INGENÍERIA Y TECNOLOGÍA

24° Verano de la Ciencia de la Región Centro

Comité Organizador
C.P. Raúl Sergio Farias Martínez
M.C. Jesús Roberto de Garza de Luna
M.A. Verónica Martínez Vela
Lic. Laura Elena González Rodríguez
Instituto Técnológico Superior de Monclova.

INSTITUCIONES PARTICIPANTES	COORDINADORES INSTITUCIONALES
Universidad Autónoma de Aguascaliente	Marcelo de Jesús Pérez Ramos
	Yazmin Ramírez Rodríguez
Universidad Autónoma de Coahuila	Dora Elia Cárdenas Elizondo
	Alejandro Herrera Hernández
Instituto Tecnológico Superior de Monclova	Verónica Martínez Vela
	Laura Elena Gonzalez Rodriguez
Instituto Tecnológico de Abasolo	César Álvarez Mejía
Universidad Politécnica del Bicentenario,	Elizabeth Torres Vázquez
Instituto Tecnológico de Celaya	Rosa Ines Yerena Yerena
Instituto Tecnológico Superior de Irapuato	Akira Torreblanca Ponce
Instituto Tecnológico Superior de Purísima del Rincón	Carlos Alberto Sebastián Serra Martínez
	Luis Fernando Villanueva Jiménez
Escuela Nacional de Estudios Superiores UNAM, Unidad León	Harumi Shimada Beltrán
Instituto Tecnológico Superior del sur de Guanajuato	María Trinidad Pimentel Villegas
	Eduardo Arroyo Ortega
Instituto Tecnológico de Querétaro	Adriana del Pilar Aranda Servín
Arkansas State University Campus Querétaro	María Montserrat Juárez Aubry
	Nicolas Ramos Lara
Universidad Autónoma de Querétaro	Karina Villarauz Camargo
Universidad Politécnica de Querétaro	Jonny Paul Zavala De Paz
Universidad Autónoma de San Luis Potosí	Laura Elena Ochoa Leija
Centro Regional de Educación Normal Profra. Amina Madera Lauterio de Cedral	Juan Manuel Rodríguez Tello
Universidad Politécnica de San Luis Potosi	Martín Hernández Sustaita
Universidad del Centro de México	Alicia Villagómez Carvajal

CONTENIDO

1. Síntesis de nanopartículas de ZnO utilizando extractos polifenólicos de *Theobroma cacao*. Jazmín Ainara Castillo Manzanares, Rodolfo Ramos González 11
2. Implementación de realidad aumentada en vehículos. María Estefany Ramírez Rocha, José Francisco Ayala García.....16
3. Minería de opiniones del mercado automotriz en México y su análisis con técnicas de IA. Ángel Gabriel Salinas Martínez, Dr. Francisco Antonio Castillo Velásquez 22
4. Diseño del circuito impulsor para un MOSFET de SiC. Carlos Gpe. Castañeda Gutiérrez, Gerardo Vásquez Guzmán 29
5. Ingeniería de las reacciones catalíticas: Síntesis y caracterización de catalizadores nano-estructurados y su evaluación en reactores a escala laboratorio. Javier González Emmert, Carlos Martín Cortes Romero 37
6. Diseño y fabricación de prototipo de prótesis de brazo. Leslie Annette Bárcenas Vallarte, Arturo Hernández Hernández 45
7. Control digital de temperatura dentro de un tubo de calor. Luis M. González López, Leonel Estrada Rojo 51
8. Tele-operación de un robot industrial en realidad virtual. Francisco Javier Pacheco Contreras, M.C. Mauro Santoyo Mora, Jocelyn Lucero Cervantes Gasca,Dr. Juan José Martínez Nolasco.....59
9. Síntesis de Materiales Nanoestructurados para su Aplicación en Fotocatálisis. Claudia Ivonne Arévalo Valdés, Gabriel Herrera Pérez.....67
10. Estudio Teórico – Experimental de la descarga de Flujo másico de material granular. Alberto Torres Muñoz, José Eduardo Rojas Calderón,Ricardo Daniel Contreras Arredondo, Daniel Armando Serrano Huerta.....73
11. Desarrollo de aplicación móvil para promover la lectura mediante el intercambio de material bibliográfico físico basándose en tecnologías de geolocalización. Luis Javier Lopez Gonzale, Luis Emmanuel Carreón Aranda 80
12. Análisis de contingencias simples N-1 de sistemas eléctricos de potencia considerando dispositivos FACTS. Luis Fernando Rodríguez Hernández, José Miguel García Guzmán.....86
13. Aplicación de geles poliméricos hidrofílicos para la eliminación de contaminantes emergentes en aguas residuales. Carmen Julieta Castillo Rodríguez, José Emmanuel Ambrosio Juárez.....92
14. Análisis in silico de inhibición de las enzimas asociadas a cáncer PRMT5 y PARP2.Jesús Alejandro Reyes Marínez, Felipe Guadalupe Carrillo Landell 98
15. Elaboración de un sistema polimérico de p(nipam-co-aa)-maghemita para la liberación de ibuprofeno. María Teresa Muñoz González, Sergio Enrique Flores Villaseñor.....105
16. Desarrollo de supercapacitores híbridos. Luis Gerardo Macias Mayo, Dr. Marco Antonio García Lobato 112

17. Síntesis de hidroxiapatita para su aplicación como prótesis osteoinductora en tejido óseo. Andrea Guadalupe Romo Castañeda, Criseida Ruiz Aguilar 121

18. Instrumentación y control de un dron de cuatro rotores. Cristian Emmanuel Rodriguez Ramirez, Jesus Norberto Guerrero Tavares 127

19. Análisis de contingencias simples N-1 de sistemas eléctricos de potencia considerando dispositivos FACTS. Marco Moisés Gutiérrez Ramírez, José Miguel García Guzmán 134

20. Evaluación de la capacidad de cortocircuito de sistemas de potencia considerando compensadores en serie. Karla Julissa Mata Hermosillo, José Miguel García Guzmán 140

21. Evaluación de la capacidad de cortocircuito de sistemas de potencia considerando compensadores en serie. José Daniel Guerra Muñoz, José Miguel García Guzmán 146

22. Implementación de realidad aumentada en vehículos. María Estefany Ramírez Rocha, José Francisco Ayala García 152

23. Extracción de polifenoles de *T. cacao* asistida por ultrasonido para su evaluación como agente antimicrobiano contra *R. solanacearum.* Claudia Jaqueline Valdez Valdes, Rodolfo Ramos González 158

24. Nanocompuestos híbridos inteligentes para entrega selectiva de fármacos. Arianna Janeth Solano Rodríguez, Jorge Luis Sánchez Orozco 164

25. Sistema de inspección de calidad 4.0 usando visión por computadora y tablero digital. Barbara Moya Rivera, Carlos Fuente Silva 170

26. Desarrollo de materiales nanométricos catalíticos y adsorbentes para el mejoramiento del medio ambiente. Paola Yolanda Reyes Sandoval, Rufino Nava Mendoza 175

27. Diseño en 3 dimensiones de columnas de destilación de platos y empacadas. Ariadna Elizabeth Vázquez Hernández, Dr. Rodolfo Murrieta Dueñas 186

28. Diseño en 3 dimensiones de columnas de destilación de platos y empacada. Canchola López Perla Guadalupe, Dr. Rodolfo Murrieta Dueñas 191

29. Síntesis de compuestos de interés para aplicaciones biomédicas. Angel Serratos Miguel, Jorge Carlos Ríos Hurtado 197

30. Síntesis bajo la influencia de campo magnético de materiales nano-estructurados. Evelyn Isabel Mendo González, María de los Ángeles Cuán Hernández 202

31. Síntesis de Materiales Nanoestructurados para su Aplicación en Fotocatálisis. Victor Ivan Landeros Velazquez, Gabriel Herrera Pérez 208

32. Análisis geométrico vs composición de una estructura basada en origami y su posible aplicación en robótica: detencion de deformacionesen la piel de robots suaves por medio del algoritmo de regustro de imagen deformable tipo demon. Javier Alejandro Aguirre González, Madeline Medina Castillo ..... **¡Error! Marcador no definido.**

33. Aplicación web para el seguimiento de rutas del transporte público. José Manuel Centeno Montesinos, Dennise Ivonne Gallardo Alvarez 222

34. Estudio del equilibrio líquido – vapor, propiedades críticas e interfaciales de mezclas de ésteres metílicos obtenidos de ácidos grasos para la producción de biodiesel. Daniela Guadalupe Vázquez Pérez, Alfredo Torres Martínez 228

35. Aplicación simplificada de sistema computacional para detectar pie plano en niños de edad preescolar. Juan Antonio López Valdez,Miroslava Cano Lara 236

36. Implementación de realidad aumentada en vehículos. Alejandra Carpio Cortes, José Francisco Ayala García 242

37. Análisis geométrico vs composición de una estructura basada en origami y su posible aplicación en robótica. Ortega González Ethan Guillermo, Madeleine Medina Castillo 247

38. Implementación de algoritmos de inteligencia artificial embebida. Galván Herrera Rey Alexander, Isaza Bohórquez César Augusto 255

39. Detección de plagas del brócoli, aplicando aprendizaje automático profundo, con redes CNN y ResNET. Omar Guillermo García Salas, Norma Verónica Ramírez Pérez 262

40. Aplicación web para el seguimiento de rutas del transporte público. Eduardo Vazquez Cruz..... , Dennise Ivonne Gallardo Alvarez..... 269

41. Diseño de Algoritmo para el acomodo de piezas en el proceso de corte. Francisco Javier Ocampo Martínez, Dolores Ayala Muñoz 275

42. Aprovechamiento de f. asparagacea y cactacea en materiales compuestos, influencia en sus propiedades. Juan Armando Hernández León, Miroslava Cano Lara 281

43. Control estadístico en el proceso de fabricación de contenedores SMB para la disminución de la variación. Cristhian Villegas Manríquez, Liz Azucena González Martínez 287

44. Producción de biocombustibles (alcoholes e hidrógeno) por fermentación. De la Vega Montoya Carlos Raúl, De León Rodríguez Antonio 293

45. Virtualización de equipos de laboratorio de caracterización de autopartes plásticas mediante realidad virtual. Axel Pérez Piña, Jonny Paul Zavala de Paz 300

46. Desarrollo de módulo de automatización con tecnología IoT. Daniel Alejandro Mendez Corona, José Marcos Zea Pérez 306

47. Implementación de Higiene y seguridad en una Empresa alimenticia. Melannie Ivana Medrano Pérez,María Del Carmen Saavedra Martínez 313

48. Implementación de Higiene y seguridad en una Empresa alimenticia. Ana Leticia Vargas Porras, María Del Carmen Saavedra Martínez 319

49. Formulación y estandarización de una mezcla de arcillas para usarse en la industria de ladrillo artesanal en el municipio de abasolo, gto. Karla Naomi Cuevas Santillán, Erick Rodolfo López Almanza 324

50. Determinación del Comportamiento Mecánico de probetas de PLA, Fabricadas por Modelado de deposición. José Joel García Rosales, Mariano Braulio Sánchez 330

51. Análisis del uso de biomasa de nopal en forma de carbón activado para la adsorción de arsénico (As) presente en agua. Mauricio Antonio Torres Olguín, Erick Rodolfo López Almanza 337

52. Diseño del control de un vehículo submarino. Victor Hugo Márquez Roa 343

53. Construcción y control de un prototipo para el almacenamiento de granos agrícolas. Lorenzo Jacob Pérez Ramos,Arath Moisés Espinoza Perea, Emilio Alejandro Santamaría Moya, Daniel Armando Serrano Huerta 351

54. Análisis y diseño de algoritmo para optimizar el consumo de pieles en el proceso de corte. Ramses Alejandro Ocampo Moreno, Dolores Ayala Muñoz 358

55. Hidrogel de quitosano - alúmina para la adsorción de etinilestradiol en agua. Andrea de Jesús Luna Domínguez, Iván Toledo Manuel 364

56. Sistema clasificador usando visión por computadora. León Ortiz Martha Paola, Rodríguez Abreo Omar 372

57. Detección de máscara facial en tiempo real y detección térmica con respuesta de audio para COVID – 19. Cristian Antonio Vallejo Cabrera, Ana Laura Lira Cortes 379

58. Estimación de parámetros elásticos y térmicos en simuladores de tejido biológico. Andre Leonardo Felix Garcia, Ivonne Bazán Trujillo 387

59. Análisis in silico de inhibición de las enzimas asociadas a cáncer PRMT5 y PARP2. Gerardo Ismael Martinez Alba, Felipe Guadalupe Carrillo Landell 394

60. Preparación y evaluación de la vacuna contra la enfermedad hemorrágica viral del conejo tipo 2 (EHVC-2). Jessica Paola Agraz Ramírez, Juan Joel Mosqueda Gualito 400

61. Determinación del Comportamiento Mecánico de probetas de PLA, Fabricadas por Modelado de deposición. Juan Luis Soto Cardoso, Mariano Braulio Sánchez 407

62. Comparación entre los resultados experimentales del ensayo de tensión y la simulación mediante ANSYS. José Manuel Vera Vega, Mariano Braulio Sánchez 414

63. Análisis de consumos y método russ & small del proceso de corte para diseño de algoritmo. Petra Elizabeth Jiménez Oroz, Dr. Armando Mares Castro 421

64. Análisis de procesos en pruebas de laboratorio para la optimización de propiedades antifúngicas. Mireya Medina Ramírez, Dr. Armando Mares Castro 429

65. Sistema de adquisición de datos en la medición/calibración de termómetros infrarrojos. Heber Isidro Morales Lugo, Víctor Martínez Fuentes 436

66. Desarrollo de equipo para medir rpm en motores eléctricos. Alejandro Manzo Juárez,José Eli Eduardo González Duran, Rodrigo Anguiano Palemrin 442

67. Implementación de circuitos electronicos flexibles de microalambre y Polidimetilsiloxano. Leonardo Nathaniel Cardoso González, Javier Gustavo Cabal Velarde 449

68. Pruebas experimentales de un motor de ciclo Otto con sobrealimentador eléctrico. Valeria Martínez Vidales, Vicente Daniel Muñoz Carpio 456

69. Síntesis de películas delgadas de SiO_2 con extractos orgánicos. José Dolores Gpe. García Rodríguez, Gerardo Ortega Zarzosa 463

70. Pruebas experimentales de un motor de ciclo Otto con sobrealimentador eléctrico. Sarahí Soledad Mendez Delgado, Vicente Daniel Muñoz Carpio 469

71. Diseño de infraestructura de virtualización en la nube. Francisco Javier Mireles Villafaña, Dennise Ivonne Gallardo Alvarez 476

72. Diseño de infraestructura de virtualización en la nube. Oscar Duarte Almanza, Dennise Ivonne Gallardo Alvare 482

73. Diseño IoT de Invernadero para el control de variables. Alan Cortes Ruiz 488

74. Diseño de una interfaz para procesamiento de imágenes en el entorno de MATLAB. Juan Ángel Alexis López Pérez, Mónica Elizabeth García Zúñiga 504

75. Diseño de una interfaz para procesamiento de imágenes en el entorno de MATLAB. José Luis Castro Delgado, José Luis Castro Delgado 510

76. Programación para realizar procesamiento de imágenes. Joel Negrete Navarro, Dalyndha Aztatzi Pluma 516

77. Monitoreo de la Calidad del Aire en Aulas con Sensores Inteligentes IOT. Archundia Barrera José Manuel, Juárez Hidalgo Azael, Malagon Escutia Christopher, Moreno Meza Juan Giovanni 521

78. Comparación entre los resultados experimentales del ensayo de tensión y la simulación mediante ANSYS. Ariadna Sánchez Ochoa, Mariano Braulio Sánchez 535

79. Diseño de un robot de desinfección de área para el combate de infecciones pulmonares. Jonathan Josué Alvarez Rodríguez, Sergio Rodríguez Miranda 542

80. Fabricación de una celda solar orgánica sensibilizada con tintura de capsaicina y cascara de Persea Americana. Victoria Carrillo Corona, José Sabas Segura 550

81. Diseño e implementación de un inversor multinivel para aplicaciones fotovoltaicas. Luis Aaron Alonso Arellano, Adolfo Rafael López Núñez 557

82. Fabricación de una celda solar orgánica sensibilizadas con tintura de capsaicina y cascara de Persea americana. Cecilia Guadalupe Chávez Guzmán, José Sabás Segura 563

83. Evaluación fotocatalítica de materiales de desecho para remediación de aguas contaminadas por metales pesados. Samanta Lizette Gutiérrez Cedeño, Yolanda Jiménez Flores 569

84. Desarrollo de Materiales Nanométricos Catalíticos y Adsorbentes para el Mejoramiento del Medio Ambiente. Barraza Navarro Luis Adrian, Dr. Rufino Nava Mendoza 575

85. Diseño IoT de Invernadero para el control de variables mediante Técnicas de Inteligencia Artificial. Luis Gerardo Hernández Silva 584

86. Diseño IoT de Invernadero para el control de variables mediante Técnicas de Inteligencia Artificial. Juan Bernardo Muñoz López 597

87. Diseño de moldes de inyección de plástico mediante impresión 3d para pruebas cortas. Fátima Denisse Ortega Sandoval, Jesús Zavala Gutiérrez 609

88. Análisis de esfuerzos de torsión en componentes automotrices. Pedro Gutiérrez Robledo, Juan Pablo Razón González 623

89. Control estadístico en el proceso de fabricación de contenedores SMB para la disminución de la variación. Jairo Alejandro Arredondo Guevara, Liz Azucena González Martínez 629

90. Diseño y evaluación de la actividad antifúngica sobre un compuesto de PU y AgNP. Lizeth Esmeralda Ramírez Villanueva, Dr. Armando Mares Castro 636

91. Diseño y construcción de un prototipo de prótesis transtibial utilizando compositos y manufactura aditiva. Cruz Ramírez Jonatán,López Barroso Juventino 645

92. Plataforma de desplazamiento automático de cajas Petri para procesamiento de imágenes en secuencia. Héctor Hernández Becerra, Daniel Jiménez Mendoza 651

93. Últimas tendencias en estrategias de descarbonización utilizadas por las empresas. Julio Cesar Armendáriz Zavala, Mónica Marcela Zaldívar Muñoz 658

94. Últimas estrategias de descarbonización en las empresas. Andrea Torres Puente, Mónica Marcela Zaldívar Muñoz 665

95. Hardware para la implementación de algoritmos de inteligencia artificial embebida. Gabriel Iván Trejo Vázquez, César Isaza Bohórquez 673

96. Remoción de azul de metileno como contaminante orgánico a base de un material compuesto hecho con carbón activado y jarosita. Jose Manuel Rodriguez Fernandez, Jorge Carlos Ríos Hurtado 680

97. Minería de opiniones del mercado automotriz en México y su análisis con técnicas de IA. Víctor Isaías Santillán García Dr. Francisco Antonio Castillo Velásquez 685

98. Análisis de la NOM-026-STPS-2008 en edificio educativo para mejorar la productividad. Andrea Elizarraraz Contreras, Norma Fabiola Fuerte Rojas 691

99. Remoción de contaminantes orgánicos en solución acuosa por materiales a base de carbono y cáscara de huevo. Jesús Angel Rodriguez Puente, Jorge Carlos Ríos Hurtado 697

100. .....
Control digital de temperatura dentro de un tubo de calor. Francisco J. Martínez Orozco, Leonel Estrada Rojo 703

101. .....
Impresión 3D y su Implementación para la Manufactura de Electrodos de Sistemas de Baterías Ion-Litio. Christian Enrique Nava Alcantar,Dra. Rosa Martha Jiménez Barrera 709

102. .....
Guía para el diseño de un sistema de control estadístico de procesos. Esmeralda Rojas Hurtado, María Cecilia Ramírez Hernández 714

103. .....
Guía para el diseño de un sistema de control estadístico de procesos. Ulises Mireles Parada, María Cecilia Ramírez Hernández 718

104. .....
Guía para el diseño de un sistema de control estadístico de procesos. José Rodrigo Vargas López,María Cecilia Ramírez Hernández 722

105. .....
Elaboración de un plan de mantenimiento para el PLC del laboratorio de Energías renovables. Xavier Hernández Hernández, José Ricardo López Vázquez.....726

106. .....
Uso de Robótica educativa en la determinación de las asíntotas verticales de una función. Fátima Itzel Guzmán Ramos, María Teresa Villalón Guzmán 732

107. .....
Uso de Robótica educativa en el análisis de las traslaciones y reflexiones de una función. Edgar Silva Aguilar, María Teresa Villalón Guzmán.....737

108. .....
Implementación de la técnica de modulación ls-pwm en un fpga. Odete Monserrat Molina Castillo, Gilberto Muñoz Moreno 743

109. .....
Elaboración de un plan de mantenimiento para el PLC del laboratorio de Energías renovables. Luis Francisco Vela Rangel, José Ricardo López Vázquez 752

110.....
Flotación de molibdenita con xantato isopropilico de sodio. Nahomi Michelle Briceño Torres, Claudia Veronica Reyes Guzman,Leonor Muñoz Ramírez,Sergio Garcia Villareal 758

111. .....
Microscopía óptica en la identificación de minerales opacos. Luis Alberto Ibarra Cázares, Jonatan Andrade Martínez 771

112. .....
Evaluación del efecto del disolvente en la estabilidad de la molécula de delfinidina y su posible efecto antioxidante. Ana Paola Robles Sánchez, María de los Ángeles Cuán Hernández 778

113. .....
Aplicación simplificada de sistema computacional para detectar pie plano en niños de edad preescolar. Carlos Ismael Cabrera Pérez, Miroslava Cano Lara 785

114. .....
Recuperación de cu-fe-si por medio del proceso de fotación y lixiviación. Ricardo Bernardino Medrano Mendez ,Claudia Veronica Reyes Guzman, Gloria Guadalupe Treviño Vera, Samuel chacón de la Rosa.....791

115. .....
Síntesis de hidroxiapatita a partir de conchas de ostión para aplicaciones de regeneración de tejido óseo. Guadalupe Nirvana Guzmán Molina, Dra. Criseida Ruiz Aguilar.....804

116. .....
Registro sonoro de vialidades en irapuato. Ana Paola Anguiano Martínez, Alondra Mayte Martínez Flores, José Carlos Muñoz Vera, Daniel Armando Aguirre Ibarra 810

117. .....
Síntesis bajo la influencia de campo magnético de materiales nanoestructurados. José Eduardo Maya Zapata, María de los Ángeles Cuán Hernández 816

118. .....
Estudio de la hidrolisis enzimática de fructanos de agave y su impacto en la producción de mezcal. Maria Fernanda Bata Medina, Ana Karen Mancera Ferrel 821

119. .....
Virtualización de equipos de laboratorio de caracterización de autopartes plásticas mediante realidad virtual. Carlos Daniel Piña Cuellar, Jonny Paul Zavala De Paz 825

120. .....
Identificación de errores en prendas de vestir por medio IA. Leonardo Iván Guzmán Zamudio, Jeziel Vázquez 831

121. .....
Remoción de metales pesados en el agua usando residuos de café. Anette Priscila Lerma Lugo, Nallely Guadalupe Picazo Rodríguez 837

SÍNTESIS DE NANOPARTÍCULAS DE ZNO UTILIZANDO EXTRACTOS POLIFENÓLICOS DE *THEOBROMA CACAO*

Jazmín Ainara Castillo Manzanares
Universidad Autónoma de Coahuila
Facultad de Ciencias Químicas
Blvd. V. Carranza s/n esq. con José Cárdenas.
Col. República Ote. C.P. 25280.
Saltillo, Coahuila. México.
ainaracastillo@uadec,edu.mx

Rodolfo Ramos González
Universidad Autónoma de Coahuila
Facultad de Ciencias Químicas
Blvd. V. Carranza s/n esq. con José Cárdenas. Col.
República Ote. C.P. 25280.
Saltillo, Coahuila. México.
rodolfo.ramos@uadec.edu.mx

Resumen — Las nanopartículas de óxido de zinc presentan propiedades antimicrobianas con diversas aplicaciones, el objetivo del presente trabajo fue realizar la biosíntesis cuyo impacto ambiental sea menor al de las síntesis convencionales. Se llevó a cabo una extracción por maceración, por el método Folin-Ciocalteu se determinó el contenido de polifenoles totales presentes en el extracto, así como la actividad antioxidante por el método de DPPH. Las nanopartículas de ZnO se obtuvieron mediante la biosíntesis utilizando el extracto de *Theobroma caca*o. El extracto mostró un alto contenido polifenólico y una alta capacidad antioxidante, lo cual corresponde con lo reportado en la literatura, además de poseer grupos polares en la superficie cuya afinidad contribuye a dispersar las nanopartículas en medios polares.

Palabras clave — *Theobroma cacao*, óxido de zinc, biosíntesis, nanopartículas.

Abstract — Zinc Oxide Nanoparticles Present Antimicrobial Properties With Diverse Applications; The Objective Of The Present Work Was To Perform Biosynthesis Whose Environmental Impact Is Less Than That Of Conventional Syntheses. A Maceration Extraction Was Carried Out, And The Content Of Total Polyphenols Present In The Extract Was Determined By The Folin-Ciocalteu Method And The Antioxidant Activity By The Dpph Method. Zno Nanoparticles Were Obtained By Biosynthesis Using Theobroma Cacao Extract. The Extract Showed A High Polyphenolic Content And A High Antioxidant Capacity, Which Corresponds To That Reported In The Literature, In Addition To Possessing Polar Groups On The Surface Whose Affinity Contributes To Dispersing The Nanoparticles In Polar Media.

Keywords — *Theobroma cacao*, zinc oxide, biosynthesis, nanoparticles.

I. INTRODUCCIÓN

La nanotecnología involucra el desarrollo de materiales, dispositivos o sistemas que tienen una estructura de entre 1 y 100 nanómetros, presentando propiedades únicas. En la industria alimentaria la nanotecnología se ha empleado para mejorar los sistemas de empaquetado y extender la vida de anaquel de los productos utilizando nanopartículas sintetizadas a partir de óxidos de metales como el óxido de zinc, del cual se han reportado propiedades antimicrobianas, pues al interactuar con la célula las nanopartículas de óxido de zinc alteran los sitios activos de las enzimas, además de liberar iones de Zn^{2+} para introducir especies de reactivas oxidantes. Los métodos convenciones de síntesis para estas nanopartículas presentan como inconvenientes la contaminación causada por los productos químicos empleados y el alto requerimiento energético (He *et al*., 2016), por lo cual se ha optado por una biosíntesis partiendo de extractos vegetales como una alternativa menos

dañina e igualmente efectiva (Vijayakumar *et al*., 2018). Los fitoquímicos presentes en estas plantas no solo actúan como agentes reguladores para la síntesis, sino que, sus propiedades complementan a las propias del óxido metálico.

El objetivo del presente trabajo es la biosíntesis de nanopartículas óxido de zinc a partir de extractos polifenólicos de *Theobroma cacao*.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

A. Obtención del extracto de Theobroma cacao

La extracción se llevó a cabo por el método planteado por Sarillana *et al*., (2021) con modificaciones. El polvo de cacao se mezcló en una proporción 1:10 etanol-agua, permaneció en agitación a 200 rpm por 72h a 30°C. Se centrifugó y se recuperó el sobrenadante y se dejó secar en estufa a 30°C. Se recuperó el extracto y se almacenó hasta su posterior uso.

B. Determinación de polifenoles al extracto de Theobroma cacao

Se evaluó el contenido total de polifenoles empleando el método Folin-Ciocalteu y utilizando ácido gálico como estándar. Según el método, 10 µL de la muestra se mezclaron con 60 µL de Na_2CO_3, 15 µL de reactivo Folin-Ciocalteu y 200 µL de agua. Se dejó reaccionar por 45 minutos a 37°C y finalmente se leyó en un lector de microplaca (Thermo Scientific™ Multiskan™ GO, USA) a 760 nm.

C. Actividad antioxidante del extracto de Theobroma cacao

El ensayo fue ejecutado de acuerdo al protocolo para DPPH descrito por Jafarirad *et al.,* (2016). Se dejó reposar en oscuridad por 30 minutos la disolución compuesta por el extracto y la solución metanólica de DPPH. La actividad del radical libre DPPH se determinó mediante en un lector de microplaca (Thermo Scientific™ Multiskan™ GO, USA) a 517 nm y se calculó utilizando la **Ecuación 1**:

$$\%\ inhibición\ del\ DPPH = \frac{Abs\ control - Abs\ muestra}{Abs\ control} \times 100 \quad (1)$$

D. Biosíntesis de nanopartículas de óxido de zinc

Para realizar la biosíntesis se siguió la técnica presentada por Sarillana *et al.,* (2021) con modificaciones. Se realizaron dos soluciones, para la solución A 1.5 g de $ZnC_4H_6O_4$ se disolvieron en 40 ml de agua destilada, para la solución B, se hizo una relación 1:20 de extracto y agua. Esto se repitió 4 veces, variando la relación sal-extracto (blanco, 1:3, 1:4, y 1:5). Ambas soluciones se mezclaron y el resultante se llevó a agitación durante 1 h, para luego neutralizarse con NaOH y permanecer en agitación por 1 h más. El producto se centrifugó y se lavó con etanol-agua. Se llevó a calcinar el precipitado a 600°C por 5h.

E. Caracterización de nanopartículas de óxido de zinc

La determinación de la distribución de tamaño hidrodinámico de las nanopartículas de óxido de zinc se hizo mediante dispersión dinámica de la luz láser (DLS). Se utilizó un equipo DLS marca Microtrac modelo NANO-flex. Previo al análisis las muestras se dispersaron en agua desionizada en un baño de ultrasonido.

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A. Determinación de polifenoles al extracto de Theobroma cacao

La metodología más comúnmente empleada para determinar el contenido de polifenoles totales proveniente de fuentes vegetales es el método Folin-Ciocalteu. El contenido de polifenoles totales presentado por el extracto de *Theobroma cacao* fue de 2.00± 0.17 mg/Eq. de ácido gálico / g de extracto seco. Este alto contenido polifenólico le confiere al extracto de *Theobroma cacao* reportadas por Sarillana *et al.,* (2021).

B. Actividad antioxidante del extracto de Theobroma cacao

En la **Tabla 1** se observan los porcentajes de actividad antioxidante obtenidos por el método DPPH. Según lo reportado por Karim *et a*l., (2014) el extracto de *Theobroma cacao* contienen compuestos como estilbenoides, terpenoides y flavonoides cuya presencia contribuye a la actividad de DPPH obtenida. La actividad antioxidante es mayor a mayor concentración de extracto, apreciándose una linealidad en los resultados obtenidos.

C. Caracterización de nanopartículas de óxido de zinc

En la figura 1 se muestran la distribución de tamaño hidrodinámico correspondiente a las nanopartículas de óxido de zinc sintetizadas a partir de 4 relaciones diferentes sal-extracto. en los 4 casos se obtuvieron resultados inferiores a 1 micra lo confirmando que se tratan de nanopartículas, mismas que se encuentran monodispersas en el medio acuoso, destacando las muestras con relación 1:4 y 1:5 por haber obtenido un rango menor a 300 nm. a menor extracto mayor fue el aglomeramiento reportado debido a que el extracto de *theobroma cacao* posee grupos polares en la superficie lo que ayuda a dispersar las nanopartículas de óxido de zinc en medios polares gracias a su afinidad.

Tabla 1. Actividad antioxidante por el método DPPH

Concentración en ppm	mg/L de radicales libres de DPPH
800	158.4577
620	90.5472
64	22.3880

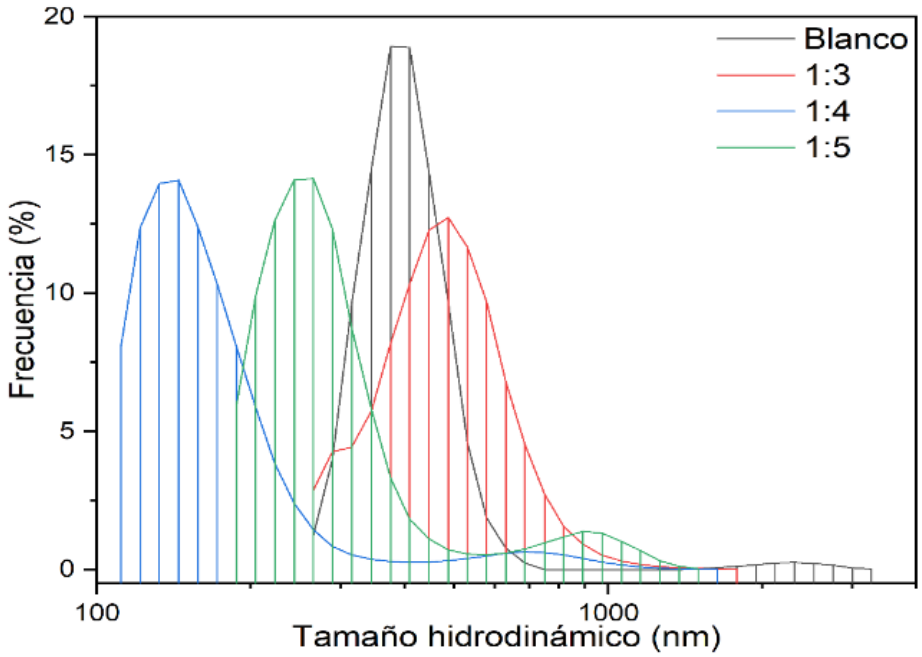


Figura 1. Distribución de tamaño hidrodinámico de partícula de óxido de zinc

IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La biosíntesis de nanopartículas asistida por óxido de zinc y extracto de *Theobroma cacao*, mismo que presentó un alto contenido de polifenoles, así como una buena actividad antioxidante, se muestra como una alternativa viable para la síntesis de nanopartículas con aplicaciones antimicrobianas, generando un menor impacto ambiental que el resultante de otros métodos de síntesis y siendo igualmente efectivo.

V. AGRADECIMIENTOS

Me gustaría expresar mi agradecimiento a la Universidad Autónoma de Coahuila por el apoyo brindado para la realización de este trabajo, así como al Laboratorio de Nanobiociencia de la Facultad de Ciencias Químicas por el asesoramiento dado y el uso de su laboratorio.

REFERENCIAS

[1] He, Y., Du, Z., Ma, S., Cheng, S., Jiang, S., Liu, Y., Li, D., Huang, H., Zhang, K., & Zheng, X. (2016). Biosynthesis, Antibacterial Activity and Anticancer Effects Against Prostate Cancer (PC-3) Cells of Silver Nanoparticles Using Dimocarpus Longan Lour. Peel Extract. *Nanoscale Research Letters*, *11*(1), 300. https://doi.org/10.1186/s11671-016-1511-9

[2] Jafarirad, S., Mehrabi, M., Divband, B., & Kosari-Nasab, M. (2016). Biofabrication of zinc oxide nanoparticles using fruit extract of Rosa canina and their toxic potential against bacteria: A mechanistic approach. *Materials Science and Engineering: C*, *59*, 296-302. https://doi.org/10.1016/j.msec.2015.09.089

[3] Karim, A. A., Azlan, A., Ismail, A., Hashim, P., & Abdullah, N. A. (2014). *Antioxidant properties of cocoa pods and shells*. 9.

[4] Sarillana, Z. C., Fundador, E. O., & Fundador, N. G. V. (2021). Synthesis of ZnO nanoparticles using Theobroma cacao L. pod husks, and their antibacterial activities against foodborne pathogens. *International Food Research Journal*, *28*(1), 102-109. https://doi.org/10.47836/ifrj.28.1.10

[5] Vijayakumar, S., Mahadevan, S., Arulmozhi, P., Sriram, S., & Praseetha, P. K. (2018). Green synthesis of zinc oxide nanoparticles using Atalantia monophylla leaf extracts: Characterization and antimicrobial analysis. *Materials Science in Semiconductor Processing*, *82*, 39-45. https://doi.org/10.1016/j.mssp.2018.03.017

IMPLEMENTACIÓN DE REALIDAD AUMENTADA EN VEHÍCULOS.

María Estefany Ramírez Rocha
Instituto Tecnológico Superior de Abasolo
Blvd. Cuitzeo de los Naranjos #401, Col. Cuitzeo de los Naranjos, C.P 36976
Tel. (429) 1061300, Abasolo, Guanajuato
as19110104@tecabasolo.edu.mx

José Francisco Ayala García
Instituto Tecnológico Superior de Abasolo
Blvd. Cuitzeo de los Naranjos #401, Col. Cuitzeo de los Naranjos, C.P 36976
Tel. (429) 1061300, Abasolo, Guanajuato
francisco.ag@abasolo.tecnm.mx

Resumen — En el presente trabajo de investigación se presenta la implementación de un algoritmo desarrollado en el lenguaje de programación python, el cual consiste en medir y estimar diferentes distancias por medio de un sensor ultrasónico *jsn-sr04t*, el cual es capaz de detectar distancias desde 0.2 metros hasta 4 metros, y una cámara que muestra dichos objetos; todo esto instalado sobre un vehículo donde se pretende tener mejores comodidades al manejar y brindar una experiencia más sencilla al conducir, así como intentar conseguir la conducción autónoma, este trabajo es una base para realizar dicho propósito. se tuvieron que adaptar los objetos de trabajo en un vehículo para realizar una serie de pruebas correspondientes y verificar resultados.

Palabras clave — Conducción Autónoma, raspberry, sensor ultrasónico, Python, cámara.

Abstract — In the present investigation work, we present the implementation of an algorithm developed in the language of python programming, which consists of measuring different distances employing a jsn-srt04t ultrasonic sensor that detects distances from 20 centimeters to 4 meters, and a camera that shows these objects, all this installed about a vehicle where it is intended to have better amenities when driving and providing an easier driving experience, as well as trying to achieve autonomous driving, this work is a basis for realizing this purpose. The work objects had to be adapted in a vehicle to perform a series of corresponding tests and verify results.

Keywords — Autonomous driving, raspberry, ultrasonic sensor, Python, camera.

I. INTRODUCCIÓN

La finalidad de este proyecto es crear una base para la conducción autónoma, donde con sensores y cámaras el vehículo sea capaz de detectar objetos, personas, etc., brindando un manejo de manera segura y eficaz, lo que puede facilitar algunas actividades o tareas, como manejar; o bien funcionar de manera muy práctica para personas con capacidades diferentes o problemas físicos, a las cuales se les dificulte realizar dicha actividad.

Se desarrollaron códigos en el lenguaje de Python para que la cámara y el sensor ultrasónico realizaran sus correspondientes funcionamientos, se indagaron diversas fuentes de información para su funcionamiento de manera correcta, y posterior a esto se implementó el sensor y cámara dentro del vehículo; se adaptaron para poder realizar las pruebas teniendo un buen resultado de respuesta.

II. MARCO TEÓRICO

Dirección asistida:

La dirección asistida hace que las maniobras durante la conducción sean más fáciles, seguras y cómodas para los pasajeros. Brinda la capacidad de desviarse para evitar obstáculos o intrusos inesperados en la carretera, como animales, u otros vehículos o peatones que no están prestando atención [1]. En la ilustración 1 se puede observar una dramatización de cómo funciona el sensor al detectar objetos, personas, vehículos, etc.

Ilustración 1: Dramatización de la detección y funcionamiento del sensor.

Raspberry.

Es una minicomputadora que funciona a 5VDC/2.5A. Sus principales características es su tamaño reducido y gran capacidad de procesamiento. Por este motivo es una de las tarjetas más usadas por desarrolladores de sistemas embebidos. En lo particular es importante resaltar la capacidad de conexión con periféricos que normalmente encontraríamos en un microcontrolador. Por ejemplo, tiene un puerto serial TTL, un puerto I2C, SPI y pines de entrada/salida de propósito general.Una Raspberry es también un sistema digital de procesamiento y que funciona gracias a un sistema operativo [2]. En la ilustración 2 se pueden observas las partes de este componente.

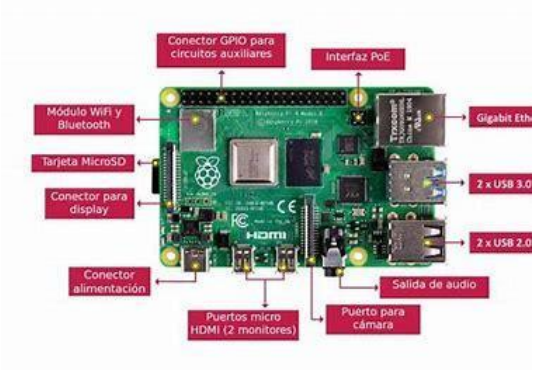


Ilustración 2: Partes de la Raspberry.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

Para la realización de este proyecto se utilizaron los siguientes materiales: Raspberry, sensor ultrasónico *jsn-sr04t*, dispositivos periféricos (ratón, teclado, pantalla). Antes de implementar el prototipo en el vehículo se crearon códigos y se realizaron las respectivas pruebas de funcionamiento.

Se pueden encontrar varios tipos de sensores ultrasónicos en el mercado, con medidas respectivas a cada uno, en este caso se tomó la decisión de considerar el ultrasónico jsn-sr04t por accesibilidad económica y por cumplir con el rango requerido en este proyecto.

Inicialmente se elaboró el código del sensor y se tomaron las pruebas correspondientes para verificar que la distancia fuera correcta (el rango del sensor es a partir de 0.2m y hasta 4m), después se prosiguió con el código de la cámara, para que esta funcione cuando el código se inicia, sin grabar ni tomar fotos, solo la visión de la cámara. Una vez con esto, se creó un tercer código, cuya función es que los dos códigos anteriores trabajen simultáneamente en tiempo real.

Una vez con los códigos terminados, se tomó la decisión de implementar el sensor en la fascia delantera de un vehículo, por lo que se realizó un diseño de la tapa del tirón delantero del vehículo en el software SolidWorks, esta se diseñó con mismas dimensiones que la original considerando el espacio para montar el sensor, una vez diseñado y obtenido el modelo 3D se prosiguió a imprimir la pieza. En las ilustraciones 3 y 4 se muestra la visualización y la impresión, respectivamente.

Ilustración 3: Visualizador de impresora 3D.

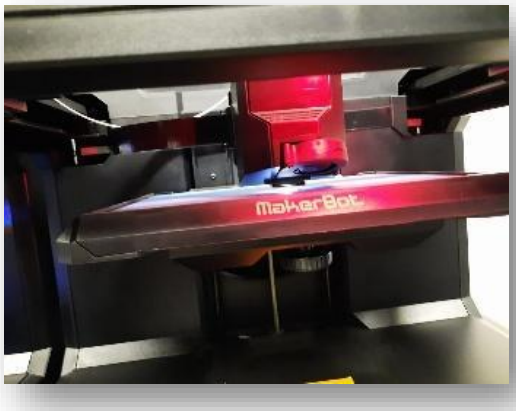


Ilustración 4: Impresión en tamaño real.

Una vez impresa la pieza se le coloca el sensor en el orificio de esta, como se observa en la ilustración 5; se colocó la tapa creada junto con el sensor en lugar de la tapa jalón original, observado en la ilustración 6; se tomó en cuenta la mejor ruta para facilitar el paso del cable. La instalación de la cámara se muestra en la ilustración 7, la cual fue por adentro

del vehículo en la parte superior del retrovisor y se hizo la conexión en la parte superior del tablero.

Ilustración 5: Tapa jalón con sensor instalado.

Ilustración 6: Sustitución de tapa original por la diseñada.

Ilustración 7: Instalación de la cámara en retrovisor.

IV. RESULTADOS

Se realizaron una serie de estudios en los cuales se pudo corroborar que el sensor detectaba de forma correcta. Algunas de las pruebas constaron en colocar a una persona donde se observa la distancia captada por el sensor de 78.1 cm, mostrado en la ilustración 8; en la ilustración 9 se toma de referencia la pared dando una distancia de 138.01 cm.

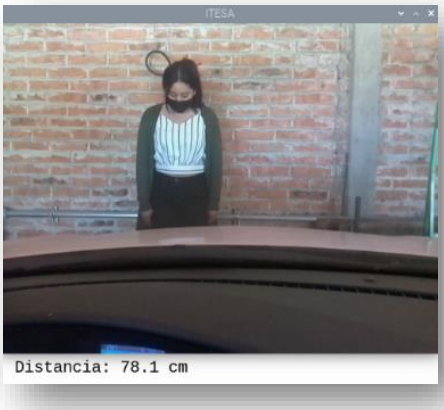


Ilustración 8: Prueba de detección de personas.

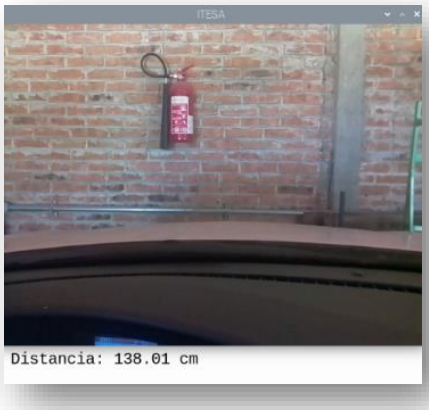


Ilustración 9: Prueba de detección de objetos.

En la ilustración 10 se puede apreciar una distancia con referencia a la pared de 167.88 cm donde el vehículo se desplazó, y en la ilustración 11 nos presenta una distancia de 220.95 respecto a la persona, de igual manera donde el vehículo ya se había desplazado.

Las pruebas fueron realizadas varias veces, pero solo se tomaron esas capturas de evidencia para evitar la redundancia.

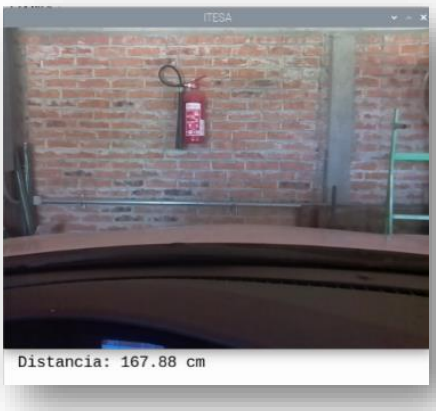


Ilustración 10: Detección de objetos.

Ilustración 11: Detección de una persona.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Analizando las pruebas anteriores se concluye que el funcionamiento es correcto ya que la programación desarrollada en Python hizo las respectivas funciones solicitadas (medir y mostrar la visión de la cámara) al | sin embargo, la implementación de los dispositivos periféricos se ve limitado por falta de recursos como dinero y material. Se espera continuar con el proyecto para mejorar su funcionamiento implementando más sensores, así como también algoritmos mejor desarrollados, y tener una implementación de los dispositivos dentro del vehículo mejorando la interfaz con el usuario.

VI. RECONOCIMIENTOS

Agradecemos al Instituto Tecnológico Superior de Abasolo por las facilidades y el apoyo brindado en la participación del Rerano Regional.

REFERENCIAS

[1] Blázquez, L. (2020, 27 septiembre). *Dirección asistida: qué es, cómo funciona y por qué se puede averiar*. Todas las noticias de coches en un solo portal: Pruebas, fotos, vídeos, informes. . . Recuperado 5 de agosto de 2022, de https://noticias.coches.com/consejos/direccion-asistida/402293

[2] Solé, R. (2021, 15 septiembre). *Raspberry Pi: Crea proyectos DIY por muy poco dinero*. Profesional Review. Recuperado 5 de agosto de 2022, de https://www.profesionalreview.com/2021/07/18/que-es-raspberry-pi/

MINERÍA DE OPINIONES DEL MERCADO AUTOMOTRIZ EN MÉXICO Y SU ANÁLISIS CON TÉCNICAS DE IA

Ángel Gabriel Salinas Martínez
Universidad Politécnica de Querétaro
Carretera Estatal 420, S/N. El Marqués, Querétaro
019032002@upq.edu.mx

Dr. Francisco Antonio Castillo Velásquez
Universidad Politécnica de Querétaro
Carretera Estatal 420, S/N. El Marqués, Querétaro
francisco.castillo@upq.mx

Resumen — Se sabe que hoy en día las redes sociales y los sitios web, son herramientas que permiten a los miembros o suscriptores ser partícipes de comentar su opinión en cuanto a algún producto o servicio, dichas opiniones permiten analizar y evaluar el grado de satisfacción o de aceptación hacia dicho producto o servicio. En este trabajo se muestra el desarrollo que se llevó a cabo para la realización de un analizador de sentimientos, también conocido como minería de opiniones, por medio de técnicas de IA y enfocado al mercado automotriz. Dando como resultado la generación de gráficos donde se puede apreciar de manera estadística, la satisfacción de, en este caso, un automóvil Nissan March 2021.

Palabras clave — Mercado Automotriz, Análisis de sentimientos, Inteligencia Artificial.

Abstract — It is known that today social networks and websites are tools that allow members or subscribers to participate in commenting on their opinion regarding a product or service, these opinions allow analyzing and evaluating the degree of satisfaction or acceptance of said product or service. This work shows the development that was carried out for the realization of a sentiment analyzer, also known as opinion mining, through AI techniques and focused on the automotive market. Resulting in the generation of graphs where you can see statistically, the satisfaction of, in this case, a Nissan March 2021 car.

Keywords — Automotive Market, Sentiment Analysis, Artificial Intelligence.

I. INTRODUCCIÓN

Con el crecimiento y popularidad de las redes sociales, se encontró que de igual manera crecía la información sobre las opiniones del público en cuanto a algún producto o servicio. Dichas opiniones se guardan en las cajas de comentarios de cada red social o incluso de algunas páginas web. Para este proyecto, con enfoque en el mercado automotriz, se recopilaron algunos comentarios de YouTube, los cuales expresan el punto de vista acerca de un vehículo en particular.

En un texto la información subjetiva tiene un gran potencial. La información subjetiva contiene el punto de vista de la persona que la expone en la cual influye sus intereses y deseos. Esta información puede ser procesada por organizaciones públicas o privadas para conocer más sus estrategias y proyectarse mejor. La lingüística computacional es una de las áreas que se ha enfocado en el estudio de las opiniones, o mejor dicho del lenguaje subjetivo. Este tipo de lenguaje se emplea para expresar estados personales en el contexto de una conversación o un texto [1]. El análisis de sentimientos (AdS) es también conocido como minería de opiniones.

La industria automotriz ha tomado importancia relevante en México desde hace algunas décadas, principalmente en la zona del bajío, que es donde se fabrican y ensamblan piezas automotrices y existen varias armadoras de vehículos. Con la aplicación del AdS en esta rama, se puede generar información importante tanto para el usuario final de autos como para los directivos de las agencias y fábricas automotrices.

II. MARCO TEÓRICO

Algunos conceptos y teorías usados en este trabajo se detallan a continuación.

La implementación de **lenguajes de programación** permite el trabajo conjunto y coordinado, a través de un conjunto afín y finito de instrucciones posibles, de diversos programadores o arquitectos de software, para lo cual estos lenguajes imitan, al menos formalmente, la lógica de los lenguajes humanos o naturales [2]. Encontramos diferentes lenguajes como C, C++, Java, PHP, Python, C#, ASP, entre otros [3]. Dado que existen muchos lenguajes de programación distintos, podríamos sacar en conclusión que cada uno tiene sus ventajas.

Una **librería** es uno o varios archivos escritos en un lenguaje de programación determinado, que proporcionan diversas funcionalidades. A diferencia de un framework, una librería no aporta la estructura sobre cómo realizar el desarrollo, sino que proporciona funcionalidades comunes, que ya han sido resueltas previamente por otros programadores y evitan la duplicidad de código. Además, reducen el tiempo de desarrollo y aumentan la calidad del mismo [4].

La IA (Inteligencia artificial), aprovecha las computadoras y las máquinas para imitar las capacidades de resolución de problemas y toma de decisiones de la mente humana.

El AdS es una forma mucho más compleja de analizar cómo se sienten los consumidores acerca de nuestros productos y servicios, utilizando no solo palabras simples sino fragmentos de oraciones más largas. La IA se está volviendo lo suficientemente inteligente como para comprender el tono de una declaración, en lugar de simplemente comprender si ciertas palabras dentro de un grupo de texto tienen una connotación positiva o negativa [5].

III. MATERIALES Y MÉTODOS

A.Materiales

1) Lenguaje de Programación

- **Python:** es un lenguaje de alto nivel de programación, se utiliza para desarrollar todo tipo de aplicaciones incluyendo proyectos de inteligencia artificial, en este caso, análisis de sentimientos.
- **JupyterLab:** Es una interfaz web de código abierto que permite la inclusión de texto, vídeo, audio, imágenes, así como la ejecución de código a través del navegador en múltiples lenguajes.

2) Librerías

- **NLTK:** El kit de herramientas de lenguaje natural (NLTK) es un conjunto de bibliotecas y programas para el procesamiento del lenguaje natural (PLN) simbólico y estadísticos para el lenguaje de programación Python [6].
- **Pandas:** es una librería de código abierto de Python que proporciona herramientas de análisis y manipulación de datos de alto rendimiento utilizando sus potentes estructuras de datos. Entre las estructuras más utilizadas se encuentra el DataFrame [7].
- **Openpyxl:** es un módulo de Python que permite leer, crear y modificar ficheros Excel [8].
- **Re:** es un módulo de Python que proporciona diversas funcionalidades utilizando expresiones. Las funcionalidades incluyen reemplazo, división y emparejamiento de cadenas, etc. [9].
- **Google Translator:** Es un sistema multilingüe de traducción automática, desarrollado y proporcionado por Google, para traducir texto, voz, imágenes o video de un idioma a otro [10].
- **SentimentIntensityAnalizer:** este analizador calcula el sentimiento del texto y produce cuatro clases diferentes de puntajes de salida: positivo, negativas, neutral y compuesto [11].
- **Matplotlib:** Es una librería de Python especializada en la creación de gráficos en dos dimensiones. Permite crear y personalizar los tipos de gráficos más comunes, entre ellos: Diagramas de barras [12].

B.Desarrollo

Se llevaron a cabo dos pasos importantes: instalación de Python, JupyterLab, NLTK y otras librerías especiales, y la programación, que se describe a continuación.

1. **Importación de librerías:** En el primer bloque se importan las librerías necesarias para el funcionamiento del programa.

```
## Importación de librerias
from nltk.sentiment.vader import SentimentIntensityAnalyzer ## analizador
from deep_translator import GoogleTranslator ## traductor
import pandas as pd ## manipulación de datos
import openpyxl ## lectura y manipulación de hojas de cálculo
import matplotlib.pyplot as plt ## generación de gráficas
import re ## reemplazar caracteres
```

2. **Importación del corpus:** En el segundo bloque, con ayuda del método “read_excel” de pandas, se manda llamar el Excel con los comentarios que se van a analizar.

```
## Importación del documento con los comentarios
df=pd.read_excel('Comments_Nissan_March_2021.xlsx')
```

3. **Limpieza de comentarios:** En el tercer bloque, con ayuda de la librería “re”, se hace una limpieza en los comentarios para quitar caracteres innecesarios como @, #, etc.

```
## Limpieza de comentarios
def clean_text(text):
    text=re.sub(r'^RT[\s]+','',text)
    text=re.sub(r'https?:\/\/.*[\r\n]*','',text)
    text=re.sub(r'#','',text)
    text=re.sub(r'@[A-Za-z0-9]+','',text)
    return text
df['clean_text']=df['text_es'].apply(clean_text)
```

4. **Traducción de comentarios:** En el cuarto bloque, con ayuda de GoogleTranslator, se traducen a inglés todos los comentarios ya limpios.

```
## Traducción de comentarios
translator = GoogleTranslator(source="es", target="en")
df['text_en'] = df['clean_text'].apply(translator.translate)
```

5. **Obtención de la polaridad:** En el quinto bloque, con ayuda del método “SentimentIntensityAnalizer”, se obtiene la polaridad de cada comentario.

```
## Obtención de la polaridad de los comentarios
analizador=SentimentIntensityAnalyzer()
df['polarity']=df['text_en'].apply(lambda i: analizador.polarity_scores(i)['compound'])
```

6. **Clasificar polaridad por rango:** En el sexto bloque se clasifica la polaridad de cada comentario. Si la polaridad es mayor a 0, el comentario es positivo; si es igual a 0, el comentario es neutro; y si es menor a 0, el comentario es negativo.

```
## Clasificar polaridad por rango
def x_range(x):
  if x > 0:
    return 1 ## positivo
  elif x == 0:
    return 0 ## neutral
  else:
    return -1 ## negativo
```

7. **Guardar resultado de clasificación:** En el séptimo bloque se guarda el resultado de la clasificación en una nueva columna llamada “polarity”.

```
## Guardar resultado en una nueva columna
df['result'] = df['polarity'].apply(x_range)
```

8. **Guardar resultados en Excel:** En el octavo bloque se genera un nuevo Excel con los resultados.

```
## Guardar resultados en un nuevo archivo
df.to_excel('VCRC.xlsx')
```

9. **Generar gráfica de pastel:** En el noveno bloque se usó la función “pie” para generar y personalizar una gráfica de pastel con los resultados del análisis (Fig. 1.1).
10. **Generar gráfica de barras:** En el décimo bloque se usó la función “bar” para generar y personalizar una gráfica de barras con los resultados del análisis (Fig. 1.2).

IV. RESULTADOS

Con la finalidad de evaluar las opiniones de las personas hacia el automóvil Nissan March 2021 [13], se exportaron algunos comentarios de la plataforma de YouTube referentes a este automóvil y se aplicó el algoritmo de inteligencia artificial previamente desarrollado, el cual nos permitió clasificar cada comentario como positivo, negativo o neutro. Finalmente se mostró el resultado de manera gráfica (Fig. 1.1 y Fig. 1.2), para que se pueda apreciar el nivel de satisfacción o conformidad con dicho vehículo.

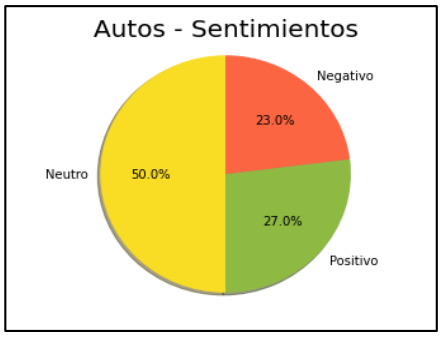


Fig. 1.1 Resultados Del Análisis

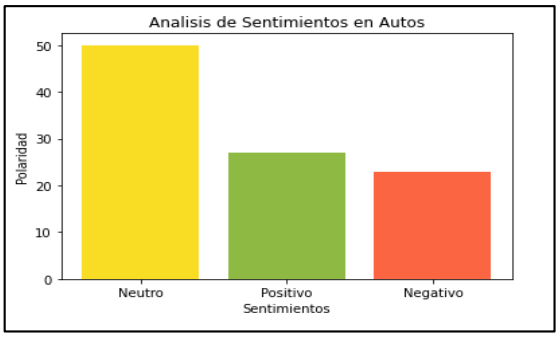


Fig. 1.2 Resultados Del Análisis Bar.

V. DISCUSIÓN (O ANÁLISIS DE RESULTADOS)

Con los gráficos que se muestran anteriormente (Fig. 1.1 y Fig. 1.2) podemos visualizar, de una manera más precisa y rápida, el análisis de opiniones de los consumidores o usuarios del Nissan March 2021. Esto a su vez puede tener un gran impacto en el mercado automotriz ya que permite, en este caso a Nissan, obtener una valoración de su producto mediante procesos estadísticos, y con ello, agilizar la toma de decisiones para mejorar las nuevas versiones del vehículo.

VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La industria automotriz tiene presencia y relevancia en la zona del bajío del país, justo donde se gestó esta labor de investigación. La aplicación de técnicas computacionales y, en particular, de Inteligencia Artificial en este campo, es de importancia para mejorar procesos de cualquier índole. En este trabajo se aplicó el análisis de sentimientos (minería de opiniones) a mensajes de redes sociales sobre automóviles. Se logró implementar un algoritmo para el lenguaje español y para algunas versiones de autos mencionadas en YouTube. Se demostró que es posible su aplicación y los resultados muestran cifras y estadísticas que pueden ser de interés tanto para usuarios comunes de autos, como para los directivos de agencias automotrices. Como trabajo futuro se propone automatizar la generación de corpus grandes.

VII. AGRADECIMIENTOS

Nuestro agradecimiento al programa Verano de la Ciencia Región Centro por seguir apoyando y motivando a los jóvenes estudiantes y posibles futuros investigadores.

VIII. REFERENCIAS

[1] D. Cedeno-Moreno and M. Vargas, “Aprendizaje automático aplicado al análisis de sentimientos,” *I+D Tecnológico*, vol. 16, no. 2, 2020, doi: 10.33412/idt.v16.2.2833.

[2] M. E. Raffino, “Lenguaje de Programación: Concepto, Tipos y Ejemplos,” *Concepto.de*, 2018. https://concepto.de/lenguaje-de-programacion/ (accessed Aug. 01, 2022).

[3] Cilsa, “¿Qué es un lenguaje de programación? | Desarrollar Inclusión,” 2017. https://desarrollarinclusion.cilsa.org/tecnologia-inclusiva/que-es-un-lenguaje-de-programacion/ (accessed Aug. 01, 2022).

[4] Technology Consulting, “Framework o librerías: ventajas y desventajas | tiThink Technology,” *Framework o librerías: ventajas y desventajas*, 2018. https://www.tithink.com/es/2018/08/29/framework-o-librerias-ventajas-y-desventajas/ (accessed Aug. 01, 2022).

[5] “Análisis de Sentimientos con Inteligencia Artificial - Brita Inteligencia Artificial.” https://brita.mx/analisis-de-sentimientos-con-inteligencia-artificial (accessed Jul. 26, 2022).

[6] R. Hermawan, “Natural language processing with python,” *Indones. J. Appl. Linguist.*, vol. 1, no. 1, pp. 149–151, 2011, doi: 10.17509/ijal.v1i1.106.

[7] D. Gonzales, “Introducción a la librería NumPy de Python – Parte 1,” *21 septiembre*, 2018. https://aprendeia.com/introduccion-a-la-libreria-pandas-de-python-parte-1/ (accessed Aug. 02, 2022).

[8] “Python: Módulo: openpyxl.” https://www.imd.guru/sistemas/python/openpyxl.html (accessed Aug. 02, 2022).

[9] “Método de reemplazo de expresiones regulares en Python | Delft Stack.” https://www.delftstack.com/es/howto/python/python-regex-replace/ (accessed Aug. 02, 2022).

[10] “Traductor de Google - Wikipedia, la enciclopedia libre.” https://es.wikipedia.org/wiki/Traductor_de_Google (accessed Aug. 02, 2022).

[11] “Diferentes métodos para calcular el sentimiento del texto.” https://www.zephyrnet.com/es/diferentes-métodos-para-calcular-el-sentimiento-del-texto/ (accessed Aug. 02, 2022).

[12] P. Sáinz, “¿QUÉ ES Y PARA QUÉ SIRVE LA FOTOGRAMETRÍA?,” 2020. https://www.eluniversaledomex.mx/que-es-y-para-que-sirve-la-libreria-matplotlib-pyplot (accessed Aug. 02, 2022).

[13] “(134) Nissan March 2021 - El progreso tiene precio y no es poco | Reseña - YouTube.” https://www.youtube.com/watch?v=2WYYrvNqfk4 (accessed Aug. 03, 2022).

DISEÑO DEL CIRCUITO IMPULSOR PARA UN MOSFET DE SIC.

Carlos Gpe. Castañeda Gutiérrez.
Benemérita Universidad Autónoma de Aguascalientes.
Av. Universidad #940, CD. Universitaria 20100, Aguascalientes, Aguascalientes.
soak.ccg@gmail.com

Gerardo Vásquez Guzmán.
Instituto Tecnológico Superior de Irapuato.
Silao-Irapuato Km 12.5 El Copal, 36821
Irapuato, Guanajuato.
gerardo.v.guzman@gmail.com

Resumen — En el siguiente artículo se describe como se realiza una revisión de un circuito para accionar un transistor, el cual es mejor conocido como ‘’driver’’, en esta ocasión el circuito se encargará de accionar un MOSFET de Carburo de silicio (SiC) de tercera generación. El circuito estará basado en un circuito diseñado con anterioridad, se realizará una revisión general para detectar algunas deficiencias con las que cuenta el circuito y poder mejorarlas, además de plantea una mejora en el diseño de la placa del circuito impreso, así como añadir algún circuito de protección contra sobre tensiones para proteger el MOSFET.

Palabras clave — MOSFET, Circuito, Protección.

Abstract — The following article describes how a revision of a circuit is carried out to drive a transistor, which is better known as a driver, this time the circuit will be in charge of driving a third generation Silicon Carbide (SiC) MOSFET. The circuit will be based on a previously designed circuit, a general review will be carried out to detect some deficiencies that the circuit has and be able to improve them, in addition to proposing an improvement in the design of the printed circuit board, as well as adding some circuit surge protection to protect the MOSFET.

Keywords — MOSFET, Circuit, Protection.

I. INTRODUCCIÓN

En este artículo se describirá el desarrollo de un circuito de protección para el circuito de activación de un MOSFET SiC (Carburo de silicio). El circuito estará basado en una arquitectura con amplificadores operacionales configurados de diferentes maneras para detectar variaciones en la tensión y detectarlo antes de que se perjudique el circuito.

II. MARCO TEÓRICO.

Un amplificador operacional (A.O. también op-amp), es un amplificador de alta ganancia directamente acoplado, que en general se alimenta con fuentes positivas y negativas, lo cual permite que obtenga excursiones tanto por arriba como por debajo de masa o punto de referencia que se considere. Se caracteriza especialmente porque su respuesta en: frecuencia, cambio de fase y alta ganancia que se determina por la realimentación introducida externamente. Por su concepción, presenta una alta impedancia (Z) de entrada y muy baja de salida.

Según *Rodríguez-Blanco (2014)*. Se estima que alrededor del 38% de las fallas en el sistema inversor se deben a fallas en los dispositivos semiconductores de potencia, como el

transistor bipolar de puerta aislada IGBT, que se utiliza principalmente en el inversor. Sus fallas pueden clasificarse ampliamente como fallas de cortocircuito y circuito abierto en los dispositivos de potencia.

En esta ocasión al tener un funcionamiento muy similar entre los IGBT y los MOSFET la información mencionada con anterioridad es aplicable de igual manera al dispositivo usado así como también la información a continuación mencionada no sirve para una misma aplicación en cuanto al diseño del circuito de protección del MOSFET.

Según *Flores, E. (2016)*, la estrategia para la detección de fallos consta de las siguientes etapas:

A. Etapas o fases del transitorio de encendido.

Para el análisis de las fases de encendido se tomó la ecuación de la corriente de compuerta:

$$\frac{dV_{GS}(t)}{dt} = \frac{I_G(t)+C_{GD}\cdot\frac{dV_{DS}(t)}{dt}}{C_{GS}+C_{GD}}$$

Fase 1 (t1<t<t2). En este punto V_{DS} es constante y mayor que V_{GS} y por lo tanto la capacitancia equivalente vista desde la puerta al emisor sólo depende de C_{GS}. Esto se debe a que C_{GDJ} es muy pequeña y por lo tanto C_{GD} es depreciada para simplificar el análisis. Por lo tanto la ecuación (1) queda de la siguiente manera:

$$I_G(t) = C_{GS}\cdot\frac{dV_{GS}(t)}{dt}$$

Fase 2 (t2<t<t3). Esta fase tiene el comportamiento más complejo porque en este punto se genera una zona plana en la señal de puerta haciendo que el primer y el tercer término de $I_G(t)$ de la ecuación (1) se desprecien, entonces la corriente $I_G(t)$ queda determinada sólo por la pendiente negativa de V_{DS} y la magnitud de C_{GD}, donde $C_{GD} = C_{OXD} + C_{GDJ}$.

$$I_G(t) = -C_{GD}\cdot\frac{dV_{DS}(t)}{dt}$$

Fase 3 (t3<t<t4). Durante esta fase el valor de C_{GD} puede ser considerado igual a C_{OXD} porque durante la conducción $V_{DS}(t)$ adquiere un valor pequeño (el cual se puede despreciar) e inferior a $V_{GS}(t)$ por lo que la capacitancia equivalente vista desde la puerta al emisor es el paralelo eléctrico de C_{OXD} y C_{GS}.

$$I_G(t) = \frac{dV_{GS}(t)}{dt}\left(C_{GS}+C_{GD}\right)$$

B. Detección de fallos.

La detección de fallos se realiza a través del monitoreo de la señal de puerta en diferentes condiciones de operación.

Fallo de corto circuito durante en el transitorio de encendido.

Caso I Fallo en Conmutación Dura Este caso se puede observar cuando los demás dispositivos IGBT o diodos del brazo (pierna o rama) del inversor se averían, o cuando el IGBT se activa por un fallo en la señal de control.

Cables de conexión internos de puerta y emisor rotos como Caso I. Este tipo de fallo puede ocurrir cuando el cable es desconectado del borde de conexión ya sea por ciclos térmicos o después de haber ocurrido un fallo de corto circuito.

Caso II Fallo Bajo Carga el segundo caso ocurre cuando el corto circuito toma lugar en las terminales de la carga durante el estado de conducción.

Señal PWM interrumpida, este caso puede presentarse debido a un fallo en el circuito que genera la señal de control debido a: un fallo en la fuente de suministro, avería de algún componente, líneas de conducción del circuito impreso abiertas, falsos contactos, etc.

1. ANÁLISIS DE LAS SEÑALES BÁSICAS DEL IGBT EN CONDICIONES DE FALLOS

A. Dispositivos en corto circuito.

En condiciones de corto circuito, Caso I, se comporta de manera diferente durante esta etapa (Fase 2) desapareciendo la parte plana, por lo que alcanza rápidamente el nivel de voltaje aplicado V_{GG+}.

Por otro lado, el Caso II es observado cuando el corto circuito ocurre durante el estado de conducción del dispositivo IGBT.

Una vez que se presenta el Caso II de corto circuito, la corriente de colector I_C aumenta y cuando el valor de esta corriente alcanza un nivel relativamente alto, el voltaje V_{CE} aumenta rápidamente.

B. Dispositivos abiertos.

Como se puede observar el voltaje colector-emisor V_{CE}, en estas condiciones de fallo, es constante debido a que el dispositivo no está conmutando. Mientras que el voltaje de puerta V_{GE} presenta el comportamiento de la señal de modulación PWM con el mismo nivel de tensión V_{GG+}, debido a las características del Caso I.

Para el segundo caso de dispositivo abierto. El comportamiento de V_{GE} y V_{CE}, en operación normal del dispositivo, es el mismo que para el Caso I.

2. Circuito propuesto para la detección de corto circuito y circuito abierto en en los dispositivos IGBT.

La Fig. 1 muestra el circuito de detección propuesto, conformado por configuraciones sencillas de operacionales.

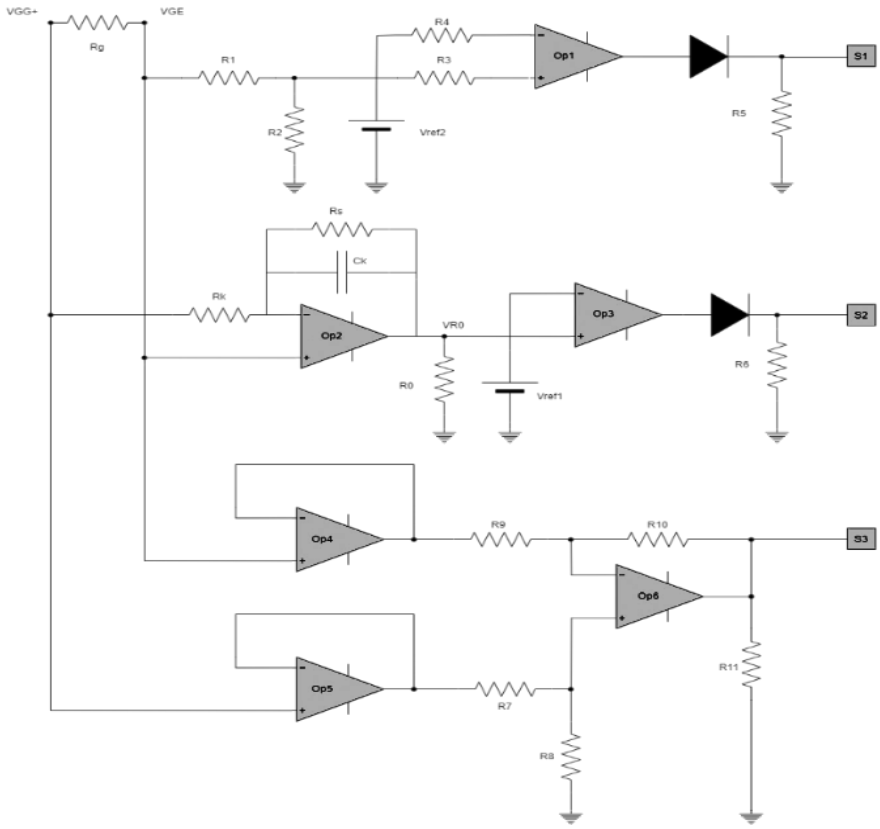


Figura 1. Circuito propuesto para proteger el dispositivo en todos los casos de corto circuito y circuito abierto.

III. MATERIALES Y MÉTODOS.

Para el desarrollo de este proyecto fue necesario el desarrollo de habilidades de manejo de software de diseño de circuitos, en este caso el software utilizado fue OrCAD en su versión 17.2.

Además, fue necesario el desarrollo de habilidades matemáticas para el cálculo de los circuitos con amplificadores operacionales para calcular el circuito propuesto como protección.

Otra herramienta utilizada fue el software para simulación Pspice, para el cual también fue necesario desarrollar habilidades de manejo y simulación de este mismo.

Para la simulación del funcionamiento se propuso circuito de la figura 2.

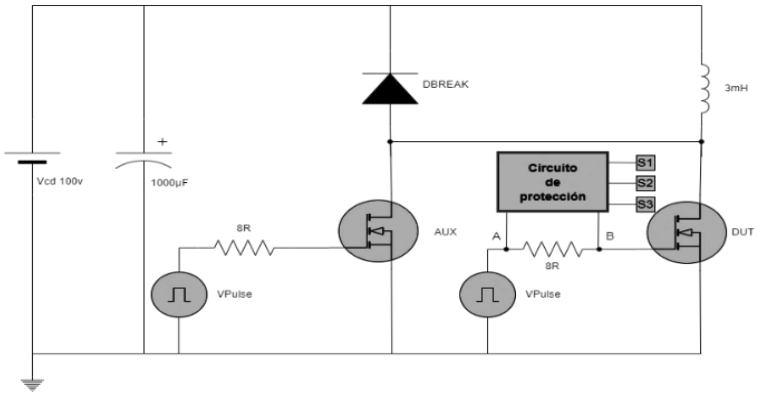


Figura 2. Circuito diseñado para simular el comportamiento de los circuitos de prueba en las diferentes situaciones.

IV. RESULTADOS.

A continuación, en las figuras 3, 4 y 5, se muestran las gráficas resultantes de las simulaciones hechas en el software de simulación Pspice.

Para identificar las gráficas usamos el siguiente código de colores para su identificación:

Grafica superior:

Verde: Comportamiento de la corriente en el inductor.

Azul: Comportamiento del voltaje de la fuente.

Rojo: Comportamiento del voltaje de entrada a los MOSFET.

Grafica inferior:

Amarillo: Comportamiento del voltaje en la compuerta del AUX.

Morado: Comportamiento del voltaje en la compuerta del DUT.

Verde: Comportamiento en el voltaje de Salida 1 (S1).

Rojo: Comportamiento en el voltaje de Salida 2 (S2).

Azul: Comportamiento en el voltaje de Salida 3 (S3).

Dispositivo bajo prueba (DUT) MOSFET-IXFN24N100		
Vcd	Voltaje de alimentación	100 V
Id	Corriente del drenaje	24 A
VGG	Voltaje de activación de la compuerta	12 V
RG	Resistencia de la compuerta	8 Ω

Tabla 1: Datos utilizados para la simulación.

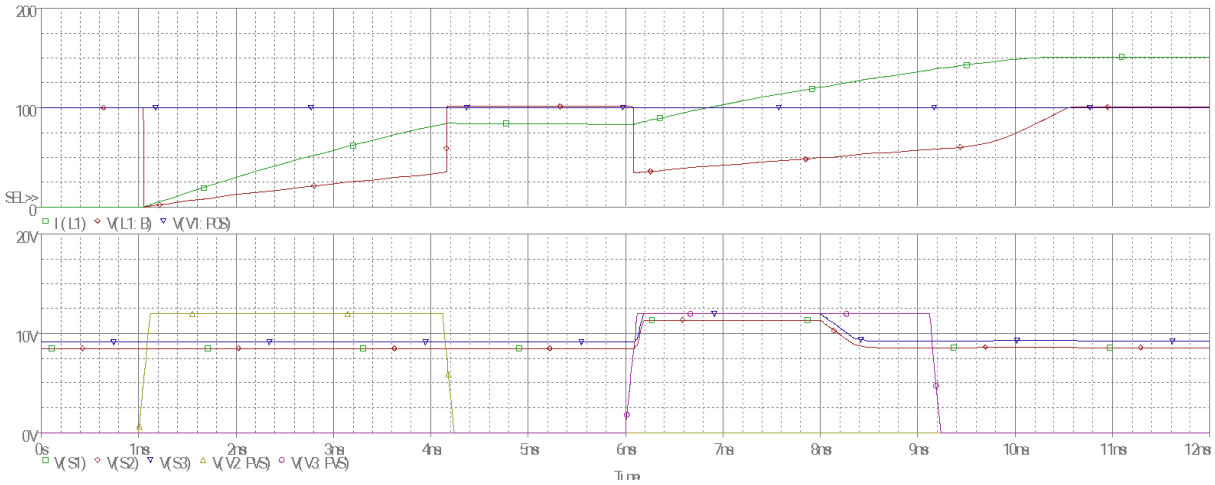


Figura 3. simulación de circuito abierto caso 1.

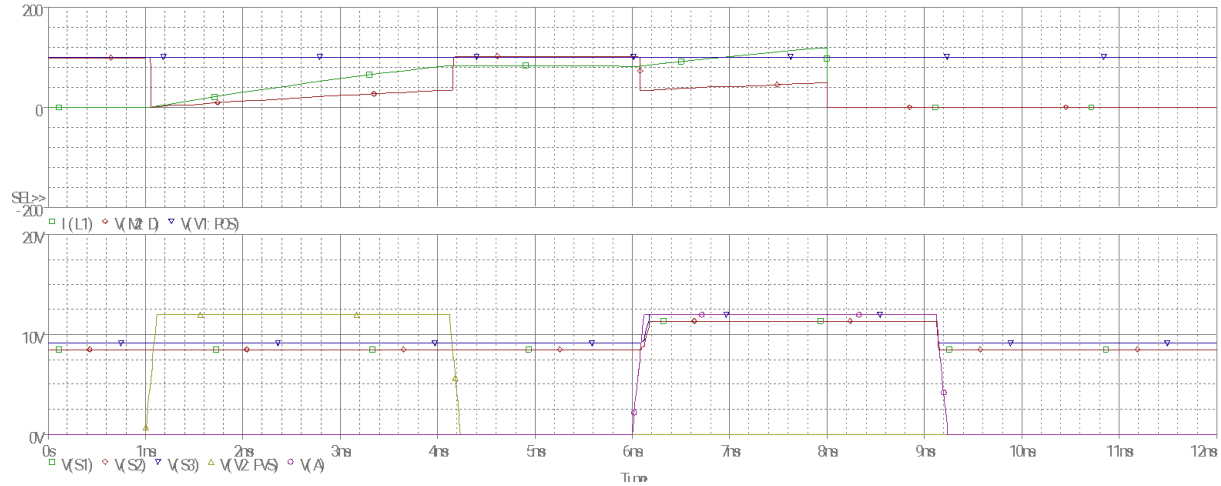


Figura 4. simulación de circuito abierto caso 2.

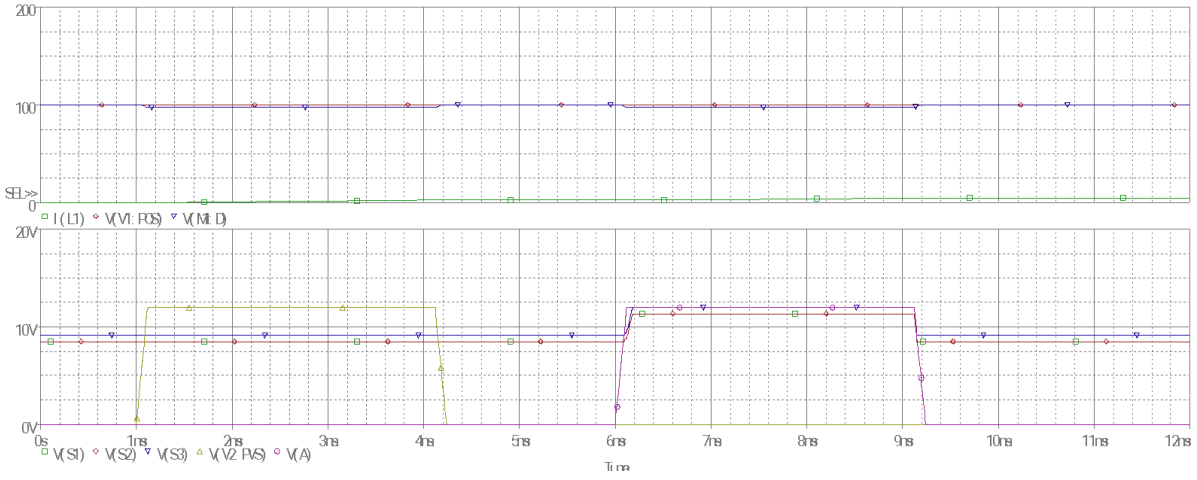


Figura 5. Simulación de corto circuito caso 1.

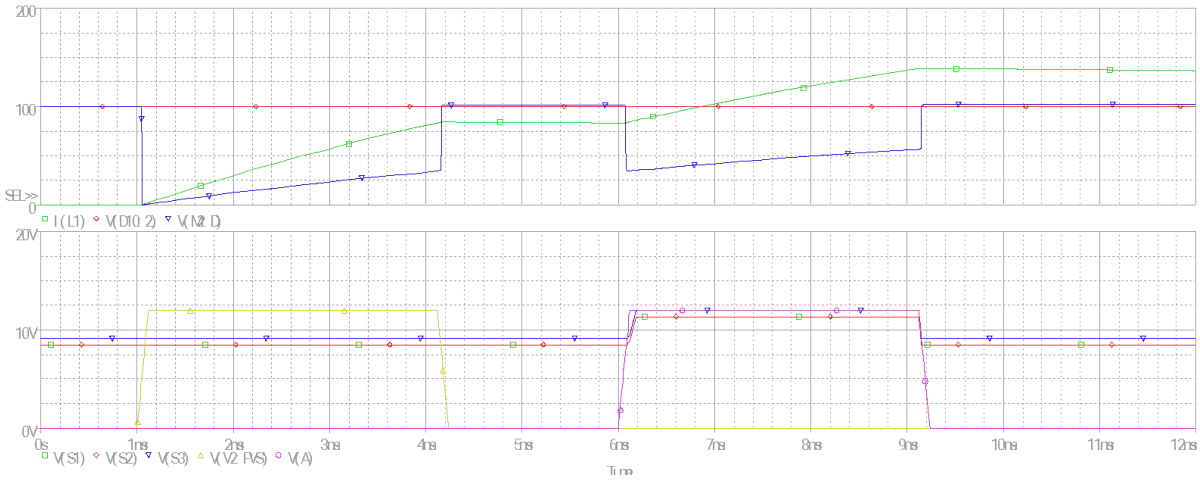


Figura 6. Simulación de corto circuito caso 2.

V. ANÁLISIS DE RESULTADOS.

Como se puede observar en la gráfica de la figura 3, 4 y 5 el comportamiento del disparo no se modifica y aunque los 3 circuitos responden al estímulo de activación del disparo no responden de manera adecuada al estímulo de circuito abierto o corto circuito.

En el caso de la figura 2 observamos que el comportamiento de los 3 circuitos responde al pulso de activación y llega al nivel deseado para la activación, también observamos que en las 3 gráficas de los circuitos diseñados para proteger el circuito hay una respuesta de desactivación a los 8ms que es cuando detecta el fallo de corto circuito.

VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

El trabajo se ha considera concluso, si bien, aunque no se logró obtener el comportamiento deseado en todos los casos propuestos de fallos que se plantearon en el marco teórico, al solo funcionar de manera parcial uno de los 3 casos propuestos, se concluyó como conclusa e insatisfactoria la investigación.

Recomiendo ampliamente usar para las simulaciones componentes lo más parecidos posibles, en caso de ser posible que sean iguales a los que se plantean usar en la aplicación del circuito.

VII. RECONOCIMIENTOS Y AGRADECIMIENTOS.

De manera muy cordial y atenta se otorga el agradecimiento a las instituciones que hicieron posible esta investigación mediante el verano de la ciencia; a la Universidad Autónoma de Aguascalientes (UAA) y al Instituto Tecnológico Superior de Irapuato (ITESI), Así como también se extiende el agradecimiento al Doctor Gerardo Vázquez Guzmán por proponer y aportar al proyecto de investigación, también agradecer al Doctor Luis Alejandro Flores Oropeza por extender la invitación a participar en XXIV verano de la ciencia y por sus aportaciones al proyecto de investigación.

REFERENCIAS.

[1] Rodríguez-Blanco, M. A., Vazquez-Perez, A., Hernandez-Gonzalez, L., Golikov, V., Aguayo-Alquicira, J., & May-Alarcon, M. (2014). Fault detection for IGBT using adaptive thresholds during the turn-on transient. *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, *62*(3), 1975-1983.

[2] Flores, E., Claudio, A., Aguayo, J., & Hernandez, L. (2016). Fault detection circuit based on IGBT gate signal. *IEEE Latin America Transactions*, *14*(2), 541-548.

INGENIERÍA DE LAS REACCIONES CATALÍTICAS: SÍNTESIS Y CARACTERIZACIÓN DE CATALIZADORES NANO-ESTRUCTURADOS Y SU EVALUACIÓN EN REACTORES A ESCALA LABORATORIO.

Javier González Emmert
Universidad Autónoma de Querétaro - Facultad de Ingeniería - Querétaro
Carr. a Chichimequillas S/N, Ejido Bolaños, 76140 Santiago de Querétaro, Qro.
jagonem@live.com.mx

Carlos Martín Cortes Romero
Universidad Autónoma de Querétaro - Principal
Universidad Autónoma de Querétaro, C.U. Cerro de las Campanas s/n, Cp. 76010, Querétaro, Querétaro, México
carlos.cortes@uaq.mx

Resumen — A lo largo del proyecto se sintetizó alúmina mesoporosa como soporte para el catalizador níquel, el cual era el 15% de la masa total, para utilizarlo en un reactor Batch para la reacción *reverse water gas shift* (RWGS). Para comprobar que la reacción estuviera ocurriendo, se obtuvieron ocho muestras, una cada 30 minutos, y se inyectaron al cromatógrafo de gases, donde se siguió la generación del metano, incrementando su concentración con cada muestreo. También se realizó la caracterización por rayos X para corroborar la correcta impregnación del Ni sobre el soporte y caracterización por UV-vis para obtener el band-gap, siendo de 4.6 eV.

Palabras clave — catálisis, reactores, nanocatalizadores.

Abstract — Throughout the project, mesoporous alumina was synthesized as support for nickel as catalyst, which was 15% of the total mass, in order to use it in a Batch reactor in the reverse water gas shift (RWGS) reaction. To corroborate the generation of methane, gas chromatography was used, where one sample was injected every 30 minutes, meaning a total of eight samples. XRD and UV-vis spectroscopy were employed as well to characterize the supported catalyst, obtaining a band-gap of 4.6 eV and the FCC structure of Ni with the amorphous background of the alumina in the XRD pattern.

Keywords — catalysis, reactors, nanocatalysts.

I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, la gran mayoría de plantas químicas industriales que manufacturan productos mediante procesos químicos dependen enteramente de un proceso de transformación que ocurre en el reactor. Estos reactores pueden visualizarse como el corazón del proceso. Además, existen materiales que juegan un papel vital en los reactores: los catalizadores, que de hecho entre el 85%-90% de los productos de la industria química son hechos en procesos catalíticos. Por esto, existe una rama de la ingeniería que se dedica específicamente a la utilización de los catalizadores: la ingeniería de reacciones catalíticas, donde suelen evaluarlos en reactores a escala laboratorio para observar sus tiempos de vida medio, eficiencia y costos. Por otro lado, la nanotecnología tiene un impacto profundo en incrementar la actividad catalítica debido a la gran área superficial contra la relación del volumen. Sin embargo, la síntesis de nanomateriales eficientes y/o novedosos requieren un procedimiento meticuloso, donde se debe tener gran cuidado con las cantidades y las

condiciones, además de que existen diversos métodos para su síntesis, donde se obtienen materiales con características diferentes, las cuales se analizan con métodos de caracterización varios, como difracción de rayos X (XRD), microscopía electrónica de barrido y de transmisión (SEM y TEM), espectroscopía UV-visible, fluorescencia de rayos X (XRF), entre muchos otros, los cuales nos ayudan a determinar si el proceso fue exitoso basándose en la literatura o a entender el porqué de sus propiedades cuando se está manejando un nuevo material y así analizar su interacción como catalizador en las reacciones químicas. [1]

II. MARCO TEÓRICO

Un catalizador acelera una reacción química al disminuir la energía de activación necesaria para que se lleve a cabo esta, al formar enlaces con los reactantes para posteriormente desenlazarse una vez el producto haya sido formado. Un catalizador no se consume durante una reacción, pero sí puede desactivarse o envenenarse y debe seguir un proceso específico para regenerarlo o recuperarlo. Existen reacciones donde su tiempo de reacción sin catalizador es extremadamente largo o se necesita demasiada energía para que ocurra, mientras que, con el catalizador y la estructura correcta, puede llevarse a cabo en condiciones mucho más favorables, he aquí la importancia de estos en una gran cantidad de áreas tanto de la industria como de la vida cotidiana. [2-3]

Existen tres tipos de catalizadores: homogéneos, heterogéneos y biocatalizadores. Los catalizadores homogéneos son aquellos que se encuentran en la misma fase que los reactantes. Estos suelen ser más efectivos, pero generalmente conlleva un mayor esfuerzo para recuperarlos. Los catalizadores heterogéneos son aquellos que se encuentran en una fase diferente a los reactantes, la sólida. Estos catalizadores se rigen por el área superficial que tengan, ya que la reacción ocurre en la superficie del catalizador. Para este tipo es común que se usen nanopartículas soportadas en una estructura porosa e inerte, conocida como matriz. [2-3]

Se denomina *reactor químico* al equipo en cuyo interior se lleva a cabo una reacción química, utilizado en industrias y en laboratorios, con el fin de maximizar la efectividad y reducir costos. Pueden ser clasificados como reactores discontinuos (son aquellos que trabajan con cargas), continuos (no existe ninguna interrupción en la alimentación), homogéneos (sólo existe una sola fase) y heterogéneos (alberga más de una fase). De estos los más comunes son los reactores continuos de tanque agitado (CSTR), los reactores en flujo pistón (PFR) y los reactores Batch. Este consiste de un tanque de volumen constante, con un agitador (magnético usualmente) y un sistema de calentamiento y enfriamiento. Pueden ir desde 1 L hasta 15,000 L de capacidad y suelen estar fabricados de acero inoxidable. [4]

La cromatografía de gases es un proceso que separa compuestos gaseosos o líquidos en una mezcla al inyectarlos en una fase móvil, conocida como gas acarreador o portador (He, H_2, Ar) y pasando por una fase estacionaria. Se debe colocar una temperatura en la columna para que todos los compuestos estén en fase gaseosa y así se equilibren con el gas portador y la fase estacionaria para que se efectúe la separación. Los compuestos se

separan según su polaridad y peso. Existen varios tipos de detectores; en este caso solo nos interesa el detector de ionización de llama. En este el efluente se dirige hacia una llama de aire-H_2, donde se producen iones y electrones al pirolisarse en la llama. Se encuentra un electrodo colector encima de la llama y mide la corriente iónica. Es sensible a la masa y selectivo a enlaces C-H. Este método puede ser usado como seguimiento de una reacción química, ya que se inyectan los reactivos y productos esperados a ciertas condiciones y posteriormente se toman muestras donde esté ocurriendo la reacción (generalmente un reactor) cada cierto tiempo para analizar la desaparición de los reactantes y la generación de productos. Estos equipos vienen con un software integrado que marca la intensidad y el tiempo con que los compuestos aparecen y de la mezcla total los separa con su respectiva concentración. [5-6]

El níquel es un metal, el cual puede ser utilizado como catalizador para reacciones de hidrogenación. En específico, el níquel es utilizado como catalizador para formar metano a partir de CO_2 y H_2. A esta reacción se le conoce como, en inglés, como *reverse water gas shift* (RWGS). Es una reacción endotérmica, por lo que se ve favorecida al incrementar la temperatura y la relación H_2/CO_2. [7]

En la reacción de RWGS el catalizador de Ni es heterogéneo, por lo que es fundamental controlar su área superficial. Existen muchos soportes para aumentar esto, como el MgO y el que nos interesa, la alúmina mesoporosa. La alúmina es considerada como buen soporte de catalizadores debido a su área superficial, volumen de poros, distribución de tamaño de poro y características ácido/base, además de su sencilla síntesis. [8-9]

III. MATERIALES Y MÉTODOS

Síntesis de alúmina mesoporosa dopada con níquel

Reactivos:

• Etanol

• Pluronic

• Isopropóxido de aluminio (IPA)

Procedimiento:

1. Pesar 4 g de Pluronic en un vaso de precipitado.
2. Adicionar 100 ml de etanol y poner en agitación hasta que se disuelva.
3. Moler 3.4722 g de IPA y adicionar poco a poco en la solución anterior.
4. Agitar por 16 horas.
5. Filtrar y dejar secar a temperatura ambiente.
6. Calcinación a 550 °C por cuatro horas.
7. Impregnar al 15% de Ni de la masa total.

8. Se disuelve la masa necesaria de $Ni \cdot 4H_2O$ en 2 mL de agua desionizada.

9. Se calcina con la siguiente rampa: 30 minutos para llegar a 110°C, mantenerse durante cuatro horas, subir a 500°C y mantenerse durante cuatro horas.

10. Pesar el producto final y molerlo.

Reacción RWGS catalizada con Ni/Al_2O_3

Procedimiento:

1. Colocar 200 mg del catalizador en el reactor.
2. Ingresar 10 bar de CO_2 y 20 bar de H_2.
3. Elevar la temperatura del reactor a 280°C.
4. Conectar el sistema de enfriamiento para evitar subidas de temperatura.
5. Tomar muestras de 30 µL cada 30 minutos a 6 bar e inyectar en el cromatógrafo.

Encendido y condiciones del cromatógrafo

Procedimiento:

1. Abrir válvulas de N_2, H_2 y aire.
2. Prender el equipo.
3. Colocar la temperatura del detector a 310°C.
4. Colocar la temperatura del inyector a 310°C.
5. Colocar la temperatura de la columna a 50°C.

IV. RESULTADOS

Se obtuvo una masa de 1.4658 g de Al_2O_3 y una vez adicionado el Ni y calcinado fue de 1.759 g.

Para la caracterización por XRD se utilizó el equipo Bruker advance D8 con una radiación de CuKα con una longitud de onda de 0.154 nm desde 2θ=10° hasta 80° con un step size de 0.0389017° siendo un tiempo de análisis de 95 min.

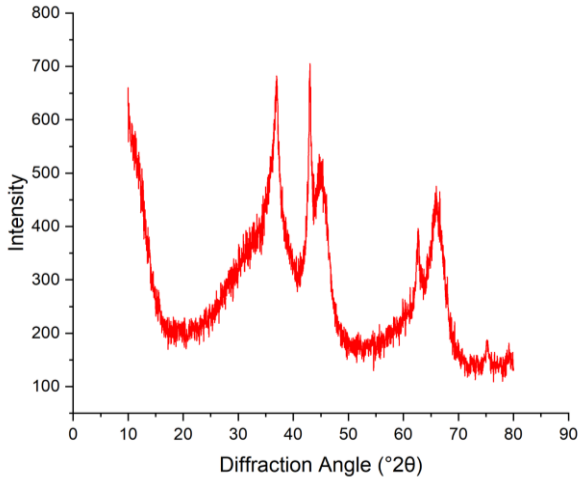


Fig. 1: difractograma de la muestra Ni/Al2O3

Para la caracterización por UV-vis el equipo utilizado fue Cary 5000, con doble haz, desde los 600 nm hasta los 200 nm, midiendo la absorbancia.

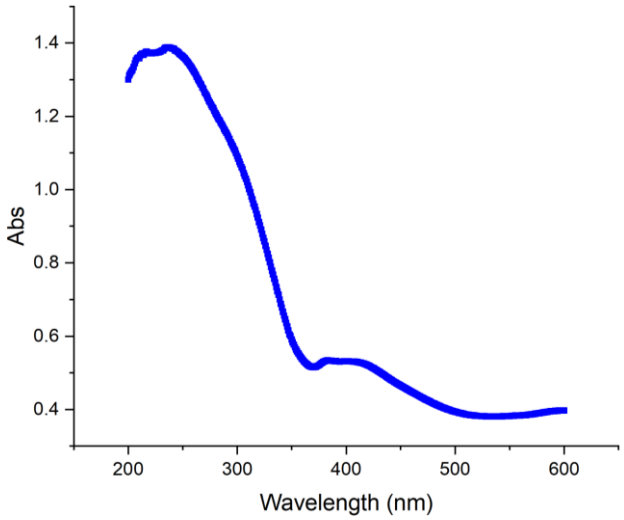


Fig. 2: espectro UV-vis de Ni/Al_2O_3.

Se tomaron ocho muestras durante la reacción, obteniendo los siguientes datos:

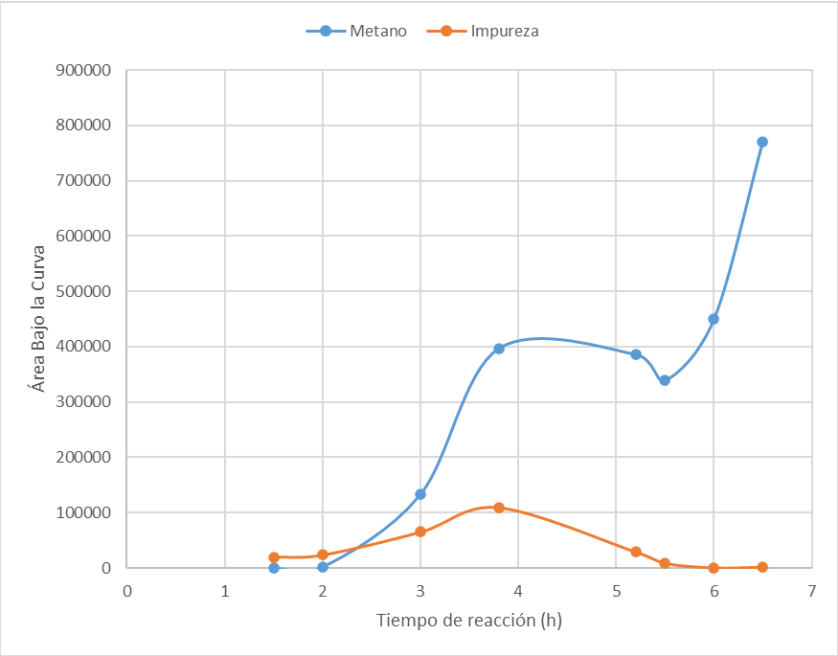


Fig. 3: generación de metano conforme el tiempo de reacción.

V. DISCUSIÓN (O ANÁLISIS DE RESULTADOS)

El XRD presenta bastante ruido y no tiene una línea base clara. Esto es debido al óxido de aluminio, sin embargo, existen difracciones cristalinas que coinciden con el níquel, el cual tiene una estructura cúbica centrada en las caras (FCC). El análisis para la estructura de Ni fue obtenida con el software Profex y comparada con la literatura. [10-13]

La espectroscopía UV-vis indica absorbancia de 270 nm, obteniendo un band gap de 4.6 eV. Esto se debe a que el níquel no se encuentra aislado, sino soportado en el óxido de aluminio. [10-13]

Por último, la generación de metano sí incrementó con el tiempo de reacción, sin embargo, se puede apreciar que en la muestra 5, 6 y 7 no incrementó como se esperaría. Esto puede ser debido a un error humano o que el catalizador en ese entonces estuviera envenenado por el CO_2. El otro compuesto que aparecía se determinó que fuera una impureza ya que previamente se había utilizado el reactor para otra experimentación y su concentración fue muy baja, además de decrementar con el tiempo (salvo por la muestra 4).

VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Después de analizar los datos, podemos concluir la eficiencia del níquel como catalizador en la reacción RWGS y la ayuda de la alúmina mesoporosa como soporte del mismo. Además de la importancia de comprender toda la teoría detrás de un reactor Batch y la gran herramienta que muestra ser la cromatografía de gases como seguimiento de reacciones químicas en reactores. Es recomendable realizar los experimentos varias veces, siguiendo la misma metodología para que la obtención de datos sea confiable y exitosa.

VII. RECONOCIMIENTOS (O AGRADECIMIENTOS)

El autor principal, Javier González Emmert, quiere agradecer al Dr. Carlos Martín Cortes Romero por la aceptación en el proyecto, además de brindar el apoyo e información práctica y teórica del tema y siempre haber sido muy empático.

También agradecer al comité del Verano Regional Zona Centro 2022 por ofrecer estas actividades para los alumnos y a la Universidad Autónoma de Querétaro por impulsar proyectos de este estilo, a sus docentes y al alumnado.

REFERENCIAS

[1] Shalini Chaturvedi a, Pragnesh N. Dave a, * NKS. Applications of nano-catalyst in new era. J Saudi Chem Soc. 2012; 16:307-325.

[2] J.A. Moulijn, P.N.W.M. van Leeuwen, R.A. van Santen (Eds.), Catalysis: an Integrated Approach to Homogeneous, Heterogeneous and Industrial Catalysis (1993), Elsevier, Amsterdam.

[3] CARBERRY, JAMES, J., “Chemical and Catalytic reaction Engineering”, Ed. McGraw-Hill Book Company. New York, 1976.

[4] Schmidt, Lanny D., The Engineering of Chemical Reactions. New York: Oxford University Press, 1998. ISBN 0-19-510588-5.

[5] Harvey, David (2000). Modern analytical chemistry. Boston: McGraw-Hill. ISBN 0-07-237547-7.

[6] Martin, A. J. P.; Synge, R. L. M. (1 December 1941). "A new form of chromatogram employing two liquid phases: A theory of chromatography. 2. Application to the micro-determination of the higher monoamino-acids in proteins". Biochemical Journal. **35** (12): 13581368. doi:10.1042/bj0351358

[7] Meloni, Eugenio; Martino, Marco; Palma, Vincenzo (2020). A Short Review on Ni Based Catalysts and Related Engineering Issues for Methane Steam Reforming. Catalysts, 10(3), 352– . doi:10.3390/catal10030352

[8] Monica Trueba; Stefano P. Trasatti (2005). γ-Alumina as a Support for Catalysts: A Review of Fundamental Aspects. , 2005(17), 3393–3403. doi:10.1002/ejic.200500348

[9] Ranjbar, Atieh; Irankhah, Abdullah; Aghamiri, Seyed Foad (2018). Reverse water gas shift reaction and CO 2 mitigation: nanocrystalline MgO as a support for nickel based catalysts. Journal of Environmental Chemical Engineering, 6(4), 4945–4952. doi:10.1016/j.jece.2018.07.032

[10] Fidalgo Fernandez, Beatriz & Arenillas, Ana & Menéndez, J. Angel. (2010). Synergetic effect of a mixture of activated carbon + Ni/Al 2O3 used as catalysts for the CO2 reforming of CH4. Applied Catalysis A: General. 390. 78-83.

[11] Huazhi Wang; Xinli Kou; Jie Zhang; Jiangong Li (2008). Large scale synthesis and characterization of Ni nanoparticles by solution reduction method. , 31(1), 97–100. doi:10.1007/s12034-008-0017-1

[12] Garbarino, Gabriella; Campodonico, Serena; Perez, Alvaro Romero; Carnasciali, Maria M.; Riani, Paola; Finocchio, Elisabetta; Busca, Guido (2013). Spectroscopic characterization of Ni/Al2O3 catalytic materials for the steam reforming of renewables. Applied Catalysis A: General, 452(), 163–173. doi:10.1016/j.apcata.2012.10.039

[13] Moumen, A.; Fattouhi, M.; Abderrafi, K.; El Hafidi, M.; Ouaskit, S. (2019). Nickel Colloid Nanoparticles: Synthesis, Characterization, and Magnetic Properties. Journal of Cluster Science, (), –. doi:10.1007/s10876-019-01517-8

DISEÑO Y FABRICACIÓN DE PROTOTIPO DE PRÓTESIS DE BRAZO

Leslie Annette Bárcenas Vallarte
Universidad Politécnica de Querétaro
Ingeniería Mecatrónica
019029844@upq.edu.mx

Arturo Hernández Hernández
Universidad Politécnica de Querétaro
Ingeniería Mecatrónica
arturo.hernandez@upq.mx

Resumen — Esta primera etapa del proyecto se realizó el diseño y fabricación del prototipo de un brazo para evaluar su viabilidad tanto en diseño y costo. El diseño fue realizado con dimensiones ergonómicas en el software de SolidWoks donde se pudo establecer que no existieran interferencias ni colisiones durante su ensamble y funcionamiento logrando de forma satisfactoria la realización del mismo, en la siguiente etapa mediante un proceso de modelado en capas comúnmente conocido como impresión 3D se fabricaron cada uno de las partes de la prótesis del brazo, para así poder proseguir al ensamble y montaje de motores Mg995 y posteriormente se realizó la programación a través de la tarjeta de arduino de cada uno de los servomotores logrando con éxito el movimiento de cada uno de ellos. En un trabajo futuro se pretende que a través de señales mioeléctricas que genera el cuerpo humano se pueda lograr el control de la prótesis del brazo.

Palabras clave — Prótesis, Impresión 3D, Servomotor, prototipo.

Abstract — This first stage of the project involved designing and manufacturing the prototype of an arm to assess its feasibility in both design and cost. The design was made with ergonomic dimensions in the SolidWoks software where it was possible to establish that there were no interferences or collisions during its assembly and operation, successfully achieving its realization, in the next stage through a modeling process in layers known as printing 3D each of the parts of the arm prosthesis were manufactured, in order to continue with the assembly and assembly of Mg995 motors and later the programming was carried out through the arduino card of each of the servomotors, successfully achieving the movement of each one of them. In future work, it is intended that through myoelectric signals generated by the human body, control of the arm prosthesis can be achieved.

Keywords — Prosthesis, 3D printing, Servomotor, prototype.

I. INTRODUCCIÓN

Miles de personas han sido amputadas en México, esto afecta su condición física aparte de ser un proceso traumático. Además, produce emociones fuertes en temas afectivos, psicológicos, familiares, laborales y sociales. El uso de prótesis puede ser limitado, y aquellos que logran obtener una no siempre tienen la experiencia más placentera.

La mano humana es una herramienta mecánica y sensible que proporciona información táctil sobre el entorno. El concepto de discapacidad incluye diversas situaciones en las que las personas sufren restricciones o limitaciones en la vida cotidiana, que incluyen: pérdida parcial o total de las extremidades superiores [1].

Sin embargo, las prótesis más comunes son de carácter mecánico, sin automatización. Como él brazo es un miembro importante, se habla de intentar simularlo, sustituyéndolo por otro miembro denominado prótesis.

II. MARCO TEÓRICO.

El brazo realice más de 22 movimientos, a lo largo de los años se han diseñado brazos prostéticos que pueden realizar hasta los 22 movimientos, a continuación, se explicarán algunas prótesis:

1. Brazo humano: Los brazos tienen al menos 22 puntos móviles desde la espalda hasta la última articulación de los dedos. Los nervios llevan la información desde la médula espinal hasta el cerebro para el movimiento de músculo [2]. **(Fig. 1)**
2. Prótesis tradicional: Tiene 3 movimientos, la mano está compuesta por una pinza, su funcionamiento es mecánico, mediante el uso de cables que el usuario mueve presionando palancas de un arnés [3].
3. Proto 1: Tiene 7 movimientos, los nervios que antes llegaban al antebrazo son adquiridos y redirigidos a otros músculos. Electrodos son los encargados de captar esta información y enviarla por cable a la prótesis [4].
4. Miembro protético modular: Capaz de realizar 22 movimientos, está compuesto por medula espinal, nervios residuales, receptor, chip y controlador, aquí las redes de electrones pueden implantarse en el cerebro, las órdenes del cerebro serían captadas y transmitidas mediante un cable para realizar movimientos [5].

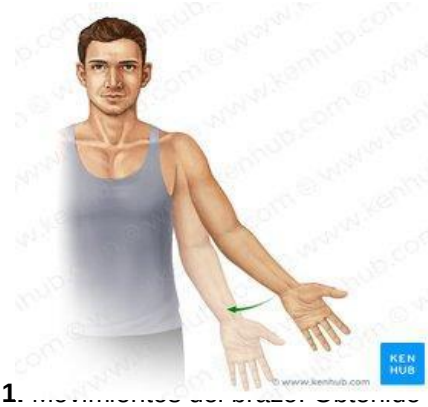


Fig. 1. Movimientos del brazo. Obtenido de Kenhub (2022)

III. MATERIALES Y MÉTODOS

El control de servomotores consta de dos etapas:

a) En la primera etapa se programa el movimiento de avance y retorno del servomotor a su posición inicial con un voltaje determinado.
b) La segunda etapa se simula la programación realizada con una fuente externa para recibir el amperaje deseado y mover los servomotores.

La metodología seguida para hacer funcionar el prototipo es:

1. Diseñar el prototipo del brazo robótico en CAD, en el software SolidWorks, obteniendo dimensiones de elementos **(ver Figura 2).**
2. Diseñar el circuito, para poder identificar nuestro control, y los componentes eléctricos que se utilizarán en la implementación **(ver Figura 3).**
3. Simular los movimientos del CAD en SolidWorks, así como el circuito en el software Proteus.

Fig. 2. Diseño de prototipo en SolidWorks

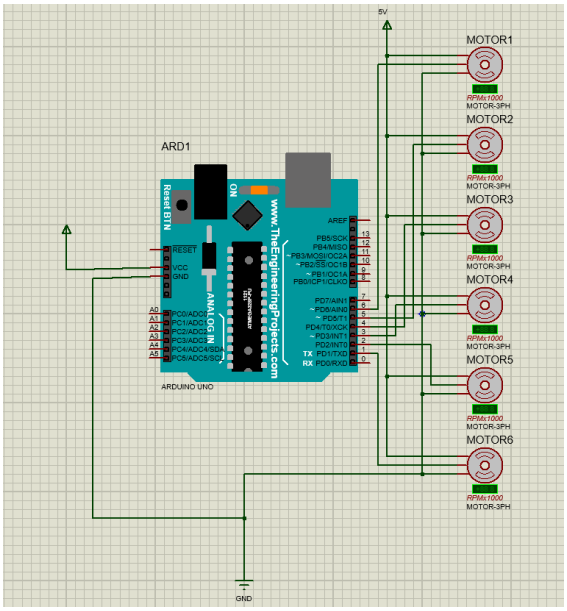


Fig. 3. Simulación de circuito en Proteus

La programación de los servomotores fue realizada en el software de Arduino, y los servomotores son alimentados con una fuente externa para tener un voltaje que no afecte a los motores y un amperaje que nos de la potencia para poder moverlos. Una vez realizada la impresión en 3D y la programación de los motores se prosiguió al ensamble como se muestra en la figura 4.

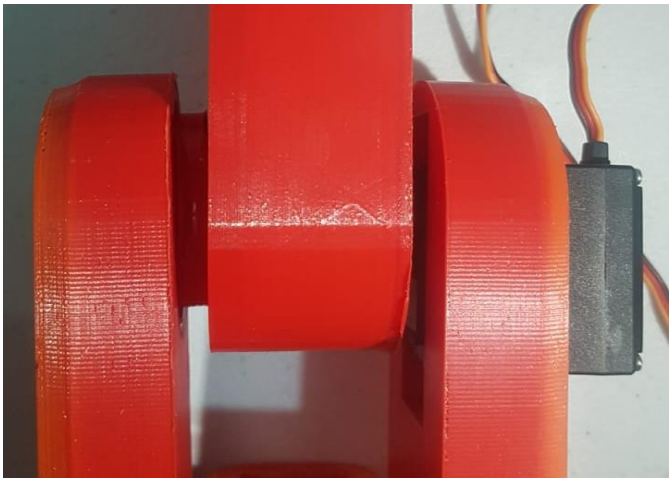


Fig. 4. Acoplamiento motor con prototipo

Una vez que realizada la impresión del brazo, programación y ensamble realizó una lista con los costos el material utilizado en el proyecto, como se muestra en la tabla 1:

CANTIDAD	DESCRIPCION	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
6	Servomotores	$127.00	$762.00
1	Arduino UNO	$350.00	$350.00
	Tornillería	$100.00	$100.00
2	Baleros	$35.00	$70.00
1	Protoboard	$100.00	$100.00
1	Eliminador 5V 2A	$60.00	$60.00
1	Filamento	$550.00	$550.00
		TOTAL	**$1,992.00**

Tabla 1. Tabla de materiales y costos

IV. RESULTADOS

Una vez que se modelo el prototipo en el programa de diseño SolidWorks donde se consideraron los movimientos que tiene el brazo humano, se prosiguió en una impresora 3D de cada una de las partes con el material PLA, también llamado ácido poliláctico.

La programación se realizó en Arduino, para poder programar los movimientos de 6 servomotores; como el Amperaje del Arduino no es suficiente para moverlos, se requirió de una fuente externa que pudiera adecuarse a las necesidades de los servomotores, en este caso era de 5V a 2A. Se realizaron pruebas de validación, logrando el objetivo de poder programar las trayectorias, demostrando el funcionamiento y control.

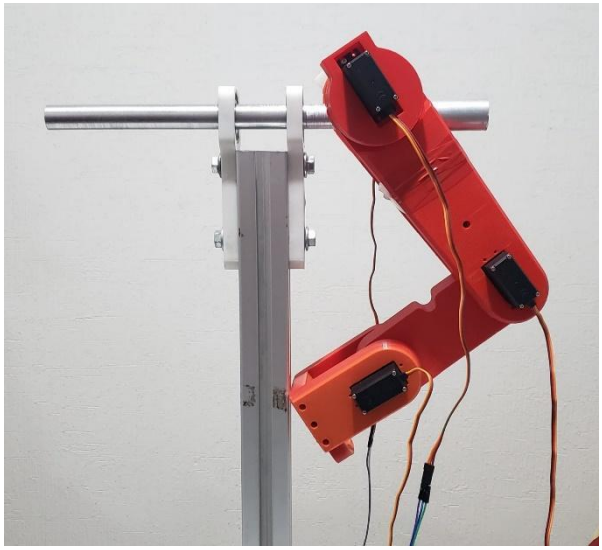


Fig 5. Prototipo impreso

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Este proyecto es muy importante, ya que permitió conocer que existen diferentes tipos de prótesis para cada una de las lesiones, que implica la parte estética y la funcionalidad. Actualmente existen bastantes tipos de prostéticos, el problema es que la mayoría son mecánicos y entre mayor sea la tecnología aumenta el precio, dependiendo principalmente de la precisión de sus movimientos y la cantidad de estos, además de su carácter estético. En este proyecto se logró observar una reducción en los costos considerable respecto a una prótesis comercial, tomando en cuenta este punto, el proyecto será la base para el desarrollo de prótesis de brazo a un bajo costo y esta pueda ser más a diferencia de otras. En este proyecto se programaron movimientos definidos por el brazo, como recomendación de un trabajo futuro es adquirir las señales mioeléctricas para controlar los movimientos del brazo y control de la mano.

VI. RECONOCIMIENTOS

A mi familia, gracias por apoyarme día con día a cumplir mis objetivos, por ser mi motor para superarme y por siempre creer en mí.

Al Mtro. Arturo Hernández Hernández por darme la oportunidad de realizar este proyecto, por la confianza, motivación y el conocimiento transmitido.

REFERENCIAS

[1] Organización Mundial de la Salud, «Discapacidad y salud,» noviembre 2016. [En línea]. Available: http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs352/es/.

[2] NAVARRO, B. (2022, 8 agosto). *Tipos de movimientos del cuerpo humano*. Kenhub. Recuperado 10 de agosto de 2022, de https://www.kenhub.com/es/library/anatomia-es/tipos-de-movimientos-del-cuerpo-humano

[3] (2020, 22 octubre). *Prótesis mecánicas de brazo*. Mediprax. Recuperado 1 de agosto de 2022, de https://mediprax.mx/protesis-mecanicas-de-brazo/

[4] Cereijido, M. (2007, 28 mayo). *Proto 1, una revolucion en el campo de las extremidades artificiales*. Electrónica Fácil. Recuperado 9 de agosto de 2022, de https://www.electronicafacil.net/archivo-noticias/ciencia/Article8643.html

[5] ARMENTA, A. (2019, 2 mayo). *SISTEMA DE PRÓTESIS MODULAR DE BRAZO*. WIPO IP PORTAL. Recuperado 5 de agosto de 2022, de https://patentscope.wipo.int/search/es/detail.jsf?docId=WO2019083349

[6] BURGOS, C.A.Q Diseño y construcción de una prótesis robótica de mano funcional adaptada a varios agarres. 94p. Disertación (Tesis de Maestría)- Universidad del cauca, Facultad de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones, Popayan, Colombia, 2010.

CONTROL DIGITAL DE TEMPERATURA DENTRO DE UN TUBO DE CALOR

Luis M. González López
ITSUR
Av. Educación Superior 2000, Col. Benito Juárez 38980
e16120456@alumnos.itsur.edu.mx

Leonel Estrada Rojo
ITSUR
Av. Educación Superior 2000, Col. Benito Juárez 38980
leonel.er@surguanajuato.tecnm.mx

Resumen — En este trabajo se presenta el desarrollo del control digital de temperatura de un tubo de calor. El cual utiliza como principal elemento un microcontrolador, además de contar con bloques encargados de medir la temperatura y de inyectar calor al fluido del tubo, también tiene un agitador, que permite que el fluido tenga una temperatura más homogénea. El sistema de control propuesto presenta un error de ±0.4°C por lo que puede ser utilizado en diversas aplicaciones dentro de laboratorios del ITSUR.

Palabras clave — Control Digital de Temperatura, Tubo de Calor, Angulo de disparo.

Abstract — In this paper, the development of a temperature digital control of a heat tube is presented. Which uses a microcontroller as the main element, in addition to having blocks responsible for measuring the temperature and injecting heat into the fluid of the tube; it also has an agitator, which allows the fluid to have a more homogeneous temperature. The proposed control system has an error of ±0.4°C, so it can be used in various applications within ITSUR laboratories.

Keywords — Temperature Digital Control, Heat Tube, Shooting Angle.

I. INTRODUCCIÓN

El control de procesos industriales es un paso fundamental en el desarrollo de un país, ya que presenta ventajas como son: aumento de calidad de los productos, ahorros de energía notables, menor desgaste de la mano de obra, mayor productividad y mayores ganancias [1].

Uno de los procesos industriales más importantes son los sistemas térmicos, estos se pueden encontrar en la industria química, eléctrica, manufactura, alimenticia, etc. Se localizan principalmente en procesos de enfriamiento, calentamiento, aire acondicionado, cogeneración de energía y secado.

Una de las principales aplicaciones de sistemas térmicos, son los tubos de calor para ser usados como baños termostáticos, principalmente en procesos industriales donde un requisito importante es mantener una temperatura constante, en [2] se utiliza para la calibración de sensores de temperatura, en [3] se utiliza para mediciones de viscosidad cinemática de sustancias, en [4] para determinar el poder calorífico del gas natural e incluso se puede ver su aplicación en la preparación de alimentos con la técnica *sous vide* [5], con estos trabajos se demuestra la importancia de tener un baño termostático en un tubo de calor.

Una de las principales partes que componen este tipo de sistemas, es el control de temperatura, debido a esto, en el presente trabajo se muestra el desarrollo de un control digital de temperatura, para un tubo de calor. El control digital es deseable debido a que presenta mejores que su contraparte analógica, por mencionar algunas: inmunidad al ruido, repetitividad del algoritmo de control, implementación de leyes de control más complejas que las que se pueden obtener con sus contrapartes analógicas [6]. En la figura 1 se muestra un diagrama del sistema propuesto.

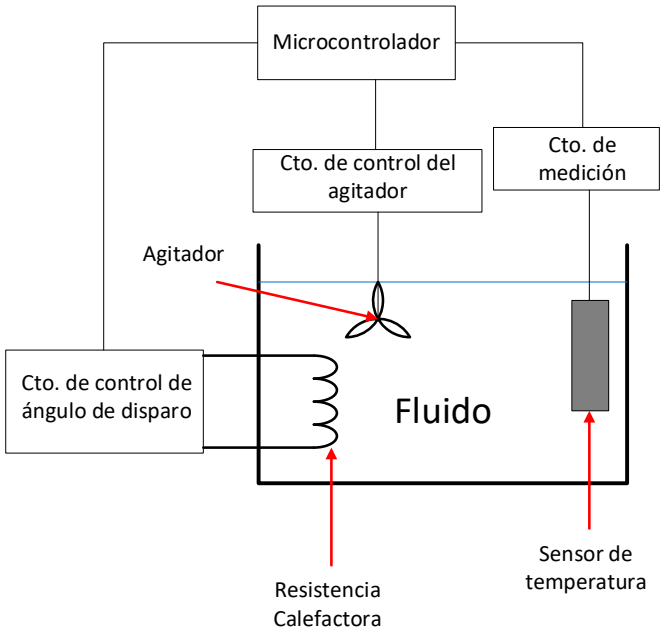


Fig. 1. Diagrama del sistema propuesto.

II. MARCO TEÓRICO

A. Modelo matemático del sistema

El modelo matemático del sistema del tubo de calor es obtenido utilizando la figura 2, el modelado se muestra en [7] y la ecuación diferencial es la siguiente:

$$C\frac{dT_f}{dt} = q - \left(\frac{T_f - T_a}{R}\right) \quad (1)$$

De donde:

T_f = Temperatura del fluido.

q = calor suministrado al sistema.

q_a = calor del fluido al ambiente.

R = resistencia térmica del recipiente hacia el ambiente.

C =Capacidad térmica de la sustancia.

T_a = Temperatura del ambiente.

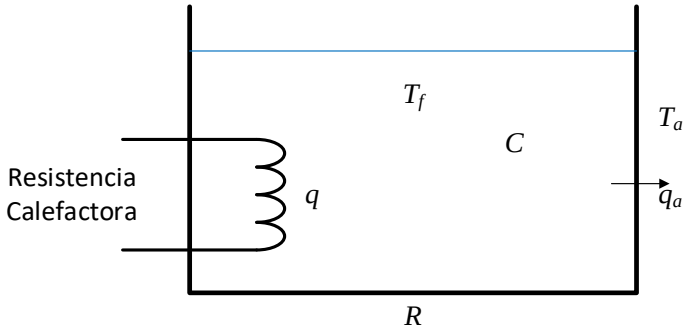


Fig. 2. Diagrama para obtención del modelo del sistema.

B. Controlador digital PI

El controlador PI es actualmente uno de los más utilizados en procesos industriales. En el controlador PI la variable de control es generada por un término proporcional al error y un término que es la integral del error. La ecuación 2 muestra el control PI.

$$u(t) = K_P\left(e(t) + \frac{1}{T_i}\int_0^t \quad e(t)dt\right) \tag{2}$$

De donde

$u(t)$= es la salida del controlador.

$e(t)$= es el error entre el valor deseado y medido.

K_P= es la constante de proporcionalidad.

T_i= es la contante del tiempo de integración.

Utilizando la transformada z para obtener el modelo discreto de 2 se obtiene que:

$$u(kT) = u(KT - T) + K_P[e(KT) - e(KT - T)] + \frac{K_P T}{T_i}e(KT) \tag{3}$$

La ecuación 3 se puede implementar fácilmente en un microcontrolador. Los parámetros K_P y T_i fueron obtenidos de forma heurística y el periodo de muestreo (T) es de 0.5s.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

El sistema de calentamiento propuesto consta de 4 bloques principales, microcontrolador, circuito de control del ángulo de disparo, circuito de control del agitador, circuito de medición de la temperatura.

a) El bloque del microcontrolador se encarga realizar el algoritmo de control PI, de realizar la medición de la temperatura del fluido, de generar la señal de control hacia el agitador y de generar la señal de control hacia el circuito del ángulo de disparo.

b) El bloque del circuito del ángulo de disparo se encarga de generar una señal de sincronía con la red eléctrica y de activar al elemento de potencia triodo para corriente alterna (TRIAC, por sus siglas en ingles), para que la resistencia calefactora pueda cambiar la potencia que suministra.

c) El circuito de control del agitador se encarga de encender un motor de CD que se encuentra acoplado a un agitador, su objetivo es hacer que la temperatura en todo el fluido sea homogénea.

d) El circuito de medición de temperatura consta de un sensor RTD sumergible, conectado a un transmisor de temperatura que entrega su señal utilizando el lazo de 4 a 20 mA y convertido a voltaje por medio de una resistencia.

El bloque más importante es el del microcontrolador ya que este se encarga de coordinar todas las otras etapas. Un diagrama de flujo simplificado del funcionamiento del programa del microcontrolador se observa en la figura 3.

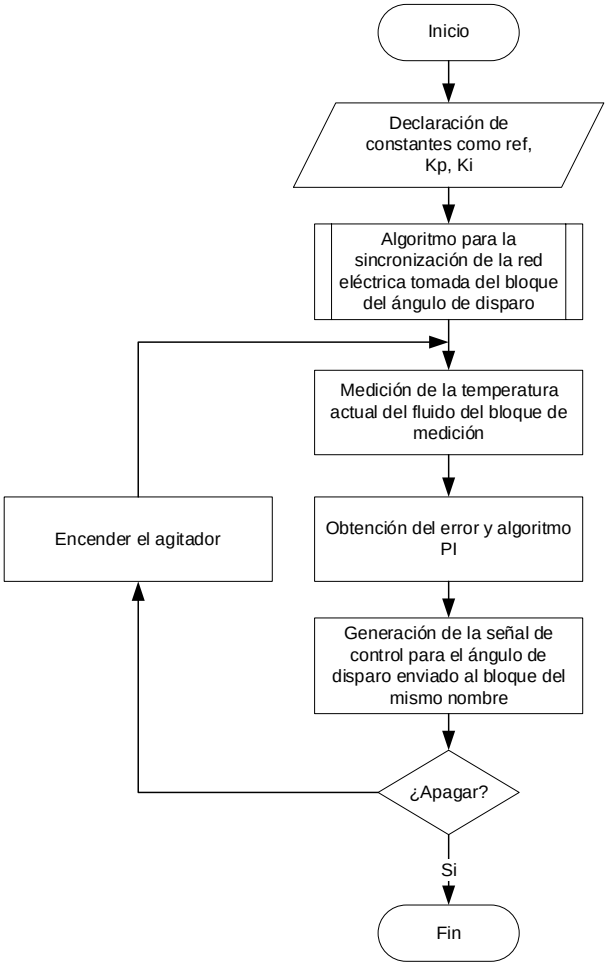


Fig. 3. Diagrama de flujo del programa del microcontrolador.

El tiempo de muestreo de la señal de temperatura obtenida del circuito de medición es de 0.5s, y este es el mismo que se utiliza para realizar la acción de control.

IV. RESULTADOS

Con la finalidad de verificar el funcionamiento del control de temperatura en el tubo de calor se aplicaron pruebas para verificar las capacidades del control. La figura 4 muestra el resultado de aplicar diferentes temperaturas de referencia al sistema, se empezó con 40°C y cada 10min aproximadamente se aumentaba 10°C hasta llegar a 80°C. se puede observar que el tiempo de establecimiento es de aproximadamente de 200s y el error es de ±0.4°C.

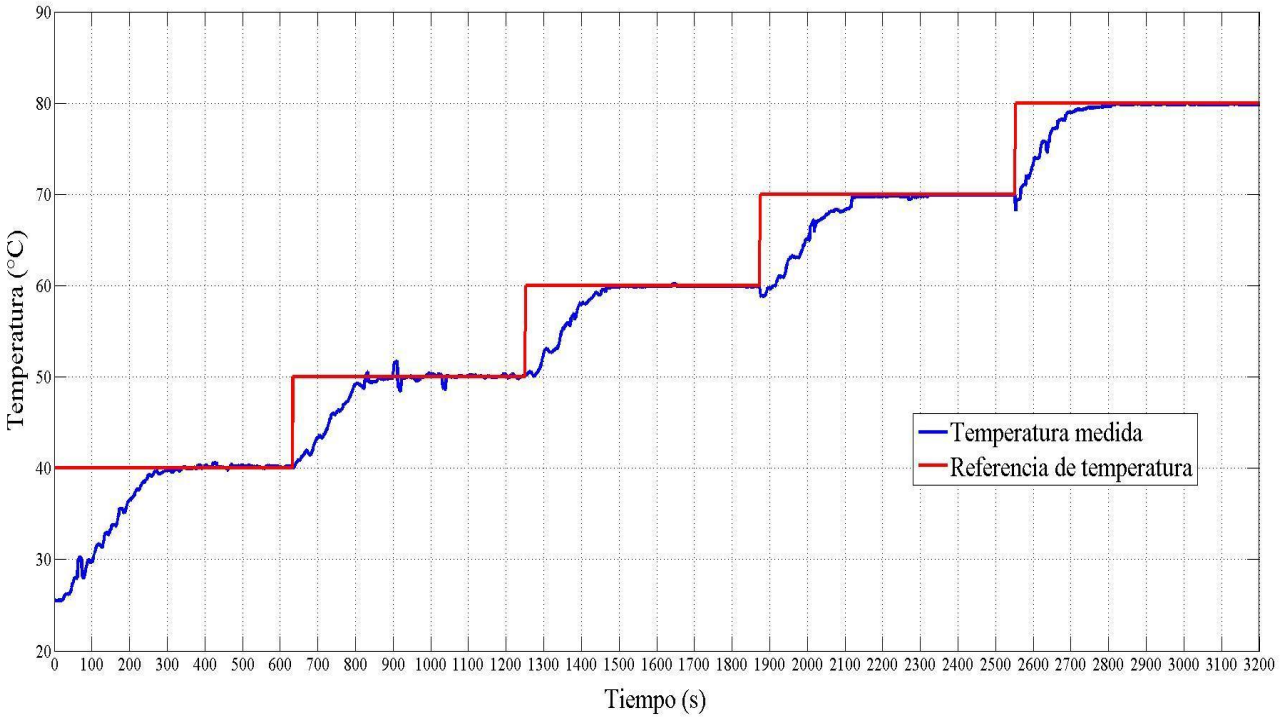


Fig. 4. Respuesta del sistema a diferentes referencias de temperatura.

Otra prueba realizada al sistema se muestra en la figura 5, aquí se establecio una temperatura de referencia de 60°C y después se le aplicó una perturbación (se arrojaron hielos al fluido), haciendo que la temperatura cayera súbitamente hasta 52°C y el mostrando como el sistema se recupera en aproximadamente 200s. Dando una muestra de la capacidad del control realizado en este proyecto.

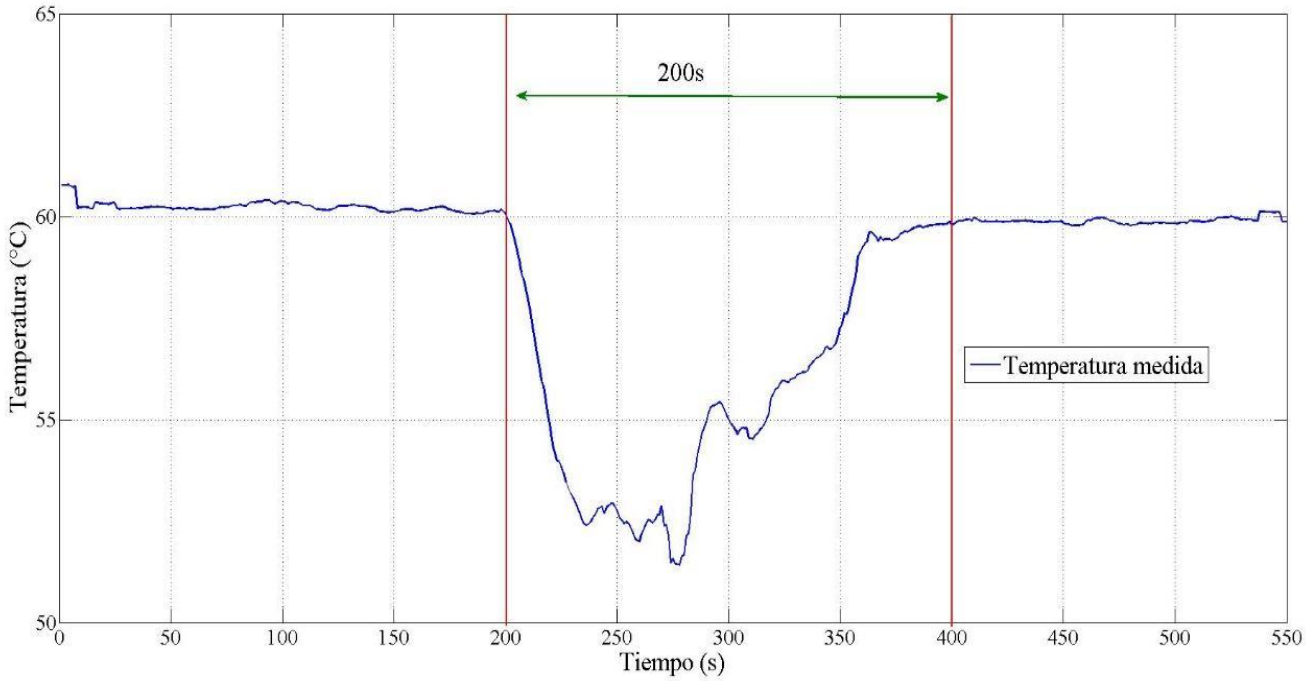


Fig. 5. Respuesta del sistema a una perturbación.

V. DISCUSIÓN (O ANÁLISIS DE RESULTADOS)

Los resultados obtenidos muestran que el trabajo realizado cumple con los objetivos propuestos, aunque el error entre la referencia y la temperatura medida sigue siendo alto para aplicaciones como las mencionadas en la sección de introducción, da un primer acercamiento al desarrollo de este tipo de sistemas, el error en los sistemas mostrados es de menos de 0.1°C, sin embargo, en estos trabajos se utilizan medidores y controladores comerciales, lo que llega a encarecer el producto. Con respecto a los tiempos de respuesta estos son parecidos a los encontrados con otras soluciones de la literatura

VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En este documento se explica de manera breve el desarrollo de un control digital de temperatura aplicada a un tubo de calor, para poder ser usado como baño termostático.

El control logra mantener la temperatura del fluido con un error menor a 0.4°C, una ventaja de este sistema es que es desarrollado usando elementos de bajo casto como un microcontrolador.

Se realizaron pruebas para verificar el error en estado estable y el tiempo de establecimiento, los cuales son buenos con respecto a trabajos encontrados en la literatura.

Este sistema se podrá usar para pruebas en laboratorios del Instituto Tecnológico Superior del Sur de Guanajuato (ITSUR), para carreras como Ingeniería Ambiental y también en la licenciatura en gastronomía para usarse con la técnica *sous vide*.

VII. RECONOCIMIENTOS (O AGRADECIMIENTOS)

Agradezco al ITSUR por el apoyo al permitir participar en el 24º Verano de la Ciencia de la Región Centro y por el apoyo de los docentes y laboratoristas para el desarrollo del proyecto que se llevó a cabo.

REFERENCIAS

[1] Benítez, I. y Rivas, R. “Control de la Temperatura de un Intercambiador de Calor en la Empresa Laboratorios Farmacéuticos AICA” en Primer Congreso de Automatización y Mantenimiento Industrial, La Habana, Cuba, 2014.

[2] Poletto, G., Caceres, M. y Busso, A. “Diseño de Baño Termostatizado con Control Electronico” en VI Congresso Brasileiro de Energia Solar, Belo Horizonte, Brasil, 2016.

[3] Galvan, M. del C. y Trujillo, S. “Caracterización de un Baño Termostático para Medir Viscosidad Cinemática” CENAM, Querétaro, Informe técnico, 2015.

[4] Gonazlez, O., Lira, L. y Garcia, S. “Diseño y Contrucción de un baño termostatico” en Simposio de Metrología, Queretaro, México, 2016.

[5] Hyytiä-Trees E., Skyttä E., Mokkila M., Kinnunen A., Lindström M., Lähteenmäki L., Ahvenainen R., Korkeala H. “Safety Evaluation of Sous Vide-Processed Products with Respect to Nonproteolytic Clostridium botulinum by Use of Challenge Studies and Predictive Microbiological Models”. Applied and Environmental Microbiology 2000; 66: 223-9

[6] Ogata, K. Sistemas de Control en Tiempo Discreto. México: Prentice Hall Latinoamericana, Segunda Edición, 1996, pp 20-21

[7] Ogata, K. Ingeniería de Control Moderna. Prentice Hall Latinoamericana, Tercera Edición, 1998, pp 96-100.

TELE-OPERACIÓN DE UN ROBOT INDUSTRIAL EN REALIDAD VIRTUAL

Francisco Javier Pacheco Contreras
Instituto Tecnológico de Celaya
Antonio García Cubas
Pte. #600 esq. Av. Tecnológico
Celaya, Gto. México
18031379@itcelaya.edu.mx

M.C. Mauro Santoyo Mora
Instituto Tecnológico de Celaya
Antonio García Cubas
Pte. #600 esq. Av. Tecnológico
Celaya, Gto. México
mauro.santoyo@itcelaya.edu.mx

Jocelyn Lucero Cervantes Gasca
Instituto Tecnológico de Celaya
Antonio García Cubas
Pte. #600 esq. Av. Tecnológico
Celaya, Gto. México
18031066@itcelaya.edu.mx

Dr. Juan José Martínez Nolasco
Instituto Tecnológico de Celaya
Antonio García Cubas
Pte. #600 esq. Av. Tecnológico
Celaya, Gto. México
juan.martinez@itcelaya.edu.mx

Resumen — El presente reporte contiene documentada la metodología que se siguió para implementar la operación de un brazo robótico de 4 grados de libertad en realidad virtual, utilizando la comunicación serial mediante la placa Arduino UNO. De modo que el robot pueda ser manipulado mediante los controles preseleccionados y que los cambios de posición y ángulos puedan ser visualizados en la imagen de un ambiente virtual diseñado con ayuda de Unity, y Blender para modelar el robot, así como en el modelo físico del robot. Dando como resultado el movimiento al mismo tiempo de ambos modelos (físico y virtual). El robot está formado por una estructura de impresión 3D y motores Dynamixel AX-12A.

Palabras clave — Realidad Virtual, Brazo robótico, Modelo

Abstract — This report contains documented the methodology that was followed to implement the operation of a robotic arm with 4 degrees of freedom in virtual reality, using serial communication through the Arduino UNO board. That way the robot can be manipulated by the preselected controls and then, the new positions and angles can be visualized in the image of a virtual environment, developed thanks to Unity, and Blender used to model the robot. Resulting in the movement of both models (physical and virtual) at the same time. The robot is made up of a 3D printing frame and Dynamixel AX-12A motors.

Keywords — Virtual reality, Robotic arm, Model.

I. INTRODUCCIÓN

La aplicación de realidad virtual a la industria ha transformado el paradigma en este sector, y continúa haciéndolo a un ritmo acelerado. La industria 4.0 supone la integración de tecnologías digitales que permiten a los trabajadores acceder a nuevas vías de formación; canales más eficaces y de mejor calidad, que impulsan la digitalización de sus procesos.

Con esta mejora técnica no solo se consigue perfeccionar la eficiencia del trabajo y la productividad. Además, es una excelente herramienta para aumentar la seguridad y la salud

de todos en el entorno industrial. Es posible aplicar esta tecnología a la resolución de problemas e incidencias, a la optimización de procesos de trabajos y al mantenimiento de diseños y montajes. Pero una de las grandes ventajas que brinda la RV en este ámbito es el refuerzo de la formación y el entrenamiento de los trabajadores.

En este sentido, la realidad virtual permite poner al operario en una situación determinada sin necesidad de exponerlo a ningún riesgo asociado a su trabajo, por lo que podrá aprender en un entorno 100% seguro. Además de sus ventajas en la formación, esta tecnología permite minimizar los costes derivados de montar un escenario físico para el entrenamiento. [1]

II. MARCO TEÓRICO

A. Realidad Virtual

La Realidad Virtual (RV) es un entorno de escenas y objetos de apariencia real —generado mediante tecnología informática— que crea en el usuario la sensación de estar inmerso en él. Dicho entorno se contempla a través de un dispositivo conocido como gafas o casco de Realidad Virtual.

Esto, que puede parecer extremadamente futurista, no tiene un origen tan reciente. De hecho, muchos consideran que uno de los primeros dispositivos de Realidad Virtual fue la denominada Sensorama, una máquina con asiento incorporado que reproducía películas en 3D, emanaba olores y generaba vibraciones para hacer la experiencia lo más vívida posible. El invento se remonta nada más y nada menos que a mediados de los años 50. A partir de ahí, el desarrollo tecnológico y de software en los años siguientes trajo consigo las evoluciones pertinentes tanto en dispositivos como en el diseño de interfaces. [2]

B. Robótica

Siguiendo la definición de robótica de la Administración Nacional de Aeronáutica y el Espacio (NASA), la robótica es el estudio de los robots, entendiendo a estos como máquinas que pueden emplearse para realizar trabajos humanos, habiendo algunos que pueden hacerlo por su propia cuenta y otros que requieren de una persona que les indique previamente lo que hacer.

Asimismo, la robótica puede concebirse también como una industria interdisciplinaria que surge a partir de la intersección de la ciencia, la ingeniería y la tecnología, poniendo a dialogar diferentes cuerpos de conocimiento científico, computacional e informático, con diversas ramas de la ingeniería. Es que la robótica no solo implica el estudio de los robots, sino también su diseño, desarrollo, programación, producción y aplicación. [3]

III. MATERIALES Y MÉTODOS

A. Metodología

En la Figura 1 se muestra a grandes rasgos cómo es que funciona el flujo de información entre los distintos componentes que conforman el sistema de realidad virtual construído.

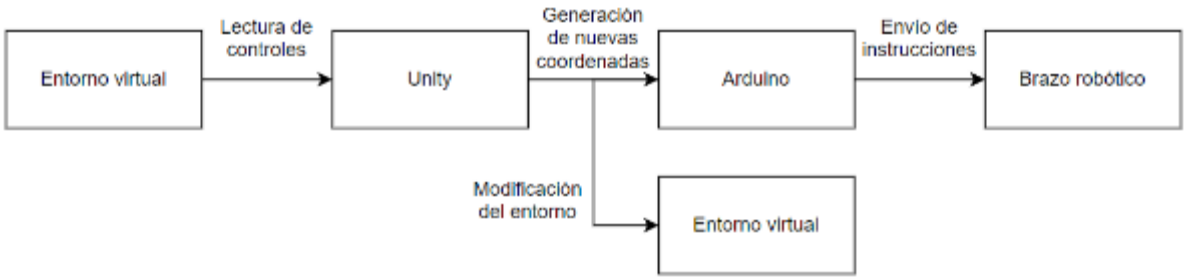


Figura 1. Diagrama de bloques del sistema.

En Blender se creó el modelo virtual del brazo, que es introducido en el entorno virtual por SteamVR y controlado por Unity, a su vez, Unity envía instrucciones obtenidas con las nuevas coordenadas a Arduino para que este las traduzca al protocolo de comunicación Dynamixel, finalmente, las instrucciones llegan a los motores que actualizan su posición de acuerdo a lo recibido.

Los motores utilizados en el brazo robótico son Dynamixel AX-12, cuya comunicación es de tipo Half Duplex Asynchronous, de acuerdo al manual del fabricante, el protocolo de comunicación se basa en el envío de paquetes de datos que son interpretados como instrucciones, al no contar con el hardware necesario recomendado por el fabricante para el protocolo de comunicación, se optó por utilizar una placa Arduino UNO apoyándonos de la librería DynamixelSerial creada por Savage Electronics, logrando así enviar instrucciones por medio del puerto Tx.

Teniendo un medio por el cual enviar instrucciones a los motores del brazo, procedimos a la escritura del código que nos ayudaría generar dichas instrucciones, para esto, en Unity se creó un script de C#. Es importante señalar que la configuración del nivel de compatibilidad del API debe ser .NET Framework, de lo contrario, no se podrá establecer la comunicación entre Unity y el Arduino debido a que no será posible reconocer la instrucción using System.IO.Ports.

B. Cálculo de ángulos y posiciones del brazo robótico

Para poder trabajar basándonos en un sistema de coordenadas en el elemento final del brazo, se desarrollaron ecuaciones de cinemática inversa, donde se definen posiciones deseadas en coordenadas (x, y) y se resuelven los ángulos articulares necesarios a través de un sistema de ecuaciones. Para la configuración de nuestro brazo, primero con la Ecuación 1 se calcula un ángulo complementario necesario para obtener el valor angular del motor 3 (th3), lo cual se logra con la Ecuación 2. En el caso de la Ecuación 3, se calcula el ángulo para el motor 6 (th6). En este sistema de ecuaciones, tanto $\square_2$ como $\square_3$ tienen un

valor de 11cm, ya que representan medidas físicas del brazo. Agregado a esto, resultaba necesario un criterio para saber la orientación del brazo, a lo que se recurrió a la Ecuación 4, dependiendo de si el resultado fuese positivo o negativo, se consideraría una orientación de codo arriba o codo abajo. En la figura 2b se señalan los motores mencionados, así como el origen y orientación del sistema de coordenadas (X,Y).

$$aux = \frac{Px^2 + Py^2 - l_2^2 - l_3^2}{2 * l_2 * l_3} \quad (1)$$

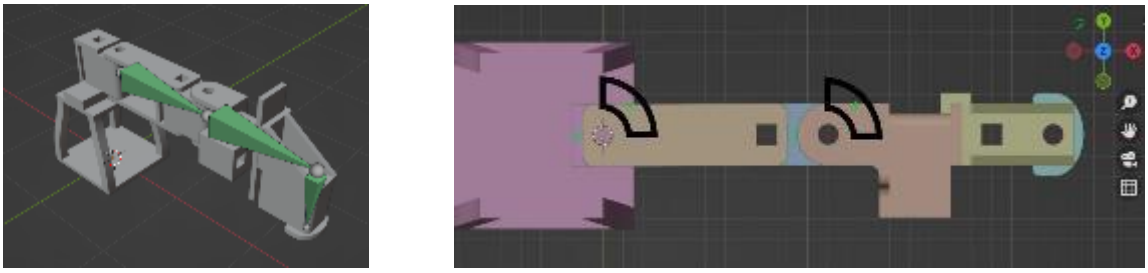
$$th3 = aTan2\left(\frac{\pm\sqrt{1 - aux^2}}{aux}\right) \quad (2)$$

$$th6 = aTan2\left(\frac{Py}{Px}\right) - aTan2\left(\frac{l_3 * Sin(th3)}{l_2 + l_3 * Cos(th3)}\right) \quad (3)$$

$$crit = aTan2\left(\frac{Py}{Px}\right) \quad (4)$$

C. Diseño del brazo

Para el diseño del brazo se utilizó Blender v3.2.0, como se muestra en la Figura 2, aprovechando las distintas restricciones de huesos para limitar sus movimientos, permitiendo únicamente rotaciones en torno al eje Z, y en el caso del hueso final, solo desplazamiento en el eje Z, logrando así tener un mejor control sobre el modelo.



a) b)

Figura 2. Brazo robótico: a) Modelo del brazo en blender con huesos. b) Puntos de refencia del brazo (1-Origen; 2-Sistema de coordenadas; 3-Ubicación del motor número 3; 4-Ángulo de desplazamiento del motor número 3; 5-Ángulo de desplazamiento del motor número 6; 6-Ubicación del motor número 6).

IV. RESULTADOS

Como resultado se obtuvo un ambiente virtual donde se puede manipular obteniendo las mismas posiciones y ángulos que el modelo del brazo robótico. A continuación, en la Figura 3 se muestran las comparaciones del modelo físico y el modelo virtual en diferentes posiciones.

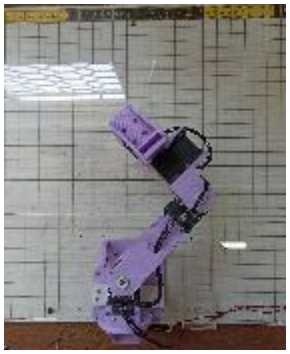
Modelo en ambiente virtual

Modelo en físico

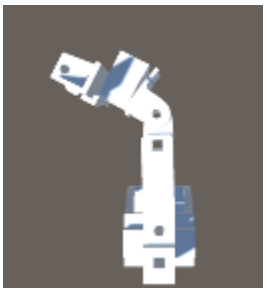
a)

b)

c)



d)



e) f)

Figura 3. Comparaciones del ambiente virtual y el modelo físico en vista aérea: a) Brazo virtual en home (22,0), b) Brazo real en home (22,0), c) Brazo virtual en (16,0), d) Brazo real en (16,0), e) Brazo virtual en (17,9), f) Brazo real en (17,9).

En la Tabla 1 retomamos las posiciones probadas en la Figura 3, añadiendo algunas adicionales, para comprobar las diferencias existentes entre sus mediciones y calcular el error que existe entre las posiciones en el ambiente de realidad virtual y las posiciones obtenidas en el modelo físico. De estos datos obtenidos se aprecia que el error ronda en valores inferiores al 2%.

Tabla 1. Comparación y cálculo de error en resultados obtenidos.

Posición deseada	Posición virtual	Posición real	Error calculado
(22,0)	(22,0)	(22,0)	0%
(16,0)	(16,0)	(16.2,0)	1.17%
(17,9)	(17,9)	(17.2,9.1)	1.14%
(5,16)	(5,16)	(5.1,15.9)	1.16%
* Valores dados en centímetros (cm).			

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Como se pudo demostrar con el desarrollo de este proyecto, se tiene una buena semejanza entre el modelo virtual y el modelo físico, también se comprobó el funcionamiento del criterio para el sentido del doblez del brazo, se estima un desfase de aproximadamente +/-0.3cm, esto puede ser provocado por desgastes y ligeros pandeos en el modelo físico, se propone para futuras mejoras corregir estos detalles en el modelo físico, otro factor es el truncamiento de datos en las instrucciones de los motores. Por otro lado, también se propone implementar una realidad virtual inmersiva para que los usuarios tengan una mayor y mejor presencialidad del ambiente virtual, utilizando un equipo HTC Vive para la visualización y sus trackers para el control de manera remota e intuitiva. Además, con este inicio de reconstrucción virtual se puede dar paso a la creación de una realidad mixta que permita ofrecer al usuario interacciones de modelos virtuales con modelos físicos reales y ofrecer simulaciones de movimientos programados del robot en tareas de automatización.

VI. RECONOCIMIENTOS (O AGRADECIMIENTOS)

Se hace un profundo agradecimiento hacia nuestros asesores, por el apoyo otorgado y por darnos oportunidad de participar en la estancia del verano de la ciencia. Así como también al Instituto Tecnológico de Celaya, por incentivar y apoyar el desarrollo de proyectos.

REFERENCIAS

[1] Ludus. (2021, marzo 23). Realidad Virtual en la Industria. [Online]. Available: https://ludusglobal.com/realidad-virtual-industria

[2] Iberdrola. (2022). Realidad Virtual: otro mundo al alcance de tus ojos. [Online]. Available: https://www.iberdrola.com/innovacion/realidad-virtual

[3] Universidad ORT. (). Qué es la robótica y cuáles son sus principales usos. [Online]. Available:

https://fi.ort.edu.uy/blog/que-es-la-robotica-y-cuales-son-sus-usos

ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE No. 1

Nombre:	
Tema:	Los orígenes de la gestión empresarial
Actividad:	Comente el tema con sus compañeros (equipos de 2 a 4 personas) y conteste lo que se le pide. Cada alumno entregara su escrito de manera individual. Para esta actividad podrá hacer uso de las notas que realizo durante la exposición del tema. Tiempo de entrega 30 minutos

1. Justifique con su opinión personal la relevancia de este tema

2. Elabore un escrito donde describa el tema

SÍNTESIS DE MATERIALES NANOESTRUCTURADOS PARA SU APLICACIÓN EN FOTOCATÁLISIS.

Claudia Ivonne Arévalo Valdés.
Instituto Tecnológico Superior de Irapuato
Carretera Irapuato-Silao Km 12.5,
El Copal, C.P. 36821, Irapuato, Gto.
LIS19111179@irapuato.tecnm.mx

Gabriel Herrera Pérez.
Instituto Tecnológico Superior de Irapuato
Carretera Irapuato-Silao Km 12.5,
El Copal, C.P. 36821, Irapuato, Gto.
gabriel.hp@irapuato.tecnm.mx

Resumen — En el mundo de los nanomateriales funcionales, el Óxido de Zinc (ZnO) destaca en términos de propiedades físicas y químicas, además por ser un material que posee una variedad morfológica, pero también un gran número de procesos de síntesis, para la obtención de nanopartículas de alta pureza. El ZnO ha presentado ser un buen fotocatalizador por este motivo es de gran interés estudiar el mecanismo químico y de cristalización de este material. En este artículo, revisaremos el mecanismo químico conocido como precipitación, en el cual, es posible regular la microestructura y el tamaño de grano al variar la temperatura de síntesis o el pH. Elaboramos las condiciones y parámetros químicos que son responsables de la ocurrencia de esta vía.

Palabras clave — Nanopartículas, ZnO, Precipitación, Nanomaterial.

Abstract — In the world of functional nanomaterials, Zinc Oxide (ZnO) stands out in terms of physical and chemical properties, in addition to being a material that has a morphological variety, but also a large number of synthesis processes, to obtain nano high purity particles. ZnO has been shown to be a good photocatalyst for this reason it is of great interest to study the chemical and crystallization mechanisms of this material. In this article, we will review the chemical mechanism known as precipitation, in which it is possible to regulate the microstructure and grain size by varying the synthesis temperature or PH. We elaborate the chemical conditions and parameters that are responsible for the occurrence of this pathway.

Keywords — Nanoparticles, ZnO, precipitation, Nanomaterial.

I. INTRODUCCIÓN

El Óxido de zinc (ZnO), es un material que se clasifica como semiconductor del tipo II-VI, el cual posee una energía de banda prohibida (Ebp) de 3.37 eV a 298.15 K y cuya estructura cristalina termodinámicamente más estable es la del tipo de la Wurtzita (microestructura cristalina hexagonal), donde los átomos de oxígeno y zinc están organizados especialmente de forma que los átomos de O se sitúan en una estructura hexagonal cerrada, mientras que los átomos de Zn ocupan el centro de la estructura hexagonal distorsionada [1].

La estructura de tipo wurtzita pertenece al grupo espacial hexagonal P63mc con los parámetros de red a = 3.2499 y c = 5.2066 Å9 y contiene dos unidades de fórmula de ZnO por celda unitaria como se muestra en la ilustración 1. La relación teórica c/a = 1.602 se desvía ligeramente del valor ideal c/a = $\sqrt{8/3}$ = 1.633. Dentro de materiales iónicos (- +)

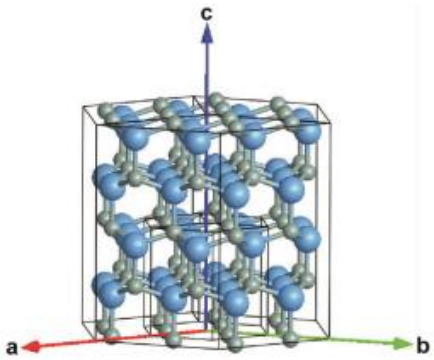


Fig 1 Estructura cristalina de ZnO hexagonal *[2]*.

cristalizando en una estructura simétrica no central, un dipolo, se puede encontrar un momento creciente con el espesor del cristal y relacionado geométricamente con la celda unitaria. En el caso de la zincita este momento dipolar está dirigido a lo largo del eje c del cristal red, lo que da como resultado dos superficies polares {0001} con la (0001) siendo terminado en zinc y el (0001) siendo terminado por oxigeno [2].

II. MARCO TEÓRICO

Para los nanomateriales existe una gran variedad de métodos para su obtención estos pueden ser basados en procesos físicos y químicos. La selección del método de síntesis para producir ZnO depende específicamente de las características particulares que se deseen obtener. Evidentemente, la microestructura única obtenida por cada método tiene un gran impacto en las propiedades físicas y químicas que se desean alcanzar [3]. Las nanopartículas de ZnO pueden ser sintetizadas por métodos de sonoquímica, deposición de vapor, precipitación, solvotermal, sol-gel, etc. Sin embargo, de estos métodos, se destacan las síntesis basadas en métodos químicos. Dado que dichos métodos de síntesis, logran un producto de alta pureza sin ser sometidas a temperaturas elevadas para llevarse a cabo. Además de que es posible regular la microestructura y el tamaño de grano al variar la temperatura de síntesis o el pH [4].

La técnica sonoquímica se puede utilizar para la producción de nuevos materiales y proporciona una ruta inusual a materiales conocidos sin altas temperaturas a granel, alta presiones o largos tiempos de reacción. Varios fenómenos son responsables de la sonoquímica y especifican toda la producción o modificación de nanomateriales durante irradiación ultrasónica. Los efectos más notables son las consecuencias de la acústica cavitación y se puede categorizar como sonoquímica primaria (química en fase gaseosa), ocurriendo dentro de burbujas que colapsan), sonoquímica secundaria (fase de solución química que ocurre fuera de las burbujas), y modificación física (causada por chorros de alta velocidad u ondas de choque derivadas del colapso de la burbuja). Cavitación acústica (la formación, crecimiento y colapso implosivo de burbujas en un líquido [5]. Para que esta vía sea posible se utiliza energía alta de ultrasonido (10 MHz) a una mezcla de reacción a temperatura ambiente (una temperatura máxima de 40 ºC) lográndose la dispersión de

pequeños aglomerados de partículas. Las reacciones químicas se efectúan en el líquido que presenta cavitación en la interfase o en el medio donde existen fuerzas de cizallamiento, incluso puede darse la formación de radicales. No es recomendable usar mucho tiempo de ultrasonido (0.5 a 3 horas) pues se incrementa el tamaño de partícula y el MOF (Material Cristalino Formado) comienza a degradarse [6].

El método conocido como deposición de vapor (CVD) se caracteriza por controlar de una manera elegante los parámetros del proceso para poder producir nanoestructuras controladas por tamaño, forma y composición química. La deposición de vapor se basa en la producción de pequeños grupos que pueden agregarse para formar nanopartículas (condensación). La condensación ocurre solo cuando el vapor está sobresaturado, y en estos procesos la nucleación homogénea en la fase gaseosa se utiliza para formar partículas [5].

La técnica de precipitación química, está basado en la precipitación de un sólido a partir de una solución de dos o más iones diferentes en una solución súper saturado, donde, la morfología, el tamaño de partícula y la cristalita se controlan a partir de la cinética de reacción, temperatura, pH y el tiempo de cristalización [7]. En este método se tiene que la cinética de la nucleación y el crecimiento de las partículas en soluciones homogéneas se ajustan bajo el control de los aniónes y cationes. Un control estricto de la cinética del precipitado puede dar como resultado nanopartículas monodispersadas, lo cual es esencial para controlar el factor que determina el proceso de precipitación, tal como el pH y la concentración de los iones y reactantes [8].

La síntesis solvotermal, obtiene el beneficio de las rutas sol-gel e hidrotermal. Por lo tanto, la síntesis solvotermal permite el control preciso sobre el tamaño, la distribución de la forma y la cristalinidad de las nanopartículas o nanoestructuras de óxido metálico. Estas características se pueden alterar cambiando ciertos parámetros experimentales, que incluyen la temperatura de reacción, el tiempo de reacción, el tipo de solvente, de tensioactivo y el tipo de precursor [5]. Involucra la disolución de los precursores metálicos en solventes polares y de los precursores inorgánicos en solventes orgánicos bajo condiciones moderadas de temperatura (80-180 ºC) y presión con tiempos de reacción en un rango de 21-96 horas [6].

La técnica sol–gel se basa en reacciones de hidrólisis y condensación de los reactantes involucrados. Este método permite obtener polvos cerámicos en tamaño nanométricos [9]. Sol-gel como sugiere su nombre, implica la evolución de las redes a través de la formación de una suspensión coloidal (sol) y gelificación del sol para formar una red en una fase líquida continua (gel). La primera etapa en los procesos sol-gel es la síntesis del coloide. Los precursores suelen ser iones de un metal. Si el material llamado gel se calienta cuidadosamente a 200°C – 500°C, se elimina todo el líquido y el gel se convierte en un polvo de óxido metálico. La reacción involucrada en la química sol-gel basada en la hidrólisis y condensación de metales alcóxidos M(OR)z se pueden describir de la siguiente manera [5]:

$$MOR + H_2O \rightarrow MOH + ROH$$ (Hidrólisis.)

$$MOH + ROM \rightarrow M - O - M + ROH$$ (Condensación)

III. MATERIALES Y MÉTODOS

La síntesis acuosa a baja temperatura es un método especialmente atractivo para producir ZnO debido a las ventajas en el costo y el impacto ambiental. En este proceso se obtiene un reactante insoluble que precipita en el fondo del sistema mediante dos etapas: (1) precipitación de un precursor de ZnO de la solución y (b) un tratamiento térmico de este precursor con posterior molienda para inducir la desintegración física de los aglomerados calcinados y eliminar las impurezas [2]. Es necesario resaltar el control de una variedad de factores limitantes que incluyen la temperatura de reacción, las condiciones de pH, la duración de la precipitación y el medio utilizado para el lavado. En los métodos acuosos a baja temperatura para la generación de ZnO se utilizan amoniaco en la solución de crecimiento, hidróxido de amonio, una sal de amonio, o como producto de descomposición de otra especie, por ejemplo, hexamina. Debido al hecho de que el ~9,25 pKa del amoníaco se encuentra dentro del rango de pH que normalmente se usa para sintetizar ZnO en soluciones acuosas [10].

El método de precipitación se caracteriza por el mecanismo de reacciones de precipitación, la ocurrencia de estas reacciones es posible debido a la atracción que generan pares de iones con cargas opuestas entre sí, de esta manera se produce un sólido iónico insoluble. La ocurrencia de esta vía es depende de un agente precursor y de un agente precursor secundario. El mecanismo te precipitación se plantea de la siguiente manera, donde se sugiere como precursor primario $Zn(NO_3)_2 * 2H_2O$.

$$Zn(NO_3)_2 * 2H_2O + 2NH_3 + 2H_2O \rightarrow Zn(OH)_2 + 2NH_4(NO_3) + 2H_2O \quad (1)$$

$$Zn(OH)_2 + 2H_2O = Zn^{2+} + 2(OH)^- + 2H_2O \quad (2)$$

$$Zn^{2+} + 2(OH)^- + 2H_2O = Zn(OH)_4^{2-} + 2H^+ \quad (3)$$

$$Zn(OH)_4^{-2} \rightarrow ZnO + H_2O + 2(OH)^- \quad (4)$$

Esquema 1: Etapas de síntesis de ZnO por el método de precipitación.

IV. EXPECTATIVAS

Se han empleado varios enfoques para ajustar las propiedades fotocatalíticas de ZnO y superar sus inconvenientes., Sauvik Raha mediante el proceso de precipitación, manteniendo los siguientes parámetros, temperatura de 50-60°C, durante 8h, utilizando como precursores $ZnSO_4$ y NH_4OH, donde obtuvo como resultado, una estructura hexagonal; copos con un diámetro de partícula de 30 nm. Por otro lado, Chattopadhyay menciona que utilizando como precursores $Zn(NO_3)_2$, NaOH, durante 2h, a una temperatura de 100°C, la morfología resultante son partículas de tamaño esférico. La obtención de ZnO por el método de precipitación es viable basado en la predicción de la solubilidad del ZnO y la especiación del zinc disuelto en solución acuosa en función de pH, la concentración de amoniaco y la temperatura.

V. RECONOCIMIENTOS O AGRADECIMIENTOS

Se agradece el apoyo del Instituto Tecnológico Superior de Irapuato (ITESI) y al Comité Organizador del 24 Verano de la Ciencia Región Centro 2022.

REFERENCIAS

[1] S. Pushpendra, R. Kummar Singh y R. Kummar, «Journey of ZnO quatum dots from undoped to rare-eart and transitión metal-doped and their applications,» *ROYAL SOCIETY OF CHEMISTRY,* nº 2512-2545, 2021.

[2] L. Bettina y N. Markus, «Zinc oxide nanoparticles: chemical mechanisms and classical and non-classical crystallization.,» *ROYAL SOCIETY OF CHEMISTRY,* 2013.

[3] T. Brown, Química la ciencia central, México: PEARSON,, 2004.

[4] H. X. D. P. G. J. Habibollah Aminirastabi, «Sol-Gel process and Engineering Nanostructure.,» *IntechOpen,* pp. 21-33, 2018.

[5] S. K. Narendra Kumar, Essentials in Nanoscience and Nanotechnology., Canadá: WILEY, 2016.

[6] J. A. Claudio-Rizo, L. F. Cano Salazar, T. E. Flores-Guia y D. A. Cabrera-Munguia, «Estructuras metal-orgánicas (MOFs) nanoestructuradas para la liberación controlada de fármacos.,» *Mundo Nano.,* 2021.

[7] J. Rodríguez-Páez, «Síntesis de polvos cerámicos por el método de precipitación.,» *Boletín de la Sociedad Española de Cerámica y Vidrio,* vol. 40, nº 3, pp. 173-184, 2001.

[8] S. R. Berbena, «SÍNTESIS Y CARACTERIZACION DE LA CONVERSION HACIA ARRIBA EN NANOCRISTALES DE ZnO:Er3+,» 05 2008. [En línea]. Available: CENTRO DE INVESTIGACIONES EN OPTICA A. C..

[9] D. Figueredo-Amaya, J. Mesa-Chaparro y A. M. Ríos-Rojas, «Propiedades físicas de estructuras tipo perovskita: Síntesis y aplicaciones.,» *Revista de Investigación Administración e Ingenierías.,* vol. 8 , nº S1, 2020.

[10] J. J. Richardson y F. F. Lange, «Controlling Low Temperature Aqueous Synthesis of ZnO. 1. Thermodynamic Analysis,» *CRYSTAL GROWTH AND DESIGN.,* vol. 9, nº 6, 2009.

[11] C. Ramírez Martín, D. Figueredo-Amaya, J. Mesa-Chaparro y A. M. Rios-Rojas, «Propiedades físicasde estructuras tipo perovskita: Síntesis y aplicaciones.,» *Aibi revista de investigación, administración eingeniería,* vol. 8, nº S1, pp. 307-314., 2020.

[12] M. Soumen , P. Shreyasi y C. Kalyan Kumar , «Recent advances in low temperature, solution processed morphology tailored ZnO nano-architecture for electron emission and photocatalysis applications.,» *ROYAL SOCIETY OF CHEMISTRY,* pp. 01-61, 2015.

[13] A. S. Pereira y . T. Trindade, «Nano dimensional ZnO: new chemical insights from an old material.,» *ROYAL SOCIETY OF CHEMISTRY,* 2013.

ESTUDIO TEÓRICO – EXPERIMENTAL DE LA DESCARGA DE FLUJO MÁSICO DE MATERIAL GRANULAR

Alberto Torres Muñoz
Instituto Tecnológico Nacional Campus Querétaro.
Av. Tecnológico s/n, Centro, 76000 Santiago de Querétaro, Qro.
beto_torres1500@hotmail.com

José Eduardo Rojas Calderón
Instituto Tecnológico Nacional Campus Querétaro.
Av. Tecnológico s/n, Centro, 76000 Santiago de Querétaro, Qro.
joserc1499@gmail.com

Ricardo Daniel Contreras Arredondo
Instituto Tecnológico Nacional Campus Querétaro.
Av. Tecnológico s/n, Centro, 76000 Santiago de Querétaro, Qro.
l18141196@queretaro.tecnm.mx

Daniel Armando Serrano Huerta
Instituto Tecnológico Nacional Campus Querétaro.
Av. Tecnológico s/n, Centro, 76000 Santiago de Querétaro, Qro.
daniel.sh@queretaro.tecnm.mx

Resumen — Se presenta un estudio teórico - experimental del comportamiento que obedece el flujo másico de material granular seco, no cohesivo, cuando es inducido por gravedad, emerge desde el fondo y las paredes verticales del contenedor. Se realizaron experimentos para mostrar la influencia del espesor de pared, ω, tamaño del orificio de salida, D, ángulo de reposo θ_r y el tamaño de grano, dg, para los diferentes materiales granulares utilizados. Este problema es de importancia para controlar, las pérdidas de granos en la descarga de silos, la dosificación de medicamentos y el trasporte de materia en forma granular.

Palabras clave — Material granular, Diámetro, Ángulo de reposo.

Abstract — A theoretical-experimental study of the behavior of the mass flow of dry, non-cohesive granular material, when induced by gravity, emerges from the bottom and vertical walls of the container, is presented. Experiments were carried out to show the influence of wall thickness, ω, exit hole size, D, angle of repose θ_r and grain size, dg, for the different granular materials used. This problem is of importance to control the losses of grains in the unloading of silos, the dosing of medicines and the transport of matter in granular form.

Keywords — Granular material, Diameter, Repose of angle.

I. INTRODUCCIÓN

El flujo másico de material granular, que se descarga debido a la gravedad, desde los orificios en el fondo y las paredes laterales del contenedor, es cuantificable, mediante la masa por unidad de tiempo o flujo másico, el cual presenta algunas características interesantes que se han estudiado intensamente, en los últimos 200 años, ver, por ejemplo: Hagen (1852); Beverloo et al. (1961); Choudary and Rao (2006); Medina et al. (1998). Desde el punto de vista teórico se puede utilizar como un indicador de cambios en el comportamiento del medio granular en el interior del contendor y de la proximidad de la región de atasco. En los primeros estudios realizados por G. Hagen (1852), se propuso que el flujo másico promedio del material granular proveniente de un contendor es esencialmente una relación funcional de la forma:

$$\dot{m} = \rho g^{1/2} D^{5/2} \quad (1)$$

Donde $\dot{m}$ es el flujo másico (gr/s), ρ es la densidad de bulto, g es la aceleración de la gravedad y D es el diámetro del orificio circular de salida. Por otro lado, en el régimen de flujo continuo de material granular el flujo másico $\dot{m}$ a través de un orificio circular de diámetro, D, es descrito por la llamada Ley de Beverloo.

$$\dot{m} = c\rho g^{\frac{1}{2}} (d_g - kA)^{1/2} \quad (2)$$

donde A es el tamaño de la apertura de salida, g la aceleración debida a la gravedad, ρ es la densidad de bulto y d_g es el diámetro del material granular es el diámetro del material granular, mientras que k y c son dos constantes adimensionales empíricas, donde k puede tener valores promedio entre $k \sim 1 - 4$. El resultado clásico de la medición del flujo másico de material granular es la llamada Ley de Hagen.

II. MARCO TEÓRICO

Los silos son contenedores de distintas formas que pueden tener una capacidad de almacenaje de unos pocos metros cúbicos o hasta centenares de ellos, y que pueden estar abiertos o cerrados herméticamente; se utilizan para el almacenamiento o conservación de una extensa gama de productos, bien sea granos, harinas, forrajes, ver Fig. 1.

Fig. 1. Silos comerciales con fondo tolva FRAME.

En la actualidad los silos y tolvas industriales o de granjas, experimentan algún grado de falla cada año, como se observa en la Fig. 2, estas estructuras fallan con una frecuencia que es mucho más alta que la de cualquier otro equipo industrial El costo económico de una falla de silo nunca es pequeño, el dueño enfrenta los costos inmediatos de pérdida de la producción y de reparaciones; el personal cercano se ve expuesto a un peligro significativo y el diseñador y constructor enfrenta posibles litigios por su responsabilidad en el funcionamiento eficiente del silo.

Fig. 2. La estructura del silo cedió y el cereal sepultó a los trabajadores.

Para conservar las cosechas de granos, se han empleado estructuras de almacenamiento como son las trojes, tapancos, ollas de barro, tambos metálicos y bolsas de polietileno, con características diversas de acuerdo a las condiciones ecológicas y climáticas de cada región. Sin embargo, en gran medida los ecosistemas locales, han tenido modificaciones, por lo que ahora su escasa infraestructura no los protege del ataque que pueden producir las plagas a los granos y semillas, que almacenan para su sustento. En este contexto, se presenta la justificación del presente trabajo, el estudio del flujo másico como una función del espesor de pared, y la geometría del orificio, expresado en una formula empírica y sencilla, es un aporte significativo en el estudio del manejo y almacenamiento de medios granulares postcosecha.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

Diseño experimental

Los experimentos de la descarga de material granular desde el fondo y las paredes laterales del contendor, fueron analizados utilizando un contenedor de acrílico de 10 x 10 x 50 cm como se muestra en la Fig. 3(a). Los espesores w de las paredes que se utilizaron fueron de las siguientes medidas 0.3 cm, 0.4 cm, 0.6 cm y 0.9 cm como se observa en la Fig. 3(b).

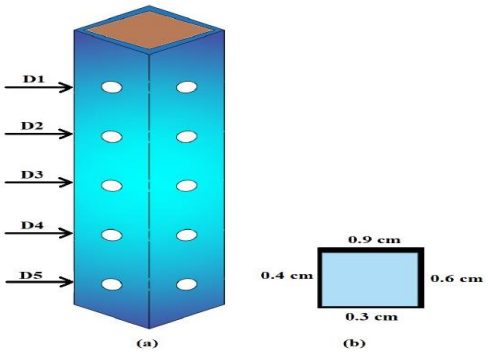


Fig. 3. Contenedor con orificios de salida, y espesor de pared, ω: (a) Vista frontal; (b) Vista superior donde se observan los diferentes espesores de pared.

Para lograr un mejor resultado del comportamiento del flujo másico de material granular a través de las paredes y el fondo del contenedor, se realizaron los experimentos con el contenedor lleno utilizando diversos materiales granulares, ver Tabla 1. Se caracterizaron las propiedades del material granular, como se observa en la Fig. 4. Se analizó la influencia que tiene el diámetro de salida, D, el espesor de pared, ω, y el tamaño de grano d_g.

Tabla 1. Propiedades del material granular utilizado en los experimentos

Material Granular	**Ángulo de Reposo** $\theta_r(°)$	**Densidad de bulto** $\rho(gr/cm^3)$	**Diámetro de grano** $d_g(cm)$
Arena de playa	33	1.5	0.03
Azúcar	33.5	0.84	0.073
Mostaza	22	0.72	0.185
Tapioca	27	0.57	0.22

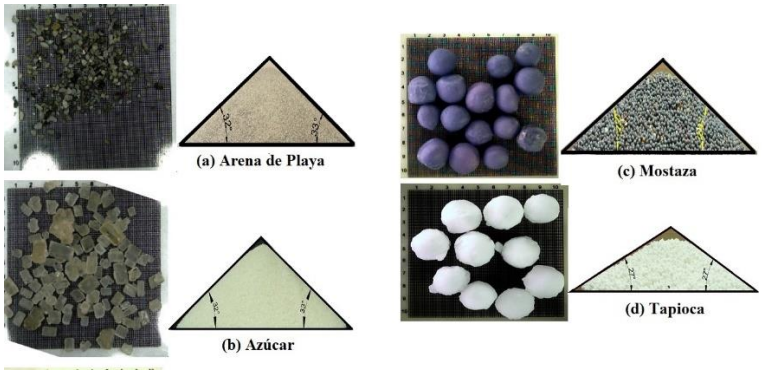


Fig. 4. Micrografía y ángulo de reposo del material granular.

Medición del flujo másico en el fondo del contenedor

Es conocido que el grosor de pared, ω, no afecta considerablemente el flujo másico $\dot{m}$, cuando el orificio está localizado en el fondo del contenedor. En la Fig. 5 se muestra la descarga de material granular de arena de playa (diámetro $d_g = 0.03$ cm y la densidad de bulto $\rho = 1.5\ \mathrm{gr/cm^3}$, que sale por los orificios circulares de un contenedor de acrílico como se muestra en la Fig. 5(a) pared delgada y Fig. 5(b) pared gruesa.

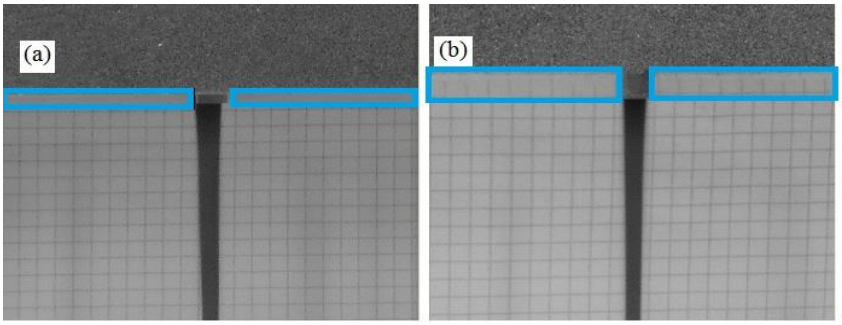


Fig. 5. Chorro de arena en el fondo del contendor: (a) Pared delgada 3 mm; (b) pared gruesa 9 mm

En la Fig. 6 se muestra una gráfica del flujo másico en función al diámetro de salida, D, muestra que para los dos espesores ω = 0.3 cm y ω = 0.9 cm, el espesor no era importante cuando el orificio se situaba en el fondo, además, los resultados para los dos espesores de pared se ajustan bien a la fórmula de Hagen-Beverloo

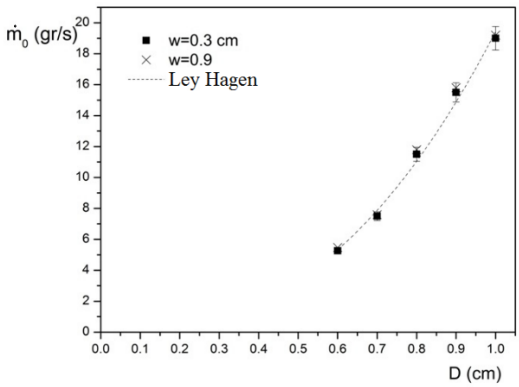


Fig. 6. Gráfica del flujo másico como una función del diámetro de salida, D, en el fondo del contenedor.

IV. RESULTADOS

Recientemente Serrano et al. (2015a) derivaron una fórmula, para el flujo másico, a través de los orificios en las paredes laterales, que acepta la dependencia del diámetro del orificio D y del espesor de pared ω, para materiales granulares sólidos donde el límite es $D \gg d_g$; donde dg es el diámetro medio de grano. Encontramos que el flujo masico obedece la relación, Serrano et al. (2015a).

$$\dot{m} = \rho g^{\frac{1}{2}} D^{5/2} \left[\arctan\frac{D}{w} - \theta_r\right] \quad (3)$$

Este resultado implica que el espesor de pared del contenedor tiene una importante influencia en el flujo por gravedad. Sin embargo, para granos gruesos o granos grandes como se menciona en la literatura especializada a este problema, la Ec. 2, no demuestra la influencia que tiene el tamaño de grano y no se consideran los coeficientes de descarga, c , para los distintos materiales granulares utilizados. Por tal motivo la mejor relación que se ajusta a los datos experimentales tiene la forma:

$$\dot{m} = \rho g^{\frac{1}{2}}(D - kd)^{5/2}\left[\arctan\frac{D}{w} - \theta_r\right] \quad (4)$$

Donde el coeficiente de descarga, c, es adimensional y tiene un valor para la mostaza de $c = 0.13$ y para las perlas de tapioca $c = 0.15$. Graficamos el flujo másico experimental a través de los orificios en las paredes laterales del contendor y lo comparamos con la Ec. 3 como se observa en la Fig. 10., dado a los resultados se puede establecer que la Ec. 3 es la ley de Hagen- Beverloo generalizada para el flujo másico de material granular en las paredes verticales del contenedor.

V. DISCUSIÓN (O ANÁLISIS DE RESULTADOS)

En este trabajo estudiamos experimentalmente el problema del flujo másico de material granular a través de orificios circulares transversales en las paredes verticales y en el fondo de los contenedores. Analizamos la dependencia del flujo másico de material granular en función del diámetro de salida del orificio, D, y el espesor de la pared, w, utilizamos diversos materiales granulares, espesores de pared en el contenedor; observamos y reportamos que los valores de flujo másico en un mismo diámetro a distintas alturas no varían drásticamente.

I. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Los parámetros del ángulo de reposo del material granular, θ_r, y el espesor de pared crítico ω_c, son indispensables para entregar de manera eficiente la dosificación del material granular, estos parámetros son considerados en la Ec.3, Ley generalizada de Hagen - Beverloo, este modelo permite evitar los atascamientos del material a la salida lateral del contenedor. El modelo que se propuso se ajusta bien a los resultados experimentales; más estudios para diferentes formas de orificios se necesitan para obtener un modelo general válido para una amplia gama de configuraciones. Como resultado de este trabajo, se presenta un nuevo método en la literatura para medir y calcular el flujo másico de material granular, por otro lado, es la primera vez que en la literatura especializada se reportan experimentos para el problema del flujo másico de material granular no cohesivo en contenedores de paredes verticales con orificios circulares.

Específicamente, hemos estudiado la dependencia de $\dot{m}$, en función de D y w, mediante el uso de diferentes materiales granulares (arena de playa, azúcar, mostaza y tapioca). Cabe mencionar que son de los primeros estudios experimentales donde se analiza la influencia del espesor de pared w, en la salida el flujo másico. Actualmente Li et al. (2017)

está empleando esta investigación para el enfriamiento de reactores nucleares de última generación y Chhabra and Gurappa (2019)

II. RECONOCIMIENTOS (O AGRADECIMIENTOS)

Al **Instituto Tecnológico de Nacional Campus Querétaro,** por el uso de sus instalaciones y la facilidad que nos dieron para el desarrollo de este proyecto. Al Dr. Abraham Medina Ovando de **ESIME Azcapotzalco del Instituto Politécnico Nacional**, por facilitarnos sus instrumentos de medición y la capacitación de estos.

REFERENCIAS

[1] Beverloo, W., Leniger, H., and de Velde, J.V. (1961). The flow of granular solids through orifices. Chemical engineering science, 15, 260 - 269.

[2] Hagen, H. (1852). Bericht über die zur bekanntmachung geeigneten verhandlungen der königlich preussischen akademie der wissenschaften zu berlin. Berlin: Verl. d. Kgl. Akad. d. Wiss, 35, 35 - 42.

[3] Mankoc, C., Janda, A., Arévalo, R., Pastor, J., Zuriguel, I., Garcimartín, A., and Maza, D. (2007). The flow rate of granular materials through an orifice. Granular Matter, 9, 407-414.

[4] McGlinchey, D. (2009) Bulk solids handling: equipment selection and operation. John Wiley and Sons.

[5] Medina, A., Cabrera, D., López-Villa, A., and Pliego, M. (2014). Discharge rates of dry granular material from bins with lateral exit holes. Powder Technology, 253, 270-275.

[6] Medina, A., Cordova, J., Luna, E., and Trevino, C. (1998). Velocity field measurements in granular gravity flow in a near 2d silo. Physics Letters A, 250, 111-116.

[7] Medina, A., Serrano, D., and Gutierrez, G.J. (2013). On the mass flow rate from silos with lateral exit holes. Revista Mexicana de Física, 59, 287-291.

[8] Ríos, A. (2011). Instituto de investigaciones de ingeniería agrícola. Máquinas agrícolas, tracción animal e implementos manuales, 23.

[19] Serrano, D., Medina, A., Chavarría, G.R., Pliego, M., and Klapp, J. (2015a). Mass flow rate of granular material flowing from tilted bins. Powder Technology, 286, 438-443.

[10] Serrano, D., Sanchéz-Silva, F., Klapp, J., and Medina, A. (2015b). The Hagen - Beverloo law for outflow of granular solids from holes on side walls. Revista Mexicana de Física, 61, 207-210.

[11] Sheldon, H. and Durian, D. (2010). Granular discharge and clogging for tilted hoppers. Granular Matter, 12, 579-585.

[12] Uzan, J. (1999). Granular material characterization for mechanistic pavement design. Chemical engineering science, 125, 108-113.

DESARROLLO DE APLICACIÓN MÓVIL PARA PROMOVER LA LECTURA MEDIANTE EL INTERCAMBIO DE MATERIAL BIBLIOGRÁFICO FÍSICO BASÁNDOSE EN TECNOLOGÍAS DE GEOLOCALIZACIÓN

Luis Javier Lopez Gonzalez
Instituto Tecnológico Superior del Sur de Guanajuato
Educación Superior 2000, Benito Juárez, 38980 Uriangato, Gto.
ls19120191@surguanajuato.tecnm.mx

Luis Emmanuel Carreón Aranda
Instituto Tecnológico Superior de Purísima del Rincón
Blvd. del Valle 2301, Guardarrayas, 36425 Gto.
luis.ca@purisima.tecnm.mx

Resumen — En este trabajo se presenta la implementación del lenguaje de programación "Dart" que a su vez usa "flutter" como framework. La generación del código resulta en una aplicación de intercambio de material bibliográfico. El sistema propuesto conlleva algunas pantallas importantes donde destaca la pantalla login que hace consumo de FirebaseUI Auth a su vez se tienen pantallas de búsqueda y crud las cuales también mantienen sus instancias en una base de datos NoSQL siendo esta esta firebase. Para versiones posteriores se piensa tener en funcionamiento la aplicación con vallado gps permitiendo que se restrinja la búsqueda a un radio especificado según la ubicación del usuario y el rango máximo de búsqueda que este ingrese.

Palabras clave — Framework, NoSQL, vallado GPS.

Abstract —In this work the implementation of the programing language "dart" which at the same time use the framework "flutter". The generation of the code results in a bibliographic material exchange application. The proposed system entails some important screens where the login screen that consumes FirebaseUI Auth stands out, as well as search and crud screens which also maintain their instances in a NoSQL database, this being firebase. For later versions, it is planned to have the application with gps fencing in operation, allowing the search to be restricted to a specified radius according to the user's location and the maximum search range that he enters.

Keywords — Framework, NoSQL, fenced GPS.

I. INTRODUCCIÓN

Con la disminución gradual de lectores en el país observada a través de los resultados mostrados en base al comunicado de prensa del INEGI fechado en 22 de abril del año 2021 mostrando mayormente resultados y tablas correspondientes a MOLEC (Modulo sobre lectura). A grandes rasgos existen varios problemas que recaen en demarcar más la situación que se busca mejorar. Estos problemas son falta de interés/motivación, falta de acceso a los títulos de interés y falta de recursos para adquirirlos.

Arrancando de los problemas mencionados se propuso como solución una aplicación de intercambio de libros con la cual se pretende atacar la problemática. En principio esta aplicación facilitara la adquisición de libros entre particulares. La mecánica de interacción o intercambio consiste en la creación de un vínculo entre dos usuarios los cuales acordaran que libros intercambiaran todo esto está limitado a su ubicación gps dejando siempre a una persona cercana a este para facilitar el canje. La interacción de los usuarios puede ayudar

a incentivar la lectura de los libros al tener un “guía” el cual en caso de que se trabe en alguna parte del libro le ayudara a avanzar a través de un chat o comunicación entre los usuarios que intercambiaron.

II. MARCO TEÓRICO

Es indiscutible que el uso de dispositivos móviles tiene cada vez más y más auge en nuestra sociedad. Día con día utilizamos cada vez más aplicaciones que se vuelven parte de los servicios que usamos o cómo interactuamos con nuestro entorno (Gironés, 2018). En México aproximadamente el 80% de los dispositivos, son dispositivos Android (StatCounter GlobalStats, 2022).

A diferencia, una parte importante de la sociedad mexicana hace uso de dispositivos móviles, siendo la mayor parte de esta población usuarios Android y una fracción nada despreciables usuarios del sistema operativo propietario de apple. La ideación tras es el proyecto es el uso aun amplio y preferente de los libros en formato físico sobre todo al tratarse de la lectura recreativa la cual a su vez puede llevar a la apertura de conversación así como también a grupos de lectura los cuales pueden ayudar a hacer amena la lectura o dar una motivación extra al lector y con ello no quedar atrás en la conversación o en su defecto ayudarlo a entender mejor lo que está leyendo y ver otros puntos de vista o curiosidades relacionadas con lo que está leyendo, entonces estos aspectos generaron la inquietud necesaria para llevar a cabo el desarrollo de una aplicación con la cual se puedan cubrir esos aspectos, en primera crear un acervo bibliográfico importante, en segunda generar una comunidad de lectores que permita al acervo mantenerse fresco y con una amplia variedad de títulos a modo que los usuarios puedan acceder a más títulos según esta comunidad crezca.

Dart: Lenguaje de programación diseñado para el desarrollo web y móvil. Fue desarrollado por Google estando detrás del desarrollo Lars Bak y Kasper Lund.[1]

Flutter: es un SDK o kit de desarrollo de software creado por Google que puede ser usado para el desarrollo de aplicaciones cross platform en otras palabras que pueden ser ejecutadas en múltiples sistemas operativos incluyendo desarrollo web.[2]

Firebase: Plataforma de desarrollo de Google para la creación de aplicaciones para móvil y web, su principal uso es como base de datos NoSQL y como herramienta de servicios como es la misma db y los servicios de autentificación, así como también se pueden mencionar las api con las que cuenta esta plataforma destacando para este proyecto las relacionadas con “Maps”.[3]

III. MATERIALES Y MÉTODOS

Los materiales o instalaciones requeridas para el desarrollo fueron están divididas en dos secciones, la primera es el entorno de desarrollo y en segunda los SDK el cual permite el uso del lenguaje de programación en turno para este caso “dart” con framework “flutter”.

Entorno de desarrollo

- VS Code
- Android Studio (con este configuramos la máquina virtual) SDK
- Flutter [4]
- FVM (gestor de versiones de flutter) [5]

El sistema de desarrollo implementado fue el modelo scrum el cual consto de 4 etapas o Sprints, los cuales según su avance se pueden clasificar en 3 condiciones “por hacer”, “en proceso” y “terminado” en donde las condiciones son relativas a los procesos de: documentación, implementación y revisión que se utilizaran a lo largo del proceso de desarrollo.

a) En el primer sprint se realiza la creación de la interfaz a usar para darse de alta en el sistema o directamente iniciar sesión, para ello se pueden aprovechar recursos de autentificación de firebase, uno de los elegidos es el inicio de sesión o autentificación con cuenta Google, pero la forma de implementarlo no cambia demasiado entre las otras soluciones de inicio de sesión vinculado a cuentas o correos de terceros.

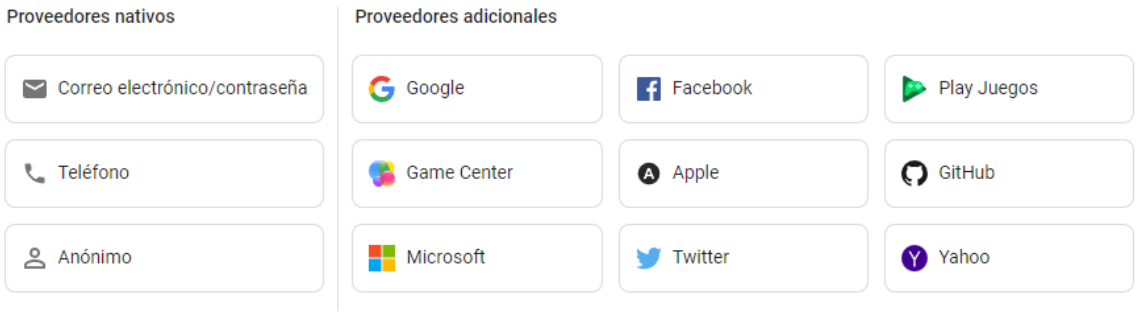


Fig. 1. Opciones de proveedores para inicio de sesión. [6]

b) El segundo sprint se realiza el proceso de creación del crud creando los modelos de datos en la aplicación y estos siendo conectados a la base de datos alojada en firebase la cual es de tipo NoSQL. Dentro de firebase hay que configurar las reglas de entrada o registro de procesos internos.

c) La tercera iteración del proyecto consta de la unión de los usuarios o match para que acuerden el intercambio del libro que les interesa a cada uno de estos. La forma inicial para hacer esto es a través de un buscador con lo cual conseguiremos facilitar la tarea y entender el funcionamiento de este componente del framework, posteriormente se pasará a una interfaz “deslizable”.

d) La última fase creación de cerco GPS lo cual permitirá que el usuario solo pueda intercambiar libros con personas que estén en un radio determinado por este ayudando a evitar largos traslados o problemas para hacer el intercambio derivados de desconfianza o algunas otras situaciones de fuerza mayor. Para esta etapa también se recomienda hacer uso de los servicios de firebase usando el api relacionadas a mapeado dispuestas por Google maps. Las indispensables para este proyecto son los sdk tanto

Android como iOS. Ya que estos contienen lo indispensable para mostrar el mapa en los sistemas operativos donde se busca distribuir la aplicación.

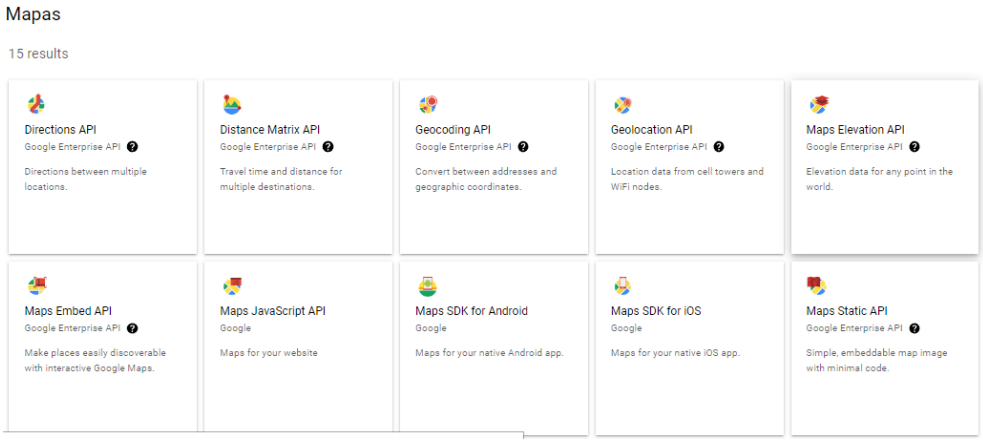


Fig. 2. Librería de api correspondiente a mapas [6]

IV. RESULTADOS

Pantallas de log in, log up. La primera pide como requerimientos de acceso el correo del usuario, y contraseña, la segunda pantalla como requerimientos mínimos hace solicitud de nombre, correo y contraseña necesarios para hacer el registro del usuario.

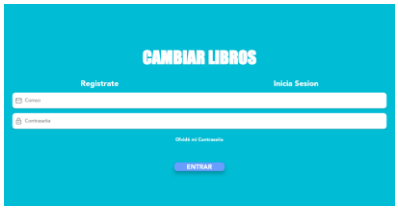


Fig. 3. Pantalla Log in

Fig. 4. Pantalla Log up

Pantalla de inicio en la cual se mostrarán los libros que ingrese el usuario en formato de mosaico. Así como también la barra de direcciones con la cual se puede desplazar dentro de algunos apartados de la aplicación.

Fig. 5. Pantalla inicial y barra direcciones

Menú lateral, acá se permite revisar las categorías de los títulos registrados, los intercambios realizados y los chats con los usuarios que se efectuó el intercambio.

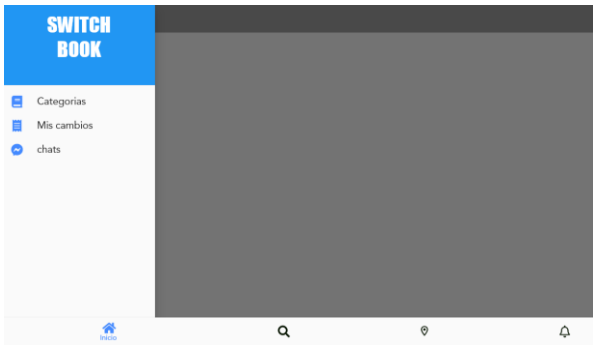


Fig. 6. Menú lateral

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En este proyecto se propuso y realizó la implementación del framewok Flutter para generar una aplicación de intercambio de material bibliográfico cercada bajo un sistema gps, el cual restringirá el radio en que el usuario podrá intercambiar sus libros y hacer conexión con otros usuarios generando de esta manera posibles interacciones sociales que ayudaran a que los mismos puedan crear una comunidad a modo de club de lectura o puedan fungir como mancuernas mientras leen los libros intercambiados.

La finalidad de este como ya fue brevemente descrito es que los usuarios adquieran el hábito de lectura a la vez que tienen la oportunidad de ampliar su círculo social.

VI. RECONOCIMIENTOS

Expreso mi agradecimiento al Instituto Tecnológico Superior de Purísima del Rincón por las facilidades y el apoyo otorgado para la realización de la estancia de verano, así como al profesor a cargo del proyecto por los materiales facilitados y la apertura mostrada para el dialogo.

REFERENCIAS

[1] Contributors to Wikimedia projects. "Dart (programming language) - Wikipedia". Wikipedia, the free encyclopedia. https://en.wikipedia.org/wiki/Dart_(programming_language)#Example (accedido el 7 de julio de 2022).

[2] Contributors to Wikimedia projects. "Flutter (software) - Wikipedia". Wikipedia, the free encyclopedia. https://en.wikipedia.org/wiki/Flutter_(software) (accedido el 7 de julio de 2022).

[3] Colaboradores de los proyectos Wikimedia. "Firebase - Wikipedia, la enciclopedia libre". Wikipedia, la enciclopedia libre. https://es.wikipedia.org/wiki/Firebase (accedido el 7 de julio de 2022).

[4] "Windows install". Flutter documentation | Flutter. https://docs.flutter.dev/get-started/install/windows (accedido el 7 de julio de 2022).

[5] "Descripción general | Flutter Version Management". fvm | Flutter Version Management. https://fvm.app/es/docs/getting_started/overview/ (accedido el 7 de julio de 2022).

[6] "Firebase". https://firebase.google.com/?hl=es-419&gclid=EAIaIQobChMIyrHt_6_p-AIVQhB9Ch1v_gcVEAAYASAAEgLEsPD_BwE&gclsrc=aw.ds (accedido el 7 de julio de 2022).

[7] "Cloud Console | Cloud console - Web UI Admin | Google Cloud". https://cloud.google.com/cloudconsole?utm_source=google&utm_medium=cpc&utm_campaign=latam-MX-all-es-dr-BKWS-all-all-trial-e-dr-1011454-LUAC0016056&utm_content=text-ad-none-any-DEV_c-CRE_540885993592-ADGP_Hybrid%20%7C%20BKWS%20-%20EXA%20%7C%20Txt%20~%20Management-Tools_Console-KWID_43700065922079826-kwd1409427295081&utm_term=KW_google%20cloud%20consoleST_Google%20Cloud%20Console&gclid=EAIaIQobChMIkfmAnbHp-AIVIQV9Ch16zwJmEAAYASAAEgIvF_D_BwE&gclsrc=aw.ds (accedido el 7 de julio de 2022).

ANÁLISIS DE CONTINGENCIAS SIMPLES N-1 DE SISTEMAS ELÉCTRICOS DE POTENCIA CONSIDERANDO DISPOSITIVOS FACTS

Luis Fernando Rodríguez Hernández
Instituto Tecnológico Superior de Irapuato
Silao-Irapuato km 12.5 El Copal, 36821 Irapuato, Gto.
lis18110213@irapuato.tecnm.mx

José Miguel García Guzmán
Instituto Tecnológico Superior de Irapuato
Silao-Irapuato km 12.5 El Copal, 36821 Irapuato, Gto.
jose.gg@irapuato.tecnm.mx

Resumen — En este artículo se realiza un análisis de contingencias simples para evaluar la seguridad de los sistemas eléctricos de potencia considerando la integración de los Sistemas Transmisión Flexibles de CA (FACTS, por sus siglas en inglés). En este trabajo utiliza el Compensador Serie Controlado por Tiristores (TCSC, por sus siglas en inglés), el cual controla el flujo de potencia activa en las líneas de transmisión. Para el análisis de contingencias se utilizan los factores de sensitividad de distribución de salida de líneas. Un caso de estudio con un sistema de potencia de prueba es llevado a cabo para visualizar el comportamiento del sistema ante la ocurrencia de contingencias simples cuando se integra el TCSC.

Palabras clave — Factores de distribución de salidas de líneas, análisis de contingencias simples, dispositivos FACTS.

Abstract — This paper presents a simple contingency analysis to evaluate the safety of electric power systems considering the integration of Flexible AC Transmission Systems (FACTS). This work uses the Thyristor Controlled Series Compensator (TCSC), which controls the active power flow in transmission lines. Line output distribution sensitivity factors are used for contingency analysis. A case study with a test power system is carried out to visualize the behavior of the system in the occurrence of simple contingencies when TCSC is integrated.

Keywords — Line output distribution factors, simple contingency analysis, FACTS devices.

I. INTRODUCCIÓN

Anteriormente, los sistemas eléctricos de potencia estaban diseñados para operar de manera sencilla e independiente. Actualmente las nuevas estructuras requieren que la energía se transmita a través de líneas de transmisión claramente definidas; sin embargo, no se puede esperar la flexibilidad del control de la energía de las redes de los sistemas de energía convencionales. Por lo tanto, es necesario incluir dispositivos basados en electrónica de potencia, denominados dispositivos FACTS, a través de los cuales sea posible controlar diversos parámetros y proporcionar flexibilidad al sistema de potencia (SEP) [1,2]. Para los sistemas de potencia, la demanda se ha elevado en los últimos años y se prevé que se siga incrementando, estos incrementos dan paso a una serie de problemas en estos sistemas, tales como congestión de la transmisión, sobrecargas y subutilización del potencial de transmisión, por mencionar algunos. La mayor consecuencia que provocan estos problemas es la disminución de la seguridad del SEP, por este motivo es muy importante realizar los estudios de contingencias para garantizar una operación

segura y confiable del sistema ante la presencia de una falla, [3, 4, 5]. Estos estudios resultan de gran importancia, ya que ante la presencia de una contingencia el SEP debe estar seguir en operación y con la mínima salida de cargas. Haciendo énfasis en lo mencionado anteriormente, en este trabajo se integró un dispositivo FACTS en el análisis de contingencias para evaluar su efecto en la seguridad de sistemas eléctricos de potencia.

II. ANÁLISIS DE CONTINGENCIAS N-1

Los análisis de contingencias es una de las herramientas más comunes para evaluar la seguridad de sistemas de potencia en estado estacionario, el análisis puede ser considerando contingencias simples o contingencias múltiples. El análisis de contingencias simples, conocido también como contingencias N-1 es el análisis adoptado en este trabajo para evaluar la seguridad de sistemas de potencia. En la operación segura y confiable de un SEP es indispensable que los sistemas tengan cierta flexibilidad para poder mantenerse operando cuando se presenta un tipo de contingencia de evento simple, tales como la salida de una carga, una línea o de un generador. Ante la ocurrencia de un evento como los ya mencionados, el SEP debe encontrar un estado de estabilidad en un punto nuevo de operación respetando los límites de voltajes, potencias, entre otros, así como la capacidad de los elementos de transmisión. En el análisis de contingencias simples, existe una forma de evaluar la sobrecarga que se presenta en las líneas de transmisión cuando sale de operación otra línea del SEP debido a una contingencia, la cual es conocida comúnmente como Factores de Distribución de Salida de Líneas (FSL). Los FSL son una parte de los factores de sensitividad y se calcula como sigue [3],

$$FSL_k = \frac{\Delta Fl}{Fk^0} = \frac{Fl^{new} - Fl^{old}}{Fk^0} \tag{1}$$

Donde FSL_k es el factor que indica el cambio en el flujo de la línea *l* ante la salida de la línea *k*. Fl^{new} y Fl^{old} son los flujos en la línea *l* después y antes de la falla respectivamente. F_k^0 es el flujo de la línea *k* antes de la contingencia.

III. DISPOSITIVOS FACTS PARA COMPENSACIÓN SERIE

Un método establecido para variar la capacidad de las líneas de transmisión es instalar compensadores controlados en serie para disminuir su impedancia neta. El TCSC es un elemento clave de los dispositivos FACTS que permite llevar a cabo tal acción. Existen dos modelos para el TCSC: el modelo de ángulo de disparo y el modelo de reactancia controlable. Este último es el utilizado en este trabajo. Como se mencionó, el TCSC permite controlar el flujo de potencia activa a través de una línea de transmisión, manteniendo dicho flujo de potencia en un valor especificado en la línea compensada. Un esquema del TCSC conectado a la línea de transmisión a compensar se muestra en la Fig. 1 [1].

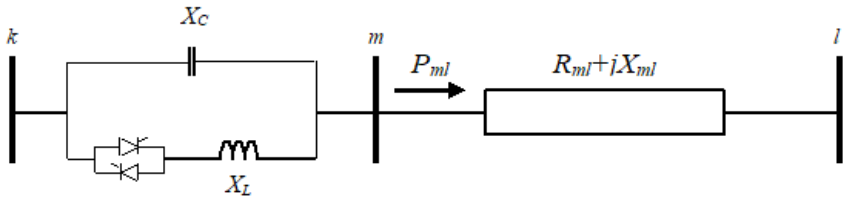


Fig. 1. Línea de transmisión compensada por el TCSC.

El flujo de potencia activa P_{ml} a través de la rama m-l es controlada en un valor P_{esp} por medio del TCSC conectado entre los nodos *k* y *m* mediante la siguiente ecuación [6],

$$P_{ml} - P_{esp} = 0 \tag{2}$$

donde P_{ml} es la potencia activa inyectada por el TCSC, la cual es una función dependiente de la reactancia controlable. P_{ml} es dada,

$$P_m = -V_m V_k B_{TCSC} \sin(\theta_m - \theta_k) \tag{3}$$

A su vez la susceptancia del TCSC es dada por,

$$B_{kk} = B_{mm} = B_{TCSC} = -\frac{1}{X_{TCSC}} \tag{4}$$

Una vez que se obtiene la reactancia del TCSC, esta se suma con la impedancia serie de la línea de transmisión para compensarla y controlar su flujo de potencia activa a un valor especificado. El análisis de contingencias se lleva a cabo cuando la acción de control de flujo de potencia del TCSC está activada.

IV. CASOS DE ESTUDIO

El sistema de potencia de 5 nodos [7] es el SEP utilizado en los casos de estudio para llevar a cabo el análisis de contingencias simples considerando la integración de la compensadora serie controlado por tiristores. El análisis de contingencias se lleva a cabo en CA, de modo que se utiliza el problema de flujos de potencia en CA para llevar a cabo este análisis con una tolerancia de convergencia de $1x10^{-9}$. En los casos de estudio se lleva a cabo el análisis de contingencias sin la integración del TCSC y posteriormente se realiza con la inclusión del controlador FACTS. La línea 1-5 se escoge para ser la línea compensada y aumentar el flujo de potencia activa de 40.31 MW a 55 MW, esto con la finalidad de disminuir la potencia transmitida en la línea 1-2, ya que es la línea de transmisión más cargada del SEP. Sin la compensación efectuada por el TCSC, el flujo de potencia activa en la línea 1-5 es de 40.31 MW, mientras que los factores FSL bajo esta condición se presentan en la Tabla 1.

De acuerdo a los datos presentados en la Tabla 1, es posible observar que sin la integración del dispositivo FACTS el FSL mayor se tiene en la línea 1-5 cuando se presenta una

contingencia en la línea 1-2, es decir, la contingencia más severa en el SEP se presentará en la línea 1-5 si la línea de transmisión conectada entre los nodos 1-2 sale de operación.

Tabla 1. Factores FSL sin la compensación realizada por el TCSC.

Líneas	1 - 2	1 - 5	2 - 5	2 - 4	2 - 3	5 - 4	4 - 3
1 a 2	0.0000	1.0418	-0.3305	-0.2607	-0.1438	0.4138	0.2394
1 a 5	1.1176	0.0000	-0.3603	0.2937	0.2608	-0.4001	-0.2252
2 a 5	-0.4441	0.4528	0.0000	0.4536	0.3786	-0.6390	-0.3610
2 a 4	-0.3543	0.3656	0.4491	0.0000	0.4808	0.6888	-0.4555
2 a 3	-0.1737	0.1896	0.2277	0.2915	0.0000	0.3535	1.0501
5 a 4	0.5287	-0.5307	-0.6511	0.7090	0.5994	0.0000	-0.5609
4 a 3	0.1723	-0.1809	-0.2184	-0.2788	1.0499	-0.3383	0.0000

Como se mencionó, el dispositivo TCSC se utiliza para incrementar el flujo de potencia activa en la línea de transmisión 1-5 de 40.31 MW a 55 MW, para ello se considera una condición inicial de la X_{TCSC} de 0.002 pu, con límites máximo y mínimo de -0.1 pu y 0.1 pu, respectivamente. Con la integración del TCSC en el sistema de potencia los factores FSL cambian tal como se muestra en la Tabla 2.

Tabla 2. Factores FSL con la compensación realizada por el TCSC.

Líneas	1 - 2	1 - 5	2 - 5	2 - 4	2 - 3	5 - 4	4 - 3
1 a 2	0.0000	1.0216	-0.4305	-0.3101	-0.2322	0.4863	0.2514
6 a 5	-0.7196	0.0000	-2.9321	-2.3784	-1.0508	-2.1062	-6.2173
2 a 5	-0.4440	0.4480	0.0000	0.3931	0.3314	-0.5623	-0.3514
2 a 4	-0.3540	0.3612	0.3829	0.0000	0.4401	0.6871	-0.4476
2 a 3	-0.1730	0.1863	0.1938	0.2627	0.0000	0.3513	1.0456
5 a 4	0.5296	-0.5255	-0.5605	0.7381	0.6377	0.0000	-0.5665
4 a 3	0.1721	-0.1783	-0.1875	-0.2534	1.0520	-0.3372	0.0000

En los resultados mostrados en la tabla anterior es posible observar que el factor FSL disminuyó en la mayoría de las salidas de las líneas de transmisión debido a una disminución en el flujo de potencia de las líneas, lo que significa que hubo una mejora en la seguridad del sistema de potencia.

Por otro lado, cuando sale la línea de transmisión donde está conectado el TCSC los factores FSL de la mayor parte de las líneas son muy similares, pero ocurre una pequeña disminución cuando el TCSC lleva a cabo su acción de control, tal como se muestra en la Fig. 2. Es importante notar que cuando sale cada una de las líneas de transmisión el factor FSL disminuye de manera considerable en la línea 1-5, donde está conectado el TCSC, manteniendo valores muy similares en el resto de las líneas, tal como se muestra en la Fig. 3.

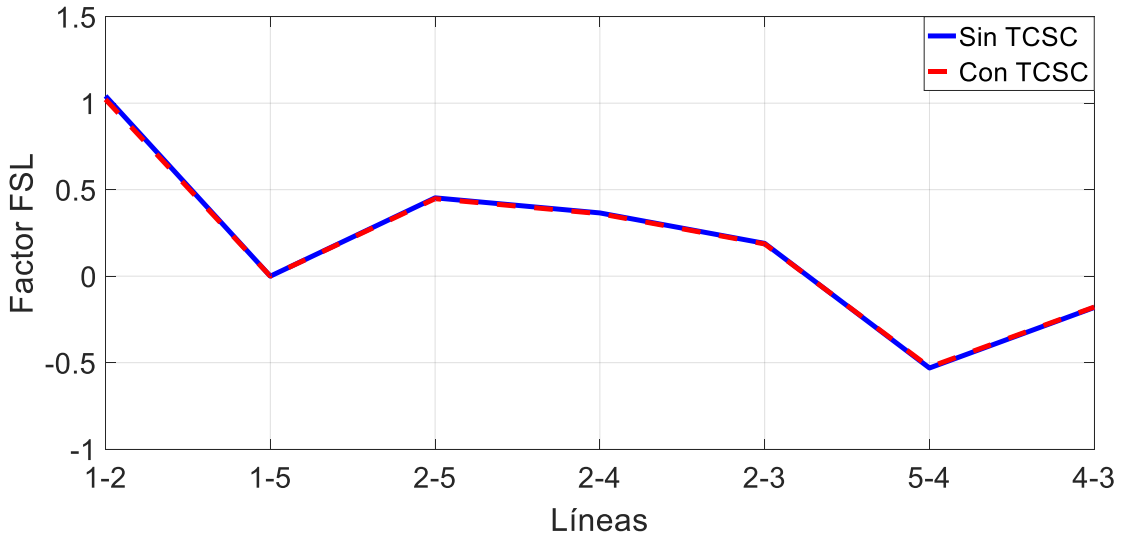


Fig. 2. Factor FSL en las líneas de transmisión cuando se presenta una contingencia en la línea 1-5.

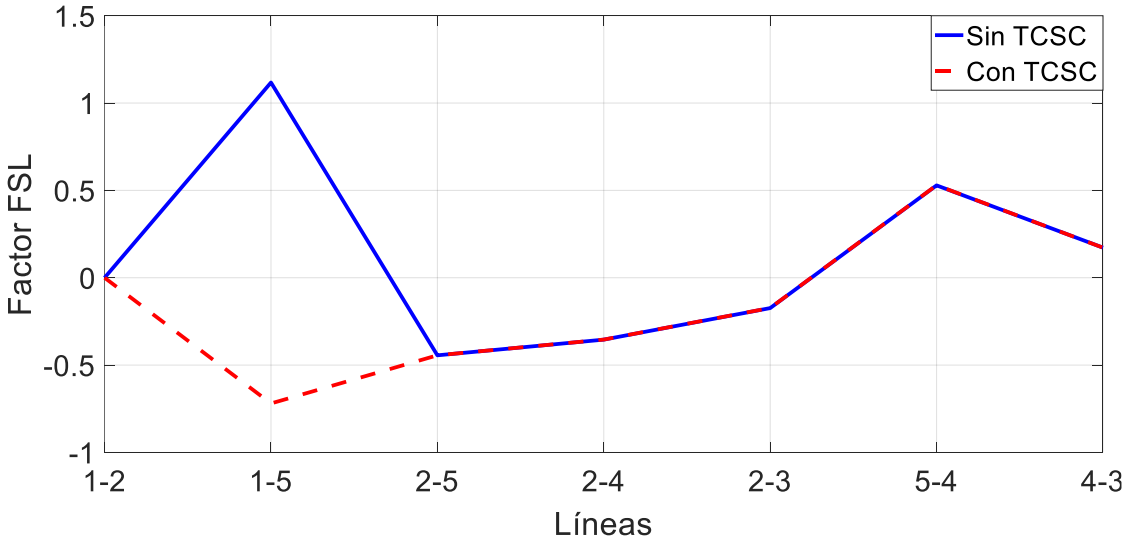


Fig. 3. Factor FSL en las líneas de transmisión cuando se presenta una contingencia en la línea 1-2.

Se debe mencionar que la última figura, donde sale la línea 1-2, se emplea a manera de ejemplo, ya que, como se mencionó, en todos los casos de salida de las líneas se presenta una disminución considerable en el FSL de la línea 1-5, conservando valores muy similares en el resto de los factores FSL de las líneas.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En este trabajo se presentó una evaluación del efecto que tiene la integración de dispositivos FACTS, en específico el TCSC, en la seguridad de sistemas eléctricos de potencia. El TCSC se utilizó para compensar una línea de transmisión en forma reactiva a fin de disminuir su flujo de potencia activa. Analizando los resultados obtenidos, se observa una disminución en los factores FSL debido a la disminución del flujo en las líneas, mejorando la seguridad del SEP. Cuando se presenta una falla en la línea donde está instalado el TCSC, los factores FSL se mantienen casi constantes, por lo que, se deduce que la inclusión del TCSC no genera problemas de seguridad, así como tampoco tienen un impacto en la confiabilidad del SEP cuando se utiliza para manipular el flujo de potencia en una determinada línea de transmisión. Cabe resaltar que lo anterior es poco probable que suceda en todos los SEP, ya que los FSL están en función de la línea de transmisión que se esté manipulando, así como del flujo de potencia y de la topología del SEP.

REFERENCIAS

[1] N. G. Hingorani & L. Gyugyi, “Understanding FACTS Concepts and Technology of Flexible AC Transmission Systems”, IEEE Press, 1999.

[2] I. Coronado, P. Zúñiga y J. M. Ramírez, “FACTS:Soluciones Modernas para la industria electrica”, Avance y Perspectiva, vol. 20, 2001.

[3] D. P. Kothari and I. J. Nagrath, “Modern Power System Analysis”, New Delhi, India, Tata McGraw Hill Education Private Limited, 2011.

[4] A. K. Roy, “Contingency Analysis in Power Systems”, Thesis of Master Engineering in Power Systems and Electric Devices, Thapar University, Patiala, India, 2011.

[5] T. E. DyLiacco, “The Adaptative Reliability Control System”, in IEEE Trans on PAS, Vol. PAS-86, May 1967, pp. 517-531.

[6] Ambriz, Pérez H., "Tesis doctoral; Flexible AC Transmission Systems Modelling in Optimal Power Flows Using Newton's Method", Universidad de Glasgow, 1998.

[7] G. W. Stagg and A. H. El-Abiad, “Computer Methods in Power System Analysis”, New York, USA, McGraw-Hill, 1968.

APLICACIÓN DE GELES POLIMÉRICOS HIDROFÍLICOS PARA LA ELIMINACIÓN DE CONTAMINANTES EMERGENTES EN AGUAS RESIDUALES

Carmen Julieta Castillo Rodríguez
Instituto Tecnológico Superior de Abasolo
Blvd. Cuitzeo de los naranjos #401
C.P 36976 Abasolo, Guanajuato.
as18110175@tecabasolo.edu.mx

José Emmanuel Ambrosio Juárez
Instituto Tecnológico Superior de Abasolo
Blvd. Cuitzeo de los naranjos #401
C.P 36976 Abasolo, Guanajuato.
emmanuel.aj@abasolo.tecnm.mx

Resumen — En este trabajo se presenta la factibilidad del uso de geles poliméricos de quitosano-alúmina en la eliminación de contaminantes emergentes mediante la adsorción en muestras de aguas residuales sintéticas. Se obtuvo el principio activo etinilestradiol de una pastilla anticonceptiva para simular el agua residual sintética. Se realizaron muestras por lotes para las condiciones de concentración 0.5 ppm a 60 y 120 minutos con una temperatura de 35°C. Mediante el equipo HPLC (cromatografía liquida de alta eficiencia) se obtuvieron cromatogramas donde se observó en que tiempo se observa el contaminante etinilestradiol y con el procedimiento la cantidad adsorbida con los geles poliméricos que fue del 98%, así como el tiempo en el que está el contaminante.

Palabras clave — geles poliméricos, aguas residuales, HPLC.

Abstract — This work presents the feasibility of using chitosan-alumina polymeric gels in the removal of emerging contaminants in synthetic wastewater samples. The active substance ethinyl estradiol was obtained from a contraceptive pill to simulate synthetic waste water. Batch samples were made for concentration conditions 0.5 ppm at 60 and 120 minutes with a temperature of 35°C. Using the HPLC equipment (high efficiency liquid chromatography) chromatograms were obtained where it was observed in what time the ethinyl estradiol contaminant is observed and with the procedure the amount adsorbed with the polymer gels that was 98%, as well as the time in which the contaminant is.

Keywords — polymeric gels, wastewater, HPLC.

I. INTRODUCCIÓN

Actualmente, existe una creciente preocupación por la presencia de contaminantes emergentes en el medio acuático, ya que pueden introducirse desde las aguas residuales después de que se hayan eliminado por completo en las plantas de tratamiento de aguas residuales. Las aguas residuales capturan regularmente estrógenos naturales y sintéticos, por lo que se necesita una mejor comprensión de su destino en el medio ambiente [1].

Muchos investigadores han desarrollado diferentes métodos de tratamiento para eliminar eficazmente los contaminantes de las aguas residuales. Algunas de las tecnologías que han desarrollado son nanofiltración, osmosis inversa, fotocatálisis, oxidación avanzada, y adsorción [2]. Las plantas de tratamientos de aguas residuales no eliminan los estrógenos con los tratamientos que tienen. La adsorción es un método muy utilizado para la remoción

de contaminantes en el agua, ya que este método tiene una alta eficacia, es rentable es fácil de utilizar y no es costoso [3].

II. MARCO TEÓRICO (OPCIONAL)

A. Importancia y contaminación del agua.

El agua es uno de los recursos más importantes para la vida en este planeta. El ser humano depende de su disponibilidad no solo para el consumo doméstico, sino también para el funcionamiento y continuidad de las actividades agrícolas e industriales [4].

La contaminación del agua ha sido un problema importante en los últimos años. Los contaminantes convencionales como pesticidas, colorantes, metales pesados y otros desechos industriales siguen siendo un problema debido a su alta toxicidad baja biodegradabilidad. Debido al crecimiento demográfico e industrial, se han descubierto nuevos contaminantes que no han sido estudiados ni regulados por las autoridades sanitarias, conocidos como contaminantes emergentes. Estos incluyen compuestos perfluorados, productos farmacéuticos y disruptores endocrinos [5].

B. Cromatografía liquida HPLC.

La cromatografía líquida HPLC (High-Performance Liquid Chromatography), es una técnica utilizada para separar los componentes de una mezcla. Consta de una fase estacionaria no polar (columna) y una fase móvil. La fase móvil actúa como soporte de la muestra, y se inyecta en la columna, y los componentes de la solución se mueven según las interacciones no covalentes de los compuestos. Estas reacciones químicas determinan la separación de los componentes de la muestra [6].

C. Adsorción.

La adsorción es un fenómeno físico en el que un compuesto líquido o gaseoso entra en contacto con un material sólido adsorbente y se adhiere a su superficie, por una fuerza física (fuerza de dispersión de London), este proceso no implica el intercambio de electrones, por lo que es reversible. La adsorción es sumamente utilizada para la purificación de gases y líquidos [7].

D. Hidrogeles.

Los hidrogeles son geles poliméricos hidrofílicos formados por una red tridimensional que tiene la capacidad de absorber una gran cantidad de agua, hinchándose y aumentando considerablemente su volumen sin perder su forma, hasta alcanzar su máximo grado de hidratación o índice de hinchamiento [8].

III. MATERIALES Y MÉTODOS

Síntesis geles poliméricos de quitosano-alúmina.

Para la síntesis de hidrogeles en 1.0 ml de ácido acético aforado a 25 ml se agregó 1,8 g de quitosano. Posterior a eso se mezclaron 1.8 gr de polvo de Alúmina con la solución de quitosano con agitación continua durante 3 horas a temperatura 70°C. Posteriormente, con la mezcla resultante y con unos guantes se tomó la mezcla y darles forma a las esferas,

estas se vertieron en 50 ml de solución de hidróxido de calcio. La solución se agitó continuamente durante 1 h.

Las perlas sintetizadas se lavaron con agua desionizada muchas veces para eliminar el hidróxido de sodio ilimitado de las perlas. Las perlas obtenidas se deshidrataron a temperatura ambiente en una charola de aluminio durante 24 h y se almacenaron en un tubo centrifugado.

Preparación de la solución de etinilestradiol.

Para la obtención del agente activo etinilestradiol el polvo de 21 pastillas anticonceptivas comerciales con 2.00 mg de ciproterona y 0.035 mg de etinilestradiol se disolvieron en 100 ml de Etanol y se mantuvieron en agitación durante 30 min hasta que se disolviera el polvo.

Posteriormente pasado el tiempo se realizaron 2 filtraciones a la solución en un embudo para eliminar la ciproterona y se llevó la solución filtrada a la estufa a 80°C durante aproximadamente 6 horas hasta que el etanol se evaporo. Después de las 6 hrs la solución se retiró de la estufa y con una espátula se retiró la pastilla que quedo en el vaso de precipitado y se pesó el polvo, por último, se aforo a 25 ml con Metanol.

Pruebas preliminares por lotes de adsorción.

Se agregaron 15 ml de acetonitrilo y 45 ml de agua HPLC y se agito para hacer solución para el HPLC. En dos matraces aforados se agregaron 2.68 ml de solución madre y se aforaron a 25 ml. Posteriormente se vaciaron las soluciones en vasos de precipitado y se le agregaron 1 gr de hidrogeles de quitosano -alúmina.

Los dos vasos de precipitado se metieron a la incubadora en agitación a una temperatura de 35 °C por 60 min y otro a 120 min. Pasado el tiempo se sacaron las muestras de la incubadora.

Medición de la capacidad de adsorción a través de HPLC.

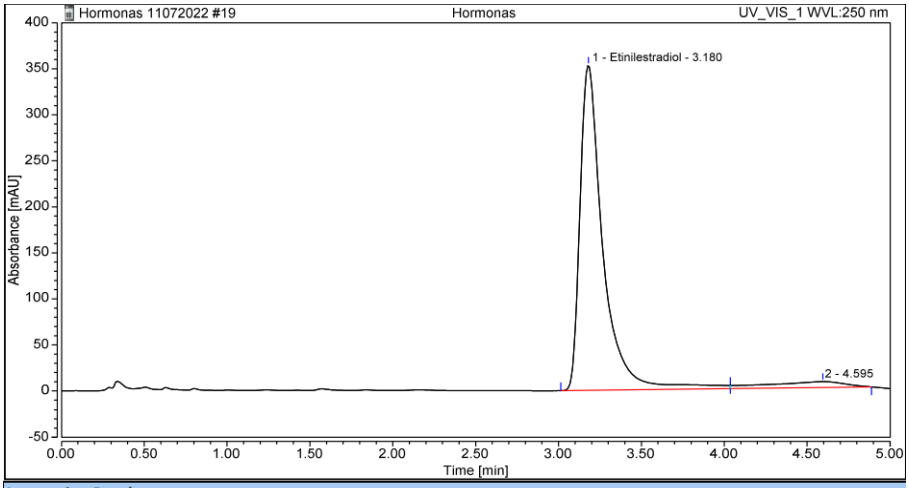
Después de sacar las muestras de la incubadora se sacaron los hidrogeles de la solución con mucho cuidado y se colocaron en un tubo centrifugado.

Las soluciones restantes se filtraron utilizando un filtro para jeringa con membrana de nylon de 0.22-0.25mm. Primero se hicieron dos enjuagues a la jeringa con poquita solución de la pastilla para posteriormente hacer dos filtraciones colocando la solución filtrada en tubos centrifugados. Después los dos tubos centrifugados ya filtrados por segunda vez se colocaron en el equipo ultrasónico durante 30 min. Cada muestra se inyecto al equipo HPLC con una jeringa.

IV. RESULTADOS

En las muestras de adsorción de los hidrogeles del contaminante primero se inyecto 1 µL de la solución sin hidrogel para determinar la curva en donde aparece que esta el contaminante a remover.

Como se puede observar en el cromatograma de la fig. 1 en 0.50 minutos aparece un pequeño pico este corresponde a la solución acetonitrilo/agua, el segundo pico que se observa a los 3.180 minutos es el contaminante etinilestradiol que es el que se va a remover, con un área bajo la curva de 60.411. En base a este cromatograma se comparará las demás curvas para ver si los hidrogeles adsorbieron el contaminante.



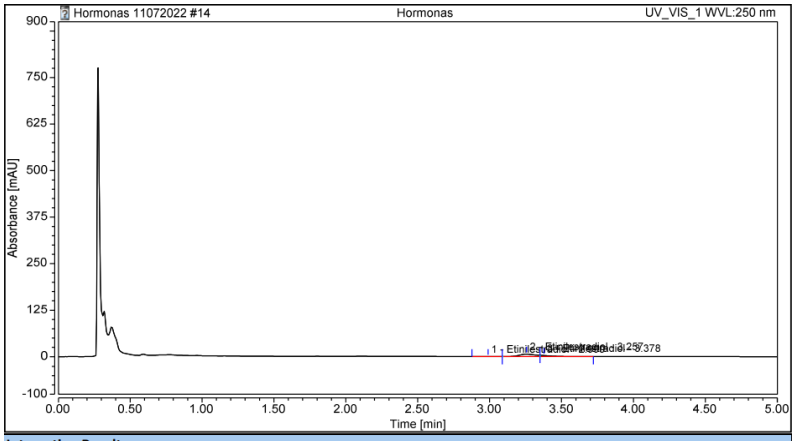
Integration Results

No.	Peak Name	Retention Time min	Area mAU*min	Height mAU	Relative Area %	Relative Height %	Amount
n.a.	Etinilestradiol	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
1	Etinilestradiol	3.180	56.930	353.233	94.24	98.23	n.a.
n.a.	Etinilestradiol	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
2		4.595	3.481	6.348	5.76	1.77	n.a.
Total:			**60.411**	**359.581**	**100.00**	**100.00**	

Fig. 1 Cromatograma solución etinilestradiol.

En la primera muestra que se dejó 60 minutos en la incubadora a una temperatura de 35°C con los hidrogeles e inyectarse 1 µL de solución al HPLC, se puede observar que disminuyo la concentración del contaminante etinilestradiol esto se puede comparar con la fig. 1 en donde se observa cuanto es el contaminante que tenía la solución antes de agregársele los hidrogeles.

Como se puede observar en el cromatograma de la fig. 2 antes de los 0.30 segundos aparece una curva esta es la solución de acetonitrilo/agua, el segundo pico que se observa a los 3.257 minutos aparece una pequeña curva que es el etinilestradiol el área bajo la curva es de 1.130 pero es muy poco lo que quiere decir que los hidrogeles de quitosano alúmina si funcionaron en la adsorción de este contaminante no lo elimino por completo, pero si hubo una reducción del 98%.



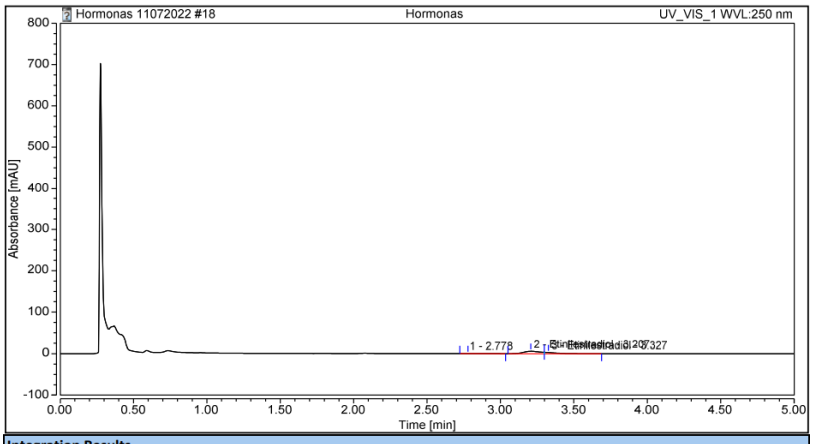
Integration Results

No.	Peak Name	Retention Time min	Area mAU*min	Height mAU	Relative Area %	Relative Height %	Amount
1	Etinilestradiol	2.990	0.005	0.044	0.45	0.46	n.a.
2	Etinilestradiol	3.257	0.833	6.569	73.78	69.19	n.a.
3	Etinilestradiol	3.378	0.291	2.881	25.77	30.34	n.a.
Total:			**1.130**	**9.493**	**100.00**	**100.00**	

Fig. 2 Curva eliminación contaminante etinilestradiol a 60 min con 35°C.

En la segunda muestra que se dejó 120 minutos en la incubadora a una temperatura de 35°C con los hidrogeles e inyectarse 1 µL de solución al HPLC, se puede observar que disminuyo la concentración del contaminante etinilestradiol un poco más comparado con la primera muestra con hidrogeles fig. 2.

Como se puede observar en el cromatograma de la fig. 3 antes de los 0.30 segundos aparece una curva esta es la solución de acetonitrilo/agua, el segundo pico que se observa a los 3.182 minutos esta es una pequeña curva que es el etinilestradiol el área bajo la curva es de 1.079 en esta muestra también hubo una reducción del 98% del contaminante etinilestradiol.



Integration Results

No.	Peak Name	Retention Time min	Area mAU*min	Height mAU	Relative Area %	Relative Height %	Amount
1		2.778	0.016	0.050	1.50	0.57	n.a.
n.a.	Etinilestradiol	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
2	Etinilestradiol	3.207	0.767	5.937	71.09	67.40	n.a.
3	Etinilestradiol	3.327	0.296	2.822	27.41	32.03	n.a.
Total:			**1.079**	**8.808**	**100.00**	**100.00**	

Fig. 3 Curva eliminación contaminante etinilestradiol a 120 min con 35°C.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En este estudio se logró sintetizar los hidrogeles compuestos de quitosano-alúmina. Se encontró las condiciones de operación para evaluar las concentraciones del Etinilestradiol (EE2) en pruebas por lote.

Se observó que la temperatura y la concentración del hidrogel pueden influir de manera positiva en concentración de etinilestradiol en pruebas por lote y se logró adsorber aproximadamente 98% del contaminante con 1 gr de hidrogel en 1 y 2 horas a una temperatura de 35°C. También ayudo la temperatura a que los picos de los cromatogramas tuvieran más simetría ya que la solución inyectada tenía temperatura. A lo contrario que al momento de inyectar las soluciones y no tienen temperatura los picos no tienen una buena simetría.

Los trabajos a futuro que se pueden realizar conforme al tema son:

- Evaluar las condiciones de adsorción de etinilestradiol a 1 hora con 0.5 gr de hidrogel a 35°C.
- Escalar el tratamiento de una columna de adsorción de 5 litros.
- Caracterizar los hidrogeles mediante microscopia electrónica de barrido antes y después del tratamiento.

VI. RECONOCIMIENTOS (O AGRADECIMIENTOS)

Expreso mis agradecimientos al Instituto Tecnológico Superior de Abasolo, a mi profesor Emmanuel por el apoyo otorgado durante la realización de este verano.

REFERENCIAS

[1] Liu, Q., Zhou, Y., Lu, J., & Zhou, Y. (2020). Novel cyclodextrin-based adsorbents for removing pollutants from wastewater: A critical review. Chemosphere, 241(130), 125043. https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.125043.

[2] S. Álvarez-Torrellas, JA Peres, V. Gil-Álvarez, G. Ovejero, J. García, Adsorción efectiva de fármacos no biodegradables de aguas residuales hospitalarias con diferentes materiales de carbono, Chem. Ing. J. 320 (2017) 319–329.

[3] GONZÁLEZ, Mónica. (2010) Adsorción. Tomado de: https://quimica.laguia2000.com/conceptos-basicos/adsorcion

[4] SEMARNAT (2012). Informe de la situación del medio ambiente en México. Tomado de: https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/informe_12/06_agua/cap6_1.html

[5] Richardson, S. D., & Kimura, S. Y. (2017). Emerging environmental contaminants: Challenges facing our next generation and potential engineering solutions. Environmental Technology and Innovation, 8, 40–56. https://doi.org/10.1016/j.eti.2017.04.002.

[6] MARIN, Olga. (2013) Cromatografía Líquida (HPLC). Tomado de: https://www.ucm.es/data/cont/docs/650-2013-12-02-gases%20líquidos.pdf

[7] GONZÁLEZ, Mónica. (2010) Adsorción. Tomado de: https://quimica.laguia2000.com/conceptos-basicos/adsorcion

[8] Peñaranda J. E. A, Pedro López, Marcos A. Sabino (2009). Obtención de hidrogeles acrilamida/almidón/lignina para la absorción de metales pesados Cu2+ y Ni2+. Revista Latinoamericana de Metalurgia y Materiales, S2 (1), 107-108

ANÁLISIS IN SILICO DE INHIBICIÓN DE LAS ENZIMAS ASOCIADAS A CÁNCER PRMT5 Y PARP2

Jesús Alejandro Reyes Marínez
Universidad Autónoma de Aguascalientes
Avenida Universidad # 940, C.U., 20131
Aguascalientes, Ags.
reyes.mtz.jesus.alejandro@gmail.com

Felipe Guadalupe Carrillo Landell
Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico Superior de Irapuato
Irapuato-Silao km 12.5 El Copal, 36821 Irapuato, Gto.
felipe.cl@irapuato.tecnm.mx

Resumen — Los objetivos del estudio se enfocaron en el análisis *in silico* de metabolitos secundarios de *Annona muricata*, mejor conocido como guanábana, mediante el acoplamiento molecular entre las enzimas poli [ADP-ribosa] polimerasa 2 (PARP2) y la proteína arginina N-metiltransferasa 5 (PRMT5) con metabolitos secundarios de la guanábana para evaluar su acción inhibitoria en dichas enzimas, enzimas que desempeñan un papel importante en el desarrollo de cáncer de mama. El análisis de acoplamiento molecular mostró que los compuestos kaempferol-3-O-rutinósido, coreximina y coclaurina fueron los compuestos que obtuvieron mejores energías de unión como sustratos.

Palabras clave — *Acoplamiento Molecular, PARP2 y PRMT5, Annona muricata.*

Abstract — The objectives of this study focused on the *in silico* analysis of secondary metabolites of *Annona muricata*, better known as soursop, trough molecular docking between Poly [ADP-ribose] polymerase 2 (PARP2) and Protein arginine N-methyltransferase 5 (PRMT5) enzymes and secondary metabolites from soursop plant to evaluate their inhibition action in those enzymes, enzymes witch play an important roll in the breast cancer cells development. The molecular docking analysis showed that kaempferol-3-O-rutinoside, coreximine and coclaurine were the compounds witch earned the best join energy as substrates.

Keywords — *Molecular Docking, PARP2 & PRMT5, Annona muricata.*

I. INTRODUCCIÓN

El cáncer de mama es una enfermedad con una evolución natural compleja por lo que, a pesar de los avances de la oncología moderna, es la primera causa de muerte por neoplasia en la mujer en el ámbito mundial, con cerca de 500 mil muertes cada año, de las cuales el 70% ocurre en países en desarrollo [1]. El tratamiento integral del cáncer de mama es multidisciplinario, los manejos locorregionales son cirugía y radioterapia en cualquiera de sus tres modalidades (neoadyuvante, adyuvante y paliativa) y el tratamiento sistémico incluye la quimioterapia, la terapia endocrina y la terapia dirigida a blancos molecular [2]. La inhibición de las enzimas poli [ADP-ribosa] polimerasa 2 (PARP2) y la proteína arginina N-metiltransferasa 5 (PRMT5) es una propuesta que cuenta con un alto potencial de ser usado como objetivo de nuevos fármacos para tratar de combatir distintos tipos de canceres; como el cáncer de mama [3,4]. La actividad de la proteína PARP2 en humanos radica en la reparación del ADN dañado, principalmente por el método de reparación por escisión de bases (BER), donde la síntesis de polímeros de ADP-Ribosa (PAR); que regulan los mecanismos BER, es llevada a cabo por las enzimas poli [ADP-ribosa] polimerasas [5]. Por otra parte, la enzima PRMT5 transfiere grupos metilos de S-adenosilmetionina (SAM) a un residuo de arginina presente en alguna proteína, juega un rol importante en el proceso de *splicing alternativo* de ARNm mediante el proceso de metilación [6]. Los productos naturales, especialmente los derivados de las plantas, se han utilizado para ayudar a la humanidad a mantener su salud desde los albores de la medicina, los fitoquímicos de las plantas han sido una vía fundamental para el descubrimiento de novedosos farmacos. En un panorama farmacéutico, las plantas con un largo historial de uso en la medicina son una rica fuente de fitoconstituyentes activos que brindan beneficios medicinales o de salud contra diversas dolencias y enfermedades. Un ejemplo claro de lo último es el uso de la planta *Annona muricata*, mejor conocida como guanábana [7].

II. MATERIALES Y MÉTODOS

Obtención de cristales y ligandos

Los cristales de las enzimas PARP2 y PRMT5 del organismo *Homo sapiens*, fueron obtenidos a partir de la base de datos RCSB PDB (Protein Data Bank) (https://www.rcsb.org/). El cristal con ID 4ZZY fue elegido como modelo para PARP2, mientras que el cristal con ID 6V0P fue usado para los estudios in silico de PRMT5. Las estructuras fueron visualizadas con el software UCSF Chimera v.1.16 y sus dominios conservados fueron obtenidos a partir de la herramienta ScanProsite de Expasy (https://prosite.expasy.org/). Los ligandos procedentes de *Annona muricata* considerados como candidatos para los estudios in silico se obtuvieron a partir del listado generado por Moghadamtousi y su equipo de investigadores (Moghadamtousi *et al*., 2015), haciendo énfasis en aquellos compuestos con estructuras tipo alcaloides. Posteriormente, dichos compuestos fueron buscados en la base de datos Pubchem de NCBI (https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/) para obtener su estructura.

Acoplamiento molecular

El acoplamiento molecular se realizó entre las enzimas PARP2 y PRMT5 con los ligandos de *Annona muricata* previamente obtenidos. Los cristales usados para los acoplamientos fueron procesados previamente con el software Chimera v.1.16 para limpiar las estructuras, posteriormente se les agregaron los hidrógenos polares y se calcularon las cargas de Kollman con AutoDock Tools v.1.5.6. La preparación de los ligandos consistió en agregar hidrógenos bajo un pH de 7.4 y minimizar sus energías en un campo de fuerza MMFF94 usando el software Avogadro v.1.2.0, posteriormente se calcularon las cargas de Gaisteiger con AutoDock Tools v.1.5.6. El acoplamiento molecular se realizó usando el software AutoDock v.4.2, en el caso de la PARP2 se usó una caja de dimensiones 68 x 68 x 68 abarcando los residuos 136-363, mientras que la caja usada para PRMT5 fue de 76 x 76 x76 abarcando los aminoácidos 308-463. Como un control positivo de PARP2 se utilizó al inhibidor olaparib, mientras que el control positivo para PRMT5 fue la sinefungina, ambos compuestos han mostrado capacidad de inhibición de manera experimental [8, 9].

Interacciones Proteína-Ligando

Las mejores conformaciones de los mejores ligandos para cada enzima fueron sometidas a un análisis de interacción Proteína-Ligando, donde se obtuvieron las interacciones hidrofóbicas y puentes de hidrógenos formados entre los residuos de la proteína y los grupos químicos presentes en los ligandos. Para esto se empleó el servidor en línea Protein Plus (https://proteins.plus/), con el cual también se obtuvieron las imágenes 2D de dichas interacciones.

III. RESULTADOS Y DISCUSIONES

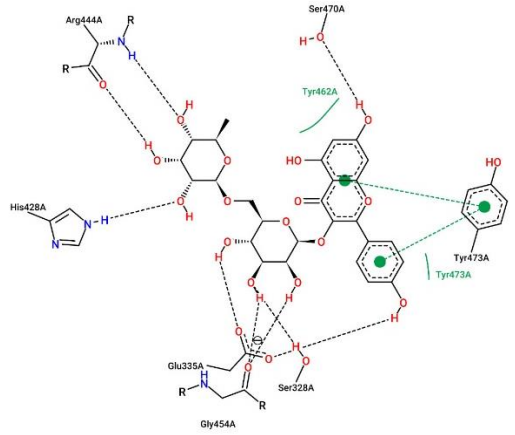
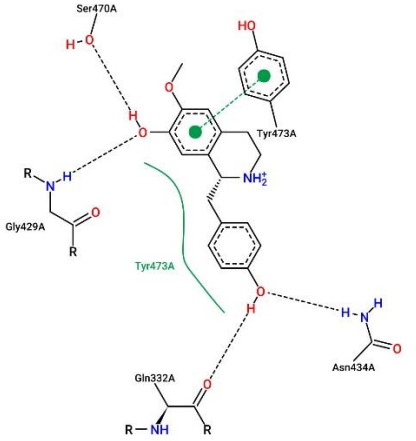
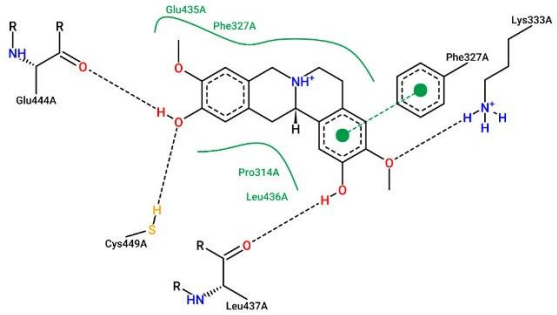
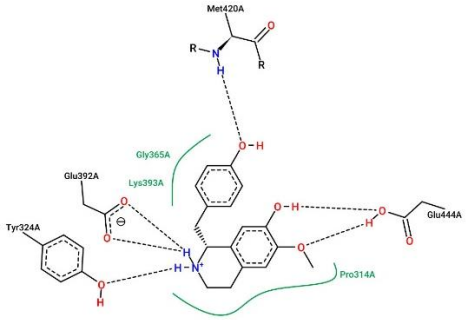
Tabla 1. Resultados del acoplamiento molecular obtenidos con AutoDock v.4.2 entre las enzimas PARP2 y PRMT5 con los metabolitos procedentes de Annona muricata.

Macromolécula	Ligando	RMSD de referencia	Energía de unión (kcal/mol)	Constante de inhibición (Ki) (µM)	No. Puentes de hidrógeno	Aminoácidos involucrados en la interacción
Enzima poli [ADP-ribosa] polimerasa 2 (PARP2) [1]	Annoionol A[3]	59.54	-7.01	7.22	4	GLY209, SER250, GLU338
	Annoionol B[4]	58.71	-7.36	20.11	4	ARG224, ASP119, GLY240
	Annoionósido[5]	60.55	-6.41	4.01	5	GLY249, GLN324, SER470, GLU558
	Roseósido[6]	59.38	-8.09	1.17	4	GLY209, SER250
	Citrósido A[7]	58.5	-8.36	0.74	6	GLN112, GLY209, TYR242, SER250, SER108
	Blumenol C[8]	59.94	-7.49	3.22	2	GLY209, TYR253
	Rutin[9]	57.64	-10	0.046	5	ARG211, GLY209, ARG224
	Kaempferol-3-O-rutinósido[10]	59.16	-10.76	0.013	7	ARG224, SER250, GLU115, GLY234
	Kaempferol-3-O-robinobiósido[11]	60.01	-9.96	0.049	6	ARG224, GLY240, SER250, GLY234

	Kaempferol-3-O-glucósido[12]	59.72	-9.13	0.203	6	GLN112, TYR242, ARG224, GLU115
	Annomuricina A[13]	52.59	-1.44	8.73x10^4	3	LYS110, ARG96, THR97
	Reticulina[14]	59.7	-8.46	0.633	4	ARG224, GLY209, SER250
	Coclaurina[15]	57.47	-9.51	0.107	3	GLY209, ASN214, SER250
	Olaparib[16*]	59	-11.32	0.005	3	TYR242, GLY209
	Coreximina[17]	60.93	-8.12	1.12	0	ND
	Atherosperminina[18]	58.86	-8.64	0.466	0	ND
	Stepharina[19]	60.87	-8.72	0.408	3	GLU115, MET236
	Anomurina[20]	58.4	-8.07	1.21	2	ARG224, GLU115
	Anomuricina[21]	60.45	-8.58	0.517	3	GLY209, MET236, SER250
Proteína arginina N-metiltransferasa 5 (PRMT5) [2]	Annoionol A	100.83	-7.2	5.26	3	LYS393, GLU444
	Annoionol B	98.41	-7.59	15.83	2	GLU435, GLU392
	Annoionósido	96.9	-6.55	2.74	5	LEU315, LYS333, GLU444, GLU392, GLU435
	Roseósido	96.55	-6.37	21.28	2	LYS333, GLU444
	Citrósido A	99.57	-5.81	54.71	1	MET420
	Blumenol C	101.49	-6.98	7.65	1	GLU392
	Rutin	100.31	-3.87	1460	6	LYS393, ASP419, ASN318, SER417, SER418
	Kaempferol-3-O-rutinósido	101.7	-4.33	675.37	3	LYS393, LEU315
	Kaempferol-3-O-robinobiósido	98.67	-5.56	84.65	1	GLU444
	Kaempferol-3-O-glucósido	98.15	-9.71	0.075	4	LYS333, GLU435, GLU444
	Annomuricina A	107.35	0.14	ND	2	TRP423, SER417
	Reticulina	100.75	-9.76	0.069	2	LYS393, GLU444
	Coclaurina	100.8	-9.79	0.066	3	MET420, GLU392, GLU444
	Sinefungina[22**]	99.66	-10.16	0.035	5	LYS333, LEU437, GLU392, GLU444
	Coreximina	95.86	-10.33	0.026	1	LEU437
	Atherosperminina	99.5	-9.67	0.081	1	GLU444
	Stepharina	100.03	-9.51	0.107	1	GLU444
	Anomurina	99.82	-9.45	0.119	2	GLU392, TYR324
	Anomuricina	99.91	-9.17	0.188	0	ND

Se realizaron 10 conformaciones de interacción para cada ligando, sin embargo, sólo se muestra la mejor de todas. ND: No determinado.
(1) https://www.rcsb.org/structure/4ZZY, (2) https://www.rcsb.org/structure/6V0P, (3) https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/#query=annoionol, (4) https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/101564135, (5) https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/101564136,
(6) https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/9930064, (7) https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/14312560,
(8) https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/118284, (9) https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/5280805,
(10) https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/#query=Kaempferol-3-O-rutinoside, (11) https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/15944778,
(12) https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/10095180, (13) https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/157682,
(14) https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/439653, (15) https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/160487,
(16) https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/23725625, (17) https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/7037179,
(18) https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/96918, (19) https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/98455,
(20) https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/157218, (21) https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/157209,
(22) https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/65482. * Compuesto usado de manera experimental para la inhibición de PARP2.
** Compuesto usado de manera experimental para inhibir a PRMT5.

Tabla 2. Representación esquemática 2D de las interacciones ligando-macromolécula de las mejores conformaciones del acoplamiento molecular, empleando el servidor Protein Plus.

PARP2-Kaempferol-3-O-rutinósido ΔG= -10.76 Kcal/mol	PARP2-Coclaurina ΔG= -9.51 Kcal/mol
	
PRMT5-Coreximina ΔG= -10.33 Kcal/mol	PRMT5-Coclaurina ΔG= -9.79 Kcal/mol
	

Los resultados obtenidos de los acoplamientos moleculares muestran que el compuesto kaempferol-3-O-rutinósido contó con la mejor energía de unión para la enzima PARP2, obteniendo un valor de -10.76 Kcal/mol y una constante de inhibición de 0.013 µM, mostrando posibles interacciones del compuesto con los aminoácidos ARG224, SER250, GLU115 y GLY234 (*véase tabla 1 y 2*). Por otra parte, en el caso de la enzima PRMT5, el compuesto que mostró tener una mejor capacidad de unión a la enzima fue la coreximina, contando con una energía de unión de -10.33 Kcal/mol y una constante de inhibición de 0.026 µM, mostrando interacción con el residuo LEU437 (*véase tabla 1 y 2*). El compuesto que mostró mejor afinidad para ambas enzimas de manera simultánea fue la coclaurina, contando con una energía de unión de -9.51 Kcal/mol con PARP2 y de -9.79 Kcal/mol con PRMT5, sus constantes de inhibición fueron 0.107 µM y 0.066 µM respectivamente, por lo que en general, a pesar de contar con buena capacidad de unión para ambas enzimas, cuenta con una mayor afinidad hacia la proteína PRMT5 (*véase tabla 1 y 2*).

A grandes rasgos, los aminoácidos que más se vieron involucrados en todos los acoplamientos moleculares para la enzima PARP2 fueron la GLY209, SER250, ARG224 y TYR242. En el caso de PRMT5, los residuos más frecuentes en los acoplamientos moleculares fueron GLU392, GLU444, LYS333, LYS393 y GLU435, observándose una importancia en los aminoácidos glutatión y lisina para las interacciones PRMT5-ligando.

Los acoplamientos moleculares entre PARP2 y kaempferol-3-O-rutinósido, y PARP2 y coclaurina obtuvieron energías de unión muy similares a la obtenida entre PARP2 y olaparib, lo cual sugiere la idea de que estos compuestos puedan llegar a ser usados como inhibidores de la enzima PARP2. De manera muy similar, en el caso de los acoplamientos entre PRMT5 y coreximina, y PRMT5 y coclaurina, ambos llegaron a obtener energías de unión muy similares a la sinefungina, incluso viéndose superada para el caso de la coreximina (*véase tabla 1 y 2*).

De manera similar a los resultados de este estudio, compuestos procedentes de *Annona muricata* han sido estudiados de manera bioinformática como potenciales drogas con capacidad inhibitoria de diversas proteínas como la proteína *spike* del SARS-CoV-2 [10], las proteínas apoptóticas Bcl-2, Bcl-w y Mcl-1 [11].

IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Los compuestos kaempferol-3-O-rutinósido y coclaurina mostraron un potencial uso como inhibidores de la enzima PARP2. Los compuestos coreximina y coclaurina mostraron un potencial uso como inhibidores de la enzima PRMT5.

Esta investigación mostró mediante herramientas bioinformáticas que *Annona muricata* puede llegar a contar con metabolitos secundarios con potencial uso como nuevos fármacos con capacidad de inhibición de enzimas objetivos.

V. AGRADECIMIENTOS

Expreso mi agradecimiento a la Benemérita Universidad Autónoma de Aguascalientes y al comité de Verano de la Ciencia de la Región Centro por el apoyo otorgado durante todo el periodo de investigación para la realización de la estancia de verano, con un especial agradecimiento al Dr. Felipe Guadalupe Carrillo Landell y la Dra. Dora Alicia Álvarez Medina por su dedicación a la investigación y la accesibilidad que mostraron para la realización de este proyecto.

REFERENCIAS

[1] Cárdenas-Sánchez, J., Bargalló-Rocha, E., Erazo-Valle, A., Chacón, A. P., Valero-Castillo, V., & Pérez-Sánchez, V. (2015). Consenso Mexicano sobre diagnóstico y tratamiento del cáncer mamario. *Gaceta Mexicana de Oncología*, *14*(Supl 2), 2-55.

[2] Arce, C., Bargalló, E., Villaseñor, Y., Gamboa, C., Lara, F., Pérez, V., & Villarreal, P. (2011). Cáncer de mama. Instituto Nacional de Cancerología.

[3] Ali, S. O., Khan, F. A., Galindo-Campos, M. A., & Yélamos, J. (2016). Understanding specific functions of PARP-2: new lessons for cancer therapy. *American journal of cancer research*, *6*(9), 1842–1863.

[4] Kim, H., & Ronai, Z. A. (2020). PRMT5 function and targeting in cancer. *Cell stress*, *4*(8), 199–215.

[5] Vasil'eva, I., Moor, N., Anarbaev, R., Kutuzov, M., & Lavrik, O. (2021). Functional Roles of PARP2 in Assembling Protein-Protein Complexes Involved in Base Excision DNA Repair. *International journal of molecular sciences*, *22*(9), 4679.

[6] Stopa, Nicole & Krebs, Jocelyn & Shechter, David. (2015). The PRMT5 arginine methyltransferase: Many roles in development, cancer and beyond. Cellular and molecular life sciences : CMLS. 72. 10.1007/s00018-015-1847-9.

[7] Moghadamtousi, S. Z., Fadaeinasab, M., Nikzad, S., Mohan, G., Ali, H. M., & Kadir, H. A. (2015). Annona muricata (Annonaceae): A Review of Its Traditional Uses, Isolated Acetogenins and Biological Activities. International journal of molecular sciences, 16(7), 15625–15658.

[8] Tutt, A., Robson, M. J. E. G., Garber, J. E., Domchek, S., Audeh, M. W., Weitzel, J. N., & Carmichael, J. (2009). Phase II trial of the oral PARP inhibitor olaparib in BRCA-deficient advanced breast cancer. Journal of clinical oncology, 27(18_suppl), CRA501-CRA501.

[9] Lin, H., Wang, M., Zhang, Y. W., Tong, S., Leal, R. A., Shetty, R., Vaddi, K., & Luengo, J. I. (2019). Discovery of Potent and Selective Covalent Protein Arginine Methyltransferase 5 (PRMT5) Inhibitors. ACS medicinal chemistry letters, 10(7), 1033–1038.

[10] Prasad, S. K., Pradeep, S., Shimavallu, C., Kollur, S. P., Syed, A., Marraiki, N., Egbuna, C., Gaman, M. A., Kosakowska, O., Cho, W. C., Patrick-Iwuanyanwu, K. C., Ortega Castro, J., Frau, J., Flores-Holguín, N., & Glossman-Mitnik, D. (2021). Evaluation of Annona muricata Acetogenins as Potential Anti-SARS-CoV-2 Agents Through Computational Approaches. Frontiers in chemistry, 8, 624716.

[11] Mohamad Rosdi, M. N., Mohd Arif, S., Abu Bakar, M. H., Razali, S. A., Mohamed Zulkifli, R., & Ya'akob, H. (2018). Molecular docking studies of bioactive compounds from Annona muricata Linn as potential inhibitors for Bcl-2, Bcl-w and Mcl-1 antiapoptotic proteins. Apoptosis : an international journal on programmed cell death, 23(1), 27–40.

ELABORACIÓN DE UN SISTEMA POLIMÉRICO DE P(NIPAM-CO-AA)-MAGHEMITA PARA LA LIBERACIÓN DE IBUPROFENO.

María Teresa Muñoz González
Universidad Autónoma de Aguascalientes
Centro de ciencias básicas
Av. Universidad # 940, Ciudad Universitaria,
C.P. 20100, Aguascalientes, Ags
maytemunoz19@gmail.com

Sergio Enrique Flores Villaseñor
Universidad Autónoma de Coahuila
Facultad de Metalurgia,
Carretera 57 km 5, Colonia Los Bosques, C.P
25710. Monclova, Coahuila
sergio.villasenor@uadec.edu.mx

Resumen — En este trabajo se presenta la síntesis de un polímero inteligente a base de (Poli N-isopropil acrilamida –co – Ácido acrílico) vía emulsión, el cual tiene la capacidad de incrementar o reducir su tamaño en función de la temperatura y cambios en pH, haciéndolo útil en el campo de la biomedicina en la liberación controlada de fármacos. Para este trabajo se utilizó el ibuprofeno y se analizó su perfil de liberación a condiciones de 30, 35 y 45°C, así como pH's de 3, 7 y 9, aunado a esto, se le añadieron nanopartículas de maghemita, la cual mediante campos magnéticos tiene la capacidad de calentar el sistema polimérico, permitiendo así la salida del fármaco, logrando una mayor eficiencia en la liberación.

Palabras clave — polímeros inteligentes, liberación de ibuprofeno, maghemita.

Abstract — This work presents the synthesis of a smart polymer based on (Poly N-isopropyl acrylamide -co-acrylic acid) via emulsion, which has the ability to increase or decrease its size depending on temperature and pH changes, making it useful in the field of biomedicine in the controlled release of drugs. For this work, ibuprofen was used and its release profile was analyzed at conditions of 30, 35 and 45°C, as well as pH's of 3, 7 and 9, in addition to this, maghemite nanoparticles were added, which by means of magnetic fields has the capacity to heat the polymeric system, thus allowing the release of the drug, achieving greater efficiency in the release.

Keywords — smart polymers, ibuprofen release, maghemite.

I. INTRODUCCIÓN

La nanotecnología hoy en día al ser una ciencia que permite manipular la materia a una escala atómica y molecular para resolver de manera eficiente problemas de la vida cotidiana ha sido un punto de atención para diversos investigadores alrededor del mundo, pues puede aplicarse en diversos campos como la ingeniería, medicina, informática, entre otras muchas más [1]. En este sentido, se han desarrollado ya nanomateriales con tamaños inferiores a los 100 nm que se han aplicado en informática para lograr almacenamiento de datos superior al terabyte, y en medicina no ha sido la excepción, pues se han logrado introducir marcadores y/o biomarcadores para la identificación de células cancerígenas o diversas enfermedades. En este contexto, se está tratando de mejorar las quimioterapias, para que no sean agresivas con el organismo y que se mejore su exactitud incrementando su eficiencia, para eso se buscan día con día materiales en escala nanométrica capaces de

lograr tal objetivo, por lo que es fundamental aprender y/o conocer algunas de las propiedades de los nanomateriales, pues se sabe que a medida en que se reduce el tamaño, el área superficial incrementa favoreciendo la interacción entre átomos y moléculas cercanas, dando lugar a efectos de atracción y repulsión superficial, afectando comportamientos ópticos, eléctricos y magnéticos de los materiales [2].

De ahí que en este trabajo de investigación se propone la elaboración de un sistema polimérico a base de N-isopropil acrilamida y ácido acrílico dopados con nanopartículas de maghemita y cargados con ibuprofeno para estudiar el comportamiento de este material inteligente bajo diferentes condiciones de estudio.

II. MARCO TEÓRICO

A. Materiales Inteligentes

Fármacos que se liberan en el torrente sanguíneo a la primera señal de infección, edificios que reaccionan a las circunstancias climáticas o pantallas de móviles que se reparan solas. Estas son solo algunas de las posibles aplicaciones de los llamados “materiales inteligentes”, la última revolución en el campo de la ciencia de los materiales. Esta disciplina utiliza la física, la química y la ingeniería para estudiar cómo están formados los materiales y cuáles son sus propiedades para así saber dónde llevar a cabo una manipulación que impacte en el responder de forma controlable y reversible de un material a estímulos externos como tensión mecánica, temperatura, pH, conductividad eléctrica, cambios de luz, entre otros. Por su capacidad de respuesta, los materiales inteligentes también son conocidos como responsive materials" [3].

B. Materiales poliméricos inteligentes

Los polímeros inteligentes responden ante un estímulo externo, como puede ser la temperatura, pH, conductividad eléctrica, campos magnéticos, luz entre muchos otros. Son compuestos que podrían albergarse dentro del cuerpo humano mediante una operación o prótesis con el fin de tratar o sustituir algún tejido que el cuerpo no rechazará, debido a su compatibilidad, o bien también cargar un fármaco en su interior y administrarlo por diferentes vías (tópicas, intramuscular, intravenosa) y que una vez dentro del organismo libere al fármaco incorporado, útil para tratamientos prolongados o de enfermedades crónico-degenerativas como el cáncer [4].

C. Poli N-isopropil acrilamida (PNIPAM)

Es un polímero que experimenta una transición de fase inducida por la temperatura, dicha transición afecta a su morfología, y es completamente reversible al variar la temperatura. Estas propiedades lo hacen un material idóneo para varias aplicaciones en ámbitos biomédicos, es un polímero soluble en agua para temperaturas inferiores a la temperatura crítica de solubilidad (LCST), alrededor de 32 ºC, sin embargo, al subir la

temperatura se vuelve hidrofóbico. En la Figura 1a se presenta la estructura química del PNIPAM [5].

D. Poli Ácido Acrílico

El ácido acrílico y sus ésteres son monómeros versátiles que se utilizan como bloques de construcción para miles de formulaciones de polímeros, basados en una estructura de carboxilo alfa, y beta-insaturada, permite la producción de muchas formulaciones de látex y de copolímeros en solución, resina de copolímero y polímeros reticulables. Sus propiedades en desempeño, que imparten diversos grados de pegajosidad, durabilidad, dureza y temperaturas de transición vítrea, promueven el consumo en muchas aplicaciones de uso final. Su estructura química se presenta en la figura 1b [6].

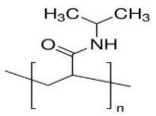
E. Maghemita

La maghemita es y-Fe_2O_3, de color marrón, formada por partículas octogonales, de carácter semiconductor a aislante y ferromagnética, por lo que también se la conoce como hematita magnética. Es cúbica (Figura 1c), de parámetro a_0 = 8,322 A, con estructura de espinela. Poco abundante en la naturaleza, se puede obtener por oxidación de la magnetita o por deshidratación de la lepidocrocita [7].

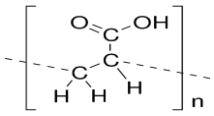
F. Ibuprofeno

El ibuprofeno es un fármaco antiinflamatorio no esteroide (AINE). Se usa para reducir la fiebre y para el tratamiento del dolor o inflamación causado por varias condiciones como dolor de cabeza, dolor dental, dolor de la espalda, artritis, cólicos menstruales, o lesiones leves. Es un ácido propanoico (cadena de tres átomos de carbono) con distintas ramificaciones. Dentro del área de investigación, es un fármaco muy solicitado debido a que presenta propiedades similares de tamaño y solubilidad a los fármacos anticancerígenos, siendo este de mayor accesibilidad por costos. En la Figura 1d, se presenta la estructura química del ibuprofeno.

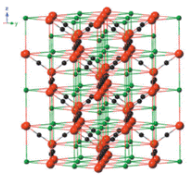
a)



b)



c)



c) Maghemita
Cúbica, $P4_332$/Tetragonal, $P42_1$

d)

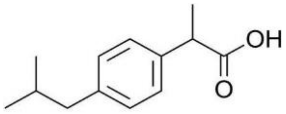


Fig. 1. Estructuras químicas de a) Poli(N-Isopropil acrilamida), b) Poli(ácido acrílico), c) maghemita y d) ibuprofeno

G. Liberación controlada de fármacos

La liberación es un proceso mediante el cual un principio activo presente en una forma de dosificación llega a estar disponible para su absorción, bajo condiciones fisiológicas y la permeabilidad de la forma farmacéutica. El tipo de liberación se hace relevante para los estudios de equivalencia y bioequivalencia y puede ser de seis tipos diferentes: Inmediata, modificada, retardada, controlada, sostenida y/o prolongada, siendo estas tres últimas las que mayor auge en investigación están teniendo [5].

III. MATERIALES Y MÉTODOS

A. Materiales

La N-isopropil acrilamida, ácido acrílico, dodecil sulfato de sodio (SDS), N,N-metilene bisacrilamida (MBA) y el persulfato de potasio (KPS) fueron obtenidos de Sigma Aldrich, agua bidestilada, fue obtenida en los laboratorios de la facultad y el ibuprofeno fue proporcionado por Pérrigo de México S.A de C.V.

B. Síntesis de la Maghemita

La maghemita fue obtenida a partir de la reducción de la magnetita, para lo cual en un matraz de 100 mL se preparó una solución de hidróxido de amonio 1:1 con agua destilada a 80 °C, posteriormente se preparó una solución de iones hierro 73% cloruro férrico hexahidratado y 27% de cloruro ferroso tatrahidratado en agua desionizada, una vez homogenizados los cloruros, se le adicionó gota a gota la solución de hidróxido de amonio bajo agitación constante, terminada la adición se dejó bajo agitación durante 30 minutos.

C. Síntesis del P(NIPAM-co-AA)

Fue necesario sintetizar primeramente al PNIPAM la cual se llevó a cabo vía emulsión convencional, para la cual se prepararon dos soluciones, la primera de ellas fue la solución acuosa, para ella se disolvieron 0.01 g de SDS en 100 mL de agua desionizada, la segunda fue la solución orgánica conformada por 1.58 g de NIPAM y 0.033g de MBA, ambas soluciones se colocaron en un reactor enchaquetado de vidrio a 70°C, alcanzada la temperatura se adicionó el KPS (iniciador) disuelto en 5mL de agua desionizada y se dejó reaccionar durante cuatro horas bajo atmósfera inerte.

Luego, para la obtención del copolímero P(NIPAM-AA) se tomaron 15 mL de la emulsión de PNIPAM, se le adicionaron 0.618 g de ácido acrílico y 0.15 g de MBA, se calentó hasta 40 °C y se le adicionó el KPS como iniciador, la reacción se dejó durante 1.5 horas bajo atmósfera inerte. Por último, la emulsión se desestabilizó con sal para poder recuperar el polímero.

IV. RESULTADOS

El difractograma de la muestra de maghemita (Figura 5a) corroboró que efectivamente se obtuvo tal compuesto al ser comparado con la carta patrón JCPDS 25-1402, en donde los picos de difracción corresponden a (103), (105), (203), (116) y (109) [7].

a) b)

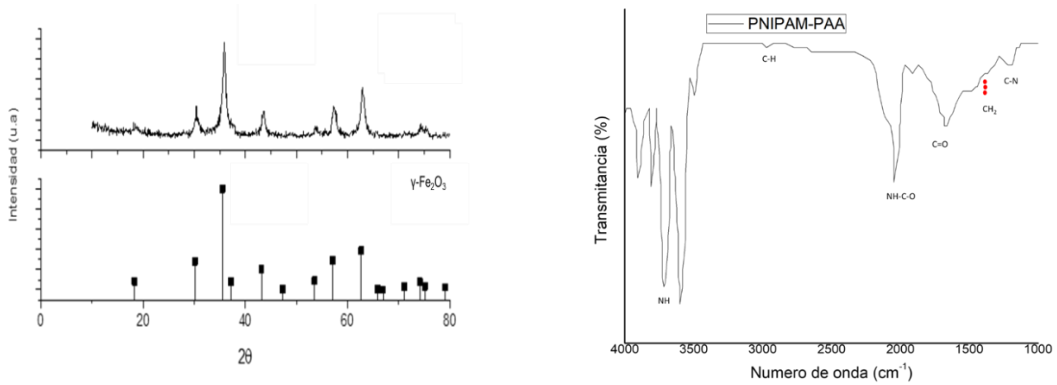


Fig. 5. a) Patrón de Difracción de Rayos X de las nanopartículas de maghemita, b) Espectro de infrarrojo por transformada de Fourier para el copolimero (PNIPAM-co-AA)

Por otro lado, para confirmar la estructura del copolimero elaborado de P(NIPAM-co-AA), se realizó un análisis por FT-IR, el cual se presenta en la Figura 5b, en este espectro se pueden notar las bandas características tanto del NIPAM como del AA, entre las más importantes destacan 3800, 3765, 3500 cm^{-1} relacionadas al estiramiento de los enlaces N-H en la amida secundaria, entre los 2950 y 2850 cm^{-1} asignadas principalmente a los estiramientos simétricos y asimétricos del enlace C-H, los estiramientos vibracionales de la amida se presentan en los 1485 cm^{-1} para la deformación asimétrica del grupo CH_3, así como su vibración que se observa entre los 1170 y los 1150 cm^{-1} y la banda que nos confirma la formación y presencia del PAA es la banda situada en 1750 cm^{-1} atribuida al carbonilo presente, que, aunque el PNIPAM también lo presenta, en el copolímero se ve con una mayor intensidad [8].

En cuanto a las pruebas de liberación del ibuprofeno a través del sistema elaborado se resumen en la Figura 6ª, donde se puede observar que la liberación muestra tres etapas de liberación, la primera de ellas conocida como la liberación “Burst” o liberación en estallido, esta liberación normalmente suele alcanzar porcentajes altos en periodos de tiempo cortos, para este caso se alcanza el 60% de liberación en las primeras 2 horas de análisis, este efecto está asociado con la salida del fármaco que se localiza en la periferia de la partícula, transcurridas las primeras dos horas, se puede observar que la liberación reduce su velocidad de salida de 60% en 2 horas a 90% en 6 horas, esto debido a los fenómenos de difusión de las moléculas hacia el medio [9].

De la Figura 6b, se pueden evidenciar dos cosas, la primera que el diámetro cambia al momento de añadir a la maghemita, lo cual sugiere que ésta se incorpora al interior de la nanopartícula polimérica, la segunda es que el tamaño de la partícula del sistema elaborado

se reduce conforme se incrementa la temperatura, esto coincide con la LCST del NIPAM, pues es la mayor parte del compuesto, lo cual indica que la red del sistema se contrae permitiendo que el ibuprofeno salga, lo cual coincide con los resultados de liberación en donde se ve favorecido el efecto “Burst”, pues el fármaco cercano a la superficie de la partícula es el primero en salir.

a) b)

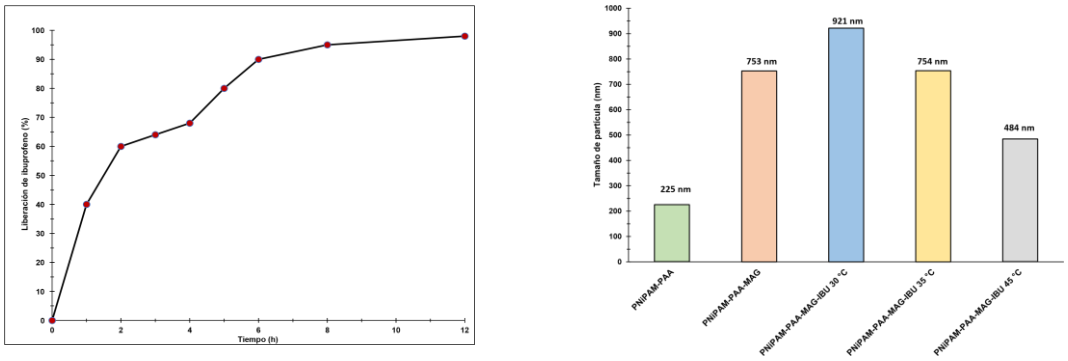


Fig. 6. a) Perfil de liberación de ibuprofeno en el sistema P(NIPAM-co-AA), b) comportamiento térmico del sistema P(NIPAM-co-AA) a 30, 35 y 45°C.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Utilizando los métodos de síntesis por coprecipitación química, así como emulsión convencional fue posible la elaboración de la maghemita y del sistema polimérico P(NIPAM-co-AA), además en función de los resultados por el incremento el tamaño de partícula se deduce que efectivamente la maghemita está al interior del polímero.

Además, se tuvo una buena liberación del ibuprofeno, pues es un fármaco que debe salir a velocidades altas debido a su aplicación para dolor y se observó según los resultados que a la temperatura de 37°C (del experimento de liberación), la red polimérica se contrae alcanzando altos valores porcentuales de liberación, para después reducir la velocidad debido a procesos de difusión molecular en el medio.

VI. RECONOCIMIENTOS (O AGRADECIMIENTOS)

Expreso mi agradecimiento a la Universidad Autónoma de Coahuila, en especial a la Facultad de Metalurgia, al CONACyT y a la Universidad Autónoma de Aguascalientes por las facilidades y el apoyo otorgado para la realización de la estancia de verano.

REFERENCIAS

[1] T. S. Ling, S. Chandrasegaran, L. Z. Xuan, T.L. Suan, E. Elaine, D. V. Nathan, Y. H. Chai, B. Gunasekaran, S. Salvamani, "The Potential Benefits of Nanotechnology in Treating Alzheimer’s Disease", *BioMed Research International*, volumen 2021, Issue 1, pp 1-9 Disponible en https://doi.org/10.1155/2021/5550938 [consultado en 2022]

[2] M. U. Shinde, M. Patwekar, F. Patwekar, M. A. Bajaber, A. Medikeri, F. S. Mohammad, M. Mukim, S. Soni, J. Mallick, T. Jawaid. "Nanomaterials: A Potential Hope for Life Sciences from Bench to Bedside", *Journal of Nanomaterials*, volumen. 2022, Issue 1, pp. 1-13 Disponible en https://doi.org/10.1155/2022/5968131, [Consultado en 2022]

[3] S. Bahl, H. Nagar, I. Singh, and S. Sehgal,. Smart materials types, properties, and applications: A review. *Materials Today: Proceedings*, Vol. 28, Issue 3, pp1302-1306 Disponible en https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.04.505 [Consultado en 2022]

[4] C.M. Wells, M. Harris, L. Choi, V.P. Murali, F.D. Guerra, and J.A. Jennings. Stimuli-responsive drug release from smart polymers. Journal of functional biomaterials, Volumen 10, Issue 3, pp 1-20. Disponible en https://doi.org/10.3390/jfb10030034, [Consultado en 2022].

[5] O.R.M.Metawea, A.M. Abdelmoneem, N. SaiedHaiba, H.H.Khalil, M.Teleb, A. O.Elzoghby, , A.E.Noreldin, F.Albericio, S.N.Khattab. A novel 'smart' PNIPAM-based copolymer for breast cancer targeted therapy: Synthesis, and characterization of dual pH/temperature-responsive lactoferrin-targeted PNIPAM-co-AA. Colloids and Surfaces B: Biointerfaces, volume 202, Issue 1, pp 1-12 Disponible en https://doi.org/10.1016/j.colsurfb.2021.111694 [Consultado en 2022]

[6] G. Huang, J. Gao, Z. Hu, J.V. St. John, B.C. Ponder, D. Moro, Controlled drug release from hydrogel nanoparticle networks, Controlled drug release from hydrogel nanoparticle networks. Journal of Controlled Release, Volume 94, Issues 2–3,Pp 303-311, disponible en https://doi.org/10.1016/j.jconrel.2003.10.007 [Consultado en 2022]

[7] Hussain I. Abdulah, Dhia H. Hussain, Ahmed M. Rheima. Synthesis of α-Fe2O3, γ-Fe2O3 and Fe3O4 Nanoparticles by Electrochemical Method , Volumen 6, Issue 4; pp.1288-1296. Octubre 2016

[8] K. Yun, K. Eun-Joong, L. Jae,Ch, Heui, H. Woo, J, Hyang, Ch, B. Geun.. Dual Stimuli-Triggered Nanogels in Response to Temperature and pH Changes for Controlled Drug Release. Nanoscale Research Letters. Volumen14, Issue 77, pp 1-9 https://doi.org/10.1186/s11671-019-2909. [Consultado en 2022]

[9] L. Dian, Z. Yang, F. Li, Z. Wang, X. Pan, X. Peng, X. Huang, Z. Guo, G. Quan, X. Shi, B. Chen, G. Li, Ch. Wu. Cubic phase nanoparticles for sustained release of ibuprofen: formulation, characterization, and enhanced bioavailability study. Int J Nanomedicine. Volumen 8, Issue 1, pp 845-854. https://doi.org/ 10.2147/IJN.S40547

DESARROLLO DE SUPERCAPACITORES HÍBRIDOS

Luis Gerardo Macias Mayo
Facultad de Metalurgia, UA de C
Carretera 57 Km. 4.5 Zona Universitaria.
C.P. 25750. Monclova, Coahuila.
luis_macias@uadec.edu.mx

Dr. Marco Antonio García Lobato
Facultad de Ciencias Químicas, UA de C
Blvd. V. Carranza s/n esq. con Ing. José Cárdenas Valdés.
Col. República Ote. C.P. 25280. Saltillo, Coahuila.
marco.garcia@uadec.edu.mx

Resumen — En este trabajo se investigó la capacitancia electroquímica de dos diferentes compuestos: nanotubos de halloysita impregnados con RuO_2 y recubiertos con polianilina (PANI-HRO) y SiO_2 impregnado con RuO_2 y recubierto con polianilina (PANI-DRO). Ambos materiales fueron depositados sobre sustratos conductores transparentes de FTO/vidrio por decantación en condiciones normales. Los ensayos electroquímicos se realizaron en una solución acuosa 0.1M de H_2SO_4 con una ventana de potencial de 0.6 V. Se realizaron mediciones de Cronopotencimetría y Voltametría cíclica para llegar a las conclusiones.

Palabras clave — Polianilina, PANI-HRO, PANI-DRO

Abstract — In this work, the electrochemical capacitance of two different compposoites was investigated: halloysite nanotubes impregnated with RuO2 and coated with polyaniline (PANI-HRO) and SiO2 impregnated with RuO2 and coated with polyaniline (PANI-DRO). Both materials were deposited on transparent conductive FTO/glass substrates by decantation under normal conditions. The electrochemical tests were carried out in a 0.1M aqueous solution of H2SO4 with a potential window of 0.6 V was used. Chronopotentiometry and Cyclic Voltammetry measurements were carried out to achieve the conclusions.

Keywords — Polyaniline, PANI-HRO, PANI-DRO

I. INTRODUCCIÓN

El objetivo de esta investigación es conocer la capacitancia especifica de dos materiales compuestos como lo son: PANI-HRO y DRO, depositado en sustratos de FTO/Vidrio, lo cual también es el problema a resolver de este trabajo.

El condensador, también llamado capacitor, es un dispositivo formado por conductores separados por un material dieléctrico, que sometidos a diferencias de potencial adquieren carga eléctrica [1]. La capacitancia es una medida de la cantidad de energía eléctrica almacenada para una diferencia de potencial eléctrico que se determina con la siguiente fórmula:

$$C = \frac{Q}{V} \qquad (1)$$

Donde:

C = capacitancia, medida en faradios (F)
Q = carga, medida en culombios (C)
V = diferencia de potencia, medida en voltios (V)

Un capacitor eléctrico de doble capa almacena más carga que los capacitores estándar. Esto se debe a que las placas utilizadas en el capacitor tienen un área de superficie más grande y una distancia más corta entre las placas cuando se compara con los capacitores estándar. Debido a la alta carga almacenada, los capacitores de doble capa también son conocidos como supercapacitores [2].

Los supercapacitores constan de dos electrodos separados por una membrana permeable a los iones (separador) y un electrolito que conecta iónicamente ambos electrodos. Cuando los electrodos son polarizados por un voltaje aplicado, los iones en el electrolito forman capas dobles eléctricas de polaridad opuesta a la polaridad del electrodo. Por ejemplo, los electrodos polarizados positivamente tendrán una capa de iones negativos en la interfaz electrodo/electrolito junto con una capa de equilibrio de carga de iones positivos adsorbidos en la capa negativa. Lo contrario es cierto para el electrodo polarizado negativamente.

Además, según el material del electrodo y la forma de la superficie, algunos iones pueden penetrar en la doble capa convirtiéndose en iones específicamente adsorbidos y contribuir con pseudocapacitancia a la capacitancia total del supercapacitor [3].

La capacitancia se determina a partir de los voltamperogramas usando la siguiente fórmula:

$$Cs = \frac{\int i\, dV}{2m \cdot \Delta V \cdot v} \qquad (2)$$

Donde:

i: intensidad de corriente (A)

m: masa total (g)

ΔV: diferencia de potencial (V)

v: velocidad de barrido (mV/s)

II. MARCO TEÓRICO

Los supercapacitores son dispositivos capaces de gestionar altas potencias en comparación con las baterías. Aunque los supercapacitores proporcionan entre cien y mil veces más potencia en el mismo volumen, pero con menor energía específica, que usualmente es de 3 a 30 veces menor [4]. Esto hace a los supercapacitores ideales para trabajos que requieran mucha potencia, pero no alta capacidad de almacenamiento de energía. PANI (C_6H_7N), es un polímero que ha ganado mucho interés debido a sus excelentes propiedades como lo son: fácil síntesis, bajo costo, alta conductividad eléctrica y excelente estabilidad térmica [5].

III. MATERIALES Y MÉTODOS

Como primer paso se deben lavar los sustratos (FTO/vidrios) con agua normal, después con agua desionizada y enjuagar con etanol. Posteriormente se pesa cada sustrato, previamente se delimita el área de 2.25 cm^2 en la que se coloca el PANI, el área se delimita con cinta scotch con una leve cobertura de ella en la orilla del sustrato. Se debe tomar en cuenta que la cinta vaya del lado de la película conductora que contiene.

Se calcula el volumen de DMF (dimetilformamida) a utilizar en HRO (nanotubos de halloysita-RuO_2-PANI) o DRO (P1Al1Si0.2R0.75-30H_2O-PANI, donde R=$C_6H_{15}N$); ésta se calcula basándose en el peso molecular de la anilina hidroclorada (129.6 g/mol), la concentración a usar (0.1 M) y la cantidad de masa (0.0538 g de PANI-HRO o 0.0504 g de PANI-DRO, según sea el caso), se utiliza la siguiente formula:

$$(Concentración\ M)(P.M)(X\ L) = \ masa\ de\ PANI \tag{3}$$

Ejemplo: (0.1 M) (129.6 g/mol) (x L) = 0.0538 g

Despejamos para “x L”, y obtenemos

$$\frac{(0.0538\ g)}{(0.1\ M)(129.6\frac{g}{mol})} = x\ L$$

$$x\ ml = 4.15\ ml\ de\ DMF$$

Obteniendo así 4.15 ml de DMF que se agregan a los 0.0538 g de PANI-HRO para preparar la dispersión con concentración 0.1 M. Como objetivo es tener 2 mg de composito de un área de 2.25 cm^2, así que se toma como referencia el volumen calculado anteriormente y la masa de PANI que tenemos, y se utiliza de la siguiente manera:

$$4.15\ ml\ ---\ 53.8\ mg$$

$$x\ ml\ ---\ 2\ mg$$

se usa regla de tres simples para calcular el valor de x ml, donde:

$$\frac{(2\ mg)(4.15\ ml)}{(53.8\ mg)} = x\ ml$$

$$x\ ml = 0.154\ ml$$

Posterior a este cálculo se toma como referencia que 35 ± 2 gotas = 1 ml, por lo tanto, de la misma manera haciendo uno de la regla de tres simples tenemos lo siguiente:

$$0.15\ ml\ ---\ x\ gotas$$

$$1\ ml\ ---\ 35\ gotas$$

Despejando para “x gotas” se obtiene lo siguiente:

$$\frac{(35\ gotas)\ (0.15\ ml)}{(1\ ml)} = x\ gotas$$

$$x\ gotas = 5\ gotas$$

Por lo que con ayuda de una jeringa se extrae un poco de PANI, y se colocan las gotas de PANI en el sustrato y se deja secar. Esto se hace con los distintos sustratos de FTO/Vidrio a los cuales se les colocó el recubrimiento de PANI-HRO o PANI-DRO. Una vez que los sustratos tengan la masa de 2 mg de PANI-HRO o PANI-DRO, se llevan a una celda electroquímica donde se mide la capacitancia específica de cada sustrato. Utilizando OriginPro 2016 se analizan los datos que se obtienen con ayuda del software AfterMath, Las mediciones electroquímicas se realizan en un potenciostato/galvanostato Pine WaveDriver 10.

El potenciostato Pine WaveDriver 10 acoplado a tres electrodos, utilizando Pt metálico y Ag/AgCl como contraelectrodo y electrodo de referencia, respectivamente (fig. 1). El electrolito usado fue H_2SO_4 0.1M. Con ayuda de caimanes que deben de estar conectados al equipo Pine WaveDriver 10, se sostiene el sustrato dentro de la celda electrolítica, en el software AfterMath deben colocar las especificaciones para la prueba, en este caso cronopotencimetría, se introduce la cantidad de segmentos a usar (10), potencial máximo (0.6 V), potencial mínimo (0 V) y velocidad de barrido (5 mV/s), una vez colocadas las especificaciones se lleva a cabo la prueba.

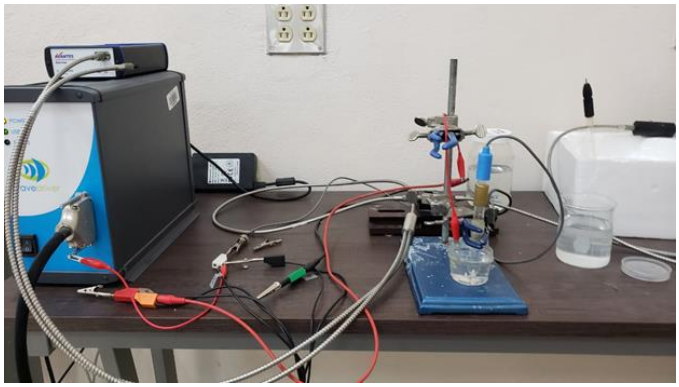


Figura 3. Montaje de la celda electrolítica.

IV. RESULTADOS

Posterior al análisis electroquímico, con una velocidad de 5 mV/s, se obtuvo en promedio para PANI-DRO y PANI-HRO 180.41 y 172.81 F/g (tabla 1), respectivamente, con un error estándar de ± 10 F/g.

Se usó la siguiente fórmula para obtener el promedio de Cs en las mediciones de PANI-HRO y PANI-DRO:

$$Promedio = \frac{\sum Cs}{n} \qquad (4)$$

Donde:

n: total de datos

Cs: capacitancia especifica

De igual forma se calculó el error estándar del Cs, haciendo uso de fórmula 5:

$$error\ estándar = \frac{s}{\sqrt{n}} \qquad (5)$$

Donde:

S: varianza

n: total de datos

Tabla 1. Resultados de las pruebas hechas a los distintos sustratos PANI-HRO y PANI-DRO

Muestra	**W_0**	**W_f**	**W**	**A act**	**Int A**	**C_S (F/g)**
	(mg)	(mg)	(g)	(cm^2)	(AV)	(5 mV/s)
PANI-DRO(164)	2316.49	2318.41	0.00192	2.25	0.002092308	181.62
PANI-DRO(164)-2	2316.49	2318.41	0.00192	2.25	0.002022777	175.59
PANI-DRO(39)	2343.62	2345.69	0.00207	2.25	0.001889995	152.17
PANI-DRO(39)-2	2343.62	2345.69	0.00207	2.25	0.002208999	177.86
PANI-DRO(257)	2279.59	2281.54	0.00195	2.25	0.002307867	197.25
PANI-DRO(257)-2	2279.59	2281.54	0.00195	2.25	0.002316063	197.95
PROMEDIO						180.41
error estándar						6.88
PANI-HRO (165-2)	2545.1	2547.08	0.00198	2.25	0.0022	185.19
PANI-HRO (165-2)-2	2545.1	2547.08	0.00198	2.25	0.001820133	153.21
PANI-HRO(184)	1925.59	1927.64	0.00205	2.25	0.002169103	176.35
PANI-HRO(184)-2	1925.59	1927.64	0.00205	2.25	0.0025	205.32
PANI-HRO(89)	2712.69	2714.74	0.00205	2.25	0.001878301	152.71
PANI-HRO(89)-2	2712.69	2714.74	0.00205	2.25	0.002017997	164.06
PROMEDIO						172.81
error estándar						8.34

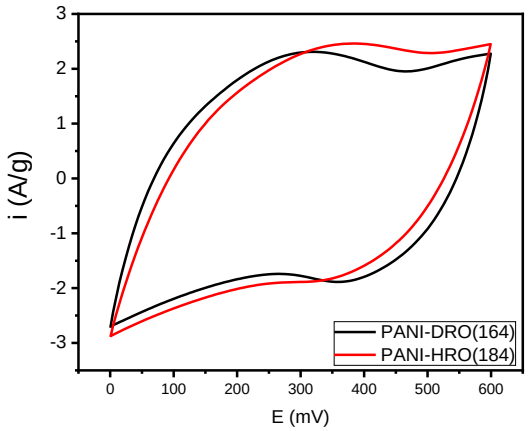


Figura 4. Comparación entre sustrato PANI-DRO(164) y PANI-HRO(184).

V. ANÁLISIS DE RESULTADOS Y CONCLUSIONES

Comparando gráficamente PANI-DRO(164) y PANI-HRO(184), los cuales son cercanos a los promedios de PANI-DRO y PANI-HRO, se comparan para analizar su comportamiento (figura 4). Se observar que PANI-DRO(164) tiene mejor respuesta tanto en la carga como descarga de diferencia de voltaje, lo cual hace que tenga mejor capacitancia aun cuando tiene un área activa menor al sustrato PANI-HRO(184), la Cs de PANI-DRO(164) y PANI-HRO(184) se puede observar en tabla 1.

Comparando velocidad de barrido (V) contra capacitancia específica (Cs), cuando V es 5, 10, 20, 50 y 100 mV/s (figura 5). Se llegó a la conclusión de mientras más rápido sea el ciclo de carga y descarga, menor será la capacitancia especifica. Esto se debe a una menor cantidad de energía almacenada ya que los iones de electrolito no tienen tiempo suficiente para acceder a toda la porosidad del material de electrodo [6].

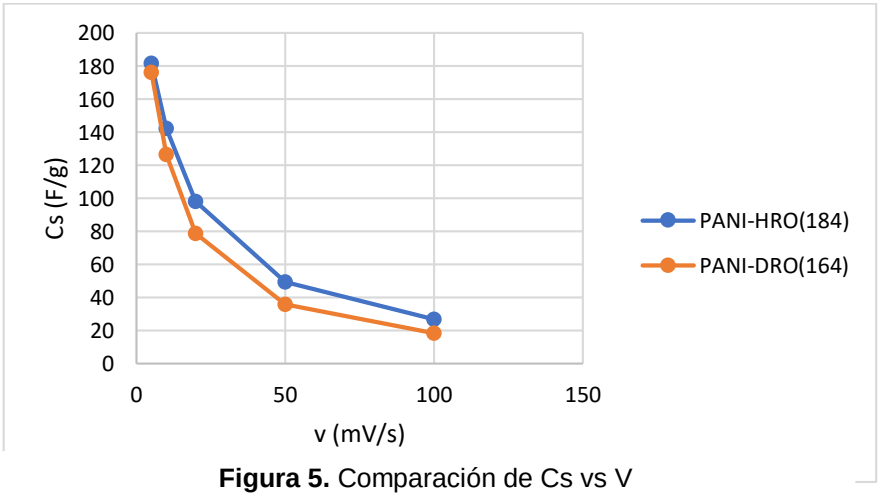


Figura 5. Comparación de Cs vs V

PANI-DRO(164)						
A/g	g	A	Δt (s)	C (Q/V)	E (Wh/kg)	P(W/kg)
0.5	0.00192	0.00096	332.300002	77.5366672	13.9566001	0.042
1	0.00192	0.00192	141.2	65.8933333	11.8608	0.084
2	0.00192	0.00384	50.1	46.76	8.4168	0.168
3	0.00192	0.00576	22	30.8	5.544	0.252
4	0.00192	0.00768	9.7	18.1066667	3.2592	0.336
5	0.00192	0.0096	2.9	6.76666667	1.218	0.42
PANI-HRO(184)						
A/g	g	A	Δt (s)	C (Q/V)	E (Wh/kg)	P(W/kg)
0.5	0.00205	0.001025	301.300002	70.3033338	12.6546001	0.042
1	0.00205	0.00205	126.2	58.8933333	10.6008	0.084
2	0.00205	0.0041	43.2	40.32	7.2576	0.168
3	0.00205	0.00615	17.7	24.78	4.4604	0.252
4	0.00205	0.0082	6.6	12.32	2.2176	0.336
5	0.00205	0.01025	0.1	0.23333333	0.042	0.42

Tabla 2. Resultados de cronopotencimetría hecha a sustratos promedio.

Se analizó la retención en los sustratos promedio, se obtuvo retención de 14.77% en PANI-HRO(184) y 10.57% en PANI-DRO(164), por lo tanto PANI-HRO(184) retiene mejor la carga eléctrica, aun cuando tiene menor capacitancia especifica. La poca retención de carga se debe a la presencia de materiales dieléctricos como lo son los nanotubos de halloysita y el SiO_2.

$$E = \frac{1}{2} C \cdot V^2 \qquad (6)$$

Donde:

E: energía (Wh/kg)

C: capacitancia (C)

V: potencial eléctrico (V)

Usando la ecuación 6, se calculó la energía de PANI-DRO(164) y PANI-HRO(184), obteniendo como máxima energía 13.956 y 12.654, respectivamente, esto como resultado de pruebas de cronopotencimetría (tabla 2), calculada la energía, se calcula la potencia con ayuda de la fórmula 7.

$$P = \frac{E}{\Delta t} \qquad (7)$$

Donde:
P: potencia (W/kg)
E: energía (Wh/kg)
Δt: diferencia de tiempo (s)

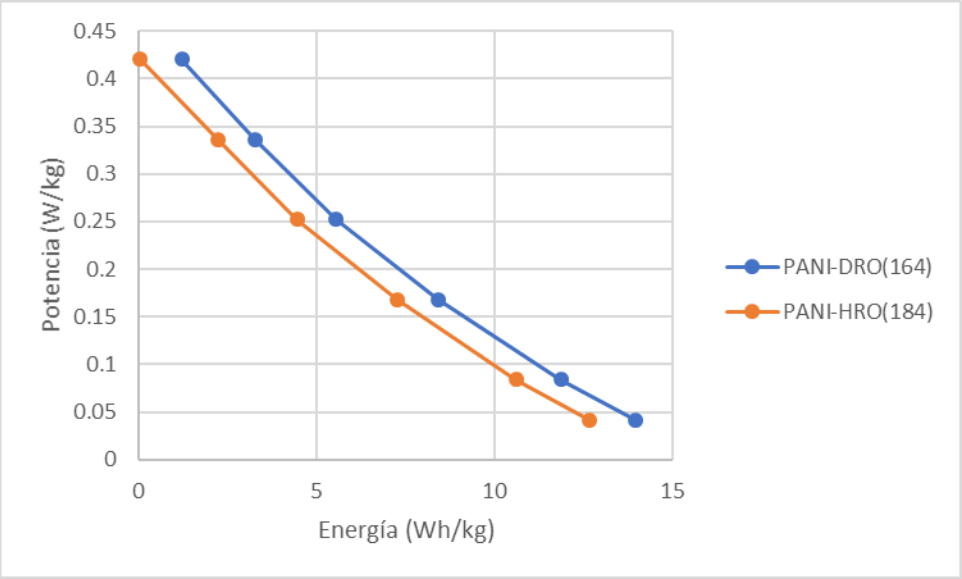


Figura 6. Comparación Potencia vs Energía de sustratos promedio.

Posterior a esos cálculos, se grafica la potencia versus energía (figura 6), obteniendo así la degradación de potencia en cuanto mayor sea la energía requerida.

En conclusión, y después de haber realizado las distintas pruebas y cálculos a PANI-HRO y PANI-DRO, se llega a la conclusión de que PANI-DRO tuvo una mejor capacitancia y energía, lo cual hace mejor material a PANI-DRO pese a tener 5% menos de retención, y por lo tanto PANI-DRO fue el material que mejores resultados entregó.

REFERENCIAS.

[1] J.C. Cedeño Vázquez, J.M. Gil Pérez, F.M. Pérez Ramírez. “Constantes dieléctricas y capacitancia”. Manual de prácticas UNAM. Disponible en http://www.dcb.unam.mx/CoordinacionesAcademicas/FisicaQuimica/ElectricidadMagnetismo/EyM_2017-1_Pract05.pdf. [consultado en 2022]

[2] Drew Burke. “Ultracapacitors: why, how, and where is the technology”, Journal of Power Sources, Volume 91, Issue 1, 2000, Pages 37-50, ISSN 0378-7753. Disponible en https://doi.org/10.1016/S0378-7753(00)00485-7. [consultado en 2022]

[3] Petty, Michael C.. (2019). Organic and molecular electronics: from principles to practice. Hoboken, NJ, USA: Wiley.

[4] Ander González, Eider Goikolea, Jon Andoni Barrena, Roman Mysyk. “Review on supercapacitors: Technologies and materials”, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Volume 58, 2016, Pages 1189-1206, ISSN 1364-0321. Disponible en https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.12.249. [consultado en 2022]

[5] Mao, H., Liu, X., Qian, X. et al. “Preparation and dedoping-resistant effect of self-doped polyaniline/cellulose fibers (SPANI/CF) hybrid”. Cellulose 22, 2641–2650 (2015). Disponible en https://doi.org/10.1007/s10570-015-0689-9. [consultado en 2022]

[6] E. Frackowiak; F. Béguin, "Carbon materials for the electrochemical storage of energy in capacitors", carbon.39, 937-950, 2001

SÍNTESIS DE HIDROXIAPATITA PARA SU APLICACIÓN COMO PRÓTESIS OSTEOINDUCTORA EN TEJIDO ÓSEO

Andrea Guadalupe Romo Castañeda
Universidad Autónoma de Aguascalientes
Centro de Ciencias de la Ingeniería
Av. Universidad #940, Ciudad Universitaria
C.P. 20100, Aguascalientes, Ags. México.
al212027@edu.uaa.mx

Criseida Ruiz Aguilar
ENES Juriquilla, UNAM
Blvr. Juriquilla 3001, Juriquilla La Mesa, Qro.
México.
criseida@unam.mx

Resumen — El mineral principal en el tejido óseo está compuesto por fosfatos de calcio, específicamente por hidroxiapatita. El desarrollo de biomateriales cerámicos permite la síntesis de hidroxiapatita, siendo una alternativa como regenerador óseo. A partir de las conchas de ostión mediante un tratamiento térmico se obtuvo óxido de calcio, el cual es el precursor principal para la síntesis de hidroxiapatita. Se mezcló óxido de calcio con fosfato diamónico y se obtuvo hidroxiapatita. Mediante la técnica de Difracción de Rayos X se realizó la caracterización del biomaterial producido, corroborando la obtención de hidroxiapatita junto con otras dos fases biocompatibles.

Palabras clave — Difractómetro de Rayos X, fosfatos de calcio, conchas de ostión.

Abstract — The main mineral in osseous tissue is composed of calcium phosphates, specifically hydroxyapatite. The development of ceramic biomaterials allows the synthesis of hydroxyapatite, being an alternative as an osseous regenerator. Calcium oxide was obtained from oyster shells by a thermal treatment, which is the main precursor for the synthesis of hydroxyapatite. Calcium oxide was mixed with diammonium phosphate and hydroxyapatite was obtained. By means of the X-Ray Diffractometer technique, the characterization of the biomaterial produced was carried out, corroborating the obtaining of hydroxyapatite together with two other biocompatible phases.

Keywords —X-Ray Diffractometer, calcium phosphates, oyster shells.

I. INTRODUCCIÓN

El tejido óseo, denominado hueso, forma la base o sostén del sistema locomotor. El tejido óseo está constituido por células y una matriz ósea, una sustancia intercelular calcificada y por componentes orgánicos e inorgánicos. Encontramos principalmente como componente inorgánico un mineral compuesto por calcio y fósforo, se denomina hidroxiapatita (HA, $> 95\%$ aproximadamente), este es un biomaterial con propiedades biocompatibles y bioactivas [1,2].

Los biomateriales cerámicos son óptimos para la síntesis de HA por sus propiedades características, como: su elevada resistencia al desgaste y a la corrosión, bio-reabsorbible y bioactivo. Un material bioactivo posibilita la formación de una ligación entre el tejido y el propio material [1].

Los fosfatos de calcio se clasifican como biológicos y sintéticos, poseen estructura cristalográfica, composición química y solubilidad en agua. Se pueden distinguir mediante técnicas de caracterización como el Difractómetro de Rayos X (DRX) y la Espectroscopia Infrarroja (IR) [1].

II. MATERIALES Y MÉTODOS

En el presente proyecto se realizó la síntesis de HA por medio de conchas de ostión. El proceso realizado se describe de manera general en la figura 1.

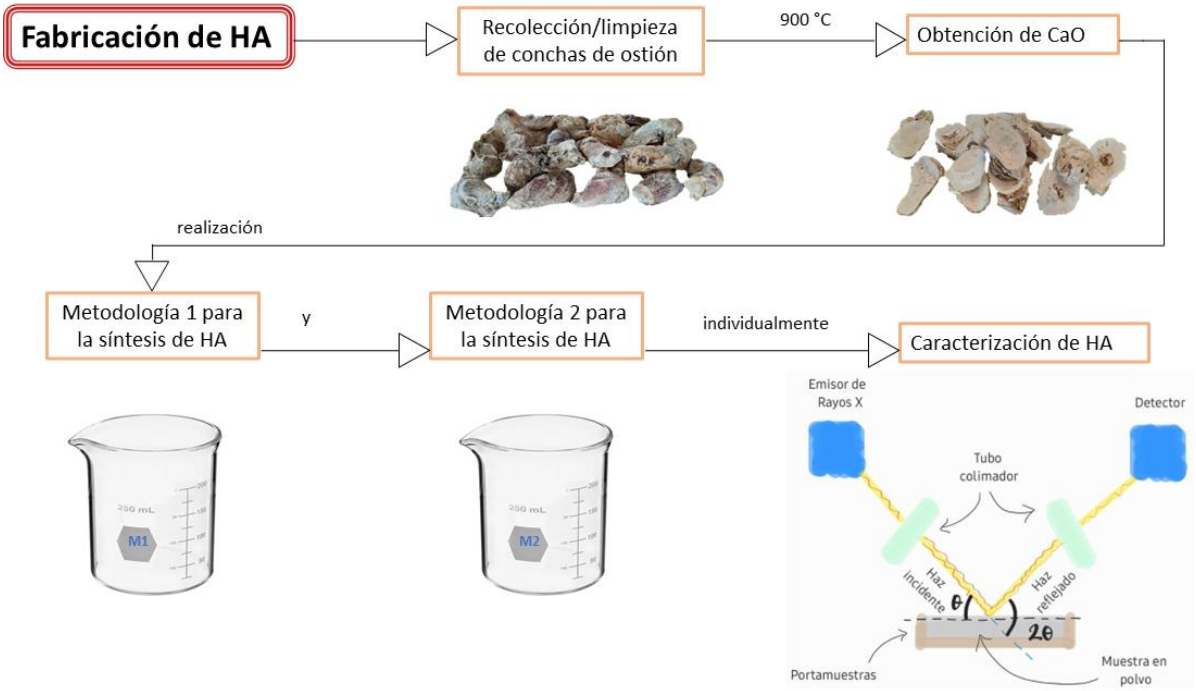


Figura 1. Diagrama general de la metodología utilizada para la síntesis de hidroxiapatita.

A continuación, se presenta detalladamente la serie de pasos seguidos para la obtención de HA, conforme con lo descrito en la figura 1.

1. Síntesis de HA

Se recolectaron conchas de ostión en un restaurante de mariscos. Posteriormente las conchas fueron lavadas con agua y jabón, con una escobilla de laboratorio aplicando fricción mecánica, para remover los residuos orgánicos. Una vez limpias las conchas, se calentaron a 120° C durante 48 h por medio de la estufa NOVATECH.

1.1. Obtención de óxido de calcio (CaO)

En la balanza electrónica con marca VELAB modelo VE-5000, se pesó 1006.9 g de conchas de ostión. En la MUFLA de la marca Thermo Scientific con número de modelo F3020C-80, se colocaron las conchas con la cara rugosa hacia abajo. Posteriormente se calentaron las conchas hasta llegar a una temperatura de 900°C, con una velocidad de

calentamiento del equipo de 10ºC por minuto. Una vez obtenida la temperatura mencionada, se mantuvo por una permanencia de 1 h. Después, se dejó enfriar la muestra en la MULFA hasta llegar a la temperatura de 27°C. A continuación, se colocaron las conchas calcinadas en una charola de metal como se observa en la figura 2.

Figura 2. Conchas calcinadas con la cara rugosa hacia abajo.

Después del tratamiento térmico se pesó la cantidad de conchas calcinadas, se obtuvo 531.4 g como total de polvo efectivo y 29.12 g como total de polvo residuo. La cantidad total del polvo efectivo fue triturado en dos morteros uno de ágata y otro de porcelana, con su respectivo pistilo; hasta obtener un polvo fino (se realizó el tamizado con una rejilla con apertura de 0.50 mm).

1.2. Metodología 1 para la síntesis de *HA*

De la cantidad de polvo fino de *CaO* obtenido previamente se mezcló en una relación de 2 g con 1.5847 g de fosfato diamónico *((NH_4)_2HPO_4,* Sigma Aldrich con pureza > *98%*) en 50 ml de agua desionizada**.** Los elementos precursores mencionados fueron mezclados homogéneamente en un vaso de precipitado con el uso de un agitador magnético. Se midió *pH* de la mezcla obtenida, de acuerdo con los valores visibles en el medidor de *pH*, se consideró que la muestra estuviera dentro un rango de 7.5 - 11.3, controlando el *pH* mediante la adición de hidróxido de sodio (*NaOH*, Macron Fine Chemicals) hasta ajustar el *pH* a 8. En una parrilla se calentó la mezcla hasta 80°C, continuando con la agitación, y se mantuvo la temperatura dentro del rango de 75.4 a 81.2°C durante 2 h hasta eliminar completamente el líquido [3,4].

Se recolectó la mayor cantidad del sólido obtenido, posteriormente se trituró con un mortero de ágata hasta obtener un polvo fino y se tamizó en una malla de 0.297mm. Se realizó el pesaje del polvo triturado y se obtuvo 3.3 g de efectivo.

1.3. Caracterización de HA

Los polvos obtenidos anteriormente fueron analizados con un DRX (con técnica de centelleo) para observar la fase de HA.

1.3.1. Se colocaron los polvos en un porta muestras de manera que no se aglomeraran las partículas.

1.3.2. El anticátodo utilizado fue de cobre (Cu) teniendo así una longitud de onda ($lambda$) de $K_alfa = 1.54059\ Angstrom$.

1.3.3. Las condiciones de operación de la lámpara en tensión y corriente fueron $40\ kV$ y $30\ mA$, respectivamente. Cabe mencionar que estas condiciones van de acuerdo con el tipo de anticátodo utilizado.

1.3.4. Para el recorrido del porta muestras se usó un rango equipado con intervalo de $5.0°$ hasta $80.0°$ y el paso utilizado fue de $0.02°/min.$

IV. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Teóricamente la reacción química de las conchas de ostión al someterlas a una temperatura de 900°C elimina el carbono existente y obtiene puramente CaO. En teoría al calcinar 1006.9 g de conchas de ostión da un rendimiento de 564.15 g, mayor a la mitad total de las conchas. En la práctica se calcinó 1006.9 g de conchas de ostión y se obtuvo 560.52 g de polvo; de cual 531.4 g fueron partículas efectivas de CaO y 29.12 g se consideraron como partículas residuales.

Como se mencionó en la metodología, las conchas calcinadas se trituraron hasta obtener un polvo fino. Previamente la realización del tamizado del polvo efectivo colocado en dos mallas con apertura de 0.500 mm y 0.297 mm permitió la distinción del tamaño de partícula, variando en un rango de $0.297\ mm <= partícula >= 0.500\ mm$, obtuvimos tres categorías del polvo y se pueden analizar los datos en la figura 3. Considerando que para poder realizar el estudio de DRX es necesario un tamaño de partícula $<= 0.297\ mm$, siempre será necesario el tamizaje del polvo obtenido para asegurarse de que se cumpla este requisito, sino será necesaria la trituración hasta la obtención del mínimo tamaño de partícula.

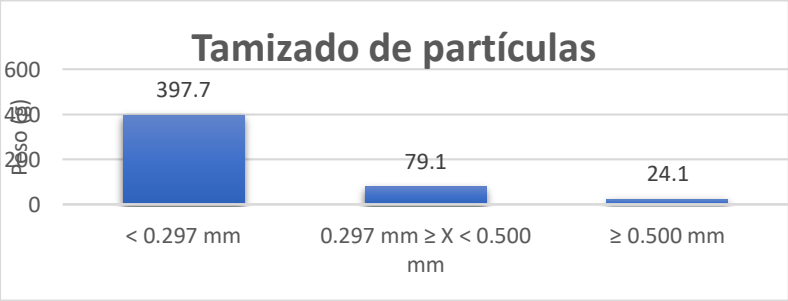


Figura 3. Tamizado de partículas de CaO. Donde X es un parámetro dentro del tamaño de partícula.

Se corroboró la obtención de CaO mediante el DRX, tal como se muestra en la figura 4 observando el patrón de DRX de CaO (color negro) junto con la señal obtenida de la muestra analizada en el DRX (color rojo), tal como se puede apreciar en la tarjeta 77-2375, que corresponde a las intensidades de la fase cristalina Lima.

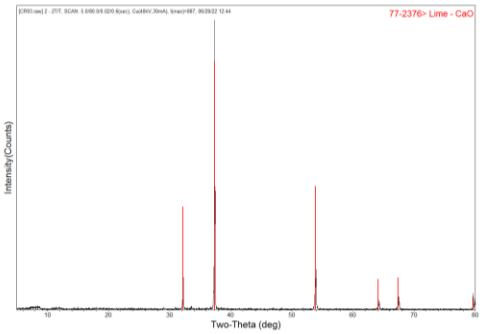


Figura 4. DRX de la muestra de polvo (con tamaño de partícula $< 0.297\ mm$) previamente calcinado.

En la práctica a la metodología 1 se le añadió 5 perlas de $NaOH$, para regular el pH de la solución. Sin embargo, este grupo base nos modificó el producto obtenido siendo las fases observadas en el DRX la hidroxiapatita, la portlandita y el sulfato de calcio hidratado; con concentraciones del 68.5%, 29.5% y 2.1%, respectivamente. Como se puede observar en la figura 5, obtuvimos tres fases en el método de síntesis, la reacción química que se obtuvo fue $CaO + (NH_4)_2HPO_4 + NaOH = CaP_3O_13H + Ca(OH)_2 + Ca(SO_4)(H_2O)_2$.

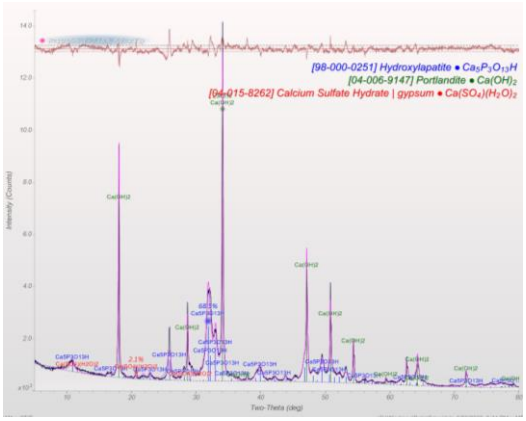


Figura 5. DRX de la muestra de polvo (con tamaño de partícula $< 0.297\ mm$) previamente sintetizado en la metodología 1.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Es de suma importancia considerar el rendimiento de los materiales con los que se va a trabajar. Al aplicar la técnica de calcinación mediante la MUFLA se obtuvo una pérdida de peso de conchas de ostión del 44%, aproximadamente. Por lo tanto, realizar esta técnica de calcinación es viable porque se tiene más del 50% como peso efectivo para trabajar. Posteriormente, en la metodología 1 se tuvo una eficiencia del 92% en peso, esto nos revela una ventaja en su producción para la síntesis de hidroxiapatita. Subsiguientemente, por medio del DRX obtuvimos en mayor cantidad a la hidroxiapatita, las otras dos fases obtenidas están en menor porcentaje y la ventaja es que también son biocompatibles.

De acuerdo con la serie de pasos seguidos para síntesis de hidroxiapatita se analizó que es un proceso con gran rendimiento y que en efecto su aplicación a nivel industrial es una idea viable. Sin embargo, falta la caracterización de este biomaterial *in vitro* e *in vivo*.

VI. RECONOCIMIENTOS Y AGRADECIMIENTOS

Expreso mi agradecimiento a la Universidad Autónoma de Aguascalientes por el apoyo económico. Agradezco a la Universidad Nacional Autónoma de México por financiar parcialmente la realización de este estudio por medio de los apoyos PAPIME PE101422 y PAPIIT-TA100522. Efectúo el reconocimiento a Ana Lucía Sánchez Alfonso por su apoyo en la recolección de las conchas de ostión y en la investigación de las metodologías para la síntesis de hidroxiapatita. Enaltezco el reconocimiento a mis padres por el apoyo y facilidades otorgadas.

REFERENCIAS

[1] S. Johanna and M. Duarte Chávez, “Síntesis y caracterización de fosfatos de calcio por el método sol-gel.”

[2] C. M. Eduardo Montalvo Arenas, T. Académico, F. Pasos Nájera Laboratorista, and R. Hernández Trujillo, “Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Medicina Departamento de Biología Celular y Tisular Biología Celular e Histología Médica Tejido Óseo asesoría técnica.”

[3] Y. Yang, Q. Yao, X. Pu, Z. Hou, and Q. Zhang, “Biphasic calcium phosphate macroporous scaffolds derived from oyster shells for bone tissue engineering,” *Chemical Engineering Journal*, vol. 173, no. 3, pp. 837–845, Oct. 2011, doi: 10.1016/j.cej.2011.07.029.

[4] S. Zhong *et al.*, “Effects for rapid conversion from abalone shell to hydroxyapatite nanosheets by ionic surfactants,” *Materials Science and Engineering C*, vol. 77, pp. 708–712, Aug. 2017, doi: 10.1016/j.msec.2017.04.009.

INSTRUMENTACIÓN Y CONTROL DE UN DRON DE CUATRO ROTORES

Cristian Emmanuel Rodriguez Ramirez
Instituto Tecnológico Superior de Abasolo
Blvd. Cuitzeo de los Naranjos #401, Col. Cuitzeo de los Naranjos, CP. 36976, Abasolo, Guanajuato.
as18110038@tecabasolo.edu.mx

Jesus Norberto Guerrero Tavares
Instituto Tecnológico Superior de Abasolo
Blvd. Cuitzeo de los Naranjos #401, Col. Cuitzeo de los Naranjos, CP. 36976, Abasolo, Guanajuato.
jesus.gt@abasolo.tecnm.mx

Resumen — Este trabajo se enfocó en la instrumentación y control de un vehículo aéreo no tripulado conocido comúnmente como dron, mediante el uso del controlador de vuelo de hardware libre Pixhawk ® 4 basado en el protocolo MAVLink, y el programa QGroundControl el cual, además de usarse para la configuración, calibración y telemetría del dron, permite mediante el GPS del Pixhawk ® 4, planificar o crear misiones de vuelo.
Debido a los resultados satisfactorios obtenidos en la pruebas de vuelo, se puede dar continuidad al proyecto con la implementación de sensores y un sistema de procesamiento de datos con el fin de mediante la creación de misiones de vuelo realizar mediciones de la calidad del aire en zonas específicas.
Palabras clave — Vehículo aéreo no tripulado, Pixhawk 4, QGroundControl, GPS.

Abstract — This work focused on the instrumentation and control of an unmanned aerial vehicle commonly known as a drone, through the use of the Pixhawk ® 4 free hardware flight controller based on the MAVLink protocol, and the QGroundControl program which, in addition to being used to the configuration, calibration and telemetry of the drone, allows, through the GPS of the Pixhawk ® 4, to plan or create flight missions.
Due to the satisfactory results of the missions obtained in the flight tests, the project can be continued with the implementation of sensors and a data processing system in order to detect air quality in specific areas through the creation of flights.
Keywords — Unmanned aerial vehicle, Pixhawk 4, QGroundControl, GPS.

I. INTRODUCCIÓN

Actualmente debido a la Revolución industria 4.0, los drones cada vez están tomando un papel más importante en la realización de trabajos en muchos sectores, como la supervisión y revisión de estructuras [1], cultivos o bien monitoreando áreas para recabar datos [2], por mencionar algunos ejemplos. Además, mediante el uso de drones se puede acceder a áreas donde para una persona seria imposible o muy riesgoso [3].

La interconectividad ya no solo permite obtener datos en tiempo real y observarlos desde uno o varios dispositivos conectados simultáneamente como un celular o una computadora, sino que también permite en el caso de los drones crear misiones de vuelo, para que el dron pueda realizar su trabajo de forma autónoma, lo cual implica que se podría establecer y programar una ruta de vuelo para que dron realice un recorrido, tomen datos y regrese a su base sin la necesidad de que un piloto lo esté controlando, es decir mediante un piloto

automático, un claro ejemplo de esto es el servicio de entregas Amazon Prime Air, en el cual un trabajador establece la ruta y la dirección para entregar el paquete, para que después de cargar el paquete el dron entregue el pedido y regrese al almacén automáticamente con su GPS y sistema de cámaras [4].

Sin embargo, para poder realizar lo anteriormente mencionado es necesario primero realizar la instrumentación y control del dron que se desee utilizar. Por lo cual, en este trabajo, nos enfocamos en el armado, configuración y calibración un dron de 4 rotores con el chasis de un AeroQuad Cyclone Frame, el cual es cuadricóptero tipo X, usando la controladora de vuelo Pixhawk ® 4 y el programa QGroundControl.

II. MARCO TEÓRICO

La controladora de vuelo Pixhawk es de las utilizada en los drones debido a que puede ser usada en una amplia variedad de aplicaciones en diferentes áreas, como pueden ser investigación y desarrollo, comercial, industrial, académica, entre otras, Por otra parte, a diferencia de otras controladoras de vuelo al ser compatible con Ardupilot y PX4, y contar con un módulo GPS, un compás, un giroscopio, acelerómetro y magnetómetro se pueden usar estas dos plataformas de piloto automático de código abierto para crear misiones de vuelo [5]. Es por esto por lo que en trabajos de investigación con drones como el presentados por Pablo Reyes Pausá, se usan controladora de vuelo Pixhawk 2.4.8 para instrumentación de un dron controlado mediante una conexión Wifi desde un dispositivo Android [6]. Sin embargo, este trabajo al igual algunos otros se usa la Pixhawk 2.4.8, la cual no cuenta con todas las funciones ni en nivel de procesamiento de la Pixhawk ® 4 la cual es la última actualización de la familia de controladoras de vuelo Pixhawk.

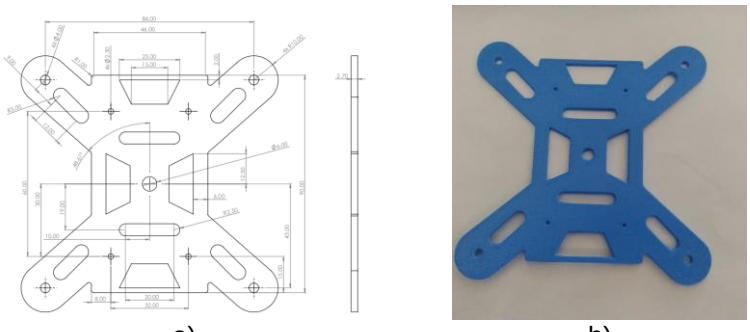
III. MATERIALES Y MÉTODOS

Para la realización de este proyecto se usaron los materiales en listados en la **Tabla 1**. Para el armado del dron se usó el chasis de un AeroQuad Cyclone Frame debido a que este tipo de chasis además de cumplir con las características de resistencia deseadas al está fabricado con partes de metal y aluminio, su estructura es ideal para montar diversos componentes como sensores y otros dispositivos electrónicos. La metodología que se siguió para el armado y posterior calibración del dron se muestra a continuación:

Tabla 1 Lista de materiales

Materiales	Descripción/ Especificaciones
Chasis de cuadricóptero AeroQuad Cyclone Frame	El chasis fabricado con piezas de aluminio, acrílico y metal, con dimensiones similares a las de un S500 Quadcopter.
Set Pixhawk 4 Holybro original GPS pm autopiloto profesional	De este set se usaron los siguientes componentes: Pixhawk 4, Modulo GPS, tarjeta Holybro PM07, Cable de 4 a 4 pines, cable de 10 a 10 pines , soporte de pedestal plegable tipo "x", soporte de varilla de carbono de 70 mm y 140 mm.
Batería Lipo 3S Zippy compact	Especificaciones técnicas: Capacidad: 1300mAh Voltaje: 3S1P / 3 células / 11.1V Balance de enchufe: JST-XH Enchufe de descarga: XT60
kit motor brushless 1000kv a2212 driver aspas drone esc30a	Especificaciones técnicas • motor Brushless KV1000 • controlador : ESC 30 a
HobbyKing 2.4ghz tx y rx 6CH v2 (modo 2)	Transmisor de 2,4 GHz 6 canales con servoinversión. fácil de usar el control para los modelos básicos.
Sharegoo 6CH PPM codificador y divisor I2C ampliar módulo Breakout Board para Pixhawk PPZ MK MWC MegapPirate APM controlador de vuelo	Está basado en el procesador ATMEL ATMEGA328p AVR y todo el tiempo se realiza dentro de interrupciones para optimizar la precisión y la estabilidad, y esta preconfigurado para 8 canales.
QGroundControl	QGroundControl es un software que proporciona control de vuelo completo y configuración de vehículos para vehículos con motor PX4 o ArduPilo.

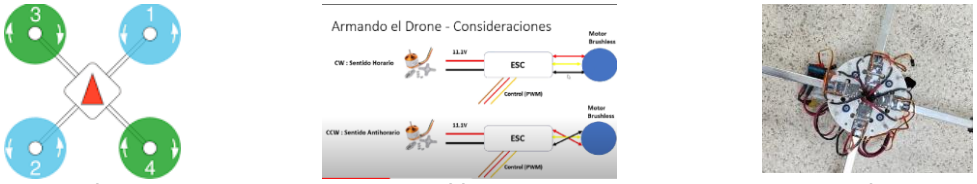
1.- Debido a que el chasis del dron AeroQuad Cyclone Frame, estaba diseñado para un controlador de vuelo diferente, para poder montar el Pixhawk 4 se diseñó e imprimió en 3D una base hecha de PLA. Las dimensiones de la base se muestra **Fig. 1 a)**, mientras que la base impresa en 3D se muestra en la **Fig. 1 b)**.



a) b)

Fig. 1. a) Dimensiones en mm de la base para del Pixhawk 4, b) Base de PLA para el Pixhawk 4.

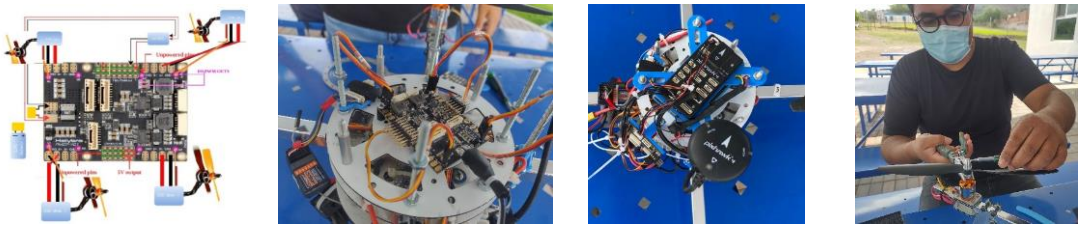
2.- Se colocaron los motores en el orden y con el sentido de giro mostrado en la **Fig. 2 a)**, la cual corresponde al fuselaje de un Quadcopter tipo X. El sentido de giro se estableció con en base el esquema de conexión de los controladores electrónicos de velocidad (ESC, por sus siglas en ingles Electronic Speed Controller) mostrado en la **Fig. 2 b).** Después de conectar en el orden correcto los ESC se montaron en el dron como visualiza en la **Fig. 2. c)**.



a) b) c)

Fig. 2. a) Diagrama del fuselaje de un quadcopter tipo X b) Esquema de conexiones de los motores y los ESC c) ESC montados en el segundo nivel del dron.

3.- Se conectaron las entradas de señal de los ESC a la tarjeta Holybro PM07 en el orden correcto con base en el diagrama mostrado en la **Fig. 3 a)**. En la **Fig. 3 b)**, se muestra las conexiones realizadas y la tarjeta Holybro montada en el dron. Después como se muestra en la **Fig. 3 c),** se montó el Pixhawk 4 con su base en el dron. También se colocó y conecto el GPS, el HobbyKing 2 y el Sharegoo 6CH PPM codificador. Por último, para terminar con el armando como se muestra en la **Fig. 3 d)**, se colocaron las hélices en los motores en el sentido de giro correcto.

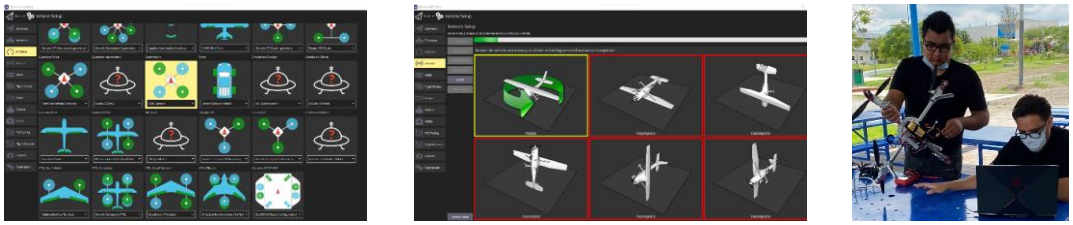


a) b) c) d)

Fig. 3. a) Diagrama de conexión de la tarjeta Holybro PM07 b)Tarjeta Holybro montada en el dron c) Pixhawk 4 y demás componentes montado en el dron d) Colocado de las hélices.

4.- Después de armar el dron se procedió a realizar la configuración y calibración, para esto se abrió el programa QGroundControl y al conectar el Pixhawk con el programa abierto inmediatamente aparece la opción para instalar el firmware, después de instalarlo, se procedió a realizar la configuración de dron, siendo la primera opción como se muestra en la **Fig. 4. a)**, seleccionar el tipo de fuselaje de dron el cual era el Quadcopter x, S500. Una vez que se definió el tipo de fuselaje se calibro el compás y giroscopio del dron, como se

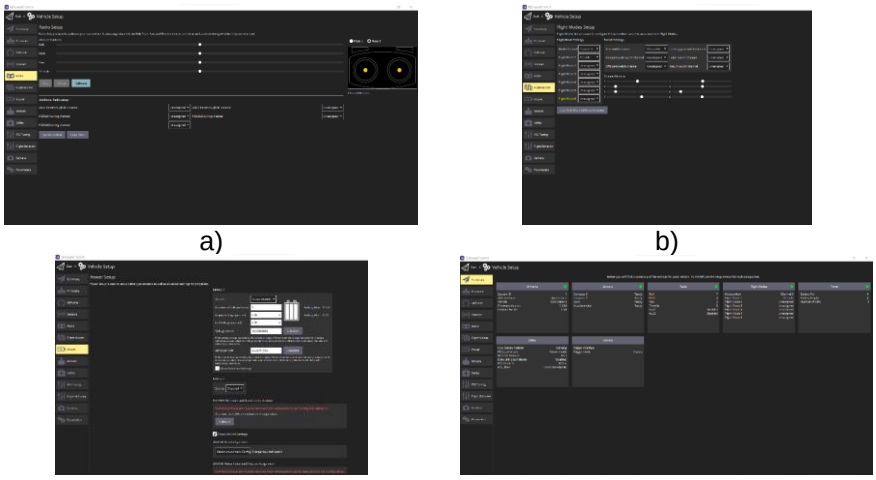
observa en la **Fig. 4 b)**, colocándolo como se visualiza en la **Fig. 4 c),** en las posiciones indicadas en la **Fig. 4 b)**.



a) b) c)

Fig. 4 a) Selección del fuselaje de Quadcopter x, b) Posiciones de calibración c) Calibración del dron.

5.- Posteriormente como se muestra en la **Fig. 5 a)**, se calibro el radio control en modo 2, después de esto como se observar en la **Fig. 5 b)**, se establecieron los canales del radio control para armar y para el dron se eleve. Por último, como se muestra en la **Fig. 5 c)**, se calibraron los ESC y la batería. Con esto como se observa en la **Fig. 5 d)**, el dron estaba totalmente calibrado y estaba listo para realizar las pruebas de vuelo.



a) b)

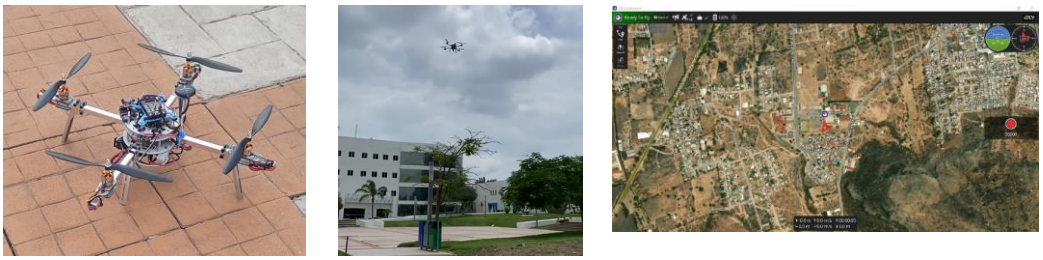
a) b)

Fig. 5. a) Calibración del radio control b) Canales para el armado y altitud el dron c) Calibrado de la bacteria y los ECS d) Dron calibrado.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Como se muestra se muestra en la **Fig. 6 a)**, se logró armar y calibrar el dron correctamente, además, se logró volar el dron quadcopter tipo X después de algunas pruebas como se visualiza en la **Fig. 6 b)**. Sin embargo, cabe mencionar que, aunque en cuestión de manejo y control no se tuvo ningún problema, el dron tardo en despegar y no lo hizo de forma correcta, por lo que se considera que el peso del dron era un factor relevante, lo cual

impedía que su despegue se realizara de forma correcta. Por otra parte, como se muestra en la **Fig. 6 c)**, el GPS del dron se enlazo correctamente, por lo que se podía realizar la creación de misiones de vuelo en QGroundControl, sin embargo, se requeriría de una conexión a internet para ejecutarlas.



a) b) c)

Fig. 9. Resultados a) Dron armado y calibrado b) Dron en vuelo c) Dron enlazado al GPS.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

A partir de los resultados obtenidos en las pruebas de vuelo realizadas con el dron se determinó que se cumplió con el objetivo de la investigación, ya que se logró que le dron volara y también se logró enlazar el GPS con el Pixhawk 4 para crear misiones de vuelo, sin embargo, para que el dron realice las misiones es necesario que el dron tenga una conexión internet. Por otra parte, aunque si bien el dron en cuestión de estabilidad, control de altura y manejo no presentaba problemas, era un tanto difícil lograr que este despegara, lo cual se debía a que el peso del dron era muy cercano al máximo.

Por lo que a partir de estos inconvenientes y de algunas otras observaciones se pudo concluir que debido el dron no presentaba algún otro problema a parte de los ya mencionados, se podría dar continuidad al proyecto con la implementación de sensores, un sistema de procesamiento de datos, además de conexión por internet por Wifi, con el fin de mediante la creación de misiones de vuelo realizar mediciones de la calidad del aire en zonas específicas, sin embargo, antes de realizar estas mejoras al dron es necesario tomar en cuente las siguientes recomendaciones:

- Reducir el peso del dron: Se pueden retirar componentes o respaldarlos componentes de un material más ligero, otra opción sería colocar motores más grandes y con mayor potencia o incluso se podría considerar agregar más motores, lo cual implicaría convertir el dron en un Hexacopter.
- Sustitución del cableado: Se pueden cambiar los cables por aquellos de un calibre más adecuado y además de den de revisar todas que todas las soldaduras sean correctas.
- Protección de las hélices: Se requiere diseñar un sistema de protección para las hélices en caso de colisión, con el fin de preservar la integrad del vehículo.

VI. RECONOCIMIENTOS

Expreso mi agradecimiento al Comité del 24° Verano de la Ciencia Región Centro, por la oportunidad de participar, asi como a Instituto Tecnológico Superior de Abasolo, pero sobre todo a mi asesor Jesus Norberto Guerrero Tavares, por permitime trabajar con él en la realización de este proyecto y por todo el apoyo brindado.

REFERENCIAS

[1] R. d. B. Tajadura, «Uso de drones en la inspección para la rehabilitación del patrimonio Iglesia de la Merced de Burgos,» Universidad de Burgos, Burgos, 2017.

[2] R. H. Rodolfo, «Uso de los Drones o Vehículos Aéreos no Tripulados en la Agricultura de Precisión,» *Revista Ingeniería Agrícola,* vol. 11, nº 4, 2021.

[3] Agencia Bloomberg, «Drones pueden hacer algunos de los trabajos más peligrosos,» 29 julio 2019. [En línea]. Available: https://gestion.pe/tecnologia/drones-trabajos-peligrosos-274363-noticia/. [Último acceso: 08 Agosto 2022].

[4] R. Juan, «Amazon ya puede entregar paquetes con drones.,» Total Publishing Network, 01 septiembre 2020. [En línea]. Available: https://www.muycomputer.com/2020/09/01/amazon-prime-air/. [Último acceso: 08 Agosto 2022].

[5] A. T. Raúl, «Introducción a Ardupilot y PX4 - Parte 1: Soluciones de Autopiloto Para Drones,» TecBolivia.com, 2020. [En línea]. Available: https://tecbolivia.com/index.php/articulos-y-tutoriales-microcontroladores/101-introduccion-a-ardupilot-y-px4-parte-1. [Último acceso: 09 Agosto 2022].

[6] R. P. Pablo, «Diseño de un multicóptero para investigación controlado vía terminal Android,» Universitat Politècnica de València, Valencia, 2017.

ANÁLISIS DE CONTINGENCIAS SIMPLES N-1 DE SISTEMAS ELÉCTRICOS DE POTENCIA CONSIDERANDO DISPOSITIVOS FACTS

Marco Moisés Gutiérrez Ramírez
Instituto Tecnológico Superior de Irapuato
Silao-Irapuato km 12.5 El Copal, 36821 Irapuato, Gto.
lis18110449@irapuato.tecnm.mx

José Miguel García Guzmán
Instituto Tecnológico Superior de Irapuato
Silao-Irapuato km 12.5 El Copal, 36821 Irapuato, Gto.
jose.gg@irapuato.tecnm.mx

Resumen — En este trabajo se presenta un análisis de contingencias simples para evaluar la seguridad de los sistemas eléctricos de potencia considerando la inclusión de Sistemas de Transmisión Flexibles de Corriente Alterna (FACTS, por sus siglas en ingles). El dispositivo FACTS utilizado en este trabajo es el Compensador Serie Controlado por Tiristores (TCSC, por sus siglas en inglés. Un caso de estudio de análisis de contingencias simples, utilizando factores de sensitividad de distribución de salida de líneas, con un sistema de potencia (SEP) de prueba se llevó a cabo para visualizar el impacto que tiene la inclusión del TCSC en la seguridad del SEP. Los resultados muestran que con la integración del TCSC se mejora la seguridad del sistema de potencia.

Palabras clave — Factores de distribución de salidas de líneas, análisis de contingencias simples, dispositivos FACTS.

Abstract — This paper presents a simple contingency analysis to evaluate the safety of electric power systems considering the inclusion of Flexible AC Transmission Systems (FACTS). The FACTS device used in this work is the Thyristor Controlled Series Compensator (TCSC). A simple contingency analysis case study, using line output distribution sensitivity factors, with a test power system was carried out to visualize the impact of TCSC inclusion on SEP safety. The results show that with the integration of TCSC the safety of the power system is improved.

Keywords — Line output distribution factors, simple contingency analysis, FACTS devices.

I. INTRODUCCIÓN

En años pasados los sistemas eléctricos de potencia eran relativamente simples y diseñados para ser autónomos. Las nuevas estructuras requieren que la potencia eléctrica sea transportada a través de líneas de transmisión bien definidas; sin embargo, las redes convencionales de los sistemas de potencia no pueden prever las expectativas de flexibilidad en el control de la potencia. Por lo que, es necesario incluir dispositivos basados en electrónica de potencia, conocidos como dispositivos FACTS, mediante los cuales es posible controlar diversos parámetros y se brinda flexibilidad al sistema de potencia [1,2]. En los últimos años, la demanda en los sistemas de potencia ha aumentado y seguirá incrementándose, lo que conlleva a una serie de problemas como sobrecarga y subutilización del potencial de transmisión, congestión de la transmisión, entre otros. Estos problemas se traducen en un deterioro de la seguridad del SEP, de modo que los estudios

de contingencias resultan en una herramienta imprescindible para garantizar la operación confiable y segura del sistema ante la ocurrencia de una falla [3, 4, 5]. Esto porque ante la ocurrencia de una contingencia el SEP debe mantenerse en operación con la mínima salida de cargas. De acuerdo con lo antes escrito, en este trabajo se lleva a cabo un análisis de contingencias para evaluar la seguridad de sistemas de potencia con la integración de dispositivos FACTS.

II. ANÁLISIS DE CONTINGENCIAS N-1

Los análisis de contingencias es una de las herramientas más comunes para evaluar la seguridad de sistemas de potencia en estado estacionario, el análisis puede ser considerando contingencias simples o contingencias múltiples. El análisis de contingencias simples, conocido también como contingencias N-1 es el análisis adoptado en este trabajo para evaluar la seguridad de sistemas de potencia. En la operación segura y confiable de un SEP es indispensable que los sistemas tengan cierta flexibilidad para poder mantenerse operando cuando se presenta un tipo de contingencia de evento simple, tales como la salida de una carga, una línea o de un generador. Ante la ocurrencia de un evento como los ya mencionados, el SEP debe encontrar un estado de estabilidad en un punto nuevo de operación respetando los límites de voltajes, potencias, entre otros, así como la capacidad de los elementos de transmisión. En el análisis de contingencias simples, existe una forma de evaluar la sobrecarga que se presenta en las líneas de transmisión cuando sale de operación otra línea del SEP debido a una contingencia, la cual es conocida comúnmente como Factores de Distribución de Salida de Líneas (FSL). Los FSL son una parte de los factores de sensitividad y se calcula como sigue [3],

$$FSL_k = \frac{\Delta Fl}{Fk^0} = \frac{Fl^{new} - Fl^{old}}{Fk^0} \tag{1}$$

Donde FSL_k es el factor que indica el cambio en el flujo de la línea *l* ante la salida de la línea *k*. Fl^{new} y Fl^{old} son los flujos en la línea *l* después y antes de la falla respectivamente. F_k^0 es el flujo de la línea *k* antes de la contingencia.

III. DISPOSITIVOS FACTS PARA COMPENSACIÓN SERIE

Un método establecido para variar la capacidad de las líneas de transmisión es instalar compensadores controlados en serie para disminuir su impedancia neta. El TCSC es un elemento clave de los dispositivos FACTS que permite llevar a cabo tal acción. Existen dos modelos para el TCSC: el modelo de ángulo de disparo y el modelo de reactancia controlable. Este último es el utilizado en este trabajo. Como se mencionó, el TCSC permite controlar el flujo de potencia activa a través de una línea de transmisión, manteniendo dicho flujo de potencia en un valor especificado en la línea compensada. Un esquema del TCSC conectado a la línea de transmisión a compensar se muestra en la Fig. 1 [1].

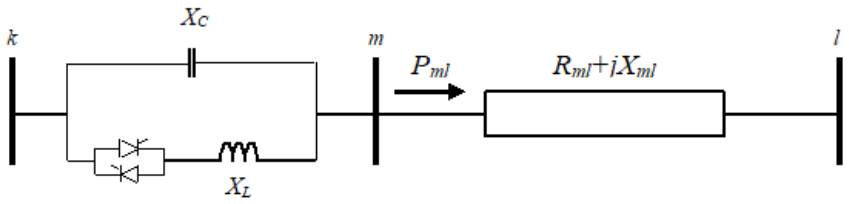


Fig. 1. Línea de transmisión compensada por el TCSC.

El flujo de potencia activa P_{ml} a través de la rama m-l es controlada en un valor P_{esp} por medio del TCSC conectado entre los nodos *k* y *m* mediante la siguiente ecuación [6],

$$P_{ml} - P_{esp} = 0 \tag{2}$$

donde P_{ml} es la potencia activa inyectada por el TCSC, la cual es una función dependiente de la reactancia controlable. P_{ml} es dada,

$$P_m = -V_m V_k B_{TCSC} \sin(\theta_m - \theta_k) \tag{3}$$

A su vez la susceptancia del TCSC es dada por,

$$B_{kk} = B_{mm} = B_{TCSC} = -\frac{1}{X_{TCSC}} \tag{4}$$

Una vez que se obtiene la reactancia del TCSC, esta se suma con la impedancia serie de la línea de transmisión para compensarla y controlar su flujo de potencia activa a un valor especificado. El análisis de contingencias se lleva a cabo cuando la acción de control de flujo de potencia del TCSC está activada.

IV. CASOS DE ESTUDIO

El sistema de potencia de 5 nodos [7] es el SEP utilizado en los casos de estudio para llevar a cabo el análisis de contingencias simples considerando la integración de la compensadora serie controlado por tiristores. El análisis de contingencias se lleva a cabo en CA, de modo que se utiliza el problema de flujos de potencia en CA para llevar a cabo este análisis con una tolerancia de convergencia de $1x10^{-9}$. En los casos de estudio se lleva a cabo el análisis de contingencias sin la integración del TCSC y posteriormente se realiza con la inclusión del controlador FACTS. La línea 1-5 se escoge para ser la línea compensada y aumentar el flujo de potencia activa de 40.31 MW a 55 MW, esto con la finalidad de disminuir la potencia transmitida en la línea 1-2, ya que es la línea de transmisión más cargada del SEP. Sin la compensación efectuada por el TCSC, el flujo de potencia activa en la línea 1-5 es de 40.31 MW, mientras que los factores FSL bajo esta condición se presentan en la Tabla 1.

De acuerdo a los datos presentados en la Tabla 1, es posible observar que sin la integración del dispositivo FACTS el FSL mayor se tiene en la línea 1-5 cuando se presenta una

contingencia en la línea 1-2, es decir, la contingencia más severa en el SEP se presentará en la línea 1-5 si la línea de transmisión conectada entre los nodos 1-2 sale de operación.

Tabla 1. Factores FSL sin la compensación realizada por el TCSC.

Líneas	1 - 2	1 - 5	2 - 5	2 - 4	2 - 3	5 - 4	4 - 3
1 a 2	0.0000	1.0418	-0.3305	-0.2607	-0.1438	0.4138	0.2394
1 a 5	1.1176	0.0000	-0.3603	0.2937	0.2608	-0.4001	-0.2252
2 a 5	-0.4441	0.4528	0.0000	0.4536	0.3786	-0.6390	-0.3610
2 a 4	-0.3543	0.3656	0.4491	0.0000	0.4808	0.6888	-0.4555
2 a 3	-0.1737	0.1896	0.2277	0.2915	0.0000	0.3535	1.0501
5 a 4	0.5287	-0.5307	-0.6511	0.7090	0.5994	0.0000	-0.5609
4 a 3	0.1723	-0.1809	-0.2184	-0.2788	1.0499	-0.3383	0.0000

Como se mencionó, el dispositivo TCSC se utiliza para incrementar el flujo de potencia activa en la línea de transmisión 1-5 de 40.31 MW a 55 MW, para ello se considera una condición inicial de la X_{TCSC} de 0.002 pu, con límites máximo y mínimo de -0.1 pu y 0.1 pu, respectivamente. Con la integración del TCSC en el sistema de potencia los factores FSL cambian tal como se muestra en la Tabla 2.

Tabla 2. Factores FSL con la compensación realizada por el TCSC.

Líneas	1 - 2	1 - 5	2 - 5	2 - 4	2 - 3	5 - 4	4 - 3
1 a 2	0.0000	1.0216	-0.4305	-0.3101	-0.2322	0.4863	0.2514
6 a 5	-0.7196	0.0000	-2.9321	-2.3784	-1.0508	-2.1062	-6.2173
2 a 5	-0.4440	0.4480	0.0000	0.3931	0.3314	-0.5623	-0.3514
2 a 4	-0.3540	0.3612	0.3829	0.0000	0.4401	0.6871	-0.4476
2 a 3	-0.1730	0.1863	0.1938	0.2627	0.0000	0.3513	1.0456
5 a 4	0.5296	-0.5255	-0.5605	0.7381	0.6377	0.0000	-0.5665
4 a 3	0.1721	-0.1783	-0.1875	-0.2534	1.0520	-0.3372	0.0000

En los resultados mostrados en la tabla anterior es posible observar que el factor FSL disminuyó en la mayoría de las salidas de las líneas de transmisión debido a una disminución en el flujo de potencia de las líneas, lo que significa que hubo una mejora en la seguridad del sistema de potencia.

Por otro lado, cuando sale la línea de transmisión donde está conectado el TCSC los factores FSL de la mayor parte de las líneas son muy similares, pero ocurre una pequeña disminución cuando el TCSC lleva a cabo su acción de control, tal como se muestra en la Fig. 2. Es importante notar que cuando sale cada una de las líneas de transmisión el factor FSL disminuye de manera considerable en la línea 1-5, donde está conectado el TCSC, manteniendo valores muy similares en el resto de las líneas, tal como se muestra en la Fig. 3.

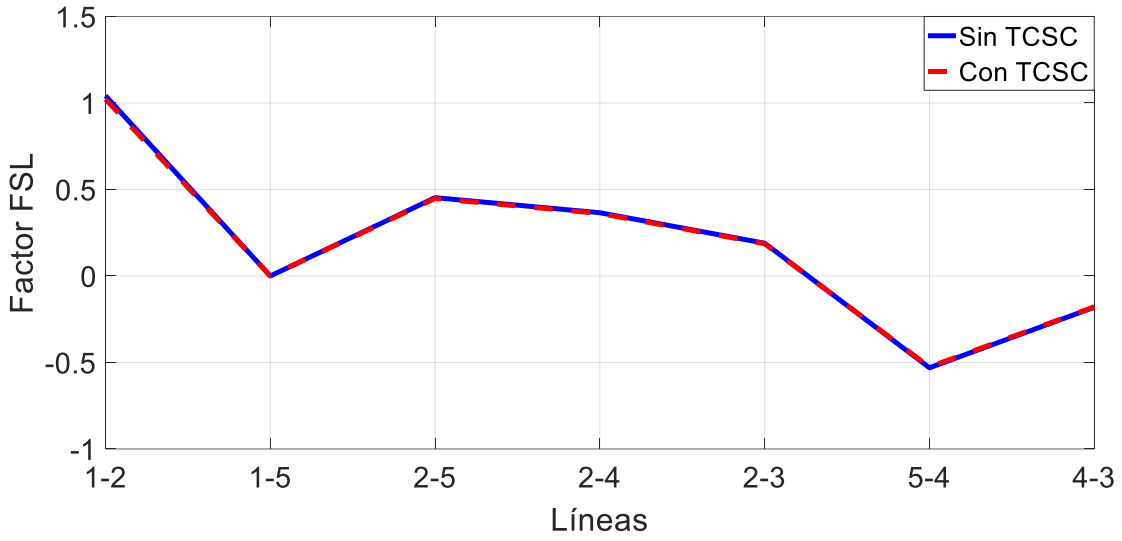


Fig. 2. Factor FSL en las líneas de transmisión cuando se presenta una contingencia en la línea 1-5.

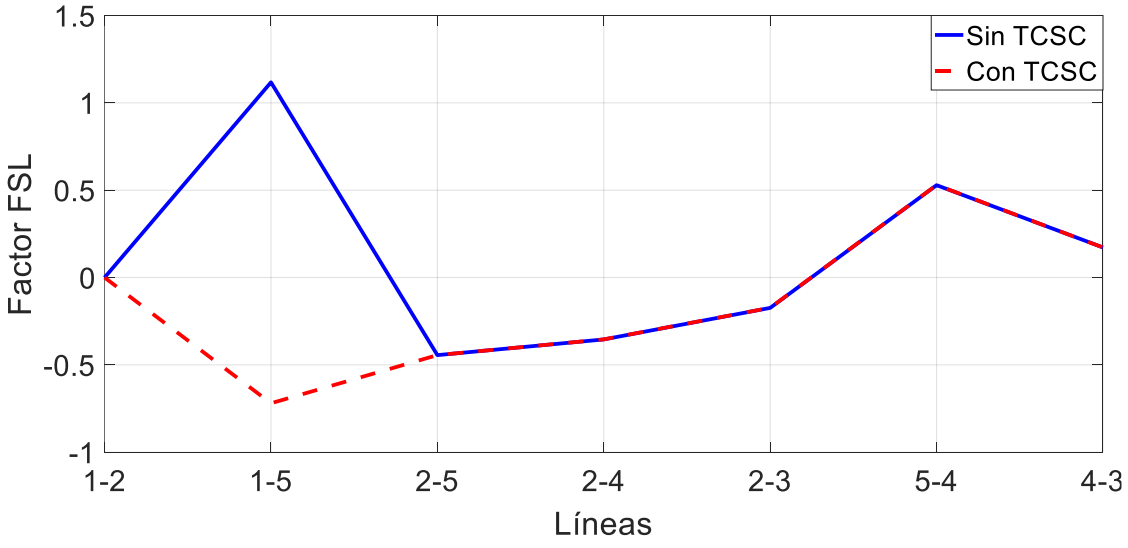


Fig. 3. Factor FSL en las líneas de transmisión cuando se presenta una contingencia en la línea 1-2.

Se debe mencionar que la última figura, donde sale la línea 1-2, se emplea a manera de ejemplo, ya que, como se mencionó, en todos los casos de salida de las líneas se presenta una disminución considerable en el FSL de la línea 1-5, conservando valores muy similares en el resto de los factores FSL de las líneas.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Un análisis de contingencias simples para evaluar la seguridad de los sistemas eléctricos de potencia considerando la inclusión de dispositivos FACTS se ha presentado. El dispositivo FACTS utilizado es el TCSC, con el cual se controló el flujo de potencia de una línea para disminuir el flujo de potencia en la línea de transmisión más cargada. Los resultados mostraron que el flujo de potencia en la mayoría de las líneas disminuyó, lo que provocó una disminución de los factores FSL de las líneas, mejorando la seguridad del sistema de potencia. Los factores FSL de las líneas de transmisión cuando falla la línea donde se conectó el TCSC se mantuvieron casi iguales, con una pequeña mejora en la seguridad cuando el TCSC compensa dicha línea, por lo que, se puede concluir que la integración de este dispositivo FACTS no causa problemas en la seguridad ni en la confiabilidad del SEP cuando se destina a realizar el control del flujo de potencia activa de una determinada línea de transmisión. Se debe resaltar, que lo antes mencionado es probable que no se presente en todos los sistemas de potencia e incluso en este, ya que el aumento o disminución de los factores FSL mucho de la redistribución de los flujos de potencia, los cuales a su vez dependen de la línea a compensar y del valor de potencia a ser compensado, así como de la topología del sistema de potencia.

REFERENCIAS

[1] N. G. Hingorani & L. Gyugyi, “Understanding FACTS Concepts and Technology of Flexible AC Transmission Systems”, IEEE Press, 1999.

[2] I. Coronado, P. Zúñiga y J. M. Ramírez, “FACTS:Soluciones Modernas para la industria electrica”, Avance y Perspectiva, vol. 20, 2001.

[3] D. P. Kothari and I. J. Nagrath, “Modern Power System Analysis”, New Delhi, India, Tata McGraw Hill Education Private Limited, 2011.

[4] A. K. Roy, “Contingency Analysis in Power Systems”, Thesis of Master Engineering in Power Systems and Electric Devices, Thapar University, Patiala, India, 2011.

[5] T. E. DyLiacco, “The Adaptative Reliability Control System”, in IEEE Trans on PAS, Vol. PAS-86, May 1967, pp. 517-531.

[6] Ambriz, Pérez H., "Tesis doctoral; Flexible AC Transmission Systems Modelling in Optimal Power Flows Using Newton's Method", Universidad de Glasgow, 1998.

[7] G. W. Stagg and A. H. El-Abiad, “Computer Methods in Power System Analysis”, New York, USA, McGraw-Hill, 1968.

.

EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD DE CORTOCIRCUITO DE SISTEMAS DE POTENCIA CONSIDERANDO COMPENSADORES EN SERIE

Karla Julissa Mata Hermosillo
Instituto Tecnológico Superior de Irapuato
Carretera Irapuato-Silao km. 12.5 Col. El Copal
lis18111299@irapuato.tecnm.mx

José Miguel García Guzmán
Instituto Tecnológico Superior de Irapuato
Carretera Irapuato-Silao km. 12.5 Col. El Copal
jose.gg@irapuato.tecnm.mx

Resumen — En este trabajo se analiza el efecto de la integración del Compensador Serie Controlado por Tiristores (CSCT) sobre la capacidad de corto circuito (CCC) nodal de sistemas eléctricos de potencia (SEP). La integración del CSCT cambia la topología de la red afectando la impedancia equivalente de Thevenin y, por consecuencia, la CCC nodal del sistema y el nivel de cortocircuito del sistema. Diversos casos de estudio con un sistema de potencia de prueba se llevan a cabo para mostrar el efecto de la integración del CSCT en la CCC, comparando los resultados antes y después de la compensación de las líneas de transmisión del sistema de potencia.

Palabras clave — Capacidad de Cortocircuito, Compensador Serie Controlado por Tiristores, sistemas eléctricos de potencia.

Abstract — This paper analyzes the effect of the integration of the Thyristor Controlled Series Compensator (TCSC) on the nodal short circuit capability (SCC) of power electric systems. The integration of the TCSC changes the network topology affecting the Thevenin equivalent impedance and, consequently, the nodal SCC and the short circuit level of the power system. Several case studies with a test power system are carried out to show the effect of TCSC integration on the SCC, comparing the results before and after transmission line compensation.

Keywords — Short Circuit Capacity, Thyristor Controlled Series Compensator, electric power system.

I. INTRODUCCIÓN

La demanda eléctrica global aumentará más del 70% para 2035, lo que puede comprometer la seguridad y sostenibilidad del suministro de potencia eléctrica, y crea nuevas necesidades de reforzar las redes de transmisión [1].

La capacidad de transmisión del SEP se ve afectada por ciertas limitaciones, entre las cuales destacan estabilidad angular, magnitud de voltaje, límites térmicos, estabilidad transitoria, estabilidad dinámica, entre otros. Estos límites definen la máxima potencia eléctrica que puede suministrarse sin causar daño a las líneas de transmisión y equipo eléctrico. Es cierto que estas limitaciones en el flujo de potencia pueden ser resueltas al agregar nuevas líneas, aunque esta puede no ser la mejor opción.

De forma alternativa, los Sistemas Flexibles de Transmisión de Corriente Alterna (SIFLETCA) pueden permitir el cumplimiento del mismo objetivo sin hacer alteraciones importantes en el diseño del sistema. Los dispositivos SIFLETCA ofrecen la oportunidad de retrasar la construcción de nuevas líneas de transmisión, mientras se incrementa la capacidad y flexibilidad de las líneas existentes debido a las capacidades sin precedente

para controlar determinados parámetros de la red y a la rápida respuesta bajo la ocurrencia de transitorios en el sistema [2]. Uno de los dispositivos SIFLETCA más comúnmente utilizados para llevar a cabo a compensación reactiva serie de las líneas de transmisión es el CSCT. Este dispositivo se utiliza para controlar el flujo de potencia en una línea de transmisión a un valor especificado mediante un reactor controlado por tiristores que compensa en forma inductiva o capacitiva, dependiendo del nivel de flujo de potencia a controlar [3]. La CCC depende directamente de la configuración de la red y la impedancia de sus componentes, a través de los cuales circula la corriente de corto circuito (ICC). De modo que cualquier cambio en la red al ser compensada incidirá directamente en la CCC. En diversos estudios, se analiza la compensación de las líneas mediante diferentes metodologías con el objetivo de aumentar la capacidad de transmisión, pero en la mayoría no se presta atención al efecto que se tiene en la CCC del sistema. De acuerdo a lo antes descrito, en el presente trabajo se realiza la compensación serie de las líneas de transmisión por medio de la implementación del modelo del CSCT para analizar cómo afecta tal cambio al valor de la CCC y, por consiguiente, a la seguridad del sistema.

II. COMPENSADORES REACTIVOS EN SERIE

Un método establecido para variar la capacidad de las líneas de transmisión es instalar compensadores en serie para disminuir su impedancia neta. El CSCT es un elemento clave de los dispositivos SIFLETCA que permite llevar a cabo tal acción. Una representación esquemática del CSCT es presentada en la Figura 1. En la figura se observa que este dispositivo consiste en un banco de capacitores en paralelo con un Reactor Controlado por Tiristores (RCT, por sus siglas en inglés), el cual consiste de un reactor conectado en serie con dos tiristores en anti-paralelo [3, 4]. Estos últimos son los elementos de control del CSCT.

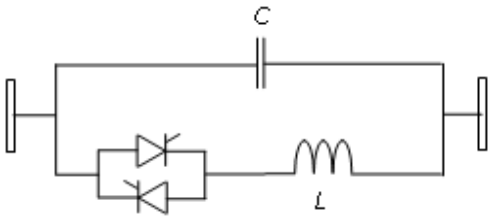


Figura 1. Representación esquemática del CSCT.

Existen dos modelos para el CSCT: el modelo de ángulo de disparo y el modelo de reactancia controlable. Este último es el utilizado en este trabajo.

Como se mencionó, el CSCT permite controlar el flujo de potencia activa a través de una línea de transmisión, manteniendo dicho flujo de potencia en un valor especificado en la línea compensada, como se ilustra en la Figura 2.

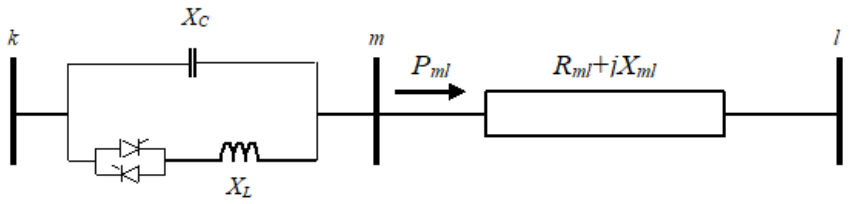


Figura 2. Línea de transmisión compensada por el CSCT.

El flujo de potencia activa P_{ml} a través de la rama *m-l* es controlada en un valor P_{esp} por medio del CSCT conectado entre los nodos *k* y *m*. Esta acción de control puede ser representada la ecuación de control [4],

$$P_{ml} - P_{esp} = 0 \tag{1}$$

donde P_{ml} es la potencia activa inyectada por el CSCT, la cual es una función dependiente de la reactancia controlable. P_{ml} es dada,

$$P_m = -V_m V_k B_{TCSC} \sin(\theta_m - \theta_k) \tag{2}$$

A su vez la susceptancia del CSCT es dada por,

$$B_{TCSC} = -\,1/X_{TCSC} \tag{3}$$

En el algoritmo computacional utilizado, la susceptancia del CSCT es la variable de estado, la cual es utilizada para compensar la línea de transmisión deseada y observar el efecto que tiene sobre la CCC.

III. CAPACIDAD DE CORTO CIRCUITO

La capacidad de cortocircuito en un bus es una medida común de su robustez eléctrica y se define como el producto entre la magnitud de tensión nominal en el bus fallado y la corriente de falla. La capacidad de cortocircuito en el bus es utilizada para determinar el tamaño de la barra del bus y la capacidad interruptiva de los interruptores de potencia. Basado en la definición anterior, la CCC en el bus *k* es dada por [5, 6],

[1]

$$SCC = \sqrt{3} V_{Lk} I_{Fk} x10^{-3} \tag{4}$$

Donde el voltaje líneo a línea V_{Lk} es expresado en kV y la corriente de falla simétrica I_{Fk} se expresa en Amperes. La corriente de falla simétrica en por unidad se calcula como sigue,

$$I_{Fk,pu} = V_k / X_{kk} \tag{5}$$

En la Ecuación (5), V_k es el voltaje de prefalla y X_{kk} es la reactancia en por unidad vista desde el bus donde se presenta la falla, también conocida como reactancia equivalente de Thevenin. La resistencia del sistema es despreciada y solo se considera la reactancia inductiva del sistema. Esto proporciona una impedancia menor en el sistema y una corriente de falla máxima que ayuda a aumentar la seguridad del sistema. La corriente de falla en Amperes es,

$$I_{Fk} = I_{Fk,pu} I_B = \frac{V_k}{X_{kk}} \frac{S_B x 10^3}{\sqrt{3} V_B} \tag{6}$$

Sustituyendo (6) en (4) y considerando que el voltaje base es igual al voltaje nominal V_B=V_{Lk}, entonces la expresión para la capacidad de cortocircuito es,

$$SCC = {V_k S_B}/{X_{kk}} \tag{7}$$

Normalmente se considera que el voltaje de prefalla es igual a 1 pu, de modo que la Ecuación (7) se reescribe como,

$$SCC = {S_B}/{X_{kk}} \tag{8}$$

La Ecuación (8) es la fórmula aproximada que se utiliza para determinar la capacidad de cortocircuito en un nodo *k* del sistema de potencia. Se debe mencionar que S_B es la potencia base del sistema considerada para ser igual a 100 MVA y X_{kk} es el valor de la reactancia de la matriz de impedancia de bus en la posición (*k*,*k*), es decir, X_{kk}=X_{bus}(*k*,*k*).

IV. CASOS DE ESTUDIO

En esta sección se presentan diversos casos de estudio que permiten analizar el efecto que tiene la integración del CSCT sobre la CCC nodal del SEP. En los casos de estudio se emplea el sistema de prueba de 5 nodos, el cual consta de dos generadores y siete líneas de transmisión [7]. Las reactancias de los generadores 1 y 2 son 0.2 y 0.4, respectivamente. La condición inicial de la X_{CSCT} es 0.002 pu y la tolerancia de convergencia utilizada es $1x10^{-9}$. En este caso de estudio se escoge la línea 4-3 para ser compensada, ya que es la línea de transmisión que transmite menor cantidad de potencia activa. El CSCT se utiliza para incrementar el flujo de potencia activa de 6.6 MW a 8 MW. Para realizar la acción de control la reactancia del CSCT es -0.0860 pu. La Tabla 1 muestra la potencia activa que fluye en

las líneas de transmisión cuando se controla el flujo de potencia en la línea 4-3 al valor especificado.

Tabla 1. Resumen de flujos de potencias en las líneas de transmisión.

Líneas	1 – 2	1 – 5	2 – 5	2 – 4	2 – 3	5 – 4	4 – 3
Flujo de P sin compensar (MW)	89.33	41.79	24.47	27.71	54.66	19.39	6.60
Flujo de P compensada (MW)	89.01	42.11	24.97	28.35	53.21	20.18	8.00

En la tabla anterior se observa que el flujo de potencia activa disminuye en las líneas 1-2 y 2-3, las cuales están conectadas al nodo 2. Mientras que en las líneas 1-5, 2-5, 2-4 y 5-4 se presenta un aumento del flujo de potencia activa. Al aumentar la potencia de la línea 4-3, esto influye en la línea 2-3, ya que ambas están unidas al mismo nodo y por el balance de energía se requiere que esta última disminuya para mantener un equilibrio en el sistema. En la línea 1-2 también disminuye el flujo, por consiguiente, el resto de líneas conectadas al nodo 2 deben aumentar su valor para mantener el balance de energía en dicho nodo.

Una vez que se conoce la B_{CSCT} se determina la X_{CSCT} para ser sumada con la impedancia serie de la línea de transmisión y determinar la reactancia equivalente de la línea de transmisión compensada. En este caso, la reactancia serie de la línea de transmisión compensada es 0.1540 pu. Una vez que se compensa la línea se calcula la matriz de impedancia del sistema y se extrae la X_{kk} en el nodo donde se va a calcular la CCC. Una comparación de la CCC nodal con y sin compensación del CSCT se presenta en la Tabla 2 y Figura 3, mientras que en la Tabla 3 se presenta una comparación de la ICC con y sin compensación serie reactiva.

Tabla 2. CCC nodal con y sin compensación.

Nodos	1	2	3	4	5
CCC sin compensar	721.940	649.088	421.823	484.509	494.355
CCC compensada	721.983	649.227	438.554	491.271	498.457

Tabla 3. ICC nodal con y sin compensación.

Nodos	1	2	3	4	5
ICC sin compensar	7.653 pu	6.491 pu	4.099 pu	4.768 pu	4.881 pu
ICC compensada	7.653 pu	6.492 pu	4.262 pu	4.835 pu	4.921 pu

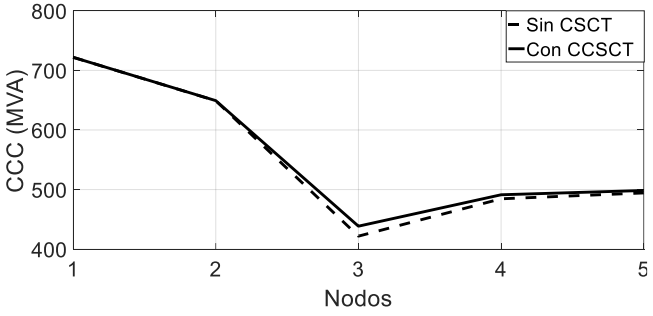


Figura 3. CCC con y sin compensación reactiva serie de la línea de transmisión 4-3.

De acuerdo a los resultados mostrados es posible observar que al compensar la línea 4-3 se provoca un aumento en la CCC de cada nodo del SEP. También es claro que se presenta un incremento en la ICC nodal. El aumento más notorio de los parámetros mencionados se presenta en el nodo 3, debido a que es el más susceptible a una falla.

V. CONCLUSIONES

Un estudio del efecto de la integración de compensadores en serie en la CCC de sistemas de potencia se ha presentado. Los resultados muestran que cuando se integra el CSCT en serie con una línea de transmisión se cambia la topología del sistema y por ende la impedancia equivalente de Thevenin nodal del sistema, contenida en la diagonal de la matriz de impedancia de bus. Esto, a su vez, modifica la CCC y el nivel de falla en cada nodo del sistema. En este trabajo se ha demostrado que la integración del CSCT trae consigo diversos beneficios para el SEP, tales como incremento en la capacidad de transmisión de la línea compensada y mejora del límite estabilidad estático de la misma. Sin embargo, la integración del CSCT incrementa el nivel de la corriente de cortocircuito y la CCC del sistema, por lo que, es necesario redimensionar los equipos primarios de cada subestación del sistema, así como realizar nuevos estudios de análisis de fallas y coordinación de protecciones con la finalidad de garantizar una operación segura y confiable del sistema de potencia. Así, la integración del CSCT trae consigo inversiones adicionales a las propias, las cuales se deben evaluar para verificar la viabilidad técnica-económica de la integración de este dispositivo en el sistema de potencia.

REFERENCIAS

[1] D. Badazadeh. “Short Circuit Capacity Estimation for HVDC Control Application”. Seminar, OFFIS e. V. mayo 2017.

[2] J. M. García, *“Tesis de maestría: Implementación de los modelos de dispositivos FACTS en la formulación de flujos de potencia óptimos”*, Instituto Tecnológico Superior de Irapuato, Irapuato, Gto, 2012.

[3] Hingorani N. G., *“Flexible AC Transmission Systems”*, IEEE Spectrum, Vol. 30, No. 4, Abril 1993, pp. 40-15.

[4] Ambriz, Pérez H., "*Tesis doctoral; Flexible AC Transmission Systems Modelling in Optimal Power Flows Using Newton's Method"*, Universidad de Glasgow, 1998.

[5] H. Saadat, “*Power System Analysis*,” New York, USA, Mc Graw Hill, 2002.

[6] K. Tuitemwong and S. Premrudeepreechacharn, “Expert system for protective devices coordination in radial distribution network with small power producers,” in *IEEE Lausanne Power Tech*, pp. 1159-1164, 2017.

[7] G. W. Stagg and A. H. El-Abiad, “Computer Methods in Power System Analysis”, New York, USA, McGraw-Hill, 1968.

EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD DE CORTOCIRCUITO DE SISTEMAS DE POTENCIA CONSIDERANDO COMPENSADORES EN SERIE

José Daniel Guerra Muñoz
Instituto Tecnológico Superior de Irapuato
Carretera Irapuato-Silao km. 12.5 Col. El Copal
lis18110329@irapuato.tecnm.mx

José Miguel García Guzmán
Instituto Tecnológico Superior de Irapuato
Carretera Irapuato-Silao km. 12.5 Col. El Copal
jose.gg@irapuato.tecnm.mx

Resumen — En este trabajo se analiza el efecto de la integración del Compensador Serie Controlado por Tiristores (CSCT) sobre el valor de la capacidad de corto circuito (CCC) nodal de sistemas eléctricos de potencia (SEP). Al integrar el CSCT se modifica la topología de la red afectando la impedancia equivalente de Thevenin y, en consecuencia, la CCC nodal y el nivel de cortocircuito del sistema. Diversos casos de estudio con un sistema de potencia de prueba se llevan a cabo para mostrar el efecto de la integración del CSCT en la CCC, comparando los resultados del antes y el después de la compensación de las líneas de transmisión del sistema de potencia.

Palabras clave — Capacidad de Cortocircuito, Compensador Serie Controlado por Tiristores, líneas de transmisión.

Abstract — This paper analyzes the effect of the integration of the Thyristor Controlled Series Compensator (TCSC) over the value of the nodal short circuit capability (SCC) of power electric systems. The integration of the TCSC modifies the network topology affecting the Thevenin equivalent impedance and, consequently, the nodal SCC and the short circuit level of the power system. Several case studies with a test power system are carried out to show the effect of TCSC integration on the SCC, comparing the results before and after transmission line compensation.

Keywords — Short Circuit Capacity, Thyristor Controlled Series Compensator, transmission lines.

I. INTRODUCCIÓN

Con el fin de garantizar la operación segura de los sistemas de potencia bajo la ocurrencia de una falla, las compañías suministradoras de energía aumentan la capacidad instalada de generación y transmisión, sin embargo, esto no garantiza al cien por ciento la operación segura del sistema y resulta muy costoso. Por esta razón, es necesario efectuar una evaluación detallada de la seguridad del sistema de potencia que permita manejar de manera adecuada las posibles fallas, sus consecuencias y acciones remediales [1,2,3].

La necesidad de operar los sistemas eléctricos de potencia en forma más eficiente y el rápido desarrollo de la electrónica de potencia, basada en nuevos dispositivos semiconductores, han dado lugar a nuevas tecnologías que permiten que las redes eléctricas sean eléctricamente controlables, proporcionando tiempos de respuesta muy rápidos.

Los dispositivos SIFLETCA ofrecen la oportunidad de retrasar la construcción de nuevas líneas de transmisión, mientras se incrementa la capacidad y flexibilidad de las líneas

existentes debido a las capacidades sin precedente para controlar determinados parámetros de la red y a la rápida respuesta bajo la ocurrencia de transitorios en el sistema [4]. Uno de los dispositivos SIFLETCA más comúnmente utilizados para llevar a cabo a compensación reactiva serie de las líneas de transmisión es el CSCT. Este dispositivo se utiliza para controlar el flujo de potencia en una línea de transmisión a un valor especificado mediante un reactor controlado por tiristores que compensa en forma inductiva o capacitiva, dependiendo del nivel de flujo de potencia a controlar [5]. La CCC depende directamente de la configuración de la red y la impedancia de sus componentes, a través de los cuales circula la corriente de corto circuito (ICC). De modo que cualquier cambio en la red al ser compensada incidirá directamente en la CCC. En diversos estudios, se analiza la compensación de las líneas mediante diferentes metodologías con el objetivo de aumentar la capacidad de transmisión, pero en la mayoría no se presta atención al efecto que se tiene en la CCC del sistema. De acuerdo a lo antes descrito, en el presente trabajo se realiza la compensación serie de las líneas de transmisión por medio de la implementación del modelo del CSCT para analizar cómo afecta tal cambio al valor de la CCC y, por consiguiente, a la seguridad del sistema.

II. COMPENSADORES REACTIVOS EN SERIE

Un método establecido para variar la capacidad de las líneas de transmisión es instalar compensadores en serie para disminuir su impedancia neta. El CSCT es un elemento clave de los dispositivos SIFLETCA que permite llevar a cabo tal acción. Una representación esquemática del CSCT es presentada en la Figura 1. En la figura se observa que este dispositivo consiste en un banco de capacitores en paralelo con un Reactor Controlado por Tiristores (RCT, por sus siglas en inglés), el cual consiste de un reactor conectado en serie con dos tiristores en anti-paralelo [3, 4]. Estos últimos son los elementos de control del CSCT.

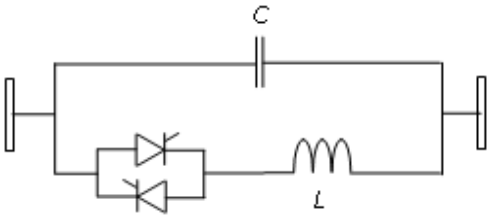


Figura 1. Representación esquemática del CSCT.

Existen dos modelos para el CSCT: el modelo de ángulo de disparo y el modelo de reactancia controlable. Este último es el utilizado en este trabajo.

Como se mencionó, el CSCT permite controlar el flujo de potencia activa a través de una línea de transmisión, manteniendo dicho flujo de potencia en un valor especificado en la línea compensada, como se ilustra en la Figura 2.

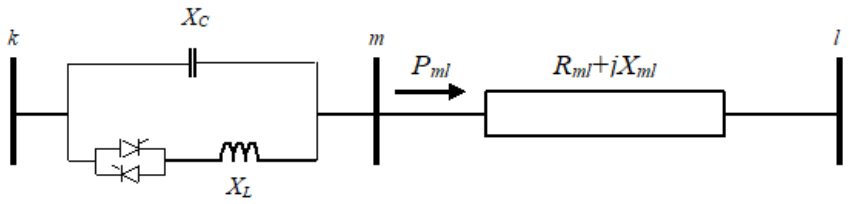


Figura 2. Línea de transmisión compensada por el CSCT.

El flujo de potencia activa P_{ml} a través de la rama *m-l* es controlada en un valor P_{esp} por medio del CSCT conectado entre los nodos *k* y *m*. Esta acción de control puede ser representada la ecuación de control [6],

$$P_{ml} - P_{esp} = 0 \tag{1}$$

donde P_{ml} es la potencia activa inyectada por el CSCT, la cual es una función dependiente de la reactancia controlable. P_{ml} es dada,

$$P_m = -V_m V_k B_{TCSC} \sin(\theta_m - \theta_k) \tag{2}$$

A su vez la susceptancia del CSCT es dada por,

$$B_{TCSC} = -\,1/X_{TCSC} \tag{3}$$

En el algoritmo computacional utilizado, la susceptancia del CSCT es la variable de estado, la cual es utilizada para compensar la línea de transmisión deseada y observar el efecto que tiene sobre la CCC.

III. CAPACIDAD DE CORTO CIRCUITO

La capacidad de cortocircuito en un bus es una medida común de su robustez eléctrica y se define como el producto entre la magnitud de tensión nominal en el bus fallado y la corriente de falla. La capacidad de cortocircuito en el bus es utilizada para determinar el tamaño de la barra del bus y la capacidad interruptiva de los interruptores de potencia. Basado en la definición anterior, la CCC en el bus *k* es dada por [7, 8],

1

$$SCC = \sqrt{3} V_{Lk} I_{Fk} x 10^{-3} \tag{4}$$

Donde el voltaje líneo a línea V_{Lk} es expresado en kV y la corriente de falla simétrica I_{Fk} se expresa en Amperes. La corriente de falla simétrica en por unidad se calcula como sigue,

$$I_{Fk,pu} = V_k / X_{kk} \tag{5}$$

En la Ecuación (5), V_k es el voltaje de prefalla y X_{kk} es la reactancia en por unidad vista desde el bus donde se presenta la falla, también conocida como reactancia equivalente de Thevenin. La resistencia del sistema es despreciada y solo se considera la reactancia inductiva del sistema. Esto proporciona una impedancia menor en el sistema y una corriente de falla máxima que ayuda a aumentar la seguridad del sistema. La corriente de falla en Amperes es,

$$I_{Fk} = I_{Fk,pu} I_B = \frac{V_k}{X_{kk}} \frac{S_B x 10^3}{\sqrt{3} V_B} \tag{6}$$

Sustituyendo (6) en (4) y considerando que el voltaje base es igual al voltaje nominal V_B=V_{Lk}, entonces la expresión para la capacidad de cortocircuito es,

$$SCC = {V_k S_B}/{X_{kk}} \tag{7}$$

Normalmente se considera que el voltaje de prefalla es igual a 1 pu, de modo que la Ecuación (7) se reescribe como,

$$SCC = {S_B}/{X_{kk}} \tag{8}$$

La Ecuación (8) es la fórmula aproximada que se utiliza para determinar la capacidad de cortocircuito en un nodo *k* del sistema de potencia. Se debe mencionar que S_B es la potencia base del sistema considerada para ser igual a 100 MVA y X_{kk} es el valor de la reactancia de la matriz de impedancia de bus en la posición (*k*,*k*), es decir, X_{kk}=X_{bus}(*k*,*k*).

IV. CASOS DE ESTUDIO

En esta sección se presentan diversos casos de estudio que permiten analizar el efecto que tiene la integración del CSCT sobre la CCC nodal del SEP. En los casos de estudio se emplea el sistema de prueba de 5 nodos, el cual consta de dos generadores y siete líneas de transmisión [9]. Las reactancias de los generadores 1 y 2 son 0.2 y 0.4, respectivamente. La condición inicial de la X_{CSCT} es 0.002 pu y la tolerancia de convergencia utilizada es $1x10^{-9}$. En este caso de estudio se escoge la línea 4-3 para ser compensada, ya que es la línea de transmisión que transmite menor cantidad de potencia activa. El CSCT se utiliza para incrementar el flujo de potencia activa de 6.6 MW a 8 MW. Para realizar la acción de control la reactancia del CSCT es -0.0860 pu. La Tabla 1 muestra la potencia activa que fluye en

las líneas de transmisión cuando se controla el flujo de potencia en la línea 4-3 al valor especificado.

Tabla 1. Resumen de flujos de potencias en las líneas de transmisión.

Líneas	1 – 2	1 – 5	2 – 5	2 – 4	2 – 3	5 – 4	4 – 3
Flujo de P sin compensar (MW)	89.33	41.79	24.47	27.71	54.66	19.39	6.60
Flujo de P compensada (MW)	89.01	42.11	24.97	28.35	53.21	20.18	8.00

En la tabla anterior se observa que el flujo de potencia activa disminuye en las líneas 1-2 y 2-3, las cuales están conectadas al nodo 2. Mientras que en las líneas 1-5, 2-5, 2-4 y 5-4 se presenta un aumento del flujo de potencia activa. Al aumentar la potencia de la línea 4-3, esto influye en la línea 2-3, ya que ambas están unidas al mismo nodo y por el balance de energía se requiere que esta última disminuya para mantener un equilibrio en el sistema. En la línea 1-2 también disminuye el flujo, por consiguiente, el resto de líneas conectadas al nodo 2 deben aumentar su valor para mantener el balance de energía en dicho nodo.

Una vez que se conoce la B_{CSCT} se determina la X_{CSCT} para ser sumada con la impedancia serie de la línea de transmisión y determinar la reactancia equivalente de la línea de transmisión compensada. En este caso, la reactancia serie de la línea de transmisión compensada es 0.1540 pu. Una vez que se compensa la línea se calcula la matriz de impedancia del sistema y se extrae la X_{kk} en el nodo donde se va a calcular la CCC. Una comparación de la CCC nodal con y sin compensación del CSCT se presenta en la Tabla 2 y Figura 3, mientras que en la Tabla 3 se presenta una comparación de la ICC con y sin compensación serie reactiva.

Tabla 2. CCC nodal con y sin compensación.

Nodos	1	2	3	4	5
CCC sin compensar	721.940	649.088	421.823	484.509	494.355
CCC compensada	721.983	649.227	438.554	491.271	498.457

Tabla 3. ICC nodal con y sin compensación.

Nodos	1	2	3	4	5
ICC sin compensar	7.653 pu	6.491 pu	4.099 pu	4.768 pu	4.881 pu
ICC compensada	7.653 pu	6.492 pu	4.262 pu	4.835 pu	4.921 pu

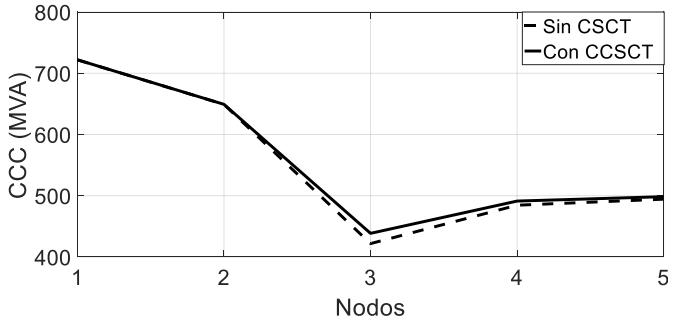


Figura 3. CCC con y sin compensación reactiva serie de la línea de transmisión 4-3.

De acuerdo a los resultados mostrados es posible observar que al compensar la línea 4-3 se provoca un aumento en la CCC de cada nodo del SEP. También es claro que se presenta un incremento en la ICC nodal. El aumento más notorio de los parámetros mencionados se presenta en el nodo 3, debido a que es el más susceptible a una falla.

V. CONCLUSIONES

Se ha presentado un estudio de la integración de compensadores serie en las líneas de transmisión de un SEP. Los resultados obtenidos del presente estudio muestran un aumento en la CCC y en la corriente de cortocircuito debido a la adición de una nueva reactancia procedente del CSCT en el sistema, ocasionando un cambio en la topología de la red y, por ende, en la diagonal de la matriz de impedancia de bus que contiene la impedancia de Thevenin, vista desde cada nodo del sistema. Estos cambios en la CCC son más visibles en los nodos más cercanos a la línea compensada y, de la cual, esta compensación puede ser capacitiva o inductiva según los requerimientos reactivos de la línea. La implementación de estos equipos en las líneas trae consigo una mejora del límite de estabilidad estático, ya que al compensar la línea los ángulos de tensión de cada bus conectado a la línea compensada disminuyen, pero se mantiene la tensión en el bus. Al mismo tiempo, se obtiene una mejora en la capacidad de transmisión de las líneas, sin embargo, conlleva una repercusión económica en el sistema debido a los nuevos estudios de análisis de falla y redimensionamiento de tamaño y robustez eléctrica de los equipos primarios y de protección de las subestaciones. Por lo que es necesario realizar un análisis técnico-económico de la integración de los CSCT en los SEP.

REFERENCIAS

[1] D. P. Kothari and I. J. Nagrath, “Modern Power System Analysis”, New Delhi, India, Tata McGraw Hill Education Private Limited, 2011.

[2] T. E. DyLiacco, “The Adaptative Reliability Control System”, in IEEE Trans on PAS, Vol. PAS-86, May 1967, pp. 517-531.

[3] B. Scott, O. Alsac and A. J. Monticelli, “Security Analysis and Optimization”, in Proc. IEEE, Vol. 75, No. 12, Dec. 1987, pp. 1623-1644.

[4] J. M. García, *“Tesis de maestría: Implementación de los modelos de dispositivos FACTS en la formulación de flujos de potencia óptimos”*, Instituto Tecnológico Superior de Irapuato, Irapuato, Gto, 2012.

[5] Hingorani N. G., *“Flexible AC Transmission Systems”*, IEEE Spectrum, Vol. 30, No. 4, Abril 1993, pp. 40-15.

[6] Ambriz, Pérez H., "*Tesis doctoral; Flexible AC Transmission Systems Modelling in Optimal Power Flows Using Newton's Method*", Universidad de Glasgow, 1998.

[7] H. Saadat, “*Power System Analysis*,” New York, USA, Mc Graw Hill, 2002.

[8] K. Tuitemwong and S. Premrudeepreechacharn, “Expert system for protective devices coordination in radial distribution network with small power producers,” in *IEEE Lausanne Power Tech*, pp. 1159-1164, 2017.

[9] G. W. Stagg and A. H. El-Abiad, “Computer Methods in Power System Analysis”, New York, USA, McGraw-Hill, 1968.

IMPLEMENTACIÓN DE REALIDAD AUMENTADA EN VEHÍCULOS.

María Estefany Ramírez Rocha
Instituto Tecnológico Superior de Abasolo
Blvd. Cuitzeo de los Naranjos #401, Col. Cuitzeo de los Naranjos, C.P 36976
Tel. (429) 1061300, Abasolo, Guanajuato
as19110104@tecabasolo.edu.mx

José Francisco Ayala García
Instituto Tecnológico Superior de Abasolo
Blvd. Cuitzeo de los Naranjos #401, Col. Cuitzeo de los Naranjos, C.P 36976
Tel. (429) 1061300, Abasolo, Guanajuato
francisco.ag@abasolo.tecnm.mx

Resumen — En El Presente Trabajo De Investigación Se Presenta La Implementación De Un Algoritmo Desarrollado En El Lenguaje De Programación Python, El Cual Consiste En Medir Y Estimar Diferentes Distancias Por Medio De Un Sensor Ultrasónico *Jsn-Sr04t*, El Cual Es Capaz De Detectar Distancias Desde 0.2 Metros Hasta 4 Metros, Y Una Cámara Que Muestra Dichos Objetos; Todo Esto Instalado Sobre Un Vehículo Donde Se Pretende Tener Mejores Comodidades Al Manejar Y Brindar Una Experiencia Más Sencilla Al Conducir, Así Como Intentar Conseguir La Conducción Autónoma, Este Trabajo Es Una Base Para Realizar Dicho Propósito. Se Tuvieron Que Adaptar Los Objetos De Trabajo En Un Vehículo Para Realizar Una Serie De Pruebas Correspondientes Y Verificar Resultados.

Palabras clave — Conducción Autónoma, raspberry, sensor ultrasónico, Python, cámara.

Abstract — In the present investigation work, we present the implementation of an algorithm developed in the language of python programming, which consists of measuring different distances employing a jsn-srt04t ultrasonic sensor that detects distances from 20 centimeters to 4 meters, and a camera that shows these objects, all this installed about a vehicle where it is intended to have better amenities when driving and providing an easier driving experience, as well as trying to achieve autonomous driving, this work is a basis for realizing this purpose. The work objects had to be adapted in a vehicle to perform a series of corresponding tests and verify results.

Keywords — Autonomous driving, raspberry, ultrasonic sensor, Python, camera.

I. INTRODUCCIÓN

La finalidad de este proyecto es crear una base para la conducción autónoma, donde con sensores y cámaras el vehículo sea capaz de detectar objetos, personas, etc., brindando un manejo de manera segura y eficaz, lo que puede facilitar algunas actividades o tareas, como manejar; o bien funcionar de manera muy práctica para personas con capacidades diferentes o problemas físicos, a las cuales se les dificulte realizar dicha actividad.

Se desarrollaron códigos en el lenguaje de Python para que la cámara y el sensor ultrasónico realizaran sus correspondientes funcionamientos, se indagaron diversas fuentes de información para su funcionamiento de manera correcta, y posterior a esto se implementó el sensor y cámara dentro del vehículo; se adaptaron para poder realizar las pruebas teniendo un buen resultado de respuesta.

II. MARCO TEÓRICO

Dirección asistida:

La dirección asistida hace que las maniobras durante la conducción sean más fáciles, seguras y cómodas para los pasajeros. Brinda la capacidad de desviarse para evitar obstáculos o intrusos inesperados en la carretera, como animales, u otros vehículos o peatones que no están prestando atención [1]. En la ilustración 1 se puede observar una dramatización de cómo funciona el sensor al detectar objetos, personas, vehículos, etc.

Ilustración 1: Dramatización de la detección y funcionamiento del sensor.

Raspberry.

Es una minicomputadora que funciona a 5VDC/2.5A. Sus principales características es su tamaño reducido y gran capacidad de procesamiento. Por este motivo es una de las tarjetas más usadas por desarrolladores de sistemas embebidos. En lo particular es importante resaltar la capacidad de conexión con periféricos que normalmente encontraríamos en un microcontrolador. Por ejemplo, tiene un puerto serial TTL, un puerto I2C, SPI y pines de entrada/salida de propósito general. Una Raspberry es también un sistema digital de procesamiento y que funciona gracias a un sistema operativo [2]. En la ilustración 2 se pueden observas las partes de este componente.

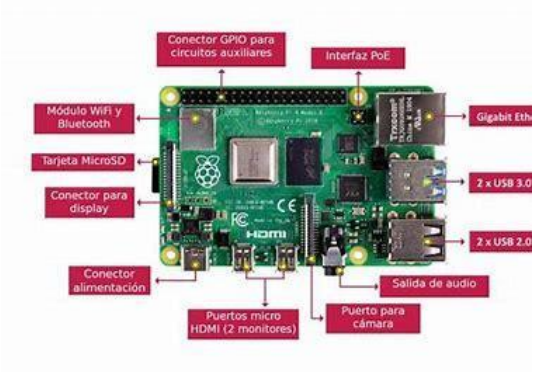


Ilustración 2: Partes de la Raspberry.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

Para la realización de este proyecto se utilizaron los siguientes materiales: Raspberry, sensor ultrasónico *jsn-sr04t*, dispositivos periféricos (ratón, teclado, pantalla). Antes de implementar el prototipo en el vehículo se crearon códigos y se realizaron las respectivas pruebas de funcionamiento.

Se pueden encontrar varios tipos de sensores ultrasónicos en el mercado, con medidas respectivas a cada uno, en este caso se tomó la decisión de considerar el ultrasónico jsn-sr04t por accesibilidad económica y por cumplir con el rango requerido en este proyecto.

Inicialmente se elaboró el código del sensor y se tomaron las pruebas correspondientes para verificar que la distancia fuera correcta (el rango del sensor es a partir de 0.2m y hasta 4m), después se prosiguió con el código de la cámara, para que esta funcione cuando el código se inicia, sin grabar ni tomar fotos, solo la visión de la cámara. Una vez con esto, se creó un tercer código, cuya función es que los dos códigos anteriores trabajen simultáneamente en tiempo real.

Una vez con los códigos terminados, se tomó la decisión de implementar el sensor en la fascia delantera de un vehículo, por lo que se realizó un diseño de la tapa del tirón delantero del vehículo en el software SolidWorks, esta se diseñó con mismas dimensiones que la original considerando el espacio para montar el sensor, una vez diseñado y obtenido el modelo 3D se prosiguió a imprimir la pieza. En las ilustraciones 3 y 4 se muestra la visualización y la impresión, respectivamente.

Ilustración 3: Visualizador de impresora 3D.

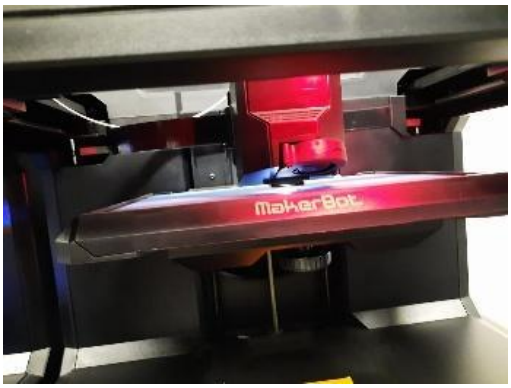


Ilustración 4: Impresión en tamaño real.

Una vez impresa la pieza se le coloca el sensor en el orificio de esta, como se observa en la ilustración 5; se colocó la tapa creada junto con el sensor en lugar de la tapa jalón original, observado en la ilustración 6; se tomó en cuenta la mejor ruta para facilitar el paso del cable. La instalación de la cámara se muestra en la ilustración 7, la cual fue por adentro del vehículo en la parte superior del retrovisor y se hizo la conexión en la parte superior del tablero.

Ilustración 5: Tapa jalón con sensor instalado.

Ilustración 6: Sustitución de tapa original por la diseñada.

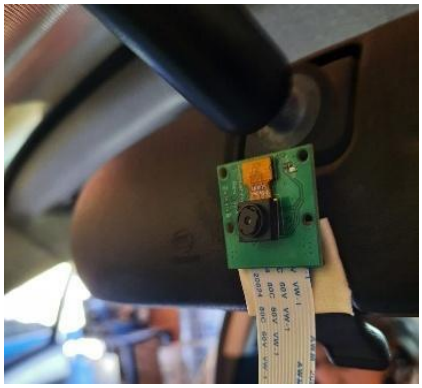


Ilustración 7: Instalación de la cámara en retrovisor.

I. RESULTADOS

Se realizaron una serie de estudios en los cuales se pudo corroborar que el sensor detectaba de forma correcta. Algunas de las pruebas constaron en colocar a una persona donde se observa la distancia captada por el sensor de 78.1 cm, mostrado en la ilustración 8; en la ilustración 9 se toma de referencia la pared dando una distancia de 138.01 cm.

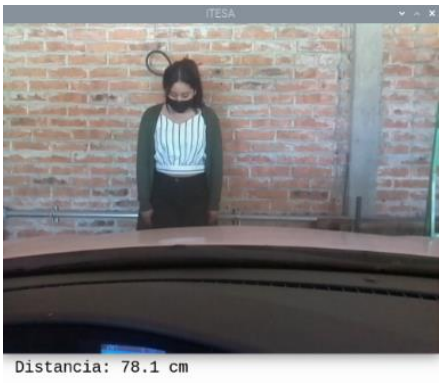


Ilustración 8: Prueba de detección de personas.

Ilustración 9: Prueba de detección de objetos.

En la ilustración 10 se puede apreciar una distancia con referencia a la pared de 167.88 cm donde el vehículo se desplazó, y en la ilustración 11 nos presenta una distancia de 220.95 respecto a la persona, de igual manera donde el vehículo ya se había desplazado.

Las pruebas fueron realizadas varias veces, pero solo se tomaron esas capturas de evidencia para evitar la redundancia.

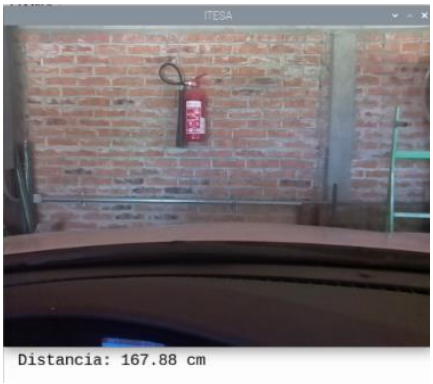


Ilustración 10: Detección de objetos.

Ilustración 11: Detección de una persona.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Analizando las pruebas anteriores se concluye que el funcionamiento es correcto ya que la programación desarrollada en Python hizo las respectivas funciones solicitadas (medir y mostrar la visión de la cámara) al | sin embargo, la implementación de los dispositivos periféricos se ve limitado por falta de recursos como dinero y material. Se espera continuar con el proyecto para mejorar su funcionamiento implementando más sensores, así como

también algoritmos mejor desarrollados, y tener una implementación de los dispositivos dentro del vehículo mejorando la interfaz con el usuario.

VI. RECONOCIMIENTOS

Agradecemos al Instituto Tecnológico Superior de Abasolo por las facilidades y el apoyo brindado en la participación del Rerano Regional.

REFERENCIAS

[1] Blázquez, L. (2020, 27 septiembre). *Dirección asistida: qué es, cómo funciona y por qué se puede averiar*. Todas las noticias de coches en un solo portal: Pruebas, fotos, vídeos, informes. . . Recuperado 5 de agosto de 2022, de https://noticias.coches.com/consejos/direccion-asistida/402293

[2] Solé, R. (2021, 15 septiembre). *Raspberry Pi: Crea proyectos DIY por muy poco dinero*. Profesional Review. Recuperado 5 de agosto de 2022, de https://www.profesionalreview.com/2021/07/18/que-es-raspberry-pi/

EXTRACCIÓN DE POLIFENOLES DE *T. CACAO* ASISTIDA POR ULTRASONIDO PARA SU EVALUACIÓN COMO AGENTE ANTIMICROBIANO CONTRA *R. SOLANACEARUM*

Claudia Jaqueline Valdez Valdes
Universidad Autónoma de Coahuila
Facultad de Ciencias Químicas
Blvd. V. Carranza s/n esq. con José Cárdenas.
Col. República Ote. C.P. 25280.
Saltillo, Coahuila. México.
claudiavaldez@uadec.edu.mx

Rodolfo Ramos González
Universidad Autónoma de Coahuila
Facultad de Ciencias Químicas
Blvd. V. Carranza s/n esq. con José Cárdenas. Col.
República Ote. C.P. 25280.
Saltillo, Coahuila. México.
rodolfo.ramos@uadec.edu.mx

Resumen — El cacao es una planta rica en polifenoles, el objetivo de este trabajo fue extraer estos compuestos para evaluar su actividad antioxidante y antimicrobiana contra la bacteria *Ralstonia solanacearum*. Se realizó una extracción asistida por ultrasonido, se evaluó la cantidad de polifenoles totales presentes por medio del método Folin Ciocalteu y su capacidad antioxidante mediante el método de DPPH. La actividad antimicrobiana contra *R. solanacearum* fue evaluada por medio del ensayo en microplaca con el que se obtuvo el porcentaje de inhibición. El extracto de cacao mostró un contenido de polifenoles totales elevado que corresponden además a una buena actividad antioxidante, así mismo se obtuvo un 39% de inhibición con el extracto a una concentración de 2000mg/L.

Palabras clave — Cacao, antioxidante, antimicrobiano, *Ralstonia solanacearum*.

Abstract — Cacao is a plant rich in polyphenols; this work aimed to extract these compounds to evaluate their antioxidant and antimicrobial activity against the bacterium *Ralstonia solanacearum*. Ultrasound-assisted extraction was performed, and the amount of total polyphenols present was assessed using the Folin Ciocalteu method and their antioxidant capacity using the DPPH method. The antimicrobial activity against *R. solanacearum* was evaluated through the microplate assay with which the percentage of inhibition was obtained. The cacao extract showed a high total polyphenol content that also corresponds to an excellent antioxidant activity likewise, a 39% inhibition was obtained with the extract at a concentration of 2000mg/L.

Keywords — Cacao, antioxidant, antimicrobial, *Ralstonia solanacearum*.

I. INTRODUCCIÓN

La bacteria *R. solanacearum* es un fitopatógeno responsable de causar enfermedades letales en vegetales en diferentes ubicaciones geográficas y en cerca de 200 especies de plantas. La enfermedad de marchitamiento bacteriano causada por *Ralstonia solanacearum* infecta los campos e imposibilita reutilizarlos, causando grandes pérdidas en el área agrícola (Genin y Denny, 2012). Actualmente la atención para el desarrollo de antimicrobianos efectivos y no tóxicos está centrada en los extractos de plantas. En este caso el enfoque es hacia la planta del cacao (*Theobroma cacao*), que gracias a su alto contenido en polifenoles es una fuente de estos fitoquímicos que poseen además de buena actividad antioxidante, una buena actividad antimicrobiana reportada para una variedad de bacterias Gram positivas, Gram Negativas e incluso hongos (Todorovic *et al*., 2017). La

extracción asistida por ultrasonido es una técnica que optimiza el proceso permitiendo mejorar el producto obtenido; por lo tanto, el objetivo de este trabajo es su aplicación para la extracción de compuestos polifenólicos y la evaluación de su actividad antibacteriana contra la bacteria *R. solanacearum*.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

A. Extracción de polifenoles asistida por ultrasonido

La extracción asistida por ultrasonido provoca una mejora en la transferencia de masa gracias a la cavitación acústica, que aumenta la velocidad del proceso de extracción por efectos de descamación, descomposición, entre otros (Esclapez *et al*., 2011). Para realizar el proceso, se siguió la metodología de Pallares Pallares *et al*. (2017) con modificaciones. Se usó un total de 10g de cacao (previamente lavado, secado, pelado y triturado) en 400mL de etanol al 80%, se empleó un equipo Branson, cuya temperatura se mantuvo a 65°C por 45 minutos. Una vez obtenido el extracto, se realizó una filtración al vacío y se liofilizó, además se tomaron muestras para cuantificar los polifenoles totales.

B. Cuantificación de polifenoles totales por método Folin-Ciocalteu

La cuantificación de polifenoles totales se realizó mediante el método de Folin-Ciocalteu reportado por Škrovánková *et al*. (2018), con modificaciones. Se realizó mediante lectura espectrofotométrica en microplaca de 96 pocillos, para ello, se colocaron 10µL de la muestra (preparada previamente en una dilución acuosa a 2000ppm), con 60µL de una solución de carbonato de sodio al 7.5%, 15µL del reactivo Folin-Ciocalteu y 200µL de agua. La microplaca se llevó a 37°C con agitación durante 45 minutos y la determinación se hizo a una longitud de onda de 750 nm en un equipo Thermo Fisher Multiskan FC. La cuantificación de polifenoles totales se calculó mediante una curva de calibración de ácido gálico.

C. Determinación de la actividad antioxidante

Para determinar la actividad antioxidante del extracto de cacao, se utilizó el radical 1,1-difenil-2-picrilhidrazil (DPPH). Para esto se hicieron reaccionar 50µL de la muestra de extracto con 950µL de una solución etanólica de DPPH a 96%; fue monitoreada la absorbancia al final de la reacción a 517nm. Las concentraciones de extracto de cacao evaluadas fueron 3200, 800, 208 y 64ppm. Así mismo se preparó una curva de calibración de trolox, para calcular los miligramos de antioxidantes presentes por gramo de muestra.

D. Preparación de la suspensión bacteriana

Se preparó la suspensión de *R. solanacearum* en caldo nutritivo, se mantuvo en una incubadora con agitación a 28°C durante 24 horas, posteriormente se ajustó a 10^6 UFC/mL

según la escala de McFarland. La suspensión resultante se utilizó para evaluar la actividad antimicrobiana del extracto de cacao por la técnica de microplaca (Arredondo-Valdés *et al*., 2021).

E. Evaluación de la actividad antimicrobiana por la técnica de microplaca

La actividad antimicrobiana de los extractos polifenólicos del cacao contra la bacteria *Ralstonia solanacearum* se realizó en una microplaca de fondo redondo de 96 pocillos por triplicado. En cada uno se colocaron 100µL de caldo nutritivo. Del extracto polifenólico de cacao se preparó una dilución a 2000mg/L que se colocó a partir de la cuarta columna y de la cual se comenzaron a realizar diluciones seriadas al 50%, siendo así la última concentración de 7.8mg/L. Luego se colocaron 15 µL del indicador TTC (2, 3 ,5-trifenil tetrazolio) y por último fueron añadidos 100 µL de una suspensión bacteriana a 10^6 UFC/mL en todos los pocillos, exceptuando la primera y tercera columna. Así, la primera columna corresponde al control negativo, la segunda al control positivo, la tercera al medio de cultivo, el indicador, la suspensión bacteriana y etanol como control y el resto de los pocillos el medio, indicador, la suspensión bacteriana y la correspondiente dilución del extracto de cacao. La microplaca se incubó durante 24 horas a 28°C cubierta correctamente y transcurrido este tiempo se realizó la lectura espectrofotométrica a una longitud de onda de 540nm en el equipo Thermo Fisher Multiskan FC. Se utilizó de acuerdo con la Ecuación 1 para calcular el porcentaje de inhibición de bacteria:

% Inhibición = (Abs control – Abs muestra / Abs control) *100 (1)

donde *Abs control* corresponde a la absorbancia de la segunda columna y *Abs muestra* corresponde a la absorbancia de las muestras de la columna cuatro a la 12 (Arredondo-Valdés *et al*., 2021).

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A. Cuantificación de polifenoles totales por método Folin-Ciocalteu

La **Figura 1** muestra la curva de calibración de ácido gálico obtenida para el ensayo, la cual resultó con una R cuadrada de 0.9973, pendiente de 0.3573 e intersección en 0.0888. En la **Tabla 1** se puede encontrar el contenido total de polifenoles obtenido a partir de la curva y los correspondientes miligramos de equivalentes de ácido gálico por gramo de extracto de cacao. Tal como se muestra, el contenido de polifenoles en el extracto de cacao fue de 20.533 mg GAE/g, este valor es mayor al reportado por Ordoñez *et al*. (2020) el cual fue de 18.614, además es cercano al obtenido por Todorovic *et al*. (2017) quien reportó un valor de 26.830. El elevado contenido de polifenoles obtenido en este estudio se puede deber al método de extracción, en el que se tuvo un tratamiento extendido más no excesivo de la semilla de cacao, ya que tiempos largos de extracción pueden causar una degradación de los polifenoles (Md Yusof *et al*., 2019).

Tabla 1. Contenido de polifenoles totales (PT) en extracto de cacao

Concentración de ácido gálico	4.1066
mg GAE/g	20.5331

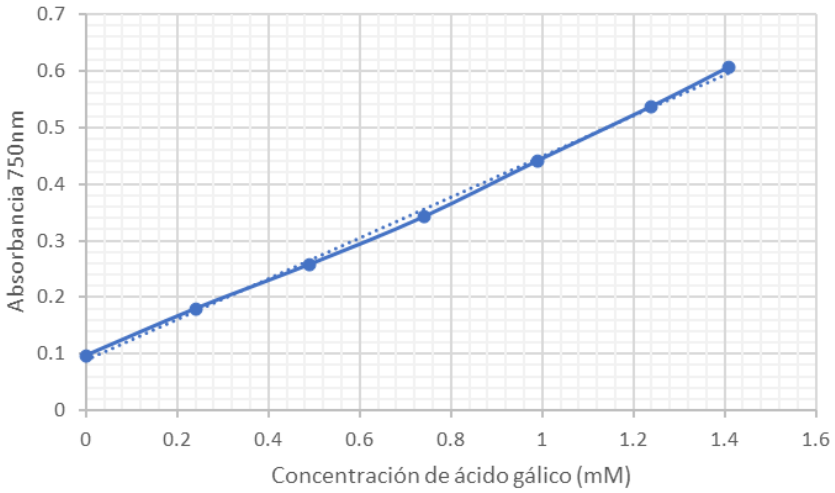


Figura 1. Curva de calibración de ácido gálico

B. Determinación de actividad antioxidante

La **Figura 2** muestra la curva de calibración de trolox obtenida para el ensayo, la cual resultó con una R cuadrada de 0.9924, pendiente de -0.0013 e intersección en 0.344. En la **Tabla 2** se puede encontrar la concentración de trolox en mg/L así como el contenido de miligramos de equivalentes de trolox por gramo de extracto de cacao. Los datos muestran que conforme aumenta la concentración del extracto de cacao, aumenta también la concentración y los miligramos de trolox por gramo, esto indica la eficiencia que tienen los polifenoles del cacao para capturar radicales libres, actuando así de manera similar al antioxidante utilizado (trolox).

C. Evaluación de la actividad antimicrobiana por la técnica de microplaca

Luego del tiempo de incubación se analizó la microplaca, obteniendo crecimiento bacteriano en el control positivo y ningún crecimiento en el negativo. Se obtuvo inhibición de crecimiento con las concentraciones de extracto de cacao de 2,000 hasta 62.5mg/L, cuyos resultados se muestran en la **Tabla 3**. Se puede observar un elevado porcentaje de inhibición contra la bacteria *Ralstonia solanacearum*, así como una eficiencia que aumenta conforme se incrementa la concentración del extracto de cacao.

Tabla 2. Actividad antioxidante del extracto de cacao

Concentración del extracto (mg/L)	3200	800	208	64
Concentración de trolox (mg/L)	158.2089	152.4876	139.5522	34.5771
mg ET/g	164.8009	158.8412	145.3669	36.0178

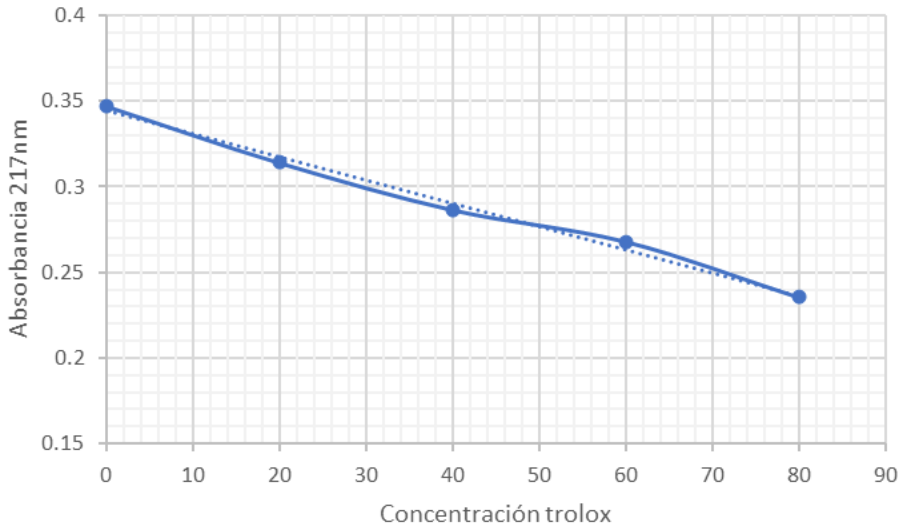


Figura 2. Curva de calibración de trolox

Tabla 3. Actividad antimicrobiana de extracto de cacao frente a *Ralstonia solanacearum*

Concentración del extracto (mg/L)	2,000	1,000	500	250	125	62.5
% Inhibición contra *R.solanacearum*	39.510	26.490	20.563	17.915	14.569	6.410

IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El extracto de cacao obtenido mediante extracción asistida por ultrasonido permite obtener polifenoles presentes en la planta que tienen una muy buena actividad antioxidante, además de otras aplicaciones es también un buen antimicrobiano contra *Ralstonia solanacearum*, demostrando que el extracto de cacao puede aplicarse contra esta bacteria, evitando las perdidas en los campos agrícolas de las plantas a las que afecta.

V. RECONOCIMIENTOS (O AGRADECIMIENTOS)

Expreso mi agradecimiento a la Universidad Autónoma de Coahuila y al Laboratorio de Nanobiociencia de la Facultad de Ciencias Químicas por el apoyo que brindaron para la realización de este trabajo.

REFERENCIAS

[1] Arredondo-Valdés, R., D. Hernández-Castillo, F., Rocandio-Rodríguez, M., C. Anguiano-Cabello, J., Rosas-Mejía, M., Vanoye-Eligio, V., Ordaz-Silva, S., V. López-Sánchez, I., D. Carrazco-Pérez, L., C. Chacón-Hernández, J. (2021). In vitro Antibacterial Activity of *Moringa oleifera* Ethanolic Extract against Tomato Phytopathogenic Bacteria. *Phyton*, *90*(3), 895-906. https://doi.org/10.32604/phyton.2021.014301

[2] Esclapez, M. D., García-Pérez, J. V., Mulet, A., Cárcel, J. A. (2011). Ultrasound-Assisted Extraction of Natural Products. *Food Engineering Reviews*, *3*(2), 108-120. https://doi.org/10.1007/s12393-011-9036-6

[3] Genin, S., Denny, T. P. (2012). Pathogenomics of the *Ralstonia solanacearum* Species Complex. *Annual Review of Phytopathology*, *50*(1), 67-89. https://doi.org/10.1146/annurev-phyto-081211-173000

[4] Md Yusof, A., Abd Gani, S., Zaidan, U., Halmi, M., Zainudin, B. (2019). Optimization of an Ultrasound-Assisted Extraction Condition for Flavonoid Compounds from Cocoa Shells (*Theobroma cacao*) Using Response Surface Methodology. *Molecules*, *24*(4), 711. https://doi.org/10.3390/molecules24040711

[5] Ordoñez, E. S., Quispe C, Y., García C, L. F., Ordoñez, E. S., Quispe C, Y., García C, L. F. (2020). Cuantificación de fenoles, antocianinas y caracterización sensorial de nibs y licor de cinco variedades de cacao, en dos sistemas de fermentación. *Scientia Agropecuaria*, *11*(4), 473-481. https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2020.04.02

[6] Pallares Pallares, A., Estupiñán A, M. R., Perea Villamil, J. A., López Giraldo, L. J. (2017). Impacto de la fermentación y secado sobre el contenido de polifenoles y capacidad antioxidante del clon de cacao CCN-51. *Revista ION*, *29*(2), 7-21. https://doi.org/10.18273/revion.v29n2-2016001

[7] Škrovánková, S., Mlček, J.-, Snopek, L., Planetová, T. (2018). Polyphenols and antioxidant capacity in different types of garlic. *Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences*, *12*(1), 267-272. https://doi.org/10.5219/895

[8] Todorovic, V., Milenkovic, M., Vidovic, B., Todorovic, Z., Sobajic, S. (2017). Correlation between Antimicrobial, Antioxidant Activity, and Polyphenols of Alkalized/Nonalkalized Cocoa Powders: Functional properties of cocoa powder. *Journal of Food Science*, *82*(4), 1020-1027. https://doi.org/10.1111/1750-3841.13672

NANOCOMPUESTOS HÍBRIDOS INTELIGENTES PARA ENTREGA SELECTIVA DE FÁRMACOS.

Arianna Janeth Solano Rodríguez
Universidad Autónoma de Coahuila
Blvd. V. Carranza s/n, Saltillo 25280, Coahuila, México
solano.a@uadec.edu.mx

Jorge Luis Sánchez Orozco
Centro de Investigación de Química Aplicada
Blvd. Enrique Reyna Hermosillo # 140, 25294
Saltillo, Coahuila, México.
jorge.sanchez.ps@ciqa.edu.mx

Resumen — El presente trabajo describe la modificación química de cadenas lineales de quitosano (CTS) con injerto de metacrilato de glicidilo (GMA) a través de dos rutas diferentes para introducir grupos vinilo (C=C) a la estructura, así como para aumentar la solubilidad del quitosano en medios acuosos, lo cual es esencial para su uso efectivo en el desarrollo de nuevos materiales híbridos mediante polimerización de radicales libres. La funcionalización del quitosano con GMA se realizó con la finalidad de desarrollar nanocompuestos híbridos para la entrega controlada de fármacos. La modificación química del CTS fue confirmada mediante espectroscopia de infrarrojo por transformada de Fourier (FTIR), análisis termogravimétrico (TGA) y resonancia magnética nuclear (RMN).

Palabras clave — Quitosano, GMA, funcionalización, nanocompuestos.

Abstract — The present work describes the chemical modification of linear chitosan chains (CTS) with glycidylmethacrylate (GMA) grafts through two different routes to introduce vinyl groups (C=C) to the structure, as well as to increase the solubility of chitosan in aqueous media, which is essential for its effective use in the development of new hybrid materials by free radical polymerization. The functionalization of chitosan with GMA was carried out to develop hybrid nanocomposites for the controlled delivery of drugs. The chemical modification of the CTS was confirmed by Fourier transform infrared spectroscopy (FTIR) and thermogravimetric analysis (TGA), and nuclear magnetic resonance (NMR).

Keywords — Chitosan, GMA, functionalization, nanocomposites.

I. INTRODUCCIÓN

Los sistemas de administración de fármacos se han diseñado como alternativa en la administración de fármacos en paciente, para mejorar las formulaciones, la presentación o la biodisponibilidad y suministrar el fármaco durante un período de tiempo prolongado para que tenga un efecto terapéutico [1, 2]. Debido a su naturaleza catiónica y capacidades gelificantes, el polímero natural quitosano, que se deriva de la quitina, es particularmente útil en aplicaciones farmacéuticas y tiene un gran potencial. Entre las propiedades funcionales del quitosano están biodegrabilidad, biocompatibilidad, mucoadhesion, actividad antimicrobiana y promotor de absorción [3]. Al ser derivado de una amina primaria el contenido de Nitrógeno es de 6.89% y este le proporciona un comportamiento básico [4]. Gracias a sus propiedades puede ser compatible con muchos compuestos orgánico como tensoactivos, almidones y polímeros catiónicos para formar películas, hidrogeles, andamios

porosos, fibras, micro y nanopartículas en condiciones y medios ligeramente ácidos [5, 6]. El quitosano es el segundo polímero natural más abundante en el mundo después de la celulosa y está formado por varias unidades repetidas de D-glucosamina, por lo que la longitud de la cadena y el peso molecular es una característica importante de la molécula [7].

Por otro lado, el metacrilato de glicidilo (GMA) es un éster de ácido metacrílico y glicidol que se utiliza principalmente como adhesivo termoestable. El metacrilato de glicidilo es un monómero de doble función que contiene un doble enlace y un grupo epoxi, ambos grupos reaccionan fácilmente con una amplia gama de monómeros y moléculas, lo que permite una gran flexibilidad en el diseño de nuevos sistemas de liberación de fármacos [8]. Debido a la presencia del grupo epóxido, es posible copolimerizar con quitosano rompiendo el epoxi y polimerizando debido a la insaturación. El quitosano se ha funcionalizado con GMA para mejorar la solubilidad y generar grupos activos en la estructura del polisacárido, lo que puede permitir el desarrollo de nuevos nanocompuestos de interés para diferentes campos incluyendo el alimentario y biomédico [9, 10].

II. MATERIALES Y MÉTODOS

F. Materiales

Todos los reactivos se utilizaron como se recibieron del proveedor (Sigma-Aldrich), sin purificación alguna. Quitosano (CTS, 50,000-190,000 Da, grado de desacetilación >75 %), ácido acético (CH_3COOH, ≥99.7 %), metacrilato de glicidilo (GMA, 97 %) hidróxido de potasio (KOH, 99.99 %), hidroquinona (HDQ, ≥99 %) y tetrahidrofurano (THF, 99.99 %). El agua desionizada fue obtenida de un sistema de cuatro columnas de intercambio iónico (Cole-Parmer Instruments).

G. Metodología

La funcionalización del quitosano con GMA se preparó siguiendo la metodología previamente reportada por el grupo de investigación de García-Valdez y col. [11], con ligeras modificaciones. Primeramente, se disolvió 1 g de CTS en 100 mL de solucion de ácido acético 0.4 M bajo agitación vigorosa (1200 rpm) durante 1 h antes de agregar 5 mL de KOH (0.05 M). Posteriormente, se adiciono HDQ (10 mL, 0 y 9.08×10^{-5} mol) para estudiar su efecto sobre la modificación del CTS. A continuación, se agregaron 5 mL de GMA y la mezcla resultante se desgasificó en una atmósfera controlada de N_2 durante 20 minutos y luego se pasó a un baño de temperatura controlada (65°C) durante 2 h bajo agitación constante (800 rpm). Finalmente, el medio de reacción se enfrió a temperatura ambiente, se congelo a -14°C y se liofilizo durante 48 h. Después de eso, el quitosano funcionalizado (CTS-GMA) se lavó con THF para eliminar las impurezas restantes. El sólido blanco espumoso se secó durante 48 h a 37 °C y se almaceno a 4 °C hasta su uso.

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A. *Espectroscopia de infrarrojo por transformada de Fourier (FTIR).*

La modificación química del CTS con GMA fue evaluada en un espectrofotómetro FTIR Nicolet Magna 550, utilizando el método ATR en la región de frecuencia de 4000-500 cm^{-1}. Los espectros FTIR para el CTS prístino y modificados con GMA (con y sin hidroquinona) (Figura 1), presentaron picos característicos en 1672, 1591 y 1387 cm^{-1} que son asignados al estiramiento de enlace C=O de la amida I, flexión N-H de la amida II y vibraciones de estiramiento N-H/C-N de la amida III, respectivamente [12]. La banda a 1095 cm^{-1} se atribuyó a las vibraciones de estiramiento C-O-C que son características de los polisacáridos [13, 14]. Además, en la región de 3500 a 2990 cm^{-1} se observó las bandas del estiramiento de los enlaces O-H y N-H [15]. Por otro lado, los espectros modificados con GMA presentaron señales adicionales en 1730 y 1557 cm^{-1} debido a la presencia de los enlaces C=O y C=C, respectivamente, provenientes del injerto del GMA en las cadenas del CTS [16]. Es importante observar que la intensidad de estas bandas disminuyó al adicionar HDQ, esto posiblemente a que el GMA presente en la muestra sin HDQ presenta restos de poli (GMA) que autopolimerizó sin interaccionar con el quitosano. Mientras que en la muestra con HDQ las cadenas de GMA se injertaron con éxito en la estructura lineal del polisacárido.

B. *Análisis termogravimétrico (TGA)*

EL análisis termogravimétrico se realizó bajo atmósfera de nitrógeno en un intervalo de temperatura de 25 a 700 °C a una velocidad de calentamiento de 10 °C min-1 utilizando un termoanalizador TGA Q500 (TA Instruments). La curva de TGA del CTS sin modificar (Figura 2) registró una pérdida de peso en el intervalo de 250 a 350 °C con una DTG en 298°C debido a la degradación de las cadenas del quitosano como resultado de la ruptura de los enlaces C-O-C [17]. Por otro lado, la muestra de CTS-GMA, presentó tres regiones de pérdida de masa, la primera del 7 % en la región 36 a 220 °C fue atribuida a la desorción de las moléculas de agua presentes en el material, mientras que la segunda (45 %) en la región de 250 a 350 °C con una DTG en 289 °C, se atribuyó a la degradación térmica de las cadenas del quitosano y al comienzo de la degradación del GMA injertado en la estructura del CTS, mientras que la tercera perdida en masa del 16 % en el intervalo de 350 a 500 °C (DTG 392 °C) se debió posiblemente a la degradación de los restos de cadenas de poli(GMA) presente en la muestra que homopolimerizaron como resultado de la ausencia del inhibidor (hidroquinona) en el medio de reacción [18, 19]. Por otro lado, la curva de TGA para el quitosano modificado con GMA en presencia de hidroquinona (CTS-GMA-HDQ), exhibió solo dos regiones de pérdida de masa en el intervalo de 36 a 220 °C (14 %) y de 250 a 350 °C (62 %), las cuales se asignaron a la pérdida de humedad presente en la estructura de CTS-GMA-HDQ, así como a la degradación térmica de las cadenas de polisacáridos con injerto de GMA, respectivamente. Es importante mencionar que estos resultados son consistentes con los obtenidos por FTIR.

C. *Resonancia magnética nuclear (RMN)*

El análisis de RMN se utilizó para validar el injerto de GMA en las cadenas del quitosano, los espectros de RMN son mostrados en el Figura 3. Todos los espectros exhibieron señales de protones bien definidas en 4.78 (H-1), 3.08 (H-2), así como en el intervalo de 4.22 a 3.52 ppm que corresponden a los picos de H del anillo de glucosamina de quitosano (H-3, H-4, H-5, H-6) [20, 21]. Por otro lado, los espectros de las muestras modificadas con GMA revelaron picos adicionales en la región de 4.3 a 4.1 que se atribuyeron a las señales H-7 y H-8 cercanas al enlace éter formado entre el alcohol primario del CTS y el grupo epóxido del GMA. Mientras que las señales en 6.13 y 5.72 se asignaron a los átomos de hidrógeno enlazados a los carbonos vinílicos (CH_2=CH_2). Adicionalmente, se observó una señal en 1.84 (H-11) debido al enlace H del metilo del GMA [13, 22].

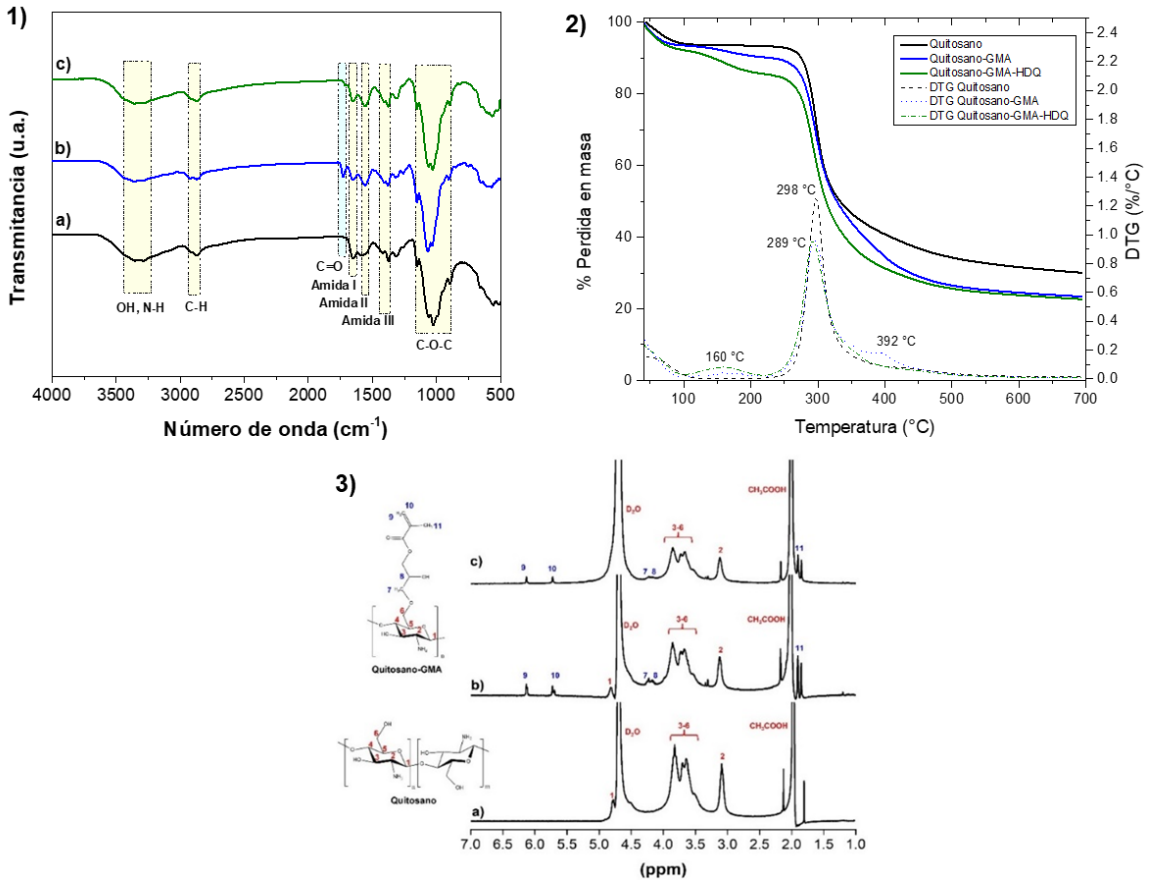


Fig. 1) Espectros de FTIR de a) CTS, b) CTS-GMA y c) CTS-GMA-HDQ, **2)** TGA-DTG de las muestras de quitosano modificado con GMA y sin modificar,**3)** Espectros de RMN de 1H de a) CTS, b) CTS-GMA y c) CTS-GMA-HDQ en D_2O/CH_3COOH.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El quitosano se funcionalizó eficazmente injertando GMA en las cadenas lineales del polisacárido. La presencia de hidroquinona en el proceso inhibe la autopolimerización de GMA, lo que permite una funcionalización mejorada. Estos materiales podrían emplearse en el futuro para diseñar nanocompuestos inteligentes para la administración controlada de medicamentos.

VI. AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Centro de Investigación en Química Aplicada (CIQA) por facilitar los equipos de caracterización empleados en este trabajo.

REFERENCIAS

[1] Rojas-Aguirre, Y., Aguado-Castrejón, K., González-Méndez, I., (2016). La nanomedicina y los sistemas de liberación de fármacos:¿ la (r) evolución de la terapia contra el cáncer?, Educación química, 27, 286-291
[2] Maity, A.R., Stepensky, D., (2015). Delivery of drugs to intracellular organelles using drug delivery systems: Analysis of research trends and targeting efficiencies, International Journal of Pharmaceutics, 496, 268-274
[3] Gomez-Gaete, C., (2014). Nanopartículas poliméricas: tecnología y aplicaciones farmacéuticas, Rev. Farmacol. Chile, 7, 7-16
[4] Giraldo, J., (2015). Propiedades, obtención, caracterización y aplicaciones del quitosano, Appl. Chitosan,
[5] Khor, E., Lim, L.Y., (2003). Implantable applications of chitin and chitosan, Biomaterials, 24, 2339-2349
[6] Skaugrud, Ø., Hagen, A., Borgersen, B., Dornish, M., (1999). Biomedical and pharmaceutical applications of alginate and chitosan, Biotechnology and genetic engineering reviews, 16, 23-40
[7] Wang, Q.Z., Chen, X.G., Liu, N., Wang, S.X., Liu, C.S., Meng, X.H., Liu, C.G., (2006). Protonation constants of chitosan with different molecular weight and degree of deacetylation, Carbohydrate polymers, 65, 194-201
[8] Naguib, H., Aly, R., Sabaa, M., Mokhtar, S., (2003). Gamma radiation induced graft copolymerization of vinylimidazole-acrylic acid onto polypropylene films, Polymer testing, 22, 825-830
[9] Bakshi, P.S., Selvakumar, D., Kadirvelu, K., Kumar, N., (2020). Chitosan as an environment friendly biomaterial–a review on recent modifications and applications, International journal of biological macromolecules, 150, 1072-1083
[10] Anaya-Esparza, L.M., Pérez-Larios, A., Ruvalcaba-Gómez, J.M., Sánchez-Burgos, J.A., Romero-Toledo, R., Montalvo-González, E., (2020). Funcionalización de los recubrimientos a base de quitosano para la conservación postcosecha de frutas y hortalizas, TIP. Revista especializada en ciencias químico-biológicas, 23,
[11] García-Valdez, O., Champagne-Hartley, R., Saldívar-Guerra, E., Champagne, P., Cunningham, M.F., (2015). Modification of chitosan with polystyrene and poly(n-butyl acrylate) via nitroxide-mediated polymerization and grafting from approach in homogeneous media, Polymer Chemistry, 6, 2827-2836.10.1039/C5PY00028A
[12] Caridade, S.G., Merino, E.G., Alves, N.M., Bermudez, V.d.Z., Boccaccini, A.R., Mano, J.F., (2013). Chitosan membranes containing micro or nano-size bioactive glass particles: evolution of

biomineralization followed by in situ dynamic mechanical analysis, Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials, 20, 173-183.https://doi.org/10.1016/j.jmbbm.2012.11.012
[13] García-Valdez, O., George, S., Champagne-Hartley, R., Saldívar-Guerra, E., Champagne, P., Cunningham, M.F., (2015). Chitosan modification via nitroxide-mediated polymerization and grafting to approach in homogeneous media, Polymer, 67, 139-147.https://doi.org/10.1016/j.polymer.2015.04.043
[14] Drabczyk, A., Kudłacik-Kramarczyk, S., Głąb, M., Kędzierska, M., Jaromin, A., Mierzwiński, D., Tyliszczak, B., (2020). Physicochemical Investigations of Chitosan-Based Hydrogels Containing Aloe Vera Designed for Biomedical Use, Materials, 13, 3073
[15] Meléndez-Ortiz, H.I., Betancourt-Galindo, R., Puente-Urbina, B., Sánchez-Orozco, J.L., Ledezma, A., (2022). Antimicrobial cotton gauzes modified with poly(acrylic acid-co-maltodextrin) hydrogel using chitosan as crosslinker, International Journal of Biological Macromolecules, 198, 119-127.https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2021.12.083
[16] Aycan, D., Alemdar, N., (2018). Development of pH-responsive chitosan-based hydrogel modified with bone ash for controlled release of amoxicillin, Carbohydrate Polymers, 184, 401-407.https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2017.12.023
[17] Cconislla Bello, J.L., Jacinto, C., Maza, I., Jahuira, M., Pando, A., Mayta, H., Valderrama, A., (2016). Desarrollo de micropartículas de quitosano cuaternizado y entrecruzado para la adsorción de ácido desoxirribonucleico (ADN), Revista de la Sociedad Química del Perú, 82, 467-479
[18] Cherifi, Z., Boukoussa, B., Zaoui, A., Belbachir, M., Meghabar, R., (2018). Structural, morphological and thermal properties of nanocomposites poly(GMA)/clay prepared by ultrasound and in-situ polymerization, Ultrasonics Sonochemistry, 48, 188-198.https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2018.05.027
[19] Zhang, C., Wang, Y., Guo, J., Liu, Y., Zhou, Y., (2015). Chitosan nanoparticle carrier based on surface molecularly imprinted polymers for the recognition and separation of proteins, RSC Advances, 5, 106197-106205.10.1039/C5RA14088A
[20] Pereira, A.G.B., Muniz, E.C., Hsieh, Y.-L., (2015). 1H NMR and 1H–13C HSQC surface characterization of chitosan–chitin sheath-core nanowhiskers, Carbohydrate Polymers, 123, 46-52.https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2015.01.017
[21] Lu, H., Dai, Y., Lv, L., Zhao, H., (2014). Chitosan-Graft-Polyethylenimine/DNA Nanoparticles as Novel Non-Viral Gene Delivery Vectors Targeting Osteoarthritis, PLOS ONE, 9, e84703.10.1371/journal.pone.0084703
[22] Fajardo, A.R., Fávaro, S.L., Rubira, A.F., Muniz, E.C., (2013). Dual-network hydrogels based on chemically and physically crosslinked chitosan/chondroitin sulfate, Reactive and Functional Polymers, 73, 1662-1671.https://doi.org/10.1016/j.reactfunctpolym.2013.10.003

SISTEMA DE INSPECCIÓN DE CALIDAD 4.0 USANDO VISIÓN POR COMPUTADORA Y TABLERO DIGITAL

Barbara Moya Rivera
Universidad politécnica de Querétaro
Carretera estatal 420 SN El Marqués, Querétaro
121039202@.upq.edu.mx

Carlos Fuentes Silva
Universidad politécnica de Querétaro
Carretera estatal 420 SN El Marqués, Querétaro
carlos.fuentes@upq.mx

Resumen — Dentro de la industria día a día se sufren cambios evolutivos y es por eso que tenemos que estar en constante actualización, ya que las herramientas y maquinas sufren cambios según las necesidades y la demanda para la que estén echas, hoy día nos encontramos en la cuarta revolución industrial la cual quiere conseguir que cada máquina y proceso sea automatizado. La intención de este proyecto es comprobar cómo funciona la visión por computadora y como gracias a un tablero digital se detecta los errores hasta conseguir la calidad 4.0 en una línea de producción de llenado de botellas.

Palabras clave — Visión por computadora, Tablero digital, Calidad 4.0.

Abstract — Within the industry day by day evolutionary changes are suffered and that is why we have to be constantly updated, since the tools and machines undergo changes according to the needs and the demand for which they are made, today we are in the fourth industrial revolution which wants to ensure that each machine and process is automated. The intention of this project is to check how computer vision works and how, thanks to a digital panel, errors are detected until quality 4.0 is achieved in a bottle filling production line.

Keywords — Artificial vision, Digital board, Quality 4.0.

I. INTRODUCCIÓN

Nos encontramos en una época donde todo es resuelto por medio de la tecnología, hoy día es indispensable en nuestra vida cotidiana ya que hace que nuestros deberes dentro y fuera del trabajo se vuelvan más fácil de resolver gracias a las herramientas tecnológicas con las que contamos.

De forma general la visión por computadora busca principalmente la reproducción de la vista humana para poder detectar defectos ya sea en alimentos, objetos o aparatos que se encuentren dañados esta cuenta con grandes ventajas como: la gran capacidad de automatizar tareas complejas, solución en actividades repetitivas y mayor seguridad en el uso de equipos industriales.

En este proyecto tenemos como principal objetivo explicar cómo se lleva a cabo la visión por computadora y tablero digital donde ponemos a prueba como es capaz de detectar si la botella tiene algún tipo de error al momento de ser llenada, ya sea que no cuente con el volumen correcto o que simplemente no hay una botella de por medio, todo este proceso con el fin de poder comprobar como la visión por computadora puede solucionar problemas

o errores que muy frecuentemente suelen suceder en las empresas que se dedican a la producción en masa de artículos como la industria alimenticia y tecnológica.

II. MARCO TEÓRICO

A: *Sistema de gestión de calidad y control de calidad*

Es la gestión de servicios que prometen mejorar los componentes de una compañía o empresa con no cumplen con a satisfacción integral del cliente, por lo tanto, se debe asegurar que todas las actividades que conforman al producto para que se lleve a cabo sean efectivas.

B: *Visión por computadora*

Es un conjunto de herramienta y métodos que permiten procesar y analizar imágenes del mundo la finalidad que puedan ser tratadas por un ordenador.

C: *Tablero digital*

Es una interfaz electrónica que se utiliza para adquirir y consolidar datos en una organización.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

Materiales:

- Botellas
- Cámara
- Phycharm
- Librería opencv
- Node red tablero digital

Métodos:

El sistema de visión por computadora funciona usando pycharm entorno a la programación, librería de visión por computadora opencv y node red tablero digital, la función de programa es recortar tres regiones en pequeños rectángulos con un color verde, rojo y azul como se muestra en la Ilustración 1 , y se pasa la imagen de color a escalas de grises, las escalas de grises se manejan de 0 para negro y 255 para blanco posteriormente toma un promedio de cada área de los pequeños rectángulos de colores y los convierte en promedios según lo que capte la cámara como se muestra en los resultados.

Ilustración 2

IV. RESULTADOS

Los resultados buscados se lograron ya que la cámara de visión por computadora funciona perfectamente al detectar los tres posibles resultados a en el llenado de una botella, lo cual gracias al tablero digital nos arroja los resultados después de hacer la visión por computadora, los resultados son los siguientes:

Primero la botella que esta correctamente llena nos arrojó en cámara una leyenda diciendo “Nivel OK” como se muestra en la Ilustración 2, quiere decir que el nivel erra el correcto y en él la programación arrojo tres valores diferentes corroborando que efectivamente el nivel de la botella era el adecuado como se muestra en la Ilustración 3.

Ilustración 2

```
5) promedio1;  147.88083333333333
9) promedio2;  26.952083333333334
9a) promedio3;  36.44958333333334
```

Ilustración 3

Segundo la botella que tiene el nivel inadecuado de liquido nos arrojo la siguiente leyenda “SCRAP” como se muestra en la ilustración 4, que quiere decir que no cuenta con el nivel correcto de líquido, mientras que en la programación arrojo dos valores parecidos y uno diferente confirmando que efectivamente el nivel dentro de la botella no es el correcto como se muestra en la Ilustración 5.

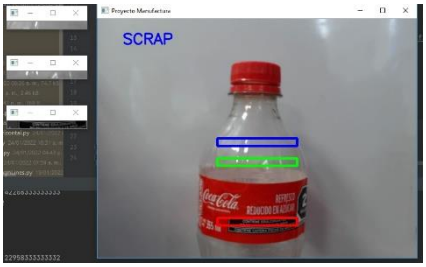


Ilustración 4

```
5) promedio1;  151.62166666666667
9) promedio2;  142.975
9a) promedio3;  40.940416666666664
```

Ilustración 5

Por último, no hay botella en cámara arroja la siguiente leyenda “NO ITEM” lo cual quiere decir que no hay ninguna botella de por medio como se muestra en la Ilustración 6, mientras que en la programación arroja 3 resultados parecidos que confirman la inexistencia de una botella como se muestra en la Ilustración 7.

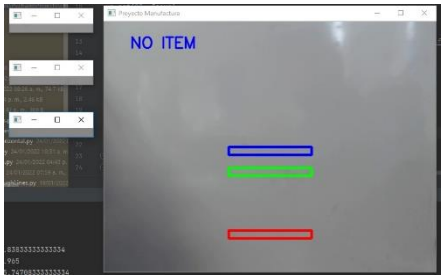


Ilustración 6

```
5) promedio1;  139.78666666666666
9) promedio2;  138.76166666666666
9a) promedio3;  130.82291666666666
```

Ilustración 7

V. DISCUSIÓN (O ANÁLISIS DE RESULTADOS)

Si bien hemos observado cómo funciona la visión por computadora y cuales fueron sus resultados, podemos decir que este proyecto funciona y cumple con su objetivo ya que detecta los posibles errores en la producción y ayuda a evitar errores de tal modo que el proceso este mas cerca de la perfección.

VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Este proyecto puede traer grandes beneficios a la industria ya que al implementar visión por computadora podemos obtener grandes resultados y la minimización de los errores en los lotes de producción, dejando de lado a los operadores convencionales y obteniendo mayor producción y ganancias.

Además de poder consultar en línea el tablero digital donde aparece la cantidad de botellas que tienen errores y cuantas están en correctas condiciones, todo esto la finalidad de poder implementarlo en la industria y así satisfacer la necesidad y demanda de todos los clientes de tal manera que no se produzca desabasto de ningún producto.

VII. RECONOCIMIENTOS (O AGRADECIMIENTOS)

Me es un gusto poder agradecer a mi profesor y asesor Carlos Fuentes Silva por el apoyo, el conocimiento y la motivación, por permitirme formar parte de este gran proyecto, adema agradecer a la Universidad Politécnica de Querétaro por los conocimientos brindados y por la oportunidad de participar en este tipo de eventos como lo es el verano de la ciencia.

REFERENCIAS

[1] Alexander Sabogal R., Carlos Eduardo Velásquez V.. (2014). Implementación de un Tablero Digital de Bajo Costo. 10 agosto 2022, de ACADEMIA Sitio web: https://www.academia.edu/28969432/Implementaci%C3%B3n_de_un_tablero_digital_de_bajo_costo

[2] Alicia Alias Coello. (2017). La Gestión de la Calidad: Conceptos Básicos. 10 agosto 2022, de Facultad de Ciencias de la Documentación Sitio web: https://webs.ucm.es/centros/cont/descargas/documento10123.pdf

[3] César Camisón, Sonia Cruz, Tomás González. (2006). Gestión de la calidad: Conceptos, enfoques, modelos y sistemas. De PEARSON Prentice Hall Sitio web: https://www.academia.edu/33042332/Gesti%C3%B3n_de_la_calidad_Conceptos_enfoques_modelos_y_sistemas

[4] Intel. (2017). What Is Computer Vision?. 10 Agosto 2022, de intel Sitio web: https://www.intel.la/content/www/xl/es/internet-of-things/computer-vision/overview.html

[5] ROBERTO RODRÍGUEZ MORALES. (2015). ALGUNOS FUNDAMENTOS DE LA VISIÓN POR COMPUTADORA. 10 Agosto 2021, de Research Gate Sitio web: https://www.researchgate.net/publication/281242235_ALGUNOS_FUNDAMENTOS_DE_LA_VISION_POR_COMPUTADORA_es_del_autor_ROBERTO_RODRIGUEZ_MORALES_y_trata_de

DESARROLLO DE MATERIALES NANOMÉTRICOS CATALÍTICOS Y ADSORBENTES PARA EL MEJORAMIENTO DEL MEDIO AMBIENTE.

Paola Yolanda Reyes Sandoval.
Universidad Autónoma de Aguascalientes
Avenida Universidad 940, Ciudad Universitaria, 20100 Aguascalientes, México.
Al226905@edu.uaa.mx

Rufino Nava Mendoza.
Universidad Autónoma de Querétaro.
Universidad 231, Cerro de las campanas S/N, Las Campanas, 76010 Santiago de Querétaro.
rufino@uaq.mx

Resumen — Se informa sobre la síntesis y caracterización de nanopartículas de sílice mesoporosas (MSN) con tamaños de partículas de 15 a 60 nm. Demostramos adsorción de iones Cr(VI), Pb(II) y Hg(II) en MSN (NH2–MSN) y su eliminación de ambientes acuosos y muestran que el área de superficie específica (SSA) de NH2-MSN es cuatro veces mayor que la de NH2–ASN y que más del 70% de la SSA total de NH2–MSN se debe a la presencia de nanoporos. Se muestran los análisis de la cinética de adsorción de Cr(VI), Pb(II) y Hg(II) en NH2–MSN. Comportamiento de adsorción relativamente rápido siguiendo una cinética de pseudo-segundo orden según lo determinado por no lineal montaje.

Palabras clave — Adsorbentes, Nanotecnología, Medio ambiente.

Abstract — We report on the synthesis and characterization of mesoporous silica nanoparticles (MSNs) with particle sizes of 15–60nm. We demonstrate adsorption of Cr(VI) ions on MSNs (NH2–MSNs) and their removal from aqueous environments and show the specifc surface area (SSA) of NH2–MSNs is four times as larger as that of NH2–ASNs and that more than 70% of the total SSA of NH2–MSNs is due to the presence of nanopores. Analyses of Cr(VI) adsorption kinetics on NH2–MSNs exhibited relatively rapid adsorption behavior following pseudo-second order kinetics as determined by nonlinear ftting.

Keywords — Adsorbents, Nanotechnology, Environment.

I. INTRODUCCIÓN

El cromo, plomo y mercurio se usan para muchos propósitos en las industrias modernas. Por ejemplo, se utilizan para endurecer el acero y fabricar acero inoxidable, que son materias primas esenciales en las industrias de la construcción, maquinaria pesada, automotriz, transporte, energía y médica. También se usan ampliamente en procesos de galvanoplastia de cromo, en pigmentos de pintura, y para producir tintes, cuero, plásticos y fotografías. Estas actividades industriales generan cantidades sustanciales de desechos peligrosos que contienen concentraciones relativamente altas de metales pesados, que se reconocen como contaminantes inorgánicos más tóxicos debido a sus efectos mutagénicos y cancerígenos en especies biológicas [1].

Se ha demostrado que métodos como la adsorción, el intercambio iónico, la separación por membrana, la coagulación, la precipitación química, la extracción, la diálisis y la separación electroquímica son capaces de eliminar iones de metales pesados, incluido el cromo hexavalente, de las aguas residuales. De estos diferentes métodos, la adsorción es

probablemente el proceso más efectivo, económicamente factible, ambientalmente sostenible y tecnológicamente prometedor. Recientemente, se han utilizado una variedad de adsorbentes como carbones activados, óxidos metálicos a base de hierro, estructuras metalorgánicas, materiales poliméricos y a base de biomasa para la eliminación de Cr(VI) . En particular, se ha demostrado que los materiales poliméricos son muy eficientes en la adsorción de Cr(VI) y sus estructuras altamente ramificadas se pueden funcionalizar fácilmente para adsorber y eliminar selectivamente diferentes iones de metales pesados.

La sílice y los materiales compuestos a base de sílice son una clase esencial de adsorbentes que se han empleado ampliamente debido a sus características fisicoquímicas únicas y ajustables, que incluyen grandes áreas superficiales y excelentes estabilidades químicas, térmicas y mecánicas. La sílice de Stöber se usa a menudo como adsorbente y generalmente se describe como una sílice no porosa, monodispersa y amorfa compuesta de partículas esféricas. Se han ideado una variedad de métodos, como sol-gel, microemulsión, hidrotermales y basados en la fama, para sintetizar partículas de sílice con diámetros en el rango coloidal. En los últimos años, una colección de mesoporosos sílice, como SBA-130, SBA-1531, MCM-4132 y MCM-4833, se han sintetizado y también se han utilizado como adsorbentes que tienen poros a nanoescala muy ordenados con una amplia gama de geometrías de poros, incluidas disposiciones hexagonales y cúbicas con un tamaño relativamente estrecho distribuciones. La sílice mesoporosa con dimensiones de poro uniformes y adaptables presenta propiedades de material únicas, como áreas superficiales específicas altas y excelentes estabilidades térmicas y mecánicas, y por lo tanto, se ha empleado en aplicaciones potenciales. Estos incluyen su uso en la eliminación de metales pesados de las aguas residuales, la purificación del aire interior, la captura de CO2, las membranas de pervaporación para la separación del agua del etanol [1].

II. MARCO TEÓRICO (OPCIONAL)

La adsorción es un proceso fundamental en el tratamiento fisicoquímico de las aguas residuales municipales, un tratamiento que puede cumplir económicamente con los estándares más altos de efluentes y los requisitos de reutilización del agua de la actualidad. El carbón activado es el adsorbente más efectivo para esta aplicación. Los sistemas de contacto de lecho expandido permiten el uso más eficiente de carbón granular para el tratamiento de desechos [2].

El proceso de adsorción se ve reforzado por la regeneración parcial in situ efectuada por el crecimiento biológico en las superficies del carbono. Los sistemas fisicoquímicos que usan adsorción con carbón activado producen consistentemente altos niveles de tratamiento y tienen un alto grado de estabilidad y confiabilidad. Las ventajas sobre los sistemas de tratamiento biológico incluyen: menores requisitos de superficie terrestre: menor sensibilidad a las variaciones de flujo y concentración diurnas ya las sustancias tóxicas: potencial para una eliminación significativa de metales pesados; mayor flexibilidad en diseño y operación; y, eliminación superior de desechos orgánicos [2].

III. MATERIALES Y MÉTODOS

MATERIALES:

Para la funcionalización APTES para amino:

Reactivos:

1. 2.3 gramos de EMS-15-N.
2. 31 mililitros de etanol.
3. 2.5 gramos de amino (NH_2-EMS-15-N)
4. Agua desionizada.

Material requerido:

1. Bascula analítica.
2. Pipetas y propipeta perilla.
3. Vasos de precipitado.
4. Parrilla.
5. Agitador magnético.
6. Espátulas.
7. Filtrador al vacío.
8. Embudo buchner.
9. Papel filtro.
10. Capsula de cerámica y pistilo.
11. Mufla de calentamiento.
12. Frasco oscuro.
13. Etiquetas.
14. Refrigerador.

Para la solución estándar de metales pesados (Cromo VI, Plomo II y Mercurio II):

Reactivos:

1. Estándar de Cromo VI: 100 partes por millón.
2. Estándar de Plomo II: 1000 partes por millón.
3. Estándar de Mercurio II: 1000 partes por millón.
4. Agua desionizada.

Material requerido:

1. Matraz de 100 mililitros.
2. Botella oscura.
3. Pipetas y propipeta perilla.
4. Etiquetas.
5. Refrigerador.

Para la síntesis de sílice N.

Reactivos:

1. 3.555 gramos de Pluronic P123.
2. Agua desionizada.
3. 106.67 mililitros de Ácido clorhídrico.
4. 5.43 mililitros de 1, 3, 5-triisopropileno (TIP B).
5. 8 mililitros de sílice TEOS.

Material requerido:

1. Parrilla.
2. Bascula analítica.
3. Probetas.
4. Matraces.
5. Agitador magnético.
6. Pipetas y propipeta perilla.
7. Termómetro.
8. Reactor de hierro.
9. Frasco de teflón.
10. Mufla de calentamiento.
11. Filtrador al vacío.
12. Embudo buchner.
13. Papel filtro.
14. Capsula de cerámica.

Para el experimento de adsorción (sin ajustar el pH).

Reactivos:

1. 0.275 gramos de 0.3 NH_2-EMS-15-N.
2. 55 mililitros de la solución estándar de Cromo VI, Plomo II y Mercurio II.

Material requerido:

1. Bascula analítica.
2. Probetas.
3. Parrilla.
4. Agitador magnético.
5. Espátula.
6. Matraz.
7. Embudo.
8. Papel filtro.
9. Potenciómetro.
10. Vaso de precipitado.

Para el experimento de adsorción (ajustando el pH a 5).

Reactivos:

1. 55 mililitros de la solución estándar de Cromo VI, Plomo II y Mercurio II.
2. NaOH a 0.1 M.
3. 0.275 gramos de 0.3 NH_2-EMS-15-N.

Material requerido:

1. Probeta.
2. Potenciómetro.
3. Bascula analítica.
4. Vaso de precipitado.
5. Parrilla.
6. Agitador magnético.
7. Espátula.
8. Matraz.
9. Embudo.
10. Papel filtro.
11. Etiquetas.
12. Frasco oscuro.

III. METODOLOGÍA:

Funcionalización APTES para amino:

1. Pesar 2.3 gramos de EMS-15-N.
2. Medir 31 mililitros de etanol.
3. En un vaso de precipitado, añadir el etanol y 2.5 gramos de amino para ponerlo sobre una parrilla en agitación por 10 minutos o menos hasta disolver.
4. Agregar 2.3 gramos de EMS-15-N poco a poco con una espátula.
5. Mantener en agitación por 60 minutos.
6. Agregar 44 mililitros de agua desionizada y mantener en agitación 60 minutos más.
7. Filtrar al vacío con embudo buchner y papel filtro.
8. Hacer 4 lavados con agua desionizada y seguir filtrando la solución.
9. Dejar secar al ambiente 48 horas.
10. Pasar el filtrado en una capsula, recuperando todo el material posible.
11. Moler en la capsula con un pistilo.
12. Meter la capsula en una mufla de calentamiento a 110ºC por 18 horas.
13. Recuperar el NH_2-EMS-15-N.
14. Vaciar el NH_2-EMS-15-N en un frasco oscuro, etiquetarlo y refrigerarlo.

Solución estándar de metales pesados (Cromo VI, Plomo II y Mercurio II)

1. Calcular los mililitros de solución estándar para cada reactivo: Cromo VI, Plomo II y Mercurio II.

   Estándar de Cromo VI: 100 partes por millón.
   Estándar de Plomo II: 1000 partes por millón.
   Estándar de Mercurio II: 1000 partes por millón.

$$V_1\mathrm{M}_1 = V_2\mathrm{M}_2 \qquad (1)$$

   Donde:
   V_1: Volumen de la solución diluida.
   M_1: Molaridad de la solución diluida.
   V_2: Volumen de la solución concentrada.

M_2: Molaridad de la solución concentrada.

$$V_1 = \frac{V_2 \mathrm{M}_2}{\mathrm{M}_1} \quad (2)$$

$$Cromo\ VI: V_1 = \frac{(100\ ml)(10\ ppm)}{(100\ ppm)} = 10\ ml$$

$$Plomo\ II: V_1 = \frac{(100\ ml)(10\ ppm)}{(1000\ ppm)} = 1\ ml$$

$$Mercurio\ II: V_1 = \frac{(100\ ml)(10\ ppm)}{(1000\ ppm)} = 1\ ml$$

2. Pasar 1 mililitro de estándar de Plomo a un matraz de 100 mililitros.
3. Limpiar el matraz con agua desionizada, aforar y vaciar a una botella oscura.
4. Medir 1 mililitro de estándar de Mercurio, pasarlo a un matraz de 100 mililitros.
5. Aforar con agua desionizada y vaciarlo a la misma botella oscura.
6. Medir 10 mililitros de estándar de Cromo, pasar a un matraz de 100 mililitros, aforar con agua desionizada y vaciar a la misma botella oscura junto con las otras 2 soluciones.
7. Etiquetar la botella y mantenerla en refrigeración.

Síntesis de sílice N.

1. Poner 1 parrilla a 30ºC.
2. Pesar 3.555 gramos de Pluronic P123 en un matraz.
3. Medir 30.33 mililitros de agua desionizada y añadirlo con el Pluronic P123.
4. Medir 106.67 mililitros de Ácido clorhídrico (4 molar) y agregarlo al matraz.
5. Poner en agitación en la parrilla a 30ºC hasta disolver.
6. Añadir 5.43 mililitros de 1, 3, 5-triisopropileno (TIP B) gota a gota.
7. Mantener en agitación a 30ºC por 21 horas.
8. Agregar 8 mililitros de sílice TEOS por goteo a la solución sin agitación y esperar 24 horas a la misma temperatura.
9. Poner la disolución en un reactor de hierro, dentro de un frasco de teflón, en una mufla de calentamiento a 130ºC por 24 horas.
10. Después, se filtra al vacío recuperando el sólido.
11. Realizar 3 lavados con agua desionizada filtrando al vacío y dejar secar a temperatura ambiente.
12. Poner el reactivo en la mufla de calentamiento a 110ºC por 18 horas.
13. Se calcina a 550ºC por 6 horas para finalmente obtener EMS-15-N.

Experimento de adsorción (sin ajustar el pH).

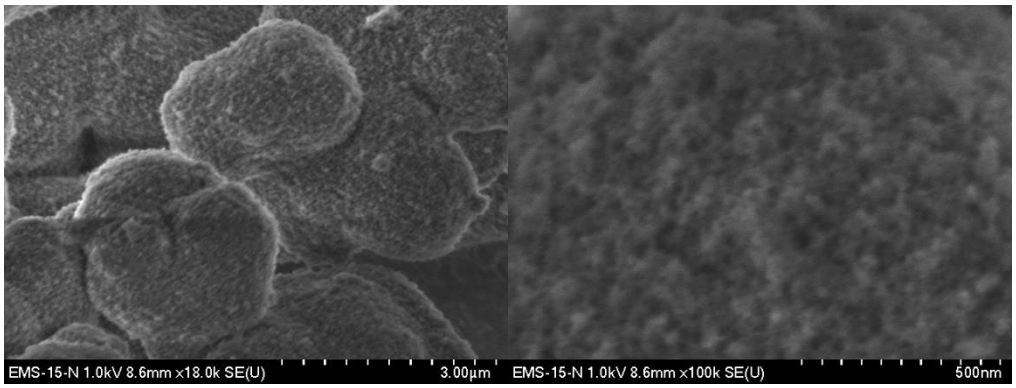
1. Pesar 0.275 gramos de 0.3 NH_2-EMS-15-N.
2. Medir 55 mililitros de la solución estándar de Cromo VI, Plomo II y Mercurio II.
3. En una parrilla, ponerla en agitación la solución estándar de los metales pesados y agregar lentamente los gramos de 0.3 NH_2-EMS-15-N con una espátula, mantenerlo así durante una hora.
4. Filtrar y conservar el papel filtro con el sedimento y la solución filtrada.
5. Dejar secar a temperatura ambiente.

6. Obtener el pH de las soluciones:
   Solución estándar de Cromo VI, Plomo II y Mercurio II: 2.66 pH.
   Solución amino: 6.6 pH.
7. Poner las soluciones en frascos oscuros etiquetados y refrigerarlos.

Experimento de adsorción (ajustando el pH a 5).

1. Tomar 55 mililitros de la solución estándar de Cromo VI, Plomo II y Mercurio II y ajustar el pH a 5 con NaOH a 0.1 M.
2. Pesar 0.275 gramos de 0.3 NH_2-EMS-15-N.
3. Colocar un vaso de precipitado en una parrilla y poner la solución estándar de los metales pesados en agitación a 25ºC.
4. Agregar lentamente los gramos de 0.3 NH_2-EMS-15-N con una espátula y esperar 1 hora.
5. Filtrar y conservar el filtro con el sedimento para secarlo a temperatura ambiente y la solución filtrada etiquetada y refrigerada en un frasco oscuro.

IV. RESULTADOS



(a) (b)

Fig. 1. Esponja EMS - 15N a 300 nm (a) y a 500nm (b).

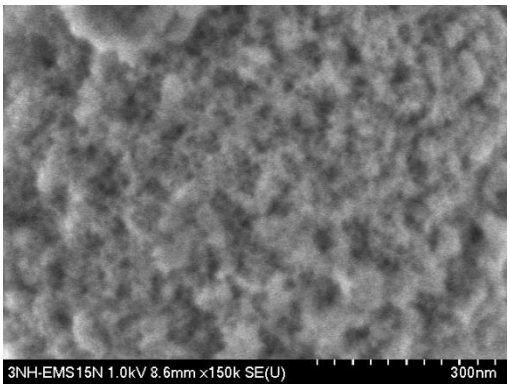


Fig. 2. Esponja 3NH – EMS - 15N a 300 nm.

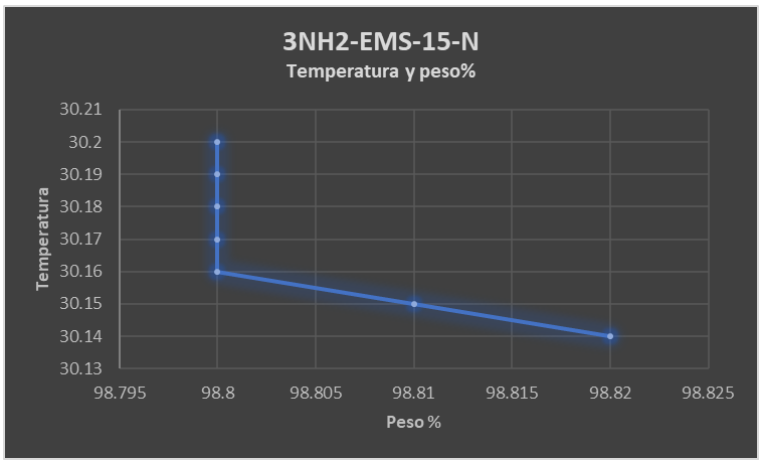


Fig. 3. Grafica de TGA para $3NH_2$-EMS-15-N en relación con temperatura y porcentaje en peso.

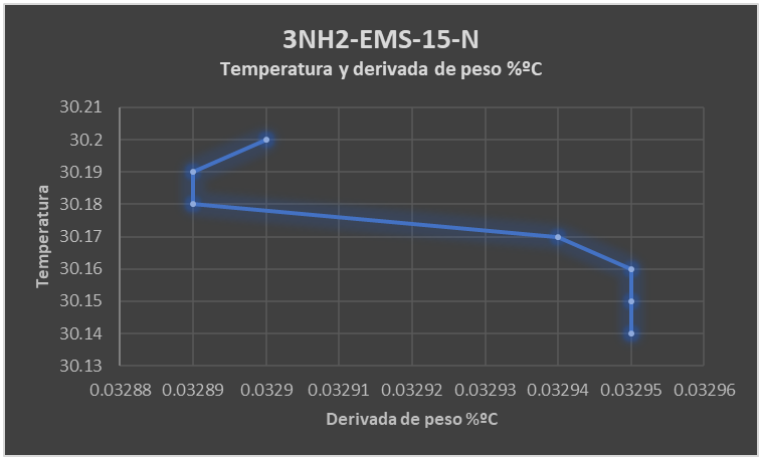


Fig. 4. Grafica de TGA para $3NH_2$-EMS-15-N en relación con temperatura y derivada de porcentaje en peso.

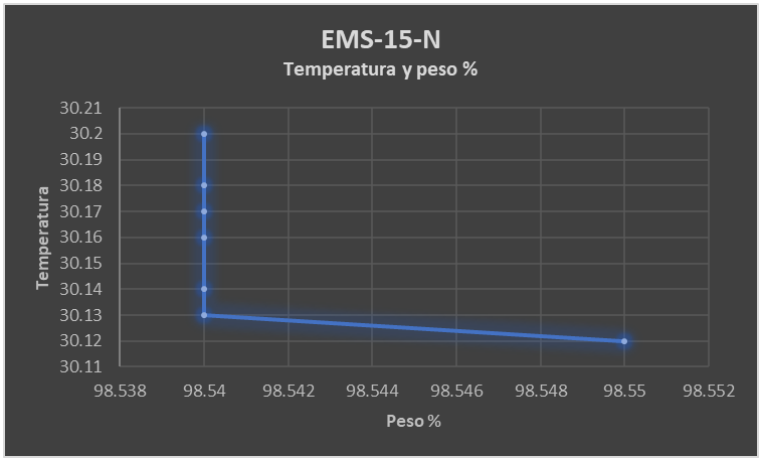


Fig. 5. Grafica de TGA para EMS-15-N en relación con temperatura y porcentaje en peso.

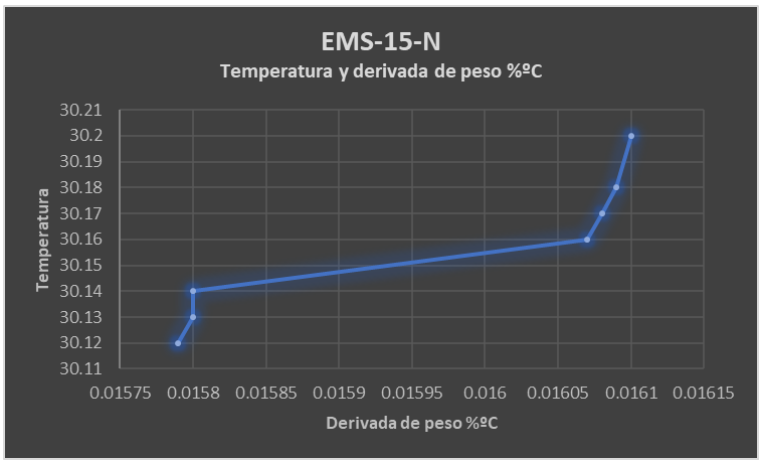


Fig. 6. Grafica de TGA para 3NH_2-EMS-15-N en relación con temperatura y derivada de porcentaje en peso.

Tabla 1. UV-VIS de los líquidos adsorbidos.

pH	*Esponja sin funcionalizar*		*Esponja de NH_2*	
5	*Nanómetros*	*Absorción*	*Nanómetros*	*Absorción*
	369	0.129	372	0.219
	312	0.190	311	0.253
	202	4.433	273	0.255
			203	4.366
			201	4.415
2.6	*Nanómetros*	*Absorción*	*Nanómetros*	*Absorción*
	312	0.221	313	0.251
	223	3.920	202	4.426
	202	4.434		

Tabla 2. UV-VIS de los polvos.

pH	*Esponja sin funcionalizar*		*Esponja de NH_2*	
5	*Nanómetros*	*Absorción*	*Nanómetros*	*Absorción*
	460	0.055	378	0.084
	321	-0.015	200	0.17
	214	-0.127		
2.6	*Nanómetros*	*Absorción*	*Nanómetros*	*Absorción*
	215	-0.160	373	0.203
			275	0.099
			206	0.882

V. DISCUSIÓN (O ANÁLISIS DE RESULTADOS)

Aquí se presentan los resultados de un trabajo destinado a preparar dos tipos de nanopartículas de sílice desnudas y de nanopartículas de sílice funcionalizadas con NH2

de tamaños similares, es decir, nanopartículas de sílice mesoporosas (MSN) con un núcleo nanoporoso.

Además, se investigaron sus rendimientos de adsorción y eliminación de Cromo VI, Plomo II y Mercurio II utilizando sistemas de lotes acuosos. En las figuras 1 y 2, las mediciones de sorción de N2 mostraron que las áreas superficiales específicas (SSA) de los MSN no funcionalizados eran dos veces más grandes que las de los ASN, y que las SSA de los MSN funcionalizados con 3-aminopropiltrietoxisilano (APTES) (NH2-MSN) eran cuatro veces más grandes que las de los MSN [3].

Se confirma que menos del 70% de los SSA totales de MSN desnudos y funcionalizados con NH2 eran atribuibles a nanoporos utilizando un enfoque de escalado geométrico simplificado. Se examinó el efecto de la temperatura con el peso (Figuras 3, 4 y 5) donde se señala que a menor temperatura existe mayor porcentaje en peso y su derivada en peso excepto la figura 6, así como también se examinó el pH (Tabla 1 y tabla 2) en la adsorción y eliminación de Cromo VI, Plomo II y Mercurio II utilizando MSN desnudos y funcionalizados con NH2; Se descubrió que los MSN no funcionalizados tenían capacidades de adsorción considerablemente más bajas de las de NH2-MSN.

Además, se confirmó que el pH óptimo para alcanzar la máxima eficiencia de absorción y eliminación de Cromo VI, Plomo II y Mercurio II era de 2,6. Los análisis sistemáticos de la cinética de adsorción de los metales pesados empleados utilizando un ajuste no lineal de un modelo cinético de pseudo segundo orden a pH 2,6 y 25 °C revelaron una rápida adsorción de Cromo VI, Plomo II y Mercurio II en NH2–MSN, por lo que ~90 % de estos metales pesados se adsorbió en un minuto.

Los análisis en profundidad de las isotermas de adsorción en equilibrio de NH2-MSN revelaron que el modelo de Langmuir resultó ser el que mejor se ajustaba a los datos experimentales. Los NH2–MSN exhibieron capacidades de adsorción de Cromo VI, Plomo II y Mercurio II significativamente más altas, así como también eficiencias de eliminación (R). Además, en teoría se encontró que los MSN funcionalizados con NH2 también podrían reducir la adsorción Cr (VI) a Cr (III) y que la cantidad de reducción de Cr (VI) adsorbida en NH2-MSN fue tres veces mayor que la de NH2-ASN [3].

VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Se presentó un análisis exhaustivo de la adsorción y eliminación de Cr(VI), Pb(II) y Hg(II) en MSN tanto desnudos como funcionalizados con NH2 en entornos acuosos. Se sintetizó con éxito MSN altamente monodisperso de tamaños aproximadamente iguales utilizando modificaciones del método de Stöber y, posteriormente, se funcionalizaron en la superficie con grupos amina.

Los hallazgos del estudio actual son significativos, muestran que se pueden producir y funcionalizar químicamente nanopartículas de sílice que poseen tamaños y formas bien definidos con distribuciones estrechas. La geometría esférica de las nanopartículas proporcionó interacciones de modelado ciertamente simplificadas entre ellas y el Cr(VI), Pb(II) y Hg(II) y facilitó el estudio de los procesos de adsorción de estos metales pesados.

En el presente estudio, se utilizaron sistemas modelo y herramientas de caracterización de materiales para investigar la adsorción de Cr, Pb y Hg en nanopartículas de sílice y los resultados sugieren una justificación estructural y química para mejorar la adsorción y eliminación de estos metales pesados en el agua.

VII. RECONOCIMIENTOS (O AGRADECIMIENTOS)

Al doctor Rufino Nava Mendoza por aceptarme en el proyecto, a Ireri Graciela Segura Gutiérrez; estudiante de Doctorado en Ingeniería, por enseñar y apoyar en todo el desarrollo del trabajo. Al doctor en nanotecnología Fernando Morelos; por explicar las funciones del difractómetro de rayos X y del programa Origin. A la doctora Carmen Peza Ledezma por el recorrido en las instalaciones del campus de la UNAM en Juriquilla, a Citlali Mendo; ingeniera egresada de nanotecnología de la UAQ por ayudar y resolver dudas dentro del laboratorio durante nuestra estancia, así como también quiero agradecer a la Universidad Autónoma de Querétaro por brindarnos un espacio y todo lo necesario para poder realizar el proyecto y finalmente a la Universidad Autónoma de Aguascalientes por permitir hacer este verano de investigación posible.

REFERENCIAS

[1] E.-H. Jang, S. P. Pack y I. K. &. SungwookChung, «A systematic study of hexavalent chromium adsorption and removal from aqueous environments using chemically functionalized amorphous and mesoporous silica nanoparticles,» *Nature research ,* vol. 10, nº 5558, pp. 1-20, 2020.

[2] W. J y W. Jr, «Adsorption Processes,» de *Adsorption Processes*, Michigan, The University of Michigan, 1974, pp. 375-376.

[3] M. T. Ramírez Palma, R. Huirache Acuña, G. Espinosa Acosta y G. Hernández Padrón, «Estado del arte del proceso sol-gel en México,» *Ciencia Ergo Sum,* vol. 17, nº 2, pp. 183-187, 2010.

DISEÑO EN 3 DIMENSIONES DE COLUMNAS DE DESTILACIÓN DE PLATOS Y EMPACADAS

Ariadna Elizabeth Vázquez Hernández
Instituto Tecnológico Superior de Irapuato
Ingeniería química
Carretera Irapuato-Silao Km. 12.5,
C.P:36821Irapuato, Guanajuato, MEXICO.
LIS19111652@irapuato.tecnm.mx

Dr. Rodolfo Murrieta Dueñas
Instituto Tecnológico Superior de Irapuato
Ingeniería química
Carretera Irapuato-Silao Km. 12.5, C.P:36821
Irapuato, Guanajuato, MEXICO.
rodolfo.md@irapuato.tecnm.mx

Resumen — La operación unitaria más utilizada en la industria química y petroquímica es la destilación. Es bien sabido que esta operación es la que más energía consume a nivel mundial. Actualmente se buscan diferentes estrategias que permitan analizar los fenómenos dentro de las columnas de destilación con los que sea posible reducir energía o eficientar el proceso de separación a través de modificaciones en el diseño de platos o empaques. En este trabajo se presenta 2 empaques aleatorios en 3 dimensiones utilizados en columnas empacadas que serán utilizados para la simulación de la hidrodinámica de las columnas. El diseño de la columna y los empaques fueron realizados en SolidWorks con material acero al carbón y con diámetros y alturas de empaques y platos definidos en una simulación en Aspen One.

Palabras clave — Diseño CAD, columnas empacadas, anillo pall, anillo rashing

Abstract — The most widely used unit operation in the chemical and petrochemical industry is distillation. It is well known that this operation is the one that consumes the most energy worldwide. Currently, different strategies are being sought to analyze the phenomena inside the distillation columns with which it is possible to reduce energy or make the separation process more efficient through modifications in the design of plates or packings. In this work we present two 3-dimensional random packings used in packed columns that will be used for the simulation of column hydrodynamics. The design of the column and the packings were made in SolidWorks with carbon steel material and with diameters and heights of packings and plates defined in a simulation in Aspen One.

Keywords — CAD design, packed columns, ring pall, ring rashing

I. INTRODUCCIÓN

El estudio de las columnas de destilación, continúa siendo de gran interés en la ingeniería química principalmente para mejorar la eficiencia de esta operación unitaria. Las columnas de destilación pueden ser de platos o empacadas. Las columnas de platos generalmente se implementan más que las empacadas, a pesar de que tienen un porcentaje de eficiencia menor. Por su parte las columnas empacadas, presentan serios problemas de canalizaciones dentro del empaque y analizar las zonas de redistribución de líquido resulta indispensable para su correcta utilización.

Los platos o los empaques permiten extender el área de transferencia de calor y masa dentro de la columna, de manera que el contacto íntimo líquido-vapor se favorezca sustancialmente.

Es por eso, que en este trabajo se realiza el dibujo CAD en 3 dimensiones de los empaques: anillo pall, anillo rashing, super ring y dixon utilizados en columnas de destilación empacadas y que permitirá su posterior inclusión en la determinación de la hidrodinámica de columnas de destilación. Para ello se realizó el dibujo a detalle en SolidWorks a partir de las dimensiones del diseño riguroso con Aspen One.

II. METODOLOGÍA

La metodología consistió en tres etapas: selección de los empaques, dimensionamiento de cada uno y dibujo en SolidWorks, tal como se presenta en la Figura 1.

Figura 1. Etapas de la metodología para diseño CAD en 3 dimensiones de columnas empacadas.

En la etapa de selección se realizó una búsqueda de los empaques más utilizados en la industria química, encontrándose los anillos: pall, rashing, super ring y Dixon, que se muestran en la Figura 2.

a) Pall

b) Rasching

c) Super ring

d) Dixon

Figura 2. Empaques individuales utilizados en columnas empacadas.

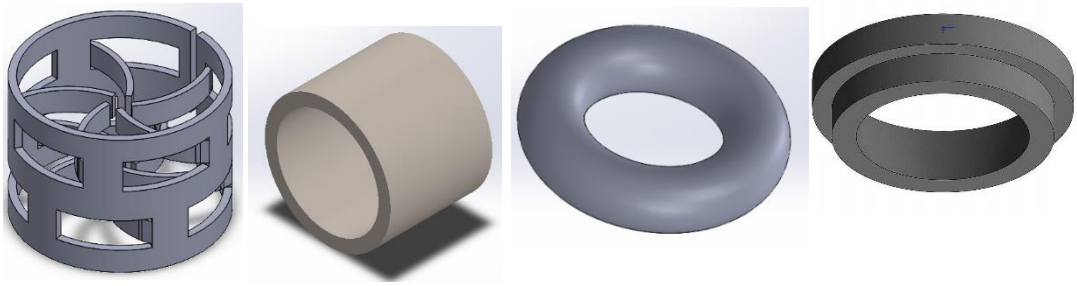
Posteriormente se realizó el dimensionamiento de cada uno de los empaques de forma individual a través de los resultados obtenidos con el simulador Aspen One. En la Tabla 1, se muestra la información correspondiente a cada empaque.

Tipo de empaque	Características	Dimensionamiento
Pall	Es un cilindro con paredes ranuradas y costillas internas, donde el diámetro y la altura del anillo son iguales. Fabricado en acero al carbono.	Altura: 25mm Diámetro:25mm
Rasching	Es un cilindro con diámetro y altura iguales. Fabricado en porcelana.	Altura: 25mm Diámetro: 25mm
Super ring	Empaque en forma de dona. Fabricado en acero al carbono.	Grosor: 10mm Diámetro: 25mm
Dixon	Empaque con apariencia de dos cilindros empalmados, con diferentes diámetros. Fabricado en acero inoxidable.	Altura:10mm Diámetro int.: 25mm Diámetro ext.: 20mm

III. RESULTADOS

Con la información recabada en la etapa de selección y el dimensionamiento de la etapa 2, se realizaron los dibujos en 3 dimensiones de los empaques seleccionados. Adicionalmente, se realizó el dibujo de la columna de destilación en función del diámetro obtenido en la simulación rigurosa de Aspen One.

A continuación, en las siguientes figuras se presentan específicamente etapas de columnas empacadas, así como empaques individuales realizados durante la estancia del verano de investigación.

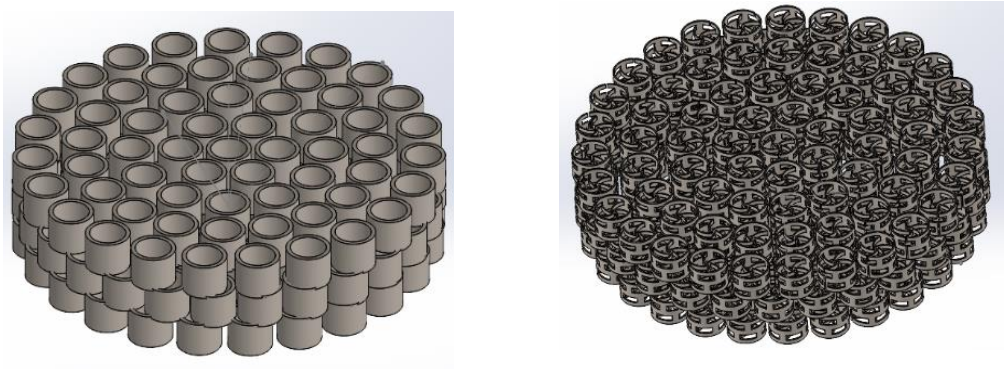


a) *Pall* **b)** *Rasching* **c)** *Super ring* ***d)*** *Dixon*

Figura 3. Geometrías de los empaques individuales, generadas en SolidWorks.

Posteriormente, se realizó el dibujo de la columna de destilación a la cual se incorporaron los empaques previamente mostrados. Para que los empaques fueran introducidos en las columnas es necesario que dibujar una etapa de equilibrio, definida en Aspen One como la altura equivalente a una columna de platos. En la Figura 4, se muestra el acomodo de los anillos pall y rashing. Un procedimiento similar se realizó para los empaques restantes.

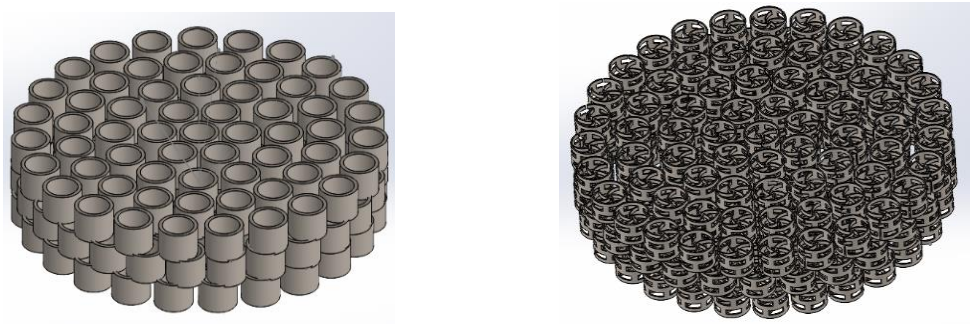
Figura 4. Geometrías del acomodo de empaques generadas en SolidWorks.



a) Rasching *b) Pall*

Figura 4. Geometrías del acomodo de empaques generadas en SolidWorks.

Para el dimensionamiento de la columna se consideró una medida de 12cm de alto y un diámetro de 15cm. Finalmente, cada uno de los empaques previamente generados, fue agrupado dentro de la columna, considerando 3 etapas de equilibrio, de manera que se agregaron 3 bloques presentados en la Figura 4, considerando que cada bloque corresponde a una etapa de equilibrio dentro de la columna de destilación.



c) Rasching *d) Pall*

Figura 4. Geometrías de 3 etapas de equilibrio de la columna de destilación en SolidWorks.

V. CONCLUSIONES

De acuerdo con los resultados obtenidos en este trabajo, fue posible generar las geometrías de 4 empaques utilizados en columnas de destilación. Los empaques presentados fueron seleccionados en función de su implementación en los procesos de separación. El dimensionamiento de los empaques, las etapas de equilibrio y la columna de destilación fue realizado con Aspen One. El diseño en CAD de cada empaque, la columna y las etapas de equilibrio fue realizado en SolidWorks. Con estos resultados, será posible implementar en un futuro, la simulación de la hidrodinámica de columnas empacadas.

VI. RECONOCIMIENTOS

Expreso mi agradecimiento al Instituto Tecnológico Superior de Irapuato por el apoyo otorgado para la realización de la estancia de verano.

REFERENCIAS

[1] Ramírez, R. P. (2010). Destilación. *Teoria y tipos de destilación. url: http://www. alambiques. com/destilaciones. htm (vid. págs. 10-13)*.

[2] Wankat, P. C., & y Pozo, V. G. (2008). *Ingeniería de procesos de separación* (No. Sirsi) i9789702612810). Pearson Educación.

[3] Cardoso, R., Cardoso, O. L., Peñaloza, J. T. H., & Ramos, O. (1992). Especificación y modelaje de diseños en CAD. In *Panel'92: actas, XVIII Conferencia Latinoamericana de Informática* (pp. 255-264).

DISEÑO EN 3 DIMENSIONES DE COLUMNAS DE DESTILACIÓN DE PLATOS Y EMPACADA

Canchola López Perla Guadalupe
Instituto Tecnológico Superior de Irapuato
Ingeniería Química
Carr. Irapuato-Silao km 12.5 Col. El Copal
Irapuato, Guanajuato, C.P. 36821
LIS19111766@irapuato.tecnm.mx

Dr. Rodolfo Murrieta Dueñas
Instituto Tecnológico Superior de Irapuato
Ingeniería Química
Carr. Irapuato-Silao km 12.5 Col. El Copal
Irapuato, Guanajuato, C.P. 36821
rodol_99@yahoo.com.mx

Resumen — La columna de destilación es la más utilizada en los procesos de separación para realizar la purificación de los productos. Sin embargo, es una de las operaciones unitarias más costosas e ineficientes que existen, debido a su principio para realizar la separación. En este sentido es necesario conocer a detalle lo que sucede en cada una de las etapas de equilibrio, por lo que en este trabajo se realiza el dibujo en 3 dimensiones de columnas de platos. Se seleccionaron 5 platos: sieve, plato bubble-cap, Glitsch Ballast, Kotch Flexytray y Nutter Float Valve. Se realizó el dimensionamiento de los platos y la columna con ayuda de Aspen One. Los diseños obtenidos en este trabajo, serán utilizados para realizar la hidrodinámica de una etapa de equilibrio.

Palabras clave — Diseño CAD, columnas de platos, plato sieve, plato bubble-cap.

Abstract — The distillation column is the most widely used in separation processes for product purification. However, it is one of the most expensive and inefficient unitary operations that exist, due to its separation principle. In this sense, it is necessary to know in detail what happens in each of the stages of equilibrium, so in this work a 3-dimensional drawing of columns of plates is made. Five plates were selected: sieve, bubble-cap plate, Glitsch Ballast, Kotch Flexytray and Nutter Float Valve. The dimensioning of the plates and the column was carried out with the help of Aspen One. The designs obtained in this work will be used to perform the hydrodynamics of an equilibrium stage.

Keywords — CAD design, plate columns, sieve plate, bubble-cap plate.

I. INTRODUCCIÓN

En la ingeniería química sigue siendo de gran interés estudiar las columnas de destilación de manera minuciosa, puesto que necesitan altas cantidades de energía para su funcionamiento. Los estudios de esta operación unitaria tienen la finalidad de mejorar la eficiencia de este proceso. Recientemente, May y col. (2017) realizaron una estrategia para el diseño de platos en una columna de destilación, comprobando los diseños en términos hidráulicos mediante simulaciones CFD, utilizando como base el plato sieve.

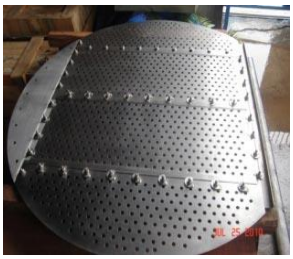
Tradicionalmente, en la industria química el plato perforado (sieve) es el más utilizado para realizar la separación de mezclas multicomponente. Por esta razón, en este trabajo se realiza la selección, dimensionamiento y diseño en 3 dimensiones de 5 platos y la columna de destilación. Estos resultados serán utilizados posteriormente para realizar la hidrodinámica de columnas de destilación de platos.

II. METODOLOGÍA

La metodología consiste en tres fases: la selección de los platos, el dimensionamiento de cada uno de ellos y el dibujo en CAD (Figura 1.)

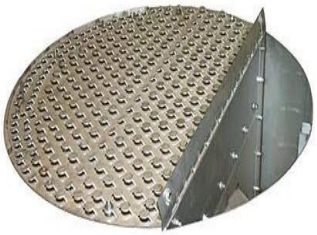
Figura 1. Metodología propuesta para el dibujo en 3D de platos para columnas de destilación.

Durante la fase 1 (selección), se eligieron 5 platos utilizados en columnas de destilación encontrándose lo siguiente: Sieve, Bubble cap, Glitsch Ballast, Kotch Flexytray, y Nutter Float Valve. En la Figura 2, se muestran los diseños originales de cada uno de los platos que se analizaron en este trabajo. **Figura 2.** Platos utilizados columnas de destilación.



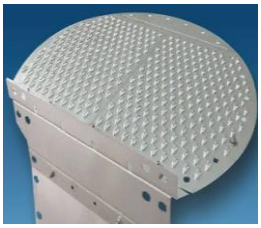
a) Plato Sieve

b) Plat Plato Bubble Cap



c) Plato Glitsch Ballast

d) Plato Kotch Flexytray



e)Plato Nutter Float Valve

En la fase 2, se realizó el dimensionamiento de cada uno de los platos. En la Tabla 1, se muestra el dimensionamiento de cada plato.

Tabla 1. Dimensiones utilizadas para los dibujos CAD.

	Sieve	Bubble Cap	Glitsch Ballast	Kotch Flexytray	Nutter Float Valve
Diámetro (cm)	19.24	20.67	18.65	30.48	19.29
Grosor (cm)	0.635	0.635	0.635	0.635	0.635
Altura de la bajante (cm)	3	3	3	3	3
Bajante (cm)	29	29	29	29	29
Orificio (cm)	0.5	0.5	0.25x2.75	0.5	0.7x1.5
Distancia entre orificios (cm)	1	1.5	0.5	1	1
Altura de la capucha (cm)	-	1.4	-	-	-
Apertura de la capucha (cm)	-	0.5x1.54	-	-	-
Altura de los salientes (cm)	-	-	1.5	1.5	1.5

III. RESULTADOS

Con la información obtenida en la fase 1 de selección y la fase 2 de dimensionamiento, se realizaron los dibujos en 3 dimensiones de los platos seleccionados.

En las siguientes Figuras se puede observar cada plato realizado, así como las etapas de las columnas de destilación que se realizaron durante este verano de investigación.

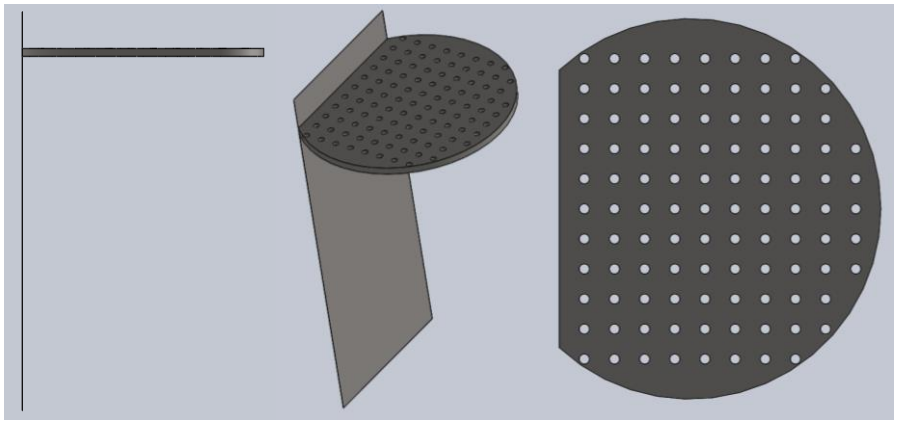


Figura 3. Plato Sieve realizado en SolidWorks.

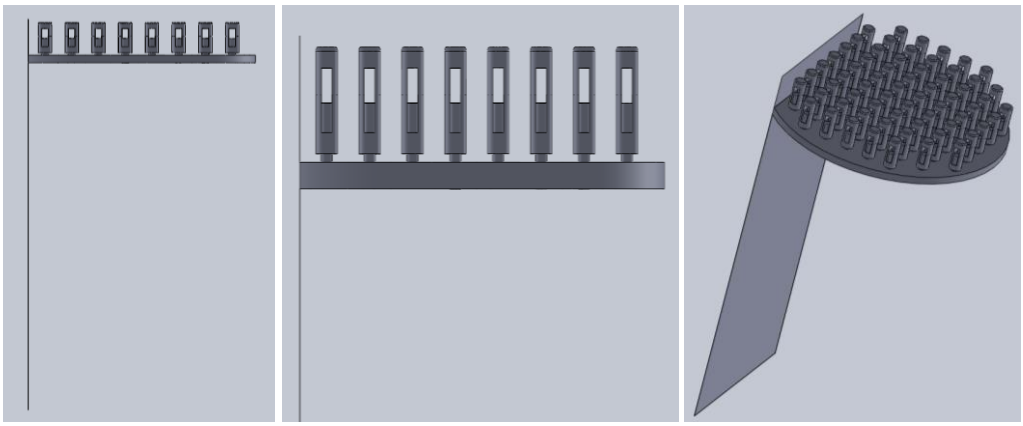


Figura 4. Plato Bubble Cap realizado en SolidWorks.

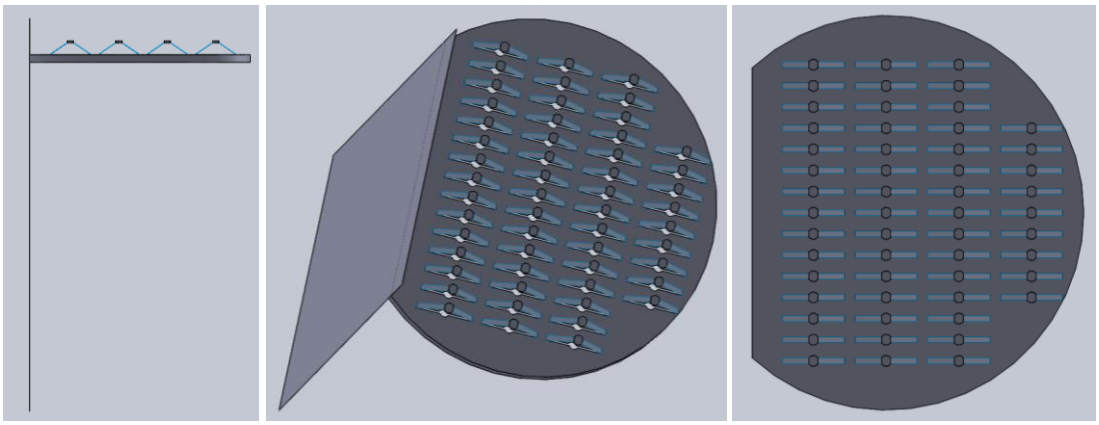


Figura 5. Plato Glitsch Ballast realizado en SolidWorks.

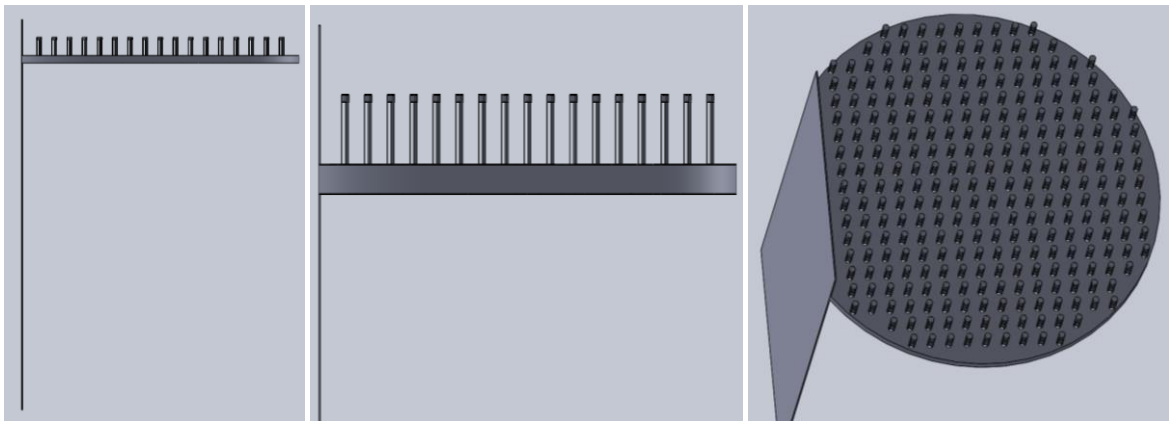


Figura 6. Plato Kotch Flexytray realizado en SolidWorks.

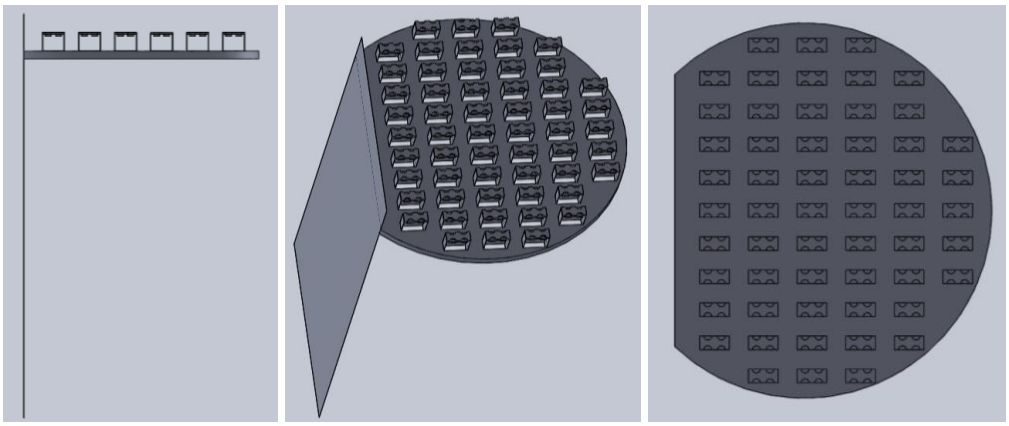


Figura 7. Plato Nutter Float Valve realizado en SolidWorks.

Posteriormente, se realizó el dibujo de la columna de destilación en función del diámetro de cada plato obtenido en la simulación rigurosa de Aspen One, a dicha columna se le incorporaron los platos anteriormente mostrados. En la Figura 8, se muestra las geometrías del acomodo del plato Sieve y del plato Bubble Cap dentro de su respectiva columna, lo que correspondería a una etapa de equilibrio.

Etapa Sieve Etapa Bubble Cap

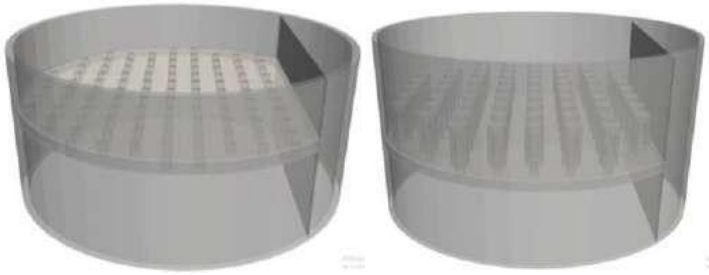


Figura 8. Geometrías de las etapas realizadas en SolidWorks.

IV. CONCLUSIONES

En este trabajo se propuso realizar los diseños en 3D de columnas de destilación de platos, pudiéndose representar exitosamente etapas de las columnas de destilación, así como algunos platos mediante el uso del software SolidWorks, con el fin de que estos diseños en 3D sirvan posteriormente para realizar análisis de la hidrodinámica en las columnas de destilación en simulaciones.

V. RECONOCIMIENTOS

Expreso mi agradecimiento al Instituto Tecnológico Superior de Irapuato por el apoyo otorgado para la realización de este verano de investigación.

REFERENCIAS

[1] Pulido, J. D. (2019). Estudio metodológico para optimizar el diseño y la operación de una columna de destilación Caso de estudio: destilación extractiva para la producción de bioetanol. Estudio metodológico para optimizar el diseño y la operación de una columna de destilación. Caso de estudio: Destilación extractiva para la producción de bioetanol (uniandes.edu.co)

[2] May, M. M., Rodríguez, M. A., Gómez, F. I. & Uribe, A. R. (2017). Hydrodynamic feasibility of the production of biodiesel fuel in a high-pressure reactive distillation column. *Chemical Engineering and Processing: Process Intensification, 112,* (31-37). Hydrodynamic feasibility of the production of biodiesel fuel in a high-pressure reactive distillation column | Elsevier Enhanced Reader

[3] Systems, D. (2011). Solidworks 2019. *Dessault Systemes: Vélizy-Villacoublay,* France.

SÍNTESIS DE COMPUESTOS DE INTERÉS PARA APLICACIONES BIOMÉDICAS

Angel Serratos Miguel
Universidad Autónoma de Querétaro
Facultad de Ingeniería-Campus Aeropuerto
Carr. a Chichimequillas s/n
C.P. 76140, Querétaro, Qro.
aserratos25@alumnos.uaq.mx

Jorge Carlos Ríos Hurtado
Universidad Autónoma de Coahuila
Facultad de Metalurgía
Carretera 57 Km 5, Los Bosques, 257
C.P. 25750, Monclova, Coah.
jorgerios@uadec.edu.mx

Resumen — Materiales como la magnetita, maghemita y PNIPAM tienen potenciales aplicaciones en tratamientos médicos, como la hipertermia. Existen diferentes métodos para la síntesis de estos compuestos, en este trabajo se utilizó la co-precipitación y tratamiento térmico. Se realizó la síntesis de acuerdo con los procedimientos del Dr. Ríos y colaboradores, con hidróxido de sodio en lugar de hidróxido de amonio. Los materiales obtenidos fueron caracterizados por difracción de rayos X, en el caso de la magnetita presentó una estructura no complemente cristalina, se obtuvieron resultados similares a la literatura existente. La diferencia del tratamiento térmico utilizado en la maghemita demuestra que su estructura cristalina fue refinada. Los resultados FT-IR del PNIPAM mostraron las características esperadas a este polímero.

Palabras clave — hipertermia; magnetita; maghemita; PNIPAM.

Abstract —. Materials such as maghemite, magnetite have potential applications in medical treatments, including hyperthermia. There are different methods for the synthesis of these compounds, in this work co-precipitation and heating treatment were used. The synthesis was according to the procedures of Dr. Ríos and collaborators, with sodium hydroxide instead of ammonium hydroxide. The materials obtained were characterized by X-ray diffraction, in the case of magnetite, it presented a non-crystalline structure, results similar to the existing literature were obtained. The difference in the heating treatment used in maghemite indicated that its crystal structure was refined. The FT-IR results of PNIPAM demonstrated the expected characteristics of this polymer.

Keywords — hyperthermia; magnetite; maghemite; PNIPAM.

I. INTRODUCCIÓN

La hipertermia es un tratamiento anticancerígeno que utiliza temperaturas superiores a las del nivel fisiológico óptimo, se encuentra entre 40 y 43 °C, este tratamiento puede modificar factores esenciales para supervivencia del tumor; como lo son el microambiente, respuesta inmunitaria, vascularización y el suministro de oxígeno [1].

Materiales como el compósito $Mn_{0.4}Zn_{0.6}Fe_2O_4$/carbón activado ha sido sometida a pruebas de hemólisis para evaluar la biocompatibilidad y ha demostrado tener una actividad hemolítica menor al 5% con lo que se demuestra que es un potencial candidato para las aplicaciones biomédicas [2].

La maghemita y las magnétita son fases del óxido de hierro, ambas son magnéticas y tienen estructura cristalina de espinela inversa, la diferencia entre estas ferritas es que la

magnetita contiene estado de oxidación Fe^{+3} en el tetraedro y en el octaedro, con ausencia de Fe^{+2} [3].

La magnetita presenta un campo magnético ligeramente mayor a la maghemita, en saturación de magnetización la magnetita tiene 80 emu/g mientras que la maghemita aproximadamente 70 emu/g [4].

Para cierto tipo de nanopartículas, su tamaño y geometría establecen sus transiciones magnéticas; es el caso de la magnetita, la cual es ferromagnética cuando el tamaño de la partícula es mayor a 15 nm y superamagnética cuando es menor a 15 nm [4][5].

Existen numeroso métodos químicos y físicos para la obtención de óxidos de hierro, aun así, se sigue buscando mejores métodos para obtener nanopartículas monodispersas, asegurar la reproducibilidad y la escalabilidad del proceso, al mismo tiempo que se limitan los pasos de purificación complejos [6].

Las esferas de mágnetita (Fe_3O_4) no son tóxicas, son biocompatibles, químicamente estables y de naturaleza magnética e hidrófila. [7]. El tipo de síntesis que se utilice para la síntesis de magnetita es responsable del diámetro de las esferas. El método utilizado para síntesis fue Co-precipitación, el cual es un método fácil y conveniente para sintetizar nanopartículas magnéticas de soluciones acuosas salinas por la adición de una base como agente precipitante [2][8].

El calentamiento por inducción se produce por el calor de las corrientes inducidas en un objeto conductor expuesto a un campo magnético alterno, producido por la corriente eléctrica que fluye a través de la bobina inductora. [9].

II. METODOLOGÍA

La estancia se dividió en la síntesis de compuestos con distintas aplicaciones en el área de la salud.

1. Síntesis de magnetita y maghemita

Se utilizaron los procedimientos del Dr. Rios y colaboradores, con hidróxido de sodio sodio en lugar de hidróxido de amonio [2]. Para la síntesis de magnetita se agregó cloruro férrico hexahidratado y cloruro férrico hasta llegar a una relación estequiométrica de 2:1 en 25 mL de agua destilada. Esta solución se agregó por precipitado a una solución de hidróxido de sodio 5M previamente calentada a 80°C, a continuación, se agita durante 15 minutos. Posteriormente se utilizó la separación magnética para enjuagar con agua destilada 5 veces. Lo resultante fue secado a temperatura ambiente en un vidrio de reloj durante 24 h. Las partículas resultantes son colocadas en un crisol para un tratamiento térmico a 200° C por 3 horas para la obtención de maghemita.

2. Síntesis de la poli-N-isopropilacrilamida

Se realizó por el método de polimerización en suspensión, se utilizaron 1 g de poli-N-isopropilacrilamida (PNIPAM) y 0.2 g de dodecilsulfato sódico (SDS). Para empezar la polimerización, se agregó 60 ml de agua en un reactor y se calentó a 70 °C con agitación mecánica, posteriormente se introdujeron los 2 reactivos y se mantuvo el sistema de esta manera durante 4 horas y media. Para desplazar el oxígeno en el reactor se introdujo gas argón. Posteriormente se vació el contenido del reactor a un matraz de bola, se colocó el matraz en un evaporador rotativo, la temperatura se ajustó a 74 °C durante 30 minutos. Para aglomerar el polímero disperso en la solución se utilizó un rotovapor, se ajustó a a 74°C a 125 rpm durante 30 min.

III. RESULTADOS Y DISCUSIONES

Los materiales sintetizados con estructura cristalina definida fueron caracterizados por difracción de rayos X. En la fig. 1 se presenta el difractograma de la magnetita sintetizada. Como se puede observar las señales son poco anchas que permite inferir que el material no es completamente cristalino. Cuando la magnetita se sintetiza por coprecipitación y en esta proporción se ha demostrado que tienen esta forma. Las señales más relevantes para la magnetita que se observan en la imagen son las siguientes: en 30.9º (220), en 36.2º (311), en 44.3º (400), en 54.7º (422), en 58.3º (422), eb 63.5º (440). Estas señales corresponden a las obtenidas por Múzquiz-Ramos y col. en el 2015, quienes sintetizaron partículas de magnetita y maghemita a través de un tratamiento térmico.

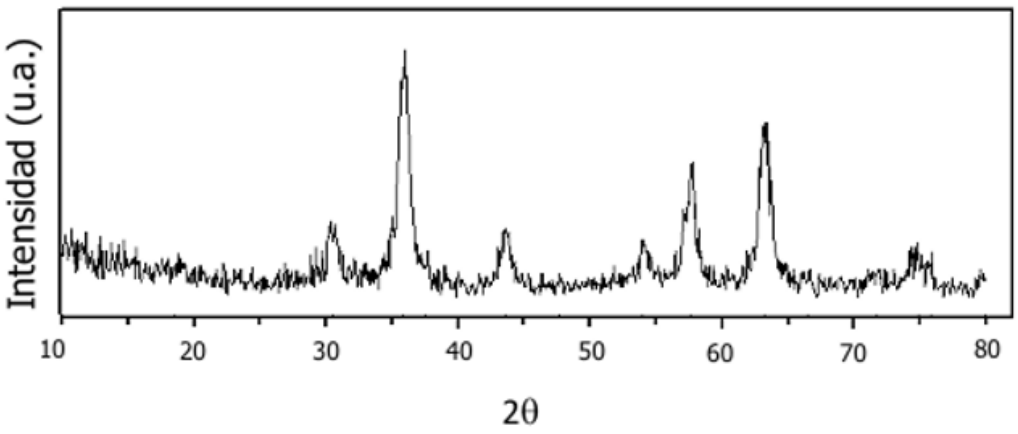


Fig. 1. Difractograma de la magnetita sintetizada

Una vez obtenida la magnetita, se procedió a realizar el tratamiento térmico de la misma para la obtención de maghemita, donde se puede observar en la figura 2, señales más definidas en el difractograma, lo que permite inferir que el tratamiento térmico está refinando la estructura cristalina. Las señales de magnetita y maghemita son similares, con un ligero corrimiento en el ángulo 2θ.

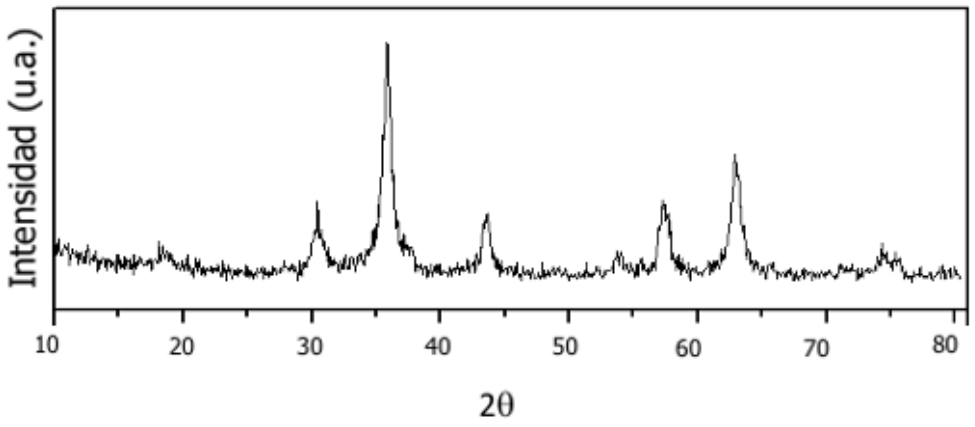


Fig. 2. Difractograma de la maghemita

Además, se sintetizó el PNIPAM con la finalidad de que fuese utilizado como una matriz para soportar la maghemita y el óxido de zinc para que fuese aplicado como un material para su uso en técnicas de hipertermia magnética. En la figura 3 se presenta el espectro FT-IR del PNIPAM sintetizado. Las bandas más características se presentan dentro del espectro, las primeras señales en 3800, 3765 y 3500 cm^{-1} corresponden a los estiramientos para los enlaces N-H correspondientes a una amida de tipo secundaria. También se puede observar las señales de estiramiento C-H en 2950 y 2850 cm^{-1}. La amida contiene un grupo carbonilo (C=O) donde la señal se presenta en 1700 cm^{-1}. Finalmente, las señales posteriores corresponden a los sobretonos de otros movimientos vibracionales de los enlaces mencionados.

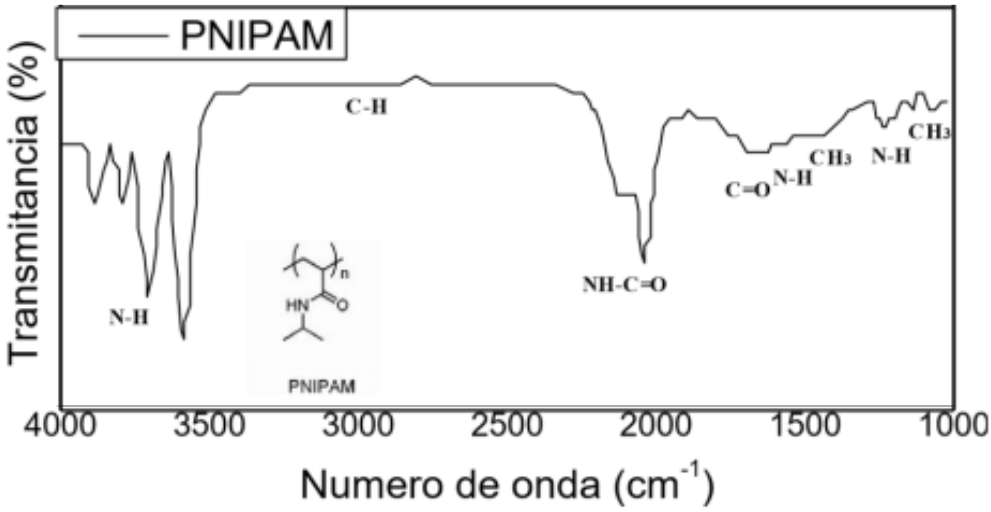


Fig. 3. Espectro FT-IR del PNIPAM sintetizado.

IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Fue posible obtener la magnetita y maghemita por medio de la técnica de coprecipitación química y tratamiento térmico, resultados observados en los patrones de DRX. La base polimérica se sintetizó y los resultados de FT-IR demuestran la presencia de las señales correspondientes a este polímero. Se recomienda continuar con la experimentación sobre la mezcla de estos materiales en un material compuesto con aplicaciones para hipertermia magnética. Actualmente se están realizando pruebas de calentamiento con una bobina de inducción magnética que también se construyó durante la estancia.

VI. AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Autónoma de Coahuila por recibirme para la realización de la estancia, al Dr. Sergio Flores y la M.C. Fatima Lara por su apoyo y también a la beca que se me otorgó para la asistencia y traslado durante el periodo de la estancia

REFERENCIAS

[1] Crezee J, Franken NAP, Oei AL. Hyperthermia-Based Anti-Cancer Treatments. Basel. 2021

[2] J.C. Ríos-Hurtado, A.C. Martínez-Valdés, J.R. Rangel-Méndez, J.C. Ballesteros-Pacheco, E.M. Múzquiz-Ramos, “Facile Synthesis and Characterization of $MnxZn_1$-xFe_2O_4/Activated Carbon Composites for Biomedical Applications”, Journal of Ceramic Science and Technology, 2016.

[3] Gloria Rosales et al., Formación de maghemita a partir de magnetita obtenida por coprecipitación química. Revista Iberoamericana de Ciencias. 2021.

[5] Wei, W.; Quangou, H.; Changzhong, J. Nanoscale Res. Lett, 2008

[6] Laurent, S.; Forge, D.; Port, M.; Roch, A.; Robic, C.; Vander Elst, L.; Muller, R. N. Chem. Rev. 2008

[7] Singh, D. K., & Mondal, M. K. (2022). Nanoadsorbent: An alternative to conventional adsorbent for water remediation. In Hazardous Waste Management, 2021.

[8] Ravindra Kumar Gautam, Mahesh Chandra Chattopadhyaya, “Adsorbents and Applications”, Butterworth-Heinemann, 2016.

[9] Lupi, Sergio. “Fundamentals of Electroheat”, Springer. 2017.

[10] Muzquiz-Ramos, E.M. et al., Synthesis and characterization of maghemite nanoparticles for hyperthermia applications. Ceramics Int. 2015.

SÍNTESIS BAJO LA INFLUENCIA DE CAMPO MAGNÉTICO DE MATERIALES NANO-ESTRUCTURADOS

Evelyn Isabel Mendo González
Universidad Autónoma de Coahuila
Facultad de Ciencias Químicas
Blvd. Venustiano Carranza e Ing. José Cárdenas Valdez. República, C.P. 25280
Saltillo, Coah.
mendo.e@uadec.edu.mx

María de los Ángeles Cuán Hernández
Universidad Autónoma de Querétaro
Facultad de Ingeniería – Campus Aeropuerto
Carr. a Chichimequillas s/n
C.P. 76140, Querétaro, Qro.
angelescuan24@yahoo.com.mx

Resumen — El efecto del campo magnético fue evaluado mediante la síntesis de nano materiales del tipo perovskita $SrFeO_3$ que se realizó por el método sol-gel convencional y por el método sol-gel asistido con campo magnético a diferentes frecuencias (120 Hz y 1000 Hz), se analizaron las propiedades de los materiales a través de diferentes técnicas de caracterizaron como análisis termogravimétrico (TGA) y técnicas estructurales y de composición química; difracción de rayos X (DRX), de acuerdo con los resultados obtenidos en el DRX el producto obtenido por ambos métodos de síntesis (con y sin campo magnético) tienen una pureza cristalina similar, sin embargo, en la síntesis asistida con campo magnético el porcentaje de la perovskita es mayor.

Palabras clave — $SrFeO_3$, Sol-gel, campo magnético, perovskita.

Abstract — The effect of the magnetic field was evaluated through the synthesis of nanomaterials of the perovskite type $SrFeO_3$ that was synthesized by the conventional sol-gel method and by the sol-gel method assisted with magnetic field at different frequencies (120 Hz and 1000 Hz), the properties of the materials were analyzed through different characterization techniques such as thermogravimetric analysis (TGA) and structural and chemical composition techniques; X-ray diffraction (XRD), according to the results obtained in the XRD, the product obtained by both synthesis methods (with and without magnetic field) have a similar crystalline purity, however, in the magnetic field-assisted synthesis the percentage of the perovskite is better.

Keywords — $SrFeO_3$, Sol-gel, magnetic field, perovskite.

I. INTRODUCCIÓN

Los materiales de perovskita ($SrFeO_3$-δ) (0 < δ < 0.5) han sido ampliamente estudiados en los últimos años debido a sus diversas aplicaciones, Estos materiales siguen la estructura química ABX_3 , siendo A y B cationes de tamaños distintos y X un anión [1] [2], por lo que existen perovskitas de diferentes tipos, empezando por los óxidos de perovskita inorgánicos como el $CaTiO_3$, $BaTiO_3$, $LaMnO_3$,$SrFeO_3$, haluros como $CsSnI_3$, $CsPbI_3$ y en los últimos años, otro grupo de materiales llamados perovskitas híbridas orgánico-inorgánicas (HOIP) han sido desarrolladas, éstas comprenden un catión de amonio orgánico A ($CH_3NH_3^+$,$NH=CHNH_3^+$, etc.), un catión metálico divalente B (Pb^{2+} , Sn^{2+} , Cd^{2+} , Fe^{2+} , Co^{2+} , Cu^{2+} , etc.) y los iones haluro X (Cl^- , Br^- , o I^-). La deficiencia

de oxígenos en la estructura cristalina ha permitido la investigación en diversas áreas como en óptica, magnetismo y electrónica, desarrollando tecnología como sensores de oxígeno, fotocatalizadores, dispositivos de memoria y celdas solares, e incluso en un estudio reciente se evaluó como agente antibacterial y para el manejo de aguas residuales. [3]

Existen diferentes métodos de síntesis que se han desarrollado a partir del descubrimiento de dicho material, y se ha llegado a la conclusión de que es más sencillo sintetizar este tipo de materiales a partir de precursores y siguiendo un método de síntesis en específico para potenciar o controlar sus propiedades dependiendo de la aplicación deseada.[3] Entre los distintos métodos descritos en la literatura, están la reacción convencional a alta temperatura de estado sólido, principalmente en perovskitas de TiO_2 y $CaCO_3$ o CaO; métodos químicos - mecánicos; método químico de co-precipitación; método hidrotermal; síntesis sol-gel; método de precursor polimérico; descomposición hidrotermal de un único precursor $[Ca(H_2O)_3]_2 . [Ti_2(O_2)_2O(NC_6H_6O_6)_2] \cdot 2H_2O$ a baja temperatura; técnica de solución por combustión; método hidrotérmico asistido por microondas, por mencionar algunos, actualmente se sigue trabajando en el mejoramiento de la ruta de síntesis, buscando alternativas de precursores, utilizando menor energía, optimizando los tiempos de reacción para así desarrollar técnicas más ecológicas y reducir costos de producción. [4]

En la mayoría de los materiales inorgánicos una perturbación como el campo magnético (H), la presión (P), la irradiación y la sustitución pueden cambiar drásticamente las propiedades físicas o inducir una transición de fase. El control de la estequiometría del oxígeno es una forma de controlar las propiedades físicas. De manera similar, con la aplicación del campo magnético, la naturaleza de la dependencia de la temperatura de la deformación de la red cambia drásticamente y aunque existen varios informes para demostrar que el sistema $SrFeO_3$- δ es sensible tanto a la presión como a los defectos, la información sobre el orden inducido por el campo de la vacante de oxígeno y sus cambios en las propiedades magnéticas son escasos. [5] [6] En este proyecto desarrollaremos la síntesis de la perovskita tipo $SrFeO_3$ bajo la influencia de un campo magnético utilizando un toroide y aplicando energía de 20 Hz y 1 kHz.

II. MARCO TEÓRICO

En 1839 en los Montes Urales en Rusia, Gustav Rose descubrió un mineral el cual nombró Perovskita, en honor al mineralogista ruso L. A. Perovski. Este material fue específicamente el titanato de calcio con fórmula CaTiO3. La investigación de dicho mineral se vio pausada y lenta y fue hasta el 2008 cuando se descubrió su capacidad de absorber luz solar y convertirla en energía, a partir de ahí empezó el auge por este tipo de materiales. [7] Es un mineral abundante en la naturaleza, se encuentra en las zonas montañosas, obtenido principalmente de rocas ígneas o magmáticas, por lo que su extracción resulta fácil, económica y verde. Sin embargo, al sintetizarla en los laboratorios de investigación se le pueden otorgar propiedades que no se obtendrían de perovskita natural, es por eso que continuamente se trabaja en el desarrollo de los múltiples tipos de perovskita y de las aplicaciones a distintas ramas de la tecnología.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

Como precursores se utilizaron nitrato de estroncio $Sr(NO_3)_2$ y nitrato de hierro (III) nonahidratado $Fe(NO_3)_3 \cdot 9H_2O$, ácido cítrico como catalizador en proporciones 3:1, así como hidróxido de amonio para ajustar el pH.

Se realizó la síntesis utilizando el método sol-gel convencional, el cual se utilizó como blanco o como referencia, y además otras dos síntesis utilizando el campo magnético a frecuencias de 120 Hz y 1000 Hz. Para empezar se calentaron 20 mL de agua destilada hasta 75 – 80 °C con agitación magnética, y se encendió el campo magnético en la frecuencia establecida, se agregó el $Fe(NO_3)_3 \cdot 9H_2O$, $Sr(NO_3)_2$ y el ácido cítrico, una vez homogenizados los polvos se agregaron aproximadamente 15 gotas de NH_4OH para ajustar el pH a un valor de 3.5, posteriormente se dejó evaporar el agua hasta que quedaron aproximadamente 7 mL, se vació en un crisol y se llevó a la estufa a una temperatura de 80°C por 3 horas, posterior a eso se calcinó en la mufla

El análisis de difracción de rayos X en polvo (DRX) se realizó para identificar fases con un instrumento Bruker D8 Advance utilizando radiación X monocromática de CuKα1 L3 (λ = 1,540598 Å) y un detector LYNXEYE. Se utilizó un tamaño de paso de 0.062°(2θ) y una duración de paso de 1.5 s de 10° a 80° en (2θ).

IV. RESULTADOS

Síntesis

Tabla 1. Características físicas de los precursores

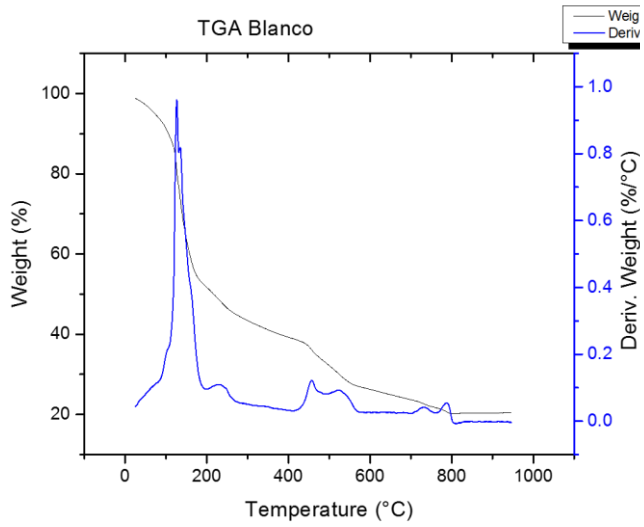
	Color	Textura
Blanco	Amarillo- Verdoso	Miel/ gel
120 Hz	Verde	Miel/ gel
1000 Hz	Verde	Miel/ gel

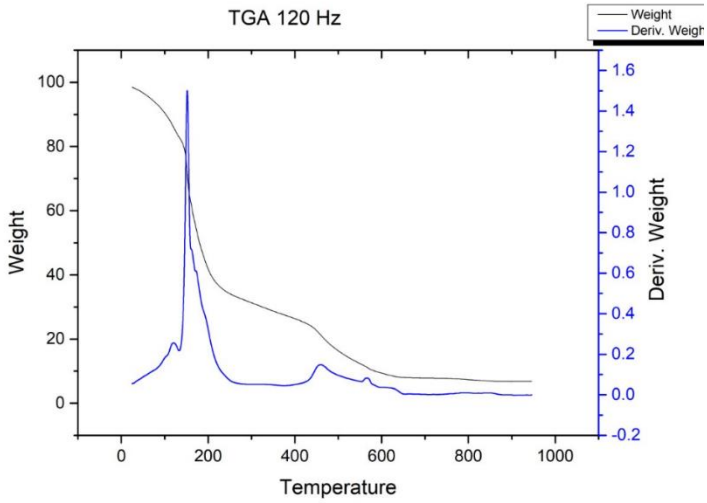
Difracción de Rayos X

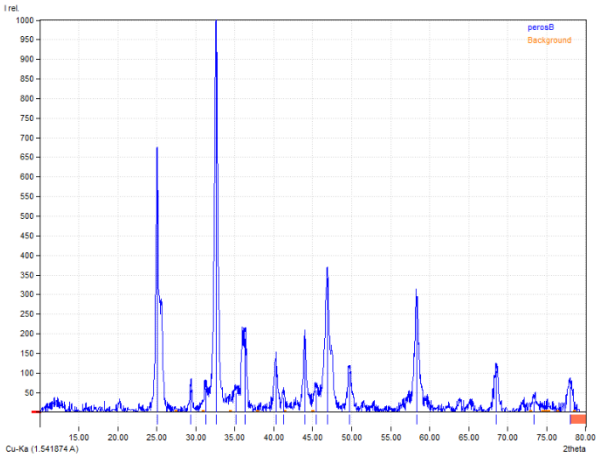
La identificación de fase se realizó utilizando el software de EVA de Bruker utilizando las cartas cristalográficas para perovskita 96-152-1172, para estroncianita 96-901-3803. Los patrones se corrigieron para el desplazamiento de la altura de la muestra, calibrando a la reflexión de perovskita más intensa (101) a 27,6°(2θ).

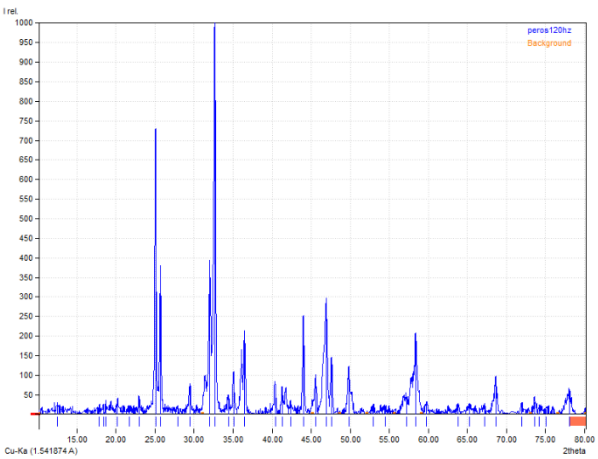
Tabla 2. Análisis de datos difracción de Rayos X

	Fórmula Química	Estructura cristalina	Porcentaje
Blanco	**$Sr_4Fe_4O_{11}$**	**ortorrómbico**	**32.1**
120 Hz	**$Sr_4Fe_4O_{11}$**	**ortorrómbico**	**100**
1000 Hz	**$Sr_4Fe_4O_{11}$**	**ortorrómbico**	**100**









Fig, 2. Difracción de rayos X 120 Hz

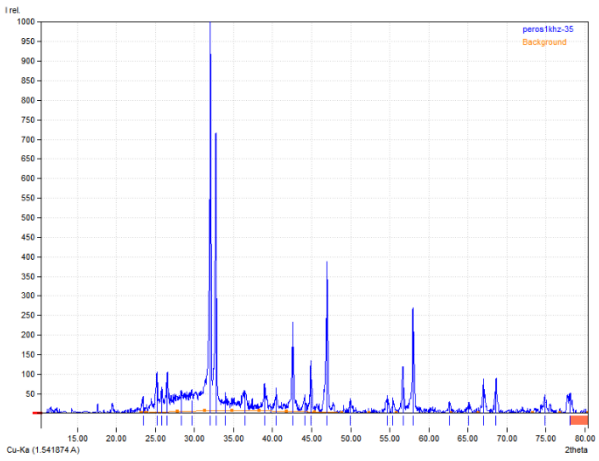


Fig. 3. Difracción de rayos X 1000 Hz

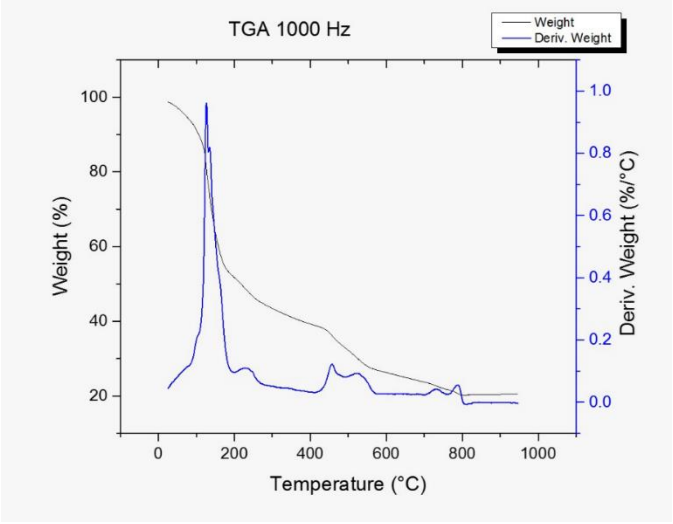


Fig., 6. Análisis termogravimétrico con 1000 Hz

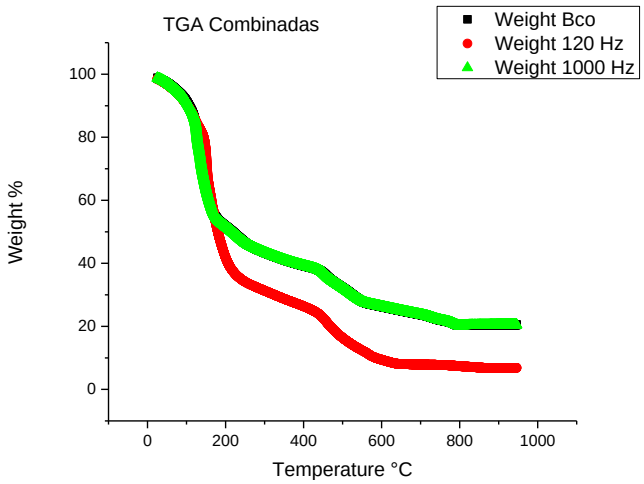


Fig., 7. Análisis termogravimétrico de las 3 muestras

V. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Físicamente y a simple vista, desde los precursores de los nano materiales sintetizados lucían diferente al aplicar un campo magnético y con los análisis de difracción de rayos X, se pudo identificar que en general se obtuvo una perovskita aplicando el campo magnético, ya que en la síntesis en la que se utilizó 120 Hz de frecuencia también se obtuvo carbonato de estroncio ($SrCO_3$) en una proporción de 41.3 de $SrFeO_{2.75}$ y 58.7 de $SrCO_3$, y con respecto al de 1000 Hz se obtuvo una proporción de 43.5/56.5 respectivamente, lo que nos indica que entre mayor sea la frecuencia aplicada mayor será la perovskita obtenida.

En cuanto al análisis termogravimétrico se puede observar que la pérdida de peso es similar en todos los gráficos, sin embargo, la temperatura de cambio de fase en la síntesis del blanco y la de 1000 Hz es muy similar, y se mantiene en el rango de descomposición termo-oxidativa, mientras que en la de 120 Hz la degradación es más pronunciada y alcanza a entrar buena parte de la degradación al rango de carbonización, sales no oxidables y cenizas.

VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Se obtuvo la perovskita tipo $Sr_3Fe_3O_{11}$ y se pudo observar como el campo magnético tiene un efecto positivo en las perovskitas sintetizadas ya que las síntesis en las que se utilizó el campo magnético mostraron mayor porcentaje de producto requerido a comparación del blanco, es importante mencionar que las condiciones de calcinación tienen un papel muy importante para el buen desarrollo de este experimento, por lo que es importante realizar análisis termogravimétricos y de calorimetría diferencial de barrido para poder desarrollar una buena ruta de calcinación.

VII. RECONOCIMIENTOS

Agradezco principalmente a mi familia que me apoyó para realizar esta estancia de investigación, de igual manera a la Universidad Autónoma de Querétaro y al cuerpo académico de Nanotecnología, especialmente a la Dra. Ángeles Cuán, quién fue una excelente tutora y siempre estuvo para resolver dudas, a las personas que colaboraron en los análisis realizados, la M. en C. Ireri Segura y el M. en C. Luis Fernando Morelos y por supuesto a mi universidad, la Universidad Autónoma de Coahuila por las facilidades y el apoyo brindado para realizar este verano de ciencia en la ciudad de Querétaro.

REFERENCIAS

[1] P.C. Reshmi Varma, Chapter 7 - Low-Dimensional Perovskites, Editor(s): Sabu Thomas, Aparna Thankappan, Perovskite Photovoltaics, Academic Press, 2018, Pages 197-229,

[2] Sarat Kumar Sahoo, Balamurugan Manoharan, Narendiran Sivakumar, Chapter 1 - Introduction: Why Perovskite and Perovskite Solar Cells, Editor(s): Sabu Thomas, Aparna Thankappan, Perovskite Photovoltaics, Academic Press, 2018, 1-24.

[3] E. K. Abdel-Khalek, D. A. Rayan, Ahmed. A. Aska,, M. I. A. Abdel Maksoud, H. H. El-Bahnasawy. Synthesis and characterization of SrFeO3-δ nanoparticles as antimicrobial agent, Journal of Sol-Gel Science and Technology, 2020

[4] Jongprateep, Oratai; Sato, Nicha; Techapiesancharoenkij, Ratchatee; Surawathanawises, Krissada (2019). Electrocatalytic Properties of Calcium Titanate, Strontium Titanate, and Strontium Calcium Titanate Powders Synthesized by Solution Combustion Technique. Advances in Materials Science and Engineering, 2019, Pages 1–7

[5] Lozano Sánchez, L. M. (2013). Síntesis rápida y aplicación fotocatalítica de prismas rectangulares de perovskita CaTiO3 [Maestro en Nanociencias y Materiales]. Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica (IPICYT).

[6] Valdés, J.; Reséndiz, D.; Cuán, Á.; Nava, R.; Aguilar, B.; Cortés-Romero, C.M.; Navarro, O. Sol-Gel Synthesis of the Double Perovskite Sr2FeMoO6 by Microwave Technique. Materials 2021, 14, 3876

[7] I.R. Shein, V.L. Kozhevnikov, A.L. Ivanovskii. The influence of oxygen vacancies on the electronic and magnetic properties of perovskite-like SrFeO3-x. Journal of Physics and Chemistry of Solids 67 (2006) 1436–1439.

[8] Suneth C. Watthage, Zhaoning Song, Adam B. Phillips, Michael J. Heben, Chapter 3 Evolution of Perovskite Solar Cells, Editor(s): Sabu Thomas, Aparna Thankappan, Perovskite Photovoltaics, Academic Press, 2018, Pages 43-88,

SÍNTESIS DE MATERIALES NANOESTRUCTURADOS PARA SU APLICACIÓN EN FOTOCATÁLISIS

Victor Ivan Landeros Velazquez
Instituto Tecnológico Superior de Irapuato,
Carretera Irapuato-Silao, Km 12.5, El Copal,
C.P. 36821, Irapuato, Guanajuato, México
lis1711671@irapuato.tecnm.mx

Gabriel Herrera Pérez
Instituto Tecnológico Superior de Irapuato,
Carretera Irapuato-Silao, Km 12.5, El Copal
C.P. 36821, Irapuato, Guanajuato, México
gabriel.hp@tecnm.mx

Resumen —En los últimos 40 años, la capacidad que tienen los Cerámicos Nanoestructurados para la Fotocatálisis ha sido ampliamente estudiada. Especialmente al tratarse de cerámicos constituidos por Óxidos Metálicos en su aplicación como Agentes Fotocatalíticos para la degradación de compuestos orgánicos de alta residualidad y con un impacto ecológico considerable. En este trabajo se estudia la capacidad que tiene Óxido de Zinc (ZnO) para la degradación del Ácido 2,4-Diclorofenoxiacetíco, por medio de la ionización inducida por Fotocatálisis, así como la capacidad de modificar y facilitar la actividad Fotocatalitica del ZnO. Al añadir Agentes Dopantes Férricos en su Estructura Cristalina. De modo que, tal como se señala en la literatura, se alcance un decremento de la energía de bandas prohibida, lo cual permite la fotocatálisis con menor energía radiante.

Palabras clave — Cerámicos Nanoestructurados, ZnO, Fotocatálisis, Ácido 2,4-Diclorofenoxiacético.

Abstract — In the last 40 years, the capacity of Nanostructured Ceramics for Photocatalysis has been extensively studied. Especially when dealing with ceramics composed of Metal Oxides in their application as Photocatalytic Agents for the degradation of organic compounds with high residuality and with a considerable ecological impact. In this work, the capacity of Zinc Oxide (ZnO) for the degradation of 2,4-Dichlorophenoxyacetic Acid, through ionization induced by Photocatalysis, as well as the capacity to modify and facilitate the Photocatalytic activity of ZnO, is studied. By adding Ferric Doping Agents in its Crystalline Structure. So, as indicated in the literature, a decrease in the energy of forbidden bands is achieved, which allows photocatalysis with less radiant energy.

Keywords — Nanostructured Ceramics, ZnO, Photocatalysis, 2,4-Dichlorophenoxyacetic Acid.

I. INTRODUCCIÓN

En lo referente a la aplicación de óxidos Metálicos para la degradación de agentes contaminantes, tales como el Ácido 2,4-Diclorofenoxiacético (2,4-D), el cual es un Herbicida de comportamiento hormonal, cuya solubilidad es del 100 % en agua a 25 ºC [1], el cual es empleado de manera libre en el control de maleza de hoja ancha a nivel agrícola en México, pero que sin embargo, ha mostrado una alta toxicidad para el ser humano, dada su tendencia a inhibir rutas metabólicas a nivel neuronal, promoviendo enfermedades neurodegenerativas como el Alzheimer [2], esto ha llevado la necesidad de degradar dicho compuesto. El 2,4-D, muestra una tendencia a la descomposición al ser irradiado con luz Ultravioleta (UV) en entorno acuoso y a una longitud de onda de 283 nm [3-5]. El uso de agentes fotocatalíticos es una buena opción para la degradación de este herbicida. En la literatura previa, se ha destacado las capacidades óxidos metálicos como el ZnO, dada su baja toxicidad y fácil obtención [6]. En este trabajo, se estudia la capacidad fotocatalítica del ZnO, al modificar su Energía de Banda Prohibida (E_{BP}) al añadir Agentes dopantes en su estructura cristalina, disminuyendo su requerimiento energético a menos de 3.37 eV señalados en la literatura científica [7]. De este modo, se promueve la transición energética

del ZnO, que al ser un semiconductor tipo P, permite la fotodegradación del 2,4-D con luz de mayor longitud de onda, aproximada a 365 nm [4].

II. MARCO TEÓRICO

H. Ácido 2,4-Diclorofenoxiacético (2,4-D)

El 2,4-D es un herbicida sistémico selectivo del grupo de los fenoxiacéticos, constituido por un ácido carboxílico alifático simple, unido a un anillo aromático sustituido con un cloro a través de un enlace éter [2], dicha estructura se muestra en la Fig 1 y es de alta residualita, de manera que es necesario el uso de agentes que propicien su degradación.

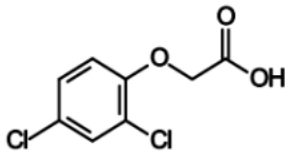


Fig. 1. Estructura molecular del Ácido 2,4-Diclorofenoxiacético [2].

I. Capacidad Fotocatalitica del ZnO con dopaje tipo P

Los sólidos cristalinos iónicos, contienen dos clases de superposición de los sistemas de bandas energéticas individuales [8]. Estos tienen una disposición de niveles de energía a modo de bandas, las cuales pueden estar ocupadas por electrones a diferentes niveles energéticos. Los electrones se encuentran separados por un nivel mínimo de transición energético, el cual se identifica como Energía de Banda Prohibida (E_{bp}). La literatura menciona que la E_{bp} es alterado cuando se añade un elemento dopante, ampliando $E_{bp}+\Delta E$ o estrechando $E_{bp}-\Delta E$ la amplitud de banda prohibida [9]. El incremento de la banda prohibida es referido al dopaje tipo P; mientras que el decremento de la banda prohibida es referido al dopaje tipo N, véase Fig 2. Los orificios por vacancia en los dopajes tipo P crean un nivel de energía aceptante justo por encima de la banda de valencia, donde los estados móviles, comenzando el proceso redox de la fotocatálisis [10-11].

a) b) c)

Fig. 2. Bandas de Energía a) sin dopaje, b) con dopaje tipo P, c) con dopaje tipo N [Autogenerado].

La presencia de dopajes en la estructura cristalina del ZnO, conlleva a la formación de centros de recombinación de huecos electrónicos en la banda de energía, esto en función del porcentaje de dopante, el tipo de interacción electrónica. Lo anterior se sustenta en lo

descrito en la teoría de Bandas. La capacidad de ionizar moléculas orgánicas, es cumplida por óxidos metálicos como el ZnO [12], el cual es un material cerámico semiconductor del tipo II-VI, el cual posee una E_{bp} de 3.37 eV, a 298.15 K y cuya estructura cristalina más estable a condiciones de síntesis estándar, con o sin dopantes es la de la Wurtzita, véase Fig. 3, con acomodo cristalino hexagonal [7] y cuya fórmula general con dopante férrico es $Zn_{0.9}TM_{0.1}O$, (TM=Fe o Co) [13]. El ZnO un candidato para aplicaciones como semiconductor, catalizador y como agente fotocatalítica. Donde se busca alcanzar transiciones energéticas con menor energía radiante. El comportamiento energético puede ser modificado a partir de variaciones estructurales inherentes a las condiciones de síntesis, donde la incorporación de dopajes da paso a defectos estructurales, los cuales tienen una acción directa sobre la cristalita y dando lugar a un aumento o decremento de la E_{bp}, en función de la naturaleza electrónica del dopante añadido [13].

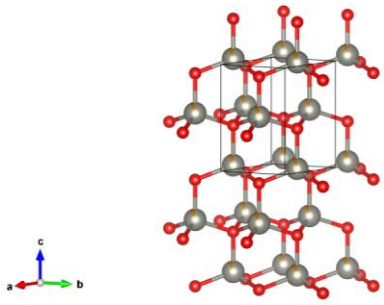


Fig. 3. Modelo de ZnO con 0.1 de fracción férrica en su Estructura de Wurtzita simulado en VESTA 2021 [14-15].

La incorporación de dopantes tipo P, produce defectos por vacancias de electrones, lo cual, a su vez, provoca el decremento en la energía de banda prohibida del ZnO, al añadir niveles extra sobre la banda de valencia. Esto permite alcanzar la transición electrónica de los electrones con una energía menor a los 3.37 eV correspondientes a la Energía de Banda Prohibida (E_{bp}) del ZnO sin agentes dopantes. La reacción de fotocatálisis descrita en este trabajo ocurre a partir de la adsorción de los reaccionantes sobre la superficie, la liberación de productos y la difusión de productos a partir de la superficie [8]. Esto ocurre cuando el ZnO es irradiado a longitudes de onda en la región del UV-Cercano (380 nm), de modo que se generan electrones libres y huecos de carga positiva, dando paso a la liberación de radicales libres *OH y O^- [4], véanse Ec. 1, 2 y 3. Donde los portadores liberados hidrolizan las moléculas de agua presentes en el medio, liberando más radicales *OH y radicales $*O_2$. Es de esta manera que las especies radicalarias liberadas reaccionan con los contaminantes orgánicos, para su descomposición en subproductos no tóxicos, tales como CO_2 y H_2O [5].

$$e^- + O_2 \rightarrow * O_2 \quad (1)$$

$$ZnO + hv \rightarrow e^- + h^+ \quad (2)$$

$$h + H_2O + Compuesto\ organico \rightarrow * OH + H^{'-} + CO_2 + H_2O \quad (3)$$

J. Fotocatálisis y Degradación de 2,4-D inducida con ZnO con dopaje tipo P

La capacidad que tiene el ZnO de reducir contaminantes orgánicos a partir de la ionización se sustenta en los mecanismos previamente descritos en la sección B de este trabajo. La interacción redox que tienen los radicales liberados conlleva a una reacción en cadena, donde los enlaces de la molécula del 2,4-D más expuestos, continúan con la descomposición de la molécula orgánica, tal como se muestra de manera esquemática en la Figura 4.

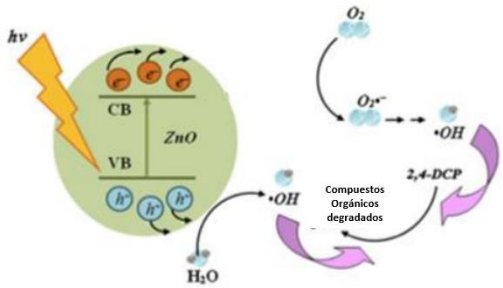


Fig. 4. Modelo de degradación del 2,4-D inducida a partir de Fotocatálisis de ZnO [16]

Este modelo muestra la degradación al irradiar a 285 nm y 55 watts/hrs [5]. Sin embargo, al añadir ZnO con dopaje tipo P al 2.5 del Porcentaje en Peso (Wt %) en la estructura cristalina, la ionización puede alcanzarse con irradiación de 370 nm y 4 watts/hrs [17]. También se señala una relación entre el decremento de Banda Prohibida y el Wt % del agente dopante añadido, véase Tabla 1 [17].

Tabla 1. Relación de porcentaje de dopante (Wt %) y Energía de Banda Prohibida E_{bp} (eV) de Fe/ZnO [17]

Fotocatalizador	E_{bp} (eV)
1.0	3.23
2.5	3.14
5.0	3.19
7.5	3.24

III. EXPECTATIVA DE METODOLOGÍA

K. Evaluación fotocatalítica

Antes de los experimentos fotocatalíticos, se realiza un estudio de adsorción de 2,4-D sobre los materiales activados (500 ºC) en solución acuosa de 2,4-D (40 ppm) con los sólidos calcinados. El grado de adsorción de equilibrio se determina a partir de la disminución de la concentración de herbicida se medió mediante espectroscopia UV-Vis.

La fotodegradación del 2,4-D se llevó a cabo en un reactor discontinuo de vidrio utilizando 200 mL de solución conteniendo 40 ppm de 2,4-D usando 200 mg de catalizador calcinado; un tubo de cuarzo protegido con una fuente de alimentación Pen-Ray (UVP Products), véase Fig. 5, con una irradiación típica de λ = 250 nm a 380 nm y una intensidad de 4.5 Watts·cm^{-2}. Antes de la irradiación, la solución de herbicida y el catalizador calcinado se mantienen durante 1 hora (60 min) sin irradiación, hasta la completa adsorción en el sólido y a continuación se enciende la lámpara. El reactor se sometió simultáneamente a irradiación cada 30 min durante 6 h. Después de la irradiación se filtra la solución y se analiza el sólido que contenía el 2,4-D residual previamente adsorbido. El mismo proceso se repite irradiando a 250, 365 y 380 nm.

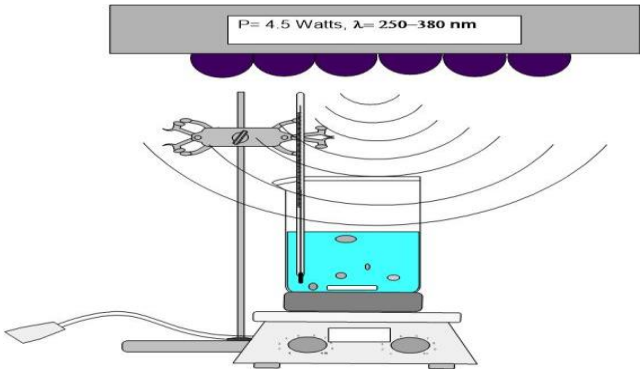


Fig. 5. Sistema de Reacción Fotocatalítica, [Autogenerado].

IV. DISCUSIÓN O ANÁLISIS DE RESULTADOS

Los datos señalados en la Tabla 1 [17], muestran la relación existente entre el Wt % de dopante añadido y el E_{bp} (eV). Donde el valor mínimo de banda prohibida de 3.14 eV se alcanza con el 2.5 Wt %. El posterior gradual aumento de E_{bp} en función del aumento del Wt %, puede estar relacionado con la formación de fases secundarias. Por otro lado, debe señalarse que la evaluación de la fotocatálisis puede mantener variabilidad de condiciones, inherentes a la potencia de irradiación, el tiempo de exposición, así como el tiempo de adsorción del 2,4-D en el fotocatalizador.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El (2,4-D) es un herbicida sumamente estable, que es degradable por acción de un fotocatalizador a condiciones adecuadas. La literatura científica consultada para este trabajo, refuta la capacidad que se tiene de aumentar la fracción degradada de 2,4-D al manipular las características estructurales y energéticas del ZnO como agente fotocatalítica. Las variaciones inesperadas a lo descrito por la teoría de bandas de solidos iónicos dopados, pueden estar sujetas a la formación de fases secundarias. Esto puede ser discutido en futuros trabajos a partir de técnicas de análisis de superficie o cristalografía de polvos.

RECONOCIMIENTOS O AGRADECIMIENTOS

Los autores hacen un reconocimiento / agradecimiento al Comité organizador del 24 VERANO DE LA CIENCIA REGIÓN CENTRO 2022.

REFERENCIAS

[1] Syngenta, «Hierbamina,» Sngenta Agro, S.A. de C.V. , México , 2017.

[2] C. K. A. P. a. A. F. Bettina Bongiovanni, «Oxidative Stress as a Possible Mechanism of Toxicity of the Herbicide 2,4-Dichlorophenoxyacetic Acid (2,4-D),» *IntechOpen,* 2012.

[3] D. G. C. a. H. O. Tutass, «Photodescoposition of 2,4-Dichlorophenoxyacetic Acid,» *ACS,* 1966.

[4] C. L. S. Y. M. M. Y. Q. a. J. Z. Xiuquan Gu, «ZnO based heterojunctions and their application in environmental photocatalysis,» *IOP Publishing,* 2016.

[5] C. A. G.-G. L. M. A.-E. R. R.-T. J. L. R. O. A. G.-V. a. A. P.-L. Isaias Limón-Rocha, «Effect of the Precursor on the Synthesiss of ZnO and Its Photocatalytic Activity,» *Inorganics,* pp. 10-16, 2022.

[6] K. H. L. L. C. S. Y. H. C. S. P. Jit Jang Ng, «Visible Light responsive BiPO4/g-C3N4 for enhanced photocatalysis of 2-4 dichlorophenol under solar irradiation,» *IOP,* 2021.

[7] R. K. S. R. K. Pushpendra Singh, «Journey of ZnO quantum dots from undoped to rare-eart and transition metal-doped and their applications,» *ROYAL SOCIETY OF CHEMISTRY,* pp. 2512-2545, 2021.

[8] G. W. Castellan, Fisicoquímica, México: Fondo educativo interamericano, 1988.

[9] M. P. Silvera, FÍSICA CUANTICA, La Habana: ISCTN, 1999.

[10] H. E. Hall, FÍSICA DEL ESTADO SÓLIDO, México : LIMUSA, 1978.

[11] D. R. Askeland, Ciencía e ingeniería de materiales, México : CENGAGE Learning, 2018.

[12] T. Zhao, «Nano/Microstructure improved photocatalytic activities of semiconductors,» *RSP,* 2013.

[13] A. T. F. M. D. B. F. d. S. P. Gabriele Giuli, «Insights into the effect of iron and cobalt doping on the structure of nanosized ZnO,» *Inorganic Chemistry of ACS,* 2015.

[14] H. A. Heidrun Sowa, «High-Presure X-Ray investigation of zincite ZnO single crystals using diamond anvils with an improved shape,» *Journals of applied Crystallography,* vol. 39, pp. 169-175, 2006.

[15] V. I. L.-V. R. V.-B. E. R.-R. Gabriel Herrera-Pérez, «Aplicación del Refinamiento Rietveld para la identificación de fases del ZnO obtenido por Precipitación Química,» *Pädi,* vol. 9, pp. 90-96, 2021.

[16] S.-M. L. K.-T. L. A. R. M. Jin-Chung Sin, «Photocatalytic performance of novel samarium-doped spherical-Like ZnO Hierarchical nanostructures under visible light irradiation for 2,4-dichlorophenol degradation,» *ELSEVIER,* pp. 40-49, 2013.

[17] P. a. V. C. Srivastava, «Photocatalytic Oxidation of Dye Bearing Wastewater by Iron Doped ZnO,» *I and EC Research ,* 2013.

[18] A. C. D. Valeri S. Gshalaev, Hydroxyapatite; Synthesis, Properties and Applications, New York : NOVA BIOMEDICAL, 2012.

[19] American Chemical Society, «Zinc Oxide,» *Molecule of the week archive,* p. 1, 2014.

ANÁLISIS GEOMÉTRICO VS COMPOSICIÓN DE UNA ESTRUCTURA BASADA EN ORIGAMI Y SU POSIBLE APLICACIÓN EN ROBÓTICA: DETENCION DE DEFORMACIONESEN LA PIEL DE ROBOTS SUAVES POR MEDIO DEL ALGORITMO DE REGUSTRO DE IMAGEN DEFORMABLE TIPO DEMON.

Javier Alejandro Aguirre González
Universidad Estatal de Arkansas
km 17.5 Estatal 100, Colón, Qro.
ja.aguirre.gonzalez@gmail.com

Madeleine Medina Castillo
Universidad Politécnica de Querétaro
Carretera Estatal 420 s/n, El Rosario, Qro.
madeleine.medina@upq.mx

Resumen — En este trabajo se explora el uso de algoritmos de registro deformable de imagen para el análisis de deformaciones mecánicas y su posible predicción, especialmente bajo el concepto del algoritmo tipo "demon" para la manipulación de energía disponible en el sistema. Esto para demostrar su fiabilidad y posible futuro estudio para el uso de imagen deformable en el ámbito de la robótica.

Palabras clave — Visión por computadora, robótica suave, algoritmo demon.

Abstract — In this paper we explore the usage of deformable image registration algorithms in the analysis of mechanical deformations and attempts to theorize a deformation prediction method. This analysis is done with the "demons" algorithm, as it counts with an energy conservation system. During experimentation, we demonstrate the reliability of the method and open future research paths for deformable image registration in robotics.

Keywords — Computer vision, soft robotics, demons algorithm.

I. INTRODUCCIÓN

No es secreto que el desarrollo tecnológico de la robótica es estrictamente dependiente -en muy buena parte- del avance en las ciencias de la computación. Áreas como la visión por computadora e inteligencia artificial han jugado un rol clave en la posibilidad de eliminar factores humanos para la realización de tareas incrementalmente más complejas [1]. Por ello, el estudio de estas áreas bajo el lente de la automatización es crucial.

Además de lo ya mencionado, las herramientas de identificación de patrones nos pueden ayudar a planificar correctamente el movimiento y capacidades del elemento. Y en el caso de la robótica suave, puede ayudarnos a identificar su capacidad de flexión y deformación general.

En este trabajo, se explora el uso de un algoritmo de registro deformable de la imagen para el correcto análisis de deformación total de una piel reforzada para un robot suave, iniciando por la correcta identificación en modificaciones en imágenes con deformaciones conocidas.

Para lograr esto, se propone el uso en específico de un algoritmo demon para la correcta localización y consideración de energía disponible en un sistema para su correcta deformación. Este algoritmo nos probara importante para entender -por medio de imágenes- la deformación presente en un elemento, así como las posiciones que presentan algún desplazamiento general en alguno de los ejes capturados en la muestra.

II. MARCO TEÓRICO

Los algoritmos de registro deformable de imagen tienen como objetivo superponer dos imágenes del mismo objeto y colocarlas en un plano común por medio de una transformación lineal e interpolaciones. Este método divide la imagen ya sea en pixeles o voxels para el análisis de la deformación y, a su vez, es capas de colocar barreras para limitar las deformaciones en ciertas áreas. Por esta razón, este tipo de métodos son muy utilizados en el análisis clínico y oncológico [2].

Un registro deformable de imagen cuenta con funciones objetivas y de transformación. Las primeras se utilizan para determinar la similitud entre las dos imágenes a evaluar; en este caso, se estará utilizando la función más sencilla de este tipo (a razón de su simple implementación): La suma de diferencias cuadrada, definida por la Ec. 1 [3].

$$SSD = \frac{1}{N}\sum_{x' \in \Omega}[I_F(x) - I_{M'}(x')]^2 \quad (1)$$

Donde I_F es la matriz de la imagen fija, I_M es la matriz de la imagen en movimiento deformada, y Ω es el área de coincidencia entre la imagen fija y la imagen en movimiento deformada.

Las funciones de transformación, por su parte, relacionan puntos o regiones de interés. Estas se actualizan cada que se realiza un cambio valido, buscando el mayor índice de coincidencia entre estos puntos o zonas. En este caso, estaremos implementando el algoritmo demon, ya que tiene una capacidad para contemplar la energía del sistema para decidir si un cambio es válido, al igual que su capacidad de generar campos de fuerza y deformación en cada voxel del sistema. La ecuación de la deformación del campo se da por la Ec. 2 [3].

$$U_k(x') = \frac{(I_{M'_k}(x') - I_F(x_k)) \cdot \nabla I_F(x_k)}{|\nabla I_F(x_k)|^2 + (I_{M'_k}(x') - I_F(x_k))^2} \quad (2)$$

Donde $\nabla I_F(x_k)$ es la gradiente de la imagen fija en la posición x_k, siendo la k-esima posición correspondiente en la imagen fija con x' en la imagen en movimiento. Y $I_{M'_k}(x') - I_F(x_k)$ es la diferencia de intensidades como una fuerza externa.

El algoritmo demon, además, generalmente va acompañado de un sistema de optimización de filtro gaussiano separable, visto en la Ec. 3 [4].

$$G_\sigma(x, y) = \frac{1}{2\pi\sigma^2} \exp\left(-\frac{x^2+y^2}{\sigma^2}\right) \quad (3)$$

Este filtro permite la regularización de los campos vectoriales [4].

III. MATERIALES Y MÉTODOS

El proceso de medición se dividió en tres faces para su correcta asimilación por parte del programa: ingesta, registro e iteración. Igualmente se estableció un número máximo de iteraciones (en caso de que se trate de un proceso de multiresolución), parámetros base para la regularización de los campos de actualización y deformación, un peso base para similitud e incertidumbre, y un nivel de multiresolución. El código final consta de una estructura como la siguiente:

a) Ingesta de la imagen fija y en movimiento, seguido de un proceso de normalización de tamaño e intensidad.

b) La etapa de registro de la imagen; y si existe más de un nivel de multiresolución, se inicia con un submuestreo de las imágenes, seguida del registro y su remuestreo. Esto con el fin de hacer el procesamiento de la imagen más rápido.

c) Iteración del proceso hasta pasar por todas las capas de multiresolución.

El proceso de registro de la imagen se puede explicar con el siguiente proceso:

a) Se aplica un padding a las imágenes obtenidas en primera instancia. De igual forma, se establecen las condiciones de frontera para la velocidad de cambio en las dimensiones de la imagen, al igual que se establece la energía mínima.

b) Se itera el siguiente proceso hasta que una condición de cierre se cumpla:

   a. Se crea la actualización entre la imagen fija y la imagen en movimiento de la siguiente manera:

      i. Se obtiene una transformación por medio de la escalación del campo de velocidades de cambio en las dimensiones de la imagen. Para este experimento, cada iteración se calcula un factor de exponenciación "n" tal que su escalación siempre sea menor a 0.5 pixeles por dimensión, finalmente componiendo los vectores "n" cantidad de veces

      ii. Se interpola la nueva imagen en movimiento (Mp) con los vectores obtenidos y se obtiene una diferencia con la imagen fija.

      iii. Se obtiene la norma de la gradiente de MP y su área; y junto a la diferencia del paso ii. se obtiene la escala de la nueva imagen. La gradiente de cada dimensión tiene sus elementos multiplicados por la escala de forma A.*B.

   b. Se regulariza la actualización por medio de un filtro gaussiano y se actualizan los campos de velocidad de cambio con las nuevas posiciones regularizadas y el peso de la incertidumbre.

   c. Se regulariza el campo de las velocidades con un filtro gaussiano y con este se obtiene un campo de deformación con el mismo método utilizado en la sección "a.i.".

   d. Se calcula la energía de la iteración de la siguiente forma:

i. Se obtiene la diferencia de intensidades entre la nueva imagen en movimiento "Mp" (obtenida por medio de la interpolación de la imagen en movimiento "M" y los vectores de deformación de campo) y la imagen fija, se obtiene la diferencia cuadrada de cada elemento de la matriz.

ii. Se obtiene la gradiente de transformación por medio del jacobiano de los vectores de deformación de campo.

iii. Se obtiene el área de la imagen en movimiento "M".

iv. Se obtienen los componentes de la energía, dados por la diferencia de intensidades de la forma:

$$e_{sim} = \frac{1}{A}\sum D_x \tag{4}$$

$$e_{reg} = \frac{1}{A}\sum J_x^2 \tag{5}$$

Donde A es el área de la imagen, D es la matriz de diferencias, y J es la matriz generada por el jacobiano.

v. Se suman ambas energías de la forma:

$$e = e_{sim} + (\frac{\sigma_i}{\sigma_x})^2 e_{reg} \tag{6}$$

Donde σ_i es el peso de la similitud y σ_x es el peso de la incertidumbre

e. Si la energía calculada en esta iteración es menor que el mínimo de energía establecido, se actualizan los mínimos de los campos vectoriales de velocidad y deformación con los valores actuales y la energía actual se convierte en el nuevo mínimo.

f. Si se llega al limite de iteraciones o si el valor absoluto de la diferencia de energías entre el valor actual y algún valor pasado es menor que el punto de paro, se detiene la iteración.

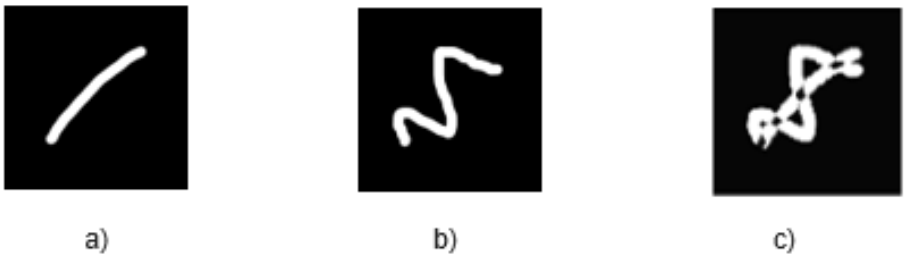
g. En caso de que continue, se despliegan las imágenes en movimiento "M", nuevo movimiento "Mp", fijas y la diferencia entre fija y movimiento "M"; al igual que se despliega el campo de cambio de posición, deformación de campo y la gráfica de energía.

IV. RESULTADOS

Para entender las capacidades y limitaciones del algoritmo propuesto, se presentaron tres pruebas diferentes bajo las cuales se pusieron a prueba diferentes aspectos relevantes que podrían afectar las lecturas y resultados finales. Empezando con una prueba de funcionamiento general -para asegurar que el algoritmo sea en principio funcional-; seguido de una prueba de imagen compleja -para entender posibles limitaciones por definición del voxel-; y cerrando con una prueba de cambio de resolución -para entender limitantes por la intensidad de los pixeles-.

A. Prueba de funcionamiento general

Se seleccionó una imagen de baja complejidad con el fin de observar el funcionamiento general del algoritmo. En la prueba se diferenció una imagen fija con su contraparte en deformación. Esto para crear la superposición de diferencia y el campo vectorial de deformación, como se puede observar en la Fig. 1



a) b) c)

Fig. 1. Imágenes simples del tipo a) fija, b) movimiento, y c) diferencial entre fija y movimiento. En la Fig. 1.c. la escala de grises representa la diferencia cuadrada de la intensidad de los pixeles entre ambas imágenes, entre más cercano al negro mayor coincidencia, entre más cercano al blanco mayor diferencia.

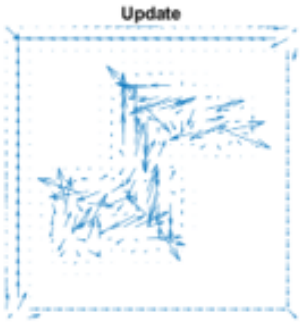


Fig. 2. Campo vectorial de la deformación.

B. Prueba de imagen compleja

Se seleccionó una imagen con mayor detalle -definida por la diferencia en intensidad de un pixel comparado con sus pixeles vecinos- para observar los efectos de este incremento en la capacidad de determinar cambios en las imágenes. Se buscó observar los mismos parámetros que en la sección de resultados A, añadiendo una tabla para observar la energía disponible cada iteración del sistema.

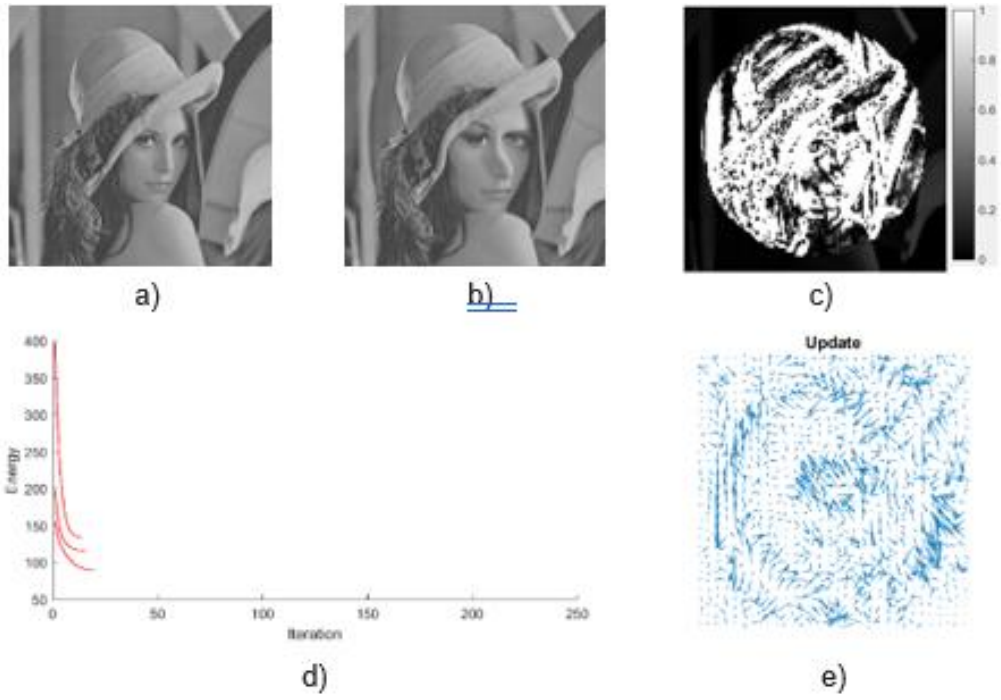
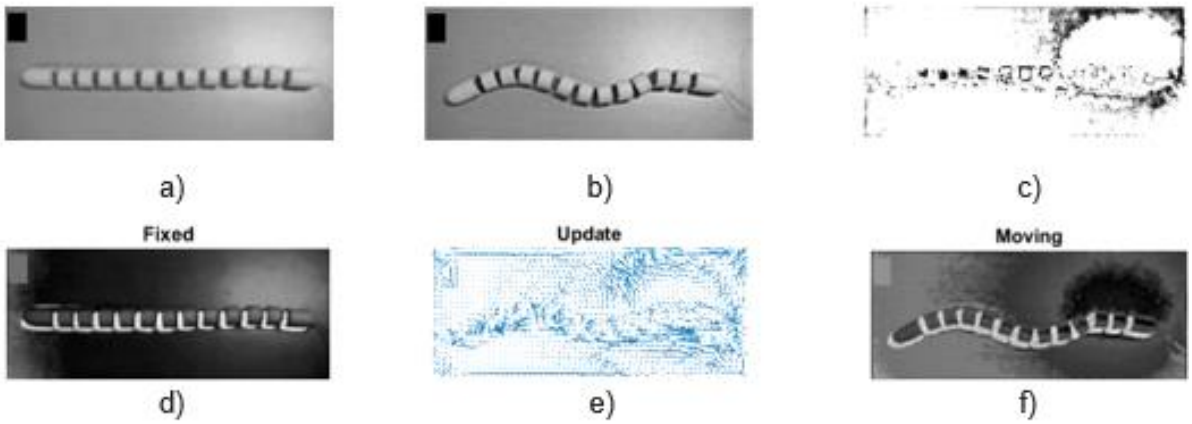
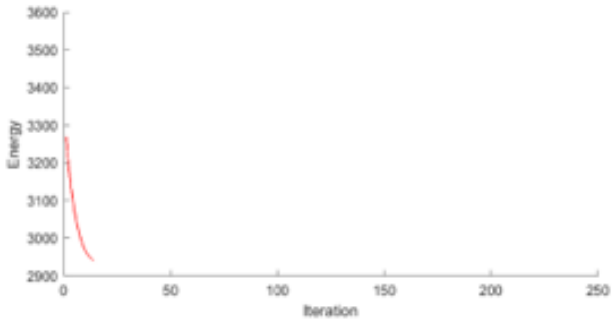


Fig. 3. Imágenes complejas comparadas, donde es a) imagen fija, b) imagen en movimiento, c) diferencia entre fija y en movimiento, d) grafica de energía disponible en el sistema por iteración, y e) mapa vectorial de la deformación.

C. Prueba de cambio de resolución

Se seleccionó una imagen con diferencia en resolución por granulado entre el elemento fijo y el elemento en movimiento. Ambos elementos mostraban diferencias notables en forma ante el ojo humano para ser calificables, pero aun correspondían al mismo objeto. El objeto en cuestión fue obtenido del articulo por M. Follador "*Actuation mechanisms and adhesion systems for bioinspired soft robots*" [5].





g)

Fig. 4. Imágenes en diferencia de resolución del tipo a) fija, b) movimiento, y c) diferencial entre fija y movimiento; junto a d) imagen fija normalizada, e) campo vectorial de deformación, f) imagen en movimiento, y g) normalizada grafica de energía disponible del sistema por iteración. En la Fig. 1.c. la escala de grises representa la diferencia cuadrada de la intensidad de los pixeles entre ambas imágenes, entre más cercano al negro mayor coincidencia, entre más cercano al blanco mayor diferencia.

V. DISCUSIÓN

Como se puede observar, el algoritmo es capaz de detectar diferencias en intensidades de pixeles en cada instancia, al igual que es capaz de describir el cambio relevante en las imágenes cuando no hay ruido de fondo o una pérdida de calidad notable.

El algoritmo es capaz de detectar y mantener dentro de parámetros las deformaciones vistas, lo cual demuestra su capacidad de detección e, inclusive, predicción si se tratan de muestras deformadas no físicamente (como es visible en la prueba B). Sin embargo, demuestra fuerte necesidad en la permanencia de calidad de imagen y vulnerabilidad ante discrepancias en el fondo de la imagen (como visto en la prueba C).

VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Este trabajo permitió explorar la viabilidad del uso de los algoritmos demon para el análisis de deformaciones y posible predicción de ellas en robótica suave, teniendo limitantes que pueden ser situacional o algorítmicamente resueltas para mejorar la utilidad de este.

El algoritmo se prueba capaz de fungir como sensor lógico para las deformaciones esperadas de un sistema robótico de movimiento complejo bajo las circunstancias correctas. Más investigación y desarrollo en el área es necesario para evaluar limitantes y la capacidad de registro de imagen para un análisis más completo de un elemento en evaluación.

VII. AGRADECIMIENTOS

Expreso plena gratitud al comité organizador del Verano de la Ciencia Región Centro, a la Universidad Politécnica de Querétaro, y al Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada -del Instituto Politécnico Nacional- por la oportunidad de colaborar en su proyecto y por el apoyo otorgado para realizar mi primera investigación.

VIII. REFERENCIAS

[1] Margarita Porcelli, "La inteligencia artificial y la robótica: sus dilemas sociales, éticos y jurídicos". *Derecho global. Estudios sobre derecho justicia*, Vol.6, No.16. Disponible en https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2448-51362020000300049#:~:text=La%20rob%C3%B3tica%20es%20un%20componente,mediante%20procesos%20mecanizados%20y%20programados. [Consultado en 2022].

[2] M. Kessler, "Deformable Image Registration, Contour Propagation and Dose Mapping: 101 and 201". *2013 AAPM Annual Meeting*, Michigan, Estados Unidos.

[3] S. Oh, S. Kim. "Deformable image registration in radiation therapy". *Radiation Oncology Journal*, Vol. 35, Num. 2. Disponible en https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5518453/#:~:text=Deformable%20image%20registration%20(DIR)%20is,among%20multiple%20sets%20of%20images.

[4] J. Shackleford, N. Kandasamy, et al, "High Performance Deformable Image Registration Algorithms for Manycore Processors". Ed. Elsevier, Waltham, 2013.

[5] M. Follador, *Actuation mechanisms and adhesion systems for bioinspired soft robots* [PhD Thesis]. Scuola Superiore Sant'Anna, Pisa, Italia, 2015.

APLICACIÓN WEB PARA EL SEGUIMIENTO DE RUTAS DEL TRANSPORTE PÚBLICO

José Manuel Centeno Montesinos
Instituto Tecnológico Superior de Irapuato
Carretera Irapuato - Silao km 12.5 Colonia El Copal, C.P. 36821, Irapuato, Guanajuato
lis18111702@irapuato.tecnm.mx

Dennise Ivonne Gallardo Alvarez
Instituto Tecnológico Superior de Irapuato
Carretera Irapuato - Silao km 12.5 Colonia El Copal, C.P. 36821, Irapuato, Guanajuato
dennise.ga@irapuato.tecnm.mx

Resumen — En el presente documento se muestra el desarrollo de una aplicación web cuyo objetivo es mostrar el recorrido de una muestra de 15 rutas del transporte público de la ciudad de Irapuato a través de una herramienta para la construcción de mapas que permita su fácil representación. Dicha aplicación esta desarrollada con el modelo de arquitectura MVC y almacena información en una base de datos NoSQL. El proyecto pretende mejorar la gestión de información sobre el recorrido de las rutas y la accesibilidad por parte del usuario, haciendo posible consultar esta información independientemente del lugar donde se encuentre y cuyos únicos requisitos son: contar con un navegador web y conexión a internet.

Palabras clave — MVC, NoSQL.

Abstract — This document shows the development of a web application whose objective is to show the route of a sample of 15 public transport routes of the city of Irapuato through a tool for the construction of maps that allows its easy representation. This application is developed with the MVC architecture model and stores information in a NoSQL database. The project aims to improve the management of information on the route and accessibility by the user, making it possible to consult this information regardless of where is located and whose only requirements are a web browser and internet connection.

Keywords — MVC, NoSQL.

I. INTRODUCCIÓN

Debido al constante avance de internet y la web, así como su rápida incorporación a distintas actividades y servicios de la vida cotidiana se tiene como consecuencia que las personas tengan un fácil y rápido acceso a un sinfín de información en el momento que estas lo necesiten.

La digitalización en el transporte urbano de personas “representa una oportunidad para aprovechar y optimizar el uso de los activos existentes (tales como la infraestructura, los vehículos y la información), posibilitando la mejora del servicio de transporte urbano de pasajeros.” (Cont, Romero, Lleras et al, 2021, p.77) [1]

Poder consultar información relacionada al sistema de transporte público de manera inmediata (por ejemplo, el recorrido, hora de inicio, fin e intervalo de tiempo entre la salida de cada ruta) es muy útil para los usuarios de este servicio y un aspecto importante a considerar es que esta pueda visualizarse en distintos dispositivos tanto de escritorio como móviles que cuenten con un navegador web para abarcar un mayor número de usuarios. Todo lo anterior también afecta a los administradores y proveedores del transporte ya que

representa una mejora significativa al servicio, incluso solventando algunas desventajas frente a distintas opciones de transporte privado.

La integración de este servicio tradicional al mundo digital supone un avance tecnológico a la región, ya que es una oportunidad de facilitar la utilización del servicio de lado del usuario, el cual es uno de los objetivos de este trabajo, de manera que pueda elegir apropiadamente entre las rutas incluidas.

Actualmente en la ciudad de Irapuato existe una alternativa desarrollada por el gobierno para el sistema de transporte público, pero esta presenta algunas deficiencias que buscan solventarse completamente en un futuro con este proyecto, las cuales son:

- La información sobre el recorrido de las rutas está desactualizada.
- La aplicación no es multiplataforma, solo se encuentra disponible para dispositivos con sistema operativo Android.

Tomando en cuenta lo anterior, se ha optado por desarrollar una aplicación web de manera que no sea necesario un sistema operativo en específico, estará basada en la arquitectura modelo vista controlador, en esta se incluirán tecnologías de uso libre para el almacenamiento de la información, así como su presentación al usuario.

II. MARCO TEÓRICO

Modelo Vista Controlador (MVC)

MVC es un estilo de arquitectura de software utilizado para implementar vistas (interfaces), datos y lógica de control. [2]

El modelo representa los datos que maneja el sistema, en este caso, la información de las rutas. La vista está compuesta por la información que es presentada y la manera en que interactúa con el cliente, en este caso, por medio del navegador web. Y finalmente el controlador es el encargado de intercambiar información entre el modelo y la vista de acuerdo con lo solicitado por el cliente.[2]

II. METODOLOGÍA

Tecnologías y arquitectura

La aplicación tendrá una arquitectura MVC que permitirá el desarrollo modular y en un futuro que esta pueda ser escalable con nuevas integraciones. El entorno de desarrollo es Node.js que utiliza el motor V8 de Chrome y permite ejecutar código JavaScript de lado del servidor. Para poder integrar correctamente algunas de las tecnologías anteriores en Node.js es necesario agregar las dependencias del proyecto: express, express-handlebars, mongoose.

La información sobre las rutas será almacenada en documentos, para ello se utilizará la base de datos NoSQL MongoDB que permite guardar los datos en un formato similar al JSON.

Para el desarrollo de las interfaces se utilizarán las tecnologías de la web HTML y CSS, también se implementará el sistema de plantillas Handlebars para evitar la duplicación de líneas HTML e integrar la utilidad de bucles dentro de los archivos con extensión “hbs” [3]. Para agilizar la modificación de estilos de las páginas y que estas sean adaptables a distintos dispositivos móviles como de escritorio se utilizará el Framework Bootstrap.

La herramienta utilizada para mapear las rutas del sistema de transporte es GeoJSON.io que proporciona un formato de documento basado en JSON y ayuda a codificar las estructuras de datos geográficos. La integración de mapas dentro de la aplicación estará a cargo de la librería Open Source Leaflet, ya que es compatible con una gran cantidad de dispositivos y admite las últimas versiones de HTML y CSS.

Estructura lógica

El usuario navega en el sitio teniendo inicialmente una página principal que le permite poder acceder a las vistas de trayecto y acerca de, en la primera, el usuario podrá seleccionar y visualizar el recorrido de las rutas (ver figura 1, inciso a), mientras que en la segunda se contendrán los créditos e información de las tecnologías utilizadas para el desarrollo de la aplicación. Por otro lado, los administradores podrán acceder a una página de autenticación que permita el acceso a la vista donde pueden un listado de las rutas agregadas, así como las operaciones CRUD. En la figura 2, se muestra un mockup del diseño que tendrá la aplicación para dispositivos de escritorio y móviles.

Estructura física

La clasificación de los directorios es acorde con su contenido, siguiendo el modularidad del patrón MVC (ver figura 1, inciso b). Para el desarrollo, se tendrá un directorio dedicado a los módulos necesarios anteriormente mencionados y otro para los elementos propios de la aplicación, en esta última se tiene una estructura donde se separan los controladores, el modelo, los archivos estáticos, las rutas para el manejo de las peticiones HTTP y las vistas. En la raíz de los recursos se encuentran los archivos de configuración para la conexión a la base de datos y el servidor.

a) b)

Fig. 1. a) Navegación entre vistas, b) Estructura física.

Fig. 2. Mockup de la aplicación en escritorio y móviles.

Contenido

En la sección de inicio se mostrará información sobre la aplicación, mientras que en la de trayecto se mostrarán las rutas almacenadas en la base de datos para posteriormente representar la seleccionada en la herramienta de mapas debajo de esta.

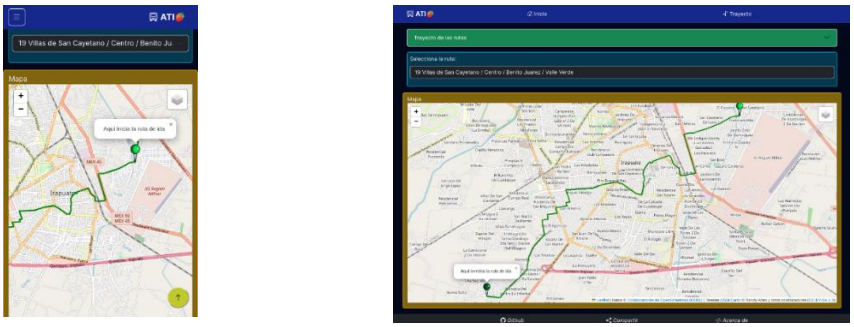
En el caso de las vistas el administrador tiene una sección donde se visualicen las rutas y las acciones que puede realizar a cada una de ellas. En la sección añadir una ruta agregará la información correspondiente a esta. En la figura 3, se muestra el modelo de documento para almacenar la información de las rutas y de los administradores para controlar el acceso a quienes pueden realizar las acciones CRUD en el sistema.

a) b)

Fig. 3. A) Modelo de documento para las rutas, b) Modelo de documento para los administradores.

III. RESULTADOS

Conforme al objetivo del proyecto, se desarrolló el avance de la aplicación web que abarcó 15 rutas del Sistema de Transporte: 5, 6, 14, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22-25, 24, 28, 32 Casimiro, 32 Reyes. Dicha aplicación se configuró de manera que pueda adaptarse a las distintas dimensiones de dispositivos que tengan un navegador web, las vistas varían dependiendo del tipo de dispositivo como se puede ver en la figura 4.



a) b)

Fig. 4. A) Interfaz “trayecto” en móviles, b) Vista del trayecto en dispositivos de escritorio.

Para la gestionar la información de las rutas se creo la interfaz de acceso (ver figura 5), posteriormente se desarrollaron las que corresponden a las acciones de ver todas las rutas añadidas (ver figura 6), añadir ruta y editar (ver figura 7), para el caso de eliminar se decidió implementar la funcionalidad dentro de la interfaz donde se visualizan las rutas.

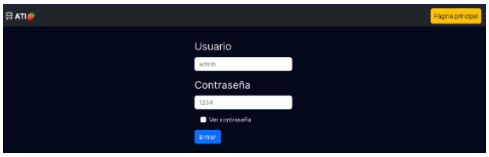


Fig. 5. Página de login del administrador.

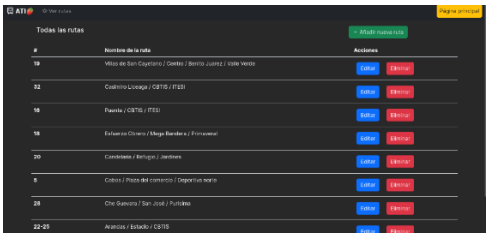


Fig. 6. Interfaz para ver las rutas agregadas.

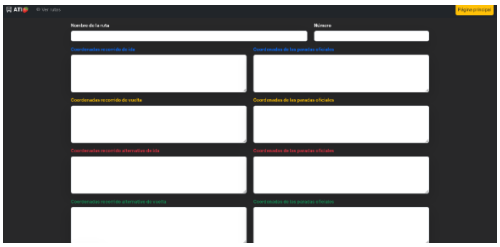


Fig. 7. Interfaz para agregar y editar una ruta.

IV. CONCLUSIONES

La creación de herramientas que favorecen y facilitan el uso de distintos servicios de la vida cotidiana, como en este caso el transporte público, no solo benefician a los usuarios y proveedores de estos, sino que además aportan avances en el desarrollo tecnológico de la zona donde estos se implementen, teniendo como antecedente este proyecto que en un futuro puede aportar información relevante para la continua mejora e integración del mismo, incluso el desarrollo de nuevas alternativas que tengan como objetivo favorecer a la sociedad. El proyecto desarrollado solventa algunas deficiencias de alternativas existentes, el modelo elegido para la arquitectura de la aplicación permite que sea escalable y que de acuerdo con los investigadores seguirá en desarrollo para la integración de nuevas herramientas que ofrezcan una mejor experiencia para el usuario de este transporte.

V. RECONOCIMIENTOS

Expreso mi agradecimiento al investigador por la oportunidad y el apoyo brindado a lo largo del desarrollo de este proyecto.

REFERENCIAS

[1] Cont, W., Romero, C., Lleras, G., Unda, R., Celani, M., Gartner, A., … Fischer, R. (2021). IDEAL 2021: El impacto de la digitalización para reducir brechas y mejorar los servicios de infraestructura. Caracas: CAF. Disponible en http://scioteca.caf.com/handle/123456789/1762

[2] Díaz, Y., & Fernández Romero, Y. (2012). Patrón Modelo-Vista-Controlador. Telemática, 11(1), 47–57. Disponible en https://revistatelematica.cujae.edu.cu/index.php/tele/article/view/15

[3]Alvarez, Miguel. (2016). Manual de Handlebars. Disponible en https://desarrolloweb.com/manuales/manual-handlebars.html

ESTUDIO DEL EQUILIBRIO LÍQUIDO – VAPOR, PROPIEDADES CRÍTICAS E INTERFACIALES DE MEZCLAS DE ÉSTERES METÍLICOS OBTENIDOS DE ÁCIDOS GRASOS PARA LA PRODUCCIÓN DE BIODIESEL

Daniela Guadalupe Vázquez Pérez
Instituto Tecnológico Superior del Sur de Guanajuato
Av. Educación Superior No 2000
c19120053@alumnos.itsur.edu.mx

Alfredo Torres Martínez
Instituto Tecnológico Superior del Sur de Guanajuato
Av. Educación Superior No 2000
a.torres@itsur.edu.mx

Resumen — En esta investigación se realizó un estudio de equilibrio líquido-vapor y propiedades críticas de la mezcla de linoleato de metilo, oleato de metilo y palmitato de metilo mediante dinámica molecular. En la simulación se utilizó una caja de dimensiones 260 x 130 x 130 Å, con un ensamble NVT. Se empleó el campo de fuerza CHARMM27. Se obtuvo el perfil de densidad, densidad del líquido 585 kg/m^3 y densidad del vapor 1.46 kg/m^3 para la temperatura de 650 K.

Palabras clave — Dinámica molecular, equilibrio líquido-vapor y propiedades críticas.

Abstract — In this research, a study of liquid-vapor equilibrium and critical properties of the mixture of methyl linoleate, methyl oleate and methyl palmitate was performed using molecular dynamics. A 260 x 130 x 130 Å box with an NVT assembly was used in the simulation. The CHARMM27 force field was used. The density profile, liquid density 585 kg/m^3, and vapor density 1.46 kg/m3 were obtained at 650 K.

Keywords — Molecular dynamics, liquid-vapor equilibrium and critical properties.

I. INTRODUCCIÓN

A. Antecedentes

La simulación molecular se creó con la finalidad de comprender el comportamiento molecular de diversos fenómenos [1]. Algunas aplicaciones son las siguientes: cristales líquidos, ADN, determinación de propiedades de varios sistemas en la industria Oil&Gas, entre otros [1]. Los 2 objetivos principales de las simulaciones moleculares son: descripción a detalle de un cierto fenómeno y predecir el comportamiento de un sistema.

Un método de simulación molecular es dinámica molecular (DM). Esta técnica permite estimar propiedades de transporte y equilibrio de un determinado sistema. Se basa en las leyes que rigen el movimiento de las partículas que nos da como resultado conocer el comportamiento del sistema al paso del tiempo [2].

Varios investigadores han utilizado la DM, como lo es el caso de Fería *et al.* [4], realizaron estudios de equilibrio liquido-vapor, propiedades críticas e interfaciales para esteres metílicos como: butirato de metilo, pentanoato de metilo, hexanoato de metilo y acetato de metilo. En trabajo se empleó la técnica de coexistencia directa de fases [5]. De este modo, se realizaron perfiles de densidad, predicción de densidades de coexistencia, presiones de vapor y tensión superficial a distintas temperaturas.

Tomando en cuenta lo anterior y basándonos en ello, se presenta a continuación un trabajo de investigación para el cálculo y la predicción de propiedades líquido-vapor de esteres importantes en la producción de biodiesel.

IV. MARCO TEÓRICO

B. Mecánica Estadística

La mecánica estadística es un área de la física encargada de estudiar los sistemas macroscópicos tomando en cuenta el comportamiento microscópico o molecular, por lo cual permite entender y predecir los fenómenos y propiedades macroscópicas.

Un concepto importante dentro de la mecánica estadística es la hipótesis ergódica, la cual postula que los promedios de las magnitudes termodinámicas efectuados sobre un colectivo son iguales al promedio temporal cuando el sistema se encuentra en equilibrio [3].

C. Dinámica Molecular

Permite calcular el comportamiento de un determinado sistema, basándose en los promedios temporales de cada una de las propiedades del sistema. Para llevar a cabo lo anterior se resuelven las ecuaciones de movimiento de Newton. Conociendo las posiciones y velocidades del sistema se puede predecir el estado del sistema en cualquier tiempo [2].

D. Coexistencia Directa de Fases

Este método se basa en el cálculo del perfil de densidad. Consiste en caracterizar la densidad promedio que existe en una caja de simulación en función de una dirección determinada. El cálculo se realiza de la siguiente forma, se divide la caja de simulación a lo largo de la dirección perpendicular a la interfase de modo que queden n rebanadas de ancho Δx. Posteriormente se cuenta el número de partículas en cada rebanada y se dividen en el área de la rebanada, obteniendo con esto la densidad de la rebanada. Para cada configuración se realiza el cálculo anterior y al final se promedia entre el número de veces que se realizó.

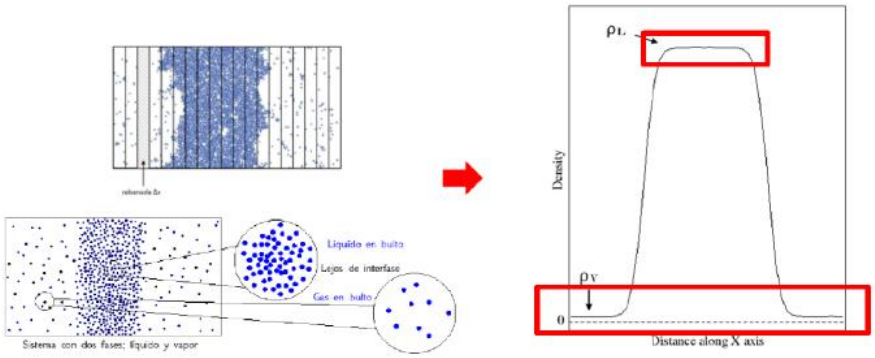
El perfil de densidad promedio nos ayuda a averiguar si en un sistema dado hay coexistencia de fases, ya que nos encontraríamos una región con una densidad alta y 13 dos regiones con una densidad baja, correspondientes estás a las fases presentes. De esta manera, la densidad local a lo largo de la dirección x se calcula usando la Ec. (1):

$$\rho(x) = \frac{N(x, x+\Delta x)}{\Delta A} \tag{1}$$

Dónde $(x, x + \Delta x)$ es el número promedio de partículas entre $(x\ y\ x + \Delta x)$ localizadas en el área $\Delta A = Ly\Delta x$. Para obtener la densidad adimensional, se multiplica la ecuación anterior por el diámetro de las partículas, σ^2 y se tiene Ec. (2):

$$\rho^*(x) = \frac{N(x, x+\Delta x)\sigma^2}{\Delta A} \tag{2}$$

En la Fig. 1 se puede apreciar la representación del método de coexistencia de fases. La parte de la izquierda muestra la distribución de las moléculas en la caja de simulación. Del lado derecho se muestra el perfil de densidad que se forma a lo largo de la caja de la caja de simulación.



a) b)

Fig. 1. Representación de la técnica de coexistencia de fases a) caja de simulación y sus fases presentes y b) grafica del perfil de densidad

E. Principio Físico

Para un sistema formado por N cantidad de partículas su energía potencial es función de las coordenadas $\vec{r}_i, i = 1 \ldots \mathrm{N}$ de las partículas, como se muestra en la Ec. (3) [2]:

$$m_i \frac{d^2 \vec{r}_i}{dt^2} = \vec{F}_i \tag{3}$$

Donde:

m_i = masa de la i-esima partícula

t = tiempo

$\vec{F}_i$ = fuerza de la partícula i

donde fuerza de la partícula i se originó por el potencial de N partículas en función de la energía, definida por la Ec. (4) [2]:

$$\vec{F}_i = -\frac{\partial E\left(\vec{r}_1, \vec{r}_2 \ldots \vec{r}_N\right)}{\partial \vec{r}_i} \tag{4}$$

donde $\vec{r}$ son las coordenadas, E la energía y $\vec{F}_i$ la fuerza de la partícula i.

F. Metodología de la DM

A continuación, se mostrará el debido procedimiento para llevar a cabo una DM:

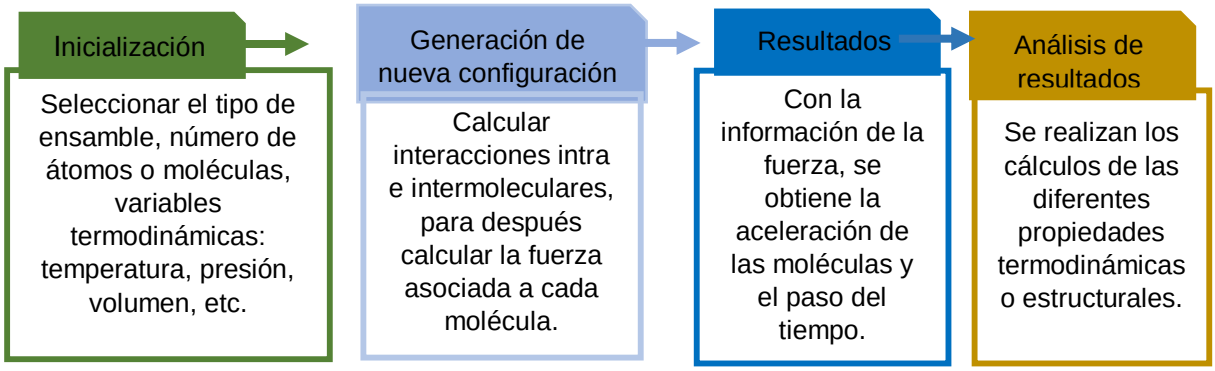


Fig. 2. Desarrollo de una dinámica molecular

G. Campo de fuerza

Función de energía potencial la cual representa las interacciones entre los átomos por medio de variables relacionadas: estiramiento, ángulo de enlace, flexión, rotaciones torsionales y diedros, así como términos no enlazantes que presentan las interacciones Van Der Waals y las interacciones electrostáticas [6].

La energía potencial de un sistema viene representada por la Ec. (5) [6]:

$$U_{POTENCIAL} = U_{ENLAZANTES} + U_{NOENLAZANTES} \tag{5}$$

1) *Campo de fuerza CHARMM27*

Existen muchos tipos de campos de fuerza como: GROMOS, CHARMM, X-PLOR, OPLS y AMBER. Cada uno de los anteriores presenta distintas características en cuanto a los términos enlazantes y no enlazantes. CHARMM, es utilizado en pequeñas y grandes moléculas. El potencial que se utilizó es CHARMM27 [7].

H. Estimación de la densidad del líquido y vapor

Para estimar la densidad del líquido y vapor, el perfil de densidad se ajusta a la función tangente hiperbólica que se muestra a continuación Ec. (6) [5]:

$$\rho(x) = \frac{(\rho_L + \rho_V)}{2} - \frac{(\rho_L - \rho_V)}{2}\tanh[\frac{x - x_e}{d}] \tag{6}$$

Donde ρv es la densidad de la fase de vapor, ρL es la densidad de la fase liquida, xe es la posición de la superficie divisoria de Gibbs y d es el grosor de la interfase.

I. Estimación de temperatura crítica

Para llevar a cabo el cálculo de la temperatura crítica, los resultados de la densidad del líquido y vapor se ajustan a la ley de expansión de Wegner, como se muestra en la Ec. (7)[8]:

$$\rho_L - \rho_v = A_0(1-\frac{T}{T_c})^{\beta} + A_1(1-\frac{T}{T_c})^{\beta+\Delta} + A_2(1-\frac{T}{T_c})^{\beta+2\Delta} \tag{7}$$

donde A_0, A_1, A_2 y β son parámetros de escalamiento. Para el presente trabajo A_1 = A_2 = 0, ya que los resultados no cambian por incluirlos a los anteriores.

J. Estimación de la densidad crítica

Con T_c, ρ_v y ρ_L se realiza un ajuste lineal para obtener la densidad crítica ρ_c con la ley de los diámetros rectilíneos, Ec. (8) [9]:

$$\frac{\rho_L + \rho_V}{2} = \rho_C + B(T - T_C) \tag{8}$$

donde T_c es temperatura crítica, B una constante, T la temperatura, ρ_L densidad del líquido, ρ_V densidad del vapor y ρ_C densidad crítica.

K. *Estimación de la presión crítica*

Con las presiones de vapor, podemos construir la curva (P) vs (1/T). La relación lineal entre la presión de vapor y la temperatura se conoce como la ecuación de Clasius-Clapeyron, Ec. (9):

$$LnP = -\frac{\Delta H_u}{R}\frac{1}{T} + C \tag{9}$$

donde R es la constante universal de los gases, ΔH_u es el calor de vaporización y C es una constante.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

L. Materiales

Para ejecutar las simulaciones se empleó el equipo de cómputo de la División de Ingeniería Ambiental. Este equipo tiene como sistema operativo la versión Ubuntu 18. 04. 6 LTS. El software empleado fue GROMACS versión 2020.6.

M. Método

Para llevar a cabo el estudio del equilibrio liquido-vapor de la mezcla de esteres importantes en la producción de biodiesel, se empleó un método de simulación molecular, en específico DM aplicando la metodología de coexistencia directa de fases. Los detalles más importantes empleados las simulaciones moleculares se muestran a continuación:

- Temperaturas de inicio de T= 650 K, de este punto se fue aumentando la temperatura en 10 K hasta alcanzar valores de T= 800 K.
- Se construyó una caja de simulación de dimensiones 260 x 130 x 130 Å y se emplearon 1000 moléculas de linoleato de metilo,1000 moléculas de oleato de metilo y 1000 moléculas de palmitato de metilo.
- Ensamble NVT.
- Termostato Berendsen (equilibrio) y Nose-hoover (producción).

- Algoritmo leap-frog.
- Condiciones periódicas.
- Se utilizó radio de corte (Rc) = 2.5 nm.
- Tiempo de paso 0.002 ps.
- Tiempo de simulación 4 ns (equilibrio) y 10 ns (producción).

En cambio, para estimar la densidad del líquido y vapor se realizó un ajuste no lineal a la ecuación de la tangente hiperbólica Ec. (10):

$$\rho(x) = \frac{(\rho_L + \rho_V)}{2} - \frac{(\rho_L - \rho_V)}{2} \tanh[\frac{x - x_e}{d}] \quad (10)$$

La temperatura crítica se obtuvo mediante un ajuste no lineal por expansión de Wegner a partir de las densidades líquido y vapor Ec. (11):

$$\rho_L - \rho_V = A_0(1 - \frac{T}{T_c})^{\beta} \quad (11)$$

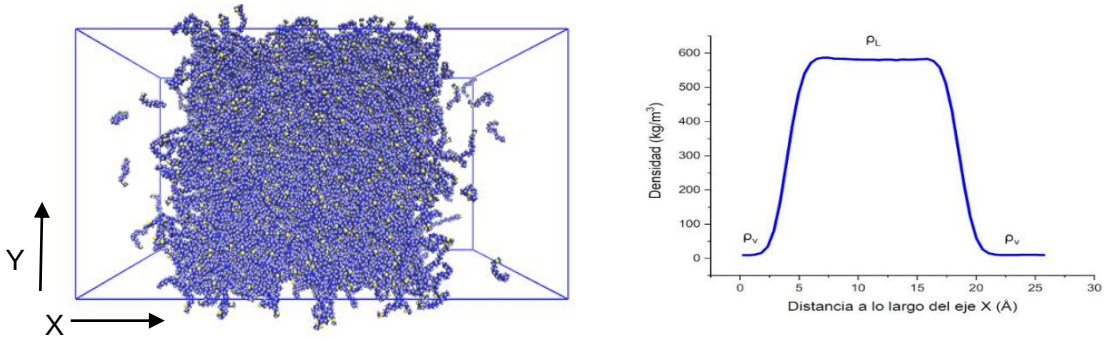
Teniendo la temperatura crítica, así como las densidades de equilibrio líquido-vapor, se realizó un ajuste lineal con la ley de diámetro rectilíneo Ec. (12):

$$\frac{\rho_L + \rho_V}{2} = \rho_C + B(T - T_C) \quad (12)$$

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

N. Desarrollo de las simulaciones moleculares

A partir de las anteriores simulaciones se obtuvo información como el perfil de densidad y la presión de vapor de la mezcla de esteres a la temperatura de 650 K. A continuación, en la Fig. 3 se muestran las imágenes de las configuraciones finales que tuvieron las moléculas en su caja de simulación y su respectivo perfil de densidad.



a) b)

Fig. 3. Representación de las configuraciones finales a) caja de simulación y b) grafica del perfil de densidad.

Ñ. Estimación de la densidad líquido-vapor de la mezcla de esteres

Para la mezcla de esteres en la Tabla 1 se muestra la densidad del líquido-vapor a la temperatura de 650 K.

Tabla 1. Densidad del líquido-vapor de la mezcla de esteres

Temperatura (K)	Densidad del líquido (Kg/m^3)	Densidad del vapor (Kg/m^3)
650	585	1.46

Es importante mencionar que el proceso anteriormente detallado se debe llevar a cabo para cada una de las temperaturas hasta concretar la temperatura de 800 K o según corresponda.

IV. CONCLUSION

Este trabajo de investigación se logró realizar el inicio de un estudio de equilibrio líquido vapor mediante DM a través del método de coexistencia directa de fases para posteriormente estimar las propiedades críticas de la mezcla de esteres involucrados en la producción de biodiesel.

Se obtuvieron las densidades del líquido y vapor para la mezcla esteres metílicos a la temperatura de 650 k.

Es de suma importancia mencionar que a través de simulaciones moleculares se es posible estimar propiedades críticas de compuestos que a nivel experimental es complicado su obtención.

V. RECONOCIMIENTOS Y AGRADECIMIENTOS

Al Instituto Tecnológico Superior del Sur de Guanajuato por el seguimiento y apoyo brindado.

A la Coordinación de la División de Ingeniería Ambiental por el préstamo del equipo de cómputo.

Al Dr. Edgar Guadalupe Blanco Díaz por su colaboración en el proyecto.

REFERENCIAS

[1] J. D. Alfaro, “Métodos de simulación molecular: una revisión de las herramientas más actuales”, *Ingeniería*, vol. 24, n. º 2, Art. n. º 2, 2014.

[2] A. Aguirre, “Estudio mecanocuántico, docking y dinámica molecular de tioazúcares como inhibidores de la proteína fucosidasa: algoritmos para el análisis conformacional y programa para el cálculo de constantes de acoplamientos vecinales (CAL3JJHH)” *Universidad de Granada, Granada,* Disponible en https://digibug.ugr.es/handle/10481/2412 [consultado en 2022].

[3] R. O. C. Contreras, “Determinación del equilibrio líquido-vapor de agua, aromáticos y sus mezclas mediante simulación molecular” *Universitat Rovira I Virgili,* Disponible en https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=7711 [consultado en 2022].

[4] E. Feria, J. Algaba, J. M. Míguez, et al., “Vapour-liquid phase equilibria and interfacial properties of fatty acid methyl esters from molecular dynamics simulations”, *Phys. Chem. Chem. Phys.,* vol. 22, pp. 4974-4983. 2020.

[5] G. A. Chapela, G. Saville, S. M. Thompson, et al., “Computer simulation of a gas-liquid Surface. Part 1”, *J. Chem. Soc. Faraday Trans. 2 Mol. Chem. Phys.,* vol. 73, pp. 1133-1144. 1977.

[6] D. A. Barragán, “Evaluación del campo de fuerza Charmm27 implementado en NAMD para la simulación de ADN G-Cuádruple Tetramoleculares y Paralelos” *Escuela Superior Politécnica de Chimborazo,* Disponible en http://dspace.espoch.edu.ec/handle/123456789/4808 [consultado en 2022].

[7] C. Suárez, “Simulación con dinámica molecular de polímeros anfifílicos: dependencia del pH, longitud de la cadena polimérica y cadena alquílica” *Universidad Icesi, Santiago de Cali,* Disponible en http://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/2936943 [consultado en 2022].

[8] F. J. Wegner, “Corrections to Scaling Laws”, *Phys. Rev. B,* vol. 5, pp. 4529-4536. 1972.

[9] J. A. Zollweg y G. W. Mulholland, “On the law of the Rectilinear Diameter”, *J. Chem. Phys,* vol. 57, pp.1021-1025. 1972.

APLICACIÓN SIMPLIFICADA DE SISTEMA COMPUTACIONAL PARA DETECTAR PIE PLANO EN NIÑOS DE EDAD PREESCOLAR

Juan Antonio López Valdez
Instituto Tecnológico Superior de IrapuatoIngeniería Mecatrónica
Carr, Irapuato – Silao Km 12.5
Colonia El Copal, C.P. 36821
Irapuato, Guanajuato.
LIS18110985@irapuato.tecnm.mx

Miroslava Cano Lara
Instituto Tecnológico Superior de Irapuato
Ingeniería Mecatrónica
Carr, Irapuato – Silao Km 12.5
Colonia El Copal, C.P. 36821
Irapuato, Guanajuato
miroslava.cl@irapuato.tecnm.mx

Resumen — En este trabajo se presenta un estudio y análisis computacional de la huella plantar mediante podograma o impresión gráfica de la planta destinado a detectar pie plano en una población de 20 infantes de edad preescolar de una zona rural. Se realizó el procesamiento de las 20 muestras mediante un programa que obtiene el contorno de las huellas y mediante 3 protocolos determinados, realiza las mediciones de acuerdo a éstos y determina el tipo de pisada del niño. Finalmente, los resultados se analizan mediante métodos estadísticos para determinar su relación con parámetros como el IMC, el sexo y la línea de helbing.

Palabras clave — huella plantar, pie plano, línea de helbing.

Abstract — This paper presents a study and computational analysis of the plantar footprint by means of a podogram or graphic impression of the sole to detect flat feet in a population of 20 preschool children in a rural area. The 20 samples were processed by means of a program that obtains the contour of the footprints and by means of 3 determined protocols, performs the measurements according to these and determines the type of footprint of the child. Finally, the results are analyzed using statistical methods to determine their relationship with parameters such as BMI, sex and helbing line.

Keywords — plantar footprint, flat feet, helbing line

I. INTRODUCCIÓN

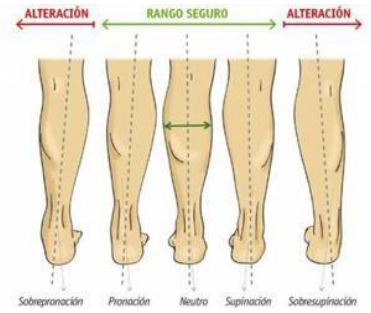
El pie plano refiere a la no formación del arco plantar del pie, este es un problema común tanto en niños como en adultos. Cuando esta deformación se presenta en niños es llamado “pie plano pediátrico” existiendo casos sintomáticos y asintomáticos. El pie plano pediátrico, a pesar de ser considerado normal, puede desembocar en problemas graves a futuro si no se trata a tiempo. Su corrección con dispositivos ortopédicos se puede lograr casi por completo en niños de edad preescolar (3 – 6 años), disminuyendo lasprobabilidades conforme el niño crece hasta llegar a la edad de 15 años.

Pese a que este problema requiere de oportuna atención, el hecho de que se considere normal, así como los altos costos de su tratamiento, provocan que solo algunos casos se atiendan a tiempo. Por consiguiente, se llevó a cabo un estudio de la bóveda plantar en niños de preescolar ubicados en zonas rurales, mediante técnicas de procesamiento de imágenes. Con el fin de detectar el pie plano y demostrar que es un problema que prevalece en niños de este rango de edad, emitiendo un prediagnóstico tecnológico para el oportuno tratamiento de este padecimiento.

II. MARCO TEÓRICO

Línea de Helbing

Es una medida de grado de pronación del retropié que toma como referencia la bisectriz posterior del calcáneo y la bisectriz posterior de la pierna. Se mide examinando el pie por su parte posterior y el sujeto en bipedestación [1].

a) 

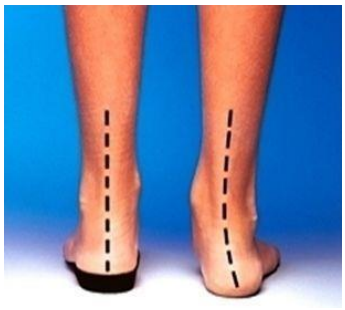
b) 

Fig. 1. a) Ángulo de la articulación Tibio – Calcánea (ATC), b) Línea de Helbing [2].

Huella plantar

Existen tres tipos básicos de pie: normal, plano y cavo, como se muestra en la Figura 2. El pie normal presenta un arco en la parte media del pie. El pie plano presenta un cambio en la forma del pie donde no se tiene un arco normal al estar parado. El pie cavo es una anomalía del pie que se caracteriza por un arco más pronunciado de lo normal [3].

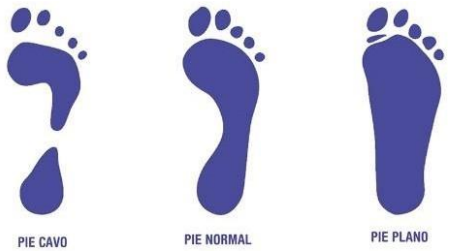


Fig. 2. Tipos de huella plantar [3].

Protocolo Hernández Corvo

El índice Hernández-Corvo permite determinar el tipo de pie mediante una secuencia de pasos estableci (figura 3, a), así el pie se tipifica según las medidas obtenidas a través de la imagen plantar. Este índice es preciso en su clasificación y por ende su protocolo de valoración se emplea en el sistema computacional aplicado [4].

Angulo de Clarke

Es una medición de estudio estático para observar la tendencia de los pies planos o cavos, en el cual es posible observar el nivel de complicación. Para obtener este valor, tras la impresión de la huella plantar se marca una línea uniendo las prominencias internas del pie, posteriormente se traza una segunda línea uniendo el punto de la prominencia interna del antepié con el punto donde se unen las zonas del medio pie y antepié (figura 3, b) [5].

Angulo de Staheli-Chippaux

Estos índices calculan la relación entre la zona más angosta del medio pie con la zona más ancha del antepié, y el ancho máximo del retropié, en este caso el porcentaje para la valoración de pie normal es de 35%, inferiores para pie plano ysuperiores para cavos (figura 3, c) [6].

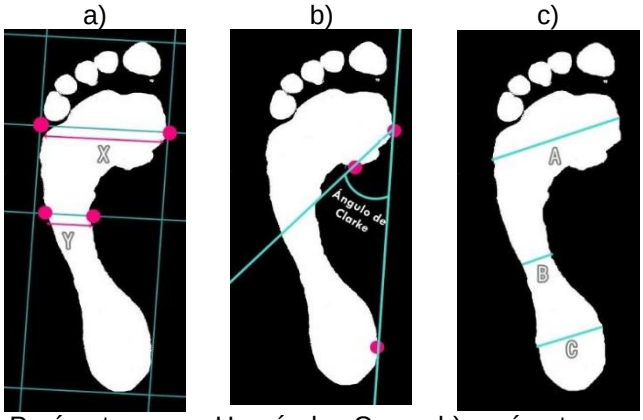


Fig. 3. a) Parámetros para Hernández Corvo, b) parámetros para Ángulo de Clarke, c) parámetros para Staheli Chippaux [4].

III. METODOLOGÍA

El sistema computacional aplicado corresponde al proyecto Miranda-Flores *et al* [4] para el procesamiento y medición de las huellas plantares. El proyecto contempla la generación de un banco de datos con casos de la población seleccionada, del cual se mantienen solo los datos pertenecientes a niños con pie plano y se emite un prediagnóstico tecnológico basado en la observación de la bóveda plantar, la comparativa entre los resultados de cada protocolo, y el estudio de la línea de Helbing.

La generación del banco de datos sigue el procedimiento:

1. Previo a la captura de las huellas de cada miembro de la población seleccionada, y con el consentimiento de los padres y los propios escolares, se pesó y midió a cada sujeto, se les pregunto por su edad y se les pidió adoptar una postura de pie “correcta” con el fin de evaluar la línea de Helbing de cada uno.

2. Se llevo a cabo el procesamiento y medición de las huellas de cada sujeto. Los resultados numéricos y clasificación de cada protocolo (Hernández – Corvo, Ángulo de Clarke ySTaheli Chippaux), así como el contorneado de las huellas, fueron agregados a la tabla inicial con el fin de facilitar la comparativa y el análisis de cada caso.
3. Se contabiliza el número de niñas y niños que hay en la población, el número de casos de niños con posible desnutrición, en peso normal, sobrepeso y obesidad; además de contabilizar el número de niños que cuentan con pie plano, pie normal, pie cavo, de acuerdo con los resultados para cada protocolo.

Para el estudio exclusivo de casos de niños con pie plano, se procede a rescatar los casos más concluyentes y analizar sus datos en comparación con el IMC, el sexo, y el prediagnóstico de la línea de Helbing de cada niño.

IV. RESULTADOS

Con el propósito de enfocar el estudio exclusivamente en niños y niñas con pie plano, se discriminaron los resultados de los sujetos con pie normal y pie cavo. De la población original de 20 infantes (10 niñas y 10 niños), 7 resultaron con problemas de pie plano en ambos pies, siendo estos mismos casos los utilizados para el presente análisis.

En la figura 4 a), se ilustra la prevalencia del pie plano de acuerdo con el sexo. Esta gráfica muestra que la tendencia a presentar pie plano es mayor en hombre que en mujeres.

Por otro lado, la prevalencia del pie plano en relación con el IMC se presenta en la figura 4 b). Con estos resultados se observó que la prevalencia del pie plano no necesariamente depende de tener un índice de masa corporal alto, aunque es necesario un estudio más completo para tener certeza en las hipótesis.

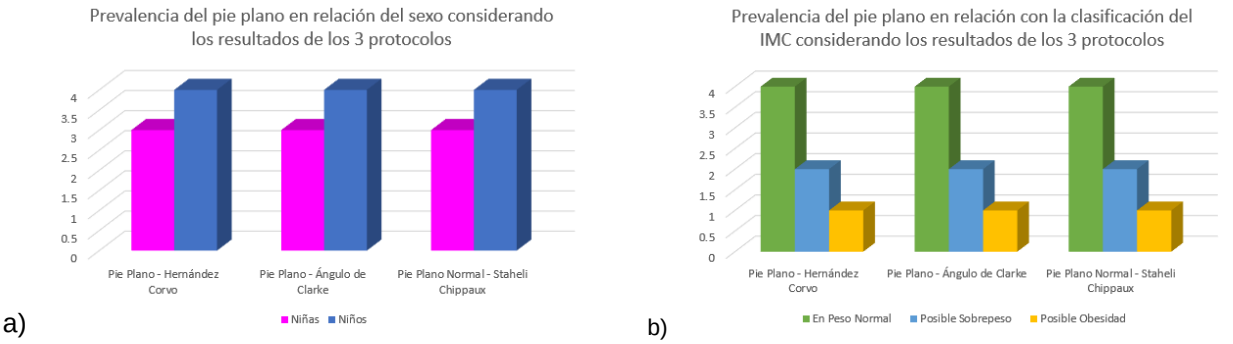


Fig. 4. a) Prevalencia del pie plano en relación con el sexo, b) Prevalencia del pie plano en relación con el IMC.

Los resultados del IMC y sexo vinculados al pie plano se relacionan y clasifican en base a cada protocolo. La revaloración de los datos se realizó con la finalidad de emitir un prediagnóstico tecnológico exclusivo para cada caso, como forma de contribuir al mejoramiento de la calidad de vida de la poblaciónseleccionada, al mismo tiempo que lográbamos comprender como se encuentra la población preescolar del estado de Guanajuato en temas referentes a problemas en la bóveda plantar.

La figura 5 se muestra uno de los caos de pie plano crítico, el prediagnóstico tecnológico del tipo de pie y el prediagnóstico de la línea de Helbing. Esta técnica se empleó para valorar todos los casos de pie plano que se estudiaron.

Pie	Imagen	Contorno	Valores en Protocolo		
			Hernández - Corvo	Ángulo de Clarke	Staheli - Chippaux
Derecho			8.89392 - Plano	18.4185 - Plano	Chippaux 0.712323 – Plano Staheli 1.23771 – Normal
Izquierdo			10.8492 - Plano	5.63902 - Plano	Chippaux 0.82125 – Plano Staheli 1.29425 – Normal

Sexo	Edad (Años)	Estatura (cm)	Peso (Kg)	IMC
F	4	105	16.5	14.96

Vista frontal	Vista posterior	Línea de Helbing

Diagnostico Tecnologico Preliminar: Pie Derecho: **Plano** Pie Izquierdo: **Plano**	Índice de Masa Corporal: En Peso Normal	Línea Helbing: Presenta disminución del arco plantar Tendencia a pronación

Figura. 5. Caso crítico de preescolar con pie plano.

V. CONCLUSIONES

En este proyecto se propuso un estudio para detectar el pie plano en niños de preescolar, los resultados nos mostraron que, si bien es cierto se obtuvieron apenas 35% de casos de pie plano, consideramos que sigue siendo una cantidad considerable, demostrando así, que es un problema presente en infantes de este rango de edades. De igual manera, pudimos observar la relación respecto a distintos parámetros como el sexo, donde el 57% de casos se presenta en niños y el 43% en niñas, y el IMC en el que también el 57% de los casos de pie plano se encuentran en la categoría de “Peso normal”, el 29% en “Posible sobrepeso” y el 14% en “Posible obesidad”. Con estos resultados se ofrece un pronóstico del pie plano donde mayormente se presenta en hombres y no tiene relación con el IMC. Se considera ampliar la población de niños para mejorar los datos de clasificación del pie plano y continuar con apoyo en escuelas de comunidades, las cuales no tienen fácil acceso a este tipo de estudios computacionales.

VI. RECONOCIMIENTOS

Expreso mi agradecimiento al Jardín de Niños Jaime Torres Bodet de la comunidad de Valtierrilla, Salamanca por apoyar en el desarrollo del proyecto y actuar como enlace directo con los padres de los preescolares. Al proyecto INV-LGAC-IMECA-001-2022 “Pie plano en niños de pre-escolar, diagnóstico computacional como apoyo a comunidades” del ITESI-TecNM por el apoyo otorgado para la realización.

REFERENCIAS

[1] Lorenzo, A. O. (junio de 2016). “Comparación de la efectividad del vendaje funcional, vendaje neuromuscular y de las ortesis plantares en pacientes con pie pronado”.

[2] Aguilera, J., Herendia, JR., & Peña, G. (abril de 2015). “Huella plantar, biomecánica del pie y del tobillo: propuesta de valoración”. Instituto Internacional de Ciencias del Ejercicio Físico y la Salud.

[3] Luengas, L., Díaz, M. & González J. (2015). “Determinación de tipo de pie mediante el procesamiento de imágenes”. Ingenium 17(34), pp 147-161.

[4] Miranda., H. & Flores., L. (2020) Desarrollo de interfaz para estudio estático de huella plantar en infante utilizando procesamiento digital, con diseño y manufactura de plantilla correctora. Tesis Profesional.

[5] Lara-Diéguez, S., Lara-Sánchez, A., Zagalaz-Sánchez, M.L., Martínez López, E. (2011). “Análisis de los diferentes métodos de evaluación de la huella plantar. Retos. Nuevas tendencias en Educación Física, Deporte y Recreación”, 19, 49–53.

[6] Gonzalez-Martin C, Pita-Fernandez S, Seoane-Pillado T, Lopez-Calvino B, Pertega-Diaz S, Gil-Guillen V. Variability between Clarke’s angle and ChippauxSmirak index for the diagnosis of flat feet. Colombia Medica. 2017; 48(1):25-31.

IMPLEMENTACIÓN DE REALIDAD AUMENTADA EN VEHÍCULOS.

Alejandra Carpio Cortes
Instituto Tecnológico Superior de Abasolo
Blvd. Cuitzeo de los Naranjos #401, Col. Cuitzeo de los Naranjos, C.P 36976
Tel. (429) 1061300, Abasolo, Guanajuato
as19110334@tecabasolo.edu.mx

José Francisco Ayala García
Instituto Tecnológico Superior de Abasolo
Blvd. Cuitzeo de los Naranjos #401, Col. Cuitzeo de los Naranjos, C.P 36976
Tel. (429) 1061300, Abasolo, Guanajuato
francisco.ag@abasolo.tecnm.mx

Resumen — En el presente trabajo de investigación se presenta la implementación de un algoritmo desarrollado en el lenguaje de programación Python, el cual consiste en medir y estimar diferentes distancias por medio de un sensor ultrasónico *jsn-sr04t*, el cual es capaz de detectar distancias desde 0.2 metros hasta 4 metros, y una cámara que muestra dichos objetos; todo esto instalado sobre un vehículo donde se pretende tener mejores comodidades al manejar y brindar una experiencia más sencilla al conducir, así como intentar conseguir la conducción autónoma, este trabajo es una base para realizar dicho propósito. Se tuvieron que adaptar los objetos de trabajo en un vehículo para realizar una serie de pruebas correspondientes y verificar resultados.

Palabras clave — Conducción Autónoma, raspberry, sensor ultrasónico, Python, cámara.

Abstract — In the present investigation work, we present the implementation of an algorithm developed in the language of python programming, which consists of measuring different distances employing a jsn-srt04t ultrasonic sensor that detects distances from 20 centimeters to 4 meters, and a camera that shows these objects, all this installed about a vehicle where it is intended to have better amenities when driving and providing an easier driving experience, as well as trying to achieve autonomous driving, this work is a basis for realizing this purpose. The work objects had to be adapted in a vehicle to perform a series of corresponding tests and verify results.

Keywords — Autonomous driving, raspberry, ultrasonic sensor, Python, camera.

I. INTRODUCCIÓN

La finalidad de este proyecto es crear una base para la conducción autónoma, donde con sensores y cámaras el vehículo sea capaz de detectar objetos, personas, etc., brindando un manejo de manera segura y eficaz, lo que puede facilitar algunas actividades o tareas, como manejar; o bien funcionar de manera muy práctica para personas con capacidades diferentes o problemas físicos, a las cuales se les dificulte realizar dicha actividad.

Se desarrollaron códigos en el lenguaje de Python para que la cámara y el sensor ultrasónico realizaran sus correspondientes funcionamientos, se indagaron diversas fuentes de información para su funcionamiento de manera correcta, y posterior a esto se implementó el sensor y cámara dentro del vehículo; se adaptaron para poder realizar las pruebas teniendo un buen resultado de respuesta.

II. MARCO TEÓRICO

Dirección asistida:

La dirección asistida hace que las maniobras durante la conducción sean más fáciles, seguras y cómodas para los pasajeros. Brinda la capacidad de desviarse para evitar obstáculos o intrusos inesperados en la carretera, como animales, u otros vehículos o peatones que no están prestando atención [1]. En la ilustración 1 se puede observar una dramatización de cómo funciona el sensor al detectar objetos, personas, vehículos, etc.

Ilustración 1: Dramatización de la detección y funcionamiento del sensor.

Raspberry.

Es una minicomputadora que funciona a 5VDC/2.5A. Sus principales características es su tamaño reducido y gran capacidad de procesamiento. Por este motivo es una de las tarjetas más usadas por desarrolladores de sistemas embebidos. En lo particular es importante resaltar la capacidad de conexión con periféricos que normalmente encontraríamos en un microcontrolador. Por ejemplo, tiene un puerto serial TTL, un puerto I2C, SPI y pines de entrada/salida de propósito general.Una Raspberry es también un sistema digital de procesamiento y que funciona gracias a un sistema operativo [2]. En la ilustración 2 se pueden observas las partes de este componente.

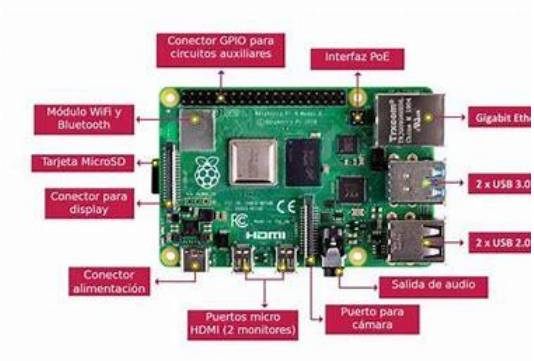


Ilustración 2: Partes de la Raspberry.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

Para la realización de este proyecto se utilizaron los siguientes materiales: Raspberry, sensor ultrasónico *jsn-sr04t*, dispositivos periféricos (ratón, teclado, pantalla). Antes de implementar el prototipo en el vehículo se crearon códigos y se realizaron las respectivas pruebas de funcionamiento.

Se pueden encontrar varios tipos de sensores ultrasónicos en el mercado, con medidas respectivas a cada uno, en este caso se tomó la decisión de considerar el ultrasónico jsn-sr04t por accesibilidad económica y por cumplir con el rango requerido en este proyecto.

Inicialmente se elaboró el código del sensor y se tomaron las pruebas correspondientes para verificar que la distancia fuera correcta (el rango del sensor es a partir de 0.2m y hasta 4m), después se prosiguió con el código de la cámara, para que esta funcione cuando el código se inicia, sin grabar ni tomar fotos, solo la visión de la cámara. Una vez con esto, se creó un tercer código, cuya función es que los dos códigos anteriores trabajen simultáneamente en tiempo real.

Una vez con los códigos terminados, se tomó la decisión de implementar el sensor en la fascia delantera de un vehículo, por lo que se realizó un diseño de la tapa del tirón delantero del vehículo en el software SolidWorks, esta se diseñó con mismas dimensiones que la original considerando el espacio para montar el sensor, una vez diseñado y obtenido el modelo 3D se prosiguió a imprimir la pieza. En las ilustraciones 3 y 4 se muestra la visualización y la impresión, respectivamente.

Ilustración 3: Visualizador de impresora 3D.

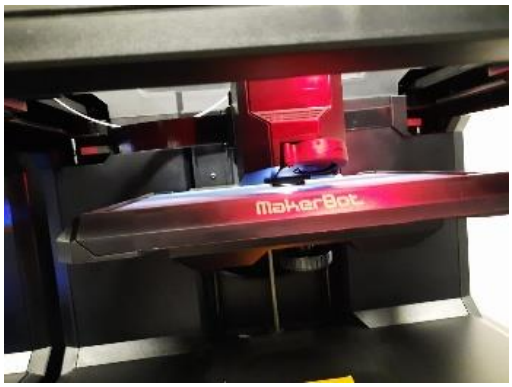


Ilustración 4: Impresión en tamaño real.

Una vez impresa la pieza se le coloca el sensor en el orificio de esta, como se observa en la ilustración 5; se colocó la tapa creada junto con el sensor en lugar de la tapa jalón original, observado en la ilustración 6; se tomó en cuenta la mejor ruta para facilitar el paso del cable. La instalación de la cámara se muestra en la ilustración 7, la cual fue por adentro del vehículo en la parte superior del retrovisor y se hizo la conexión en la parte superior del tablero.

Ilustración 5: Tapa jalón con sensor instalado.

Ilustración 6: Sustitución de tapa original por la diseñada.

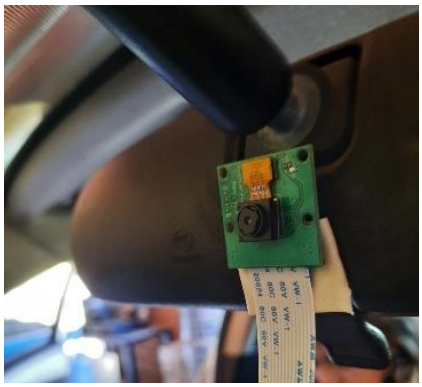


Ilustración 7: Instalación de la cámara en retrovisor.

III. RESULTADOS

Se realizaron una serie de estudios en los cuales se pudo corroborar que el sensor detectaba de forma correcta. Algunas de las pruebas constaron en colocar a una persona donde se observa la distancia captada por el sensor de 78.1 cm, mostrado en la ilustración 8; en la ilustración 9 se toma de referencia la pared dando una distancia de 138.01 cm.

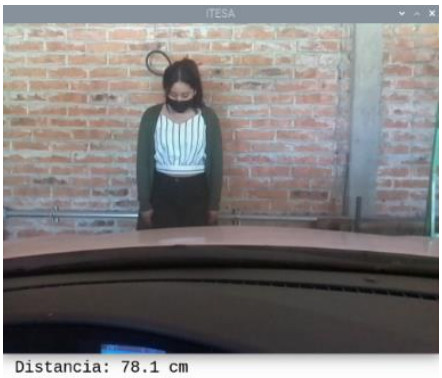


Ilustración 8: Prueba de detección de personas.

Ilustración 9: Prueba de detección de objetos.

En la ilustración 10 se puede apreciar una distancia con referencia a la pared de 167.88 cm donde el vehículo se desplazó, y en la ilustración 11 nos presenta una distancia de 220.95 respecto a la persona, de igual manera donde el vehículo ya se había desplazado.

Las pruebas fueron realizadas varias veces, pero solo se tomaron esas capturas de evidencia para evitar la redundancia.

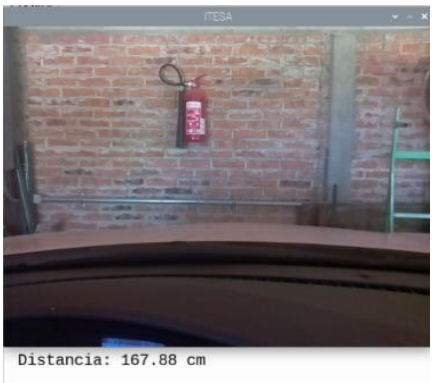


Ilustración 10: Detección de objetos.

Ilustración 11: Detección de una persona.

IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Analizando las pruebas anteriores se concluye que el funcionamiento es correcto ya que la programación desarrollada en Python hizo las respectivas funciones solicitadas (medir y mostrar la visión de la cámara) al | sin embargo, la implementación de los dispositivos periféricos se ve limitado por falta de recursos como dinero y material. Se espera continuar con el proyecto para mejorar su funcionamiento implementando más sensores, así como también algoritmos mejor desarrollados, y tener una implementación de los dispositivos dentro del vehículo mejorando la interfaz con el usuario.

V. RECONOCIMIENTOS

Agradecemos al Instituto Tecnológico Superior de Abasolo por las facilidades y el apoyo brindado en la participación del Rerano Regional.

REFERENCIAS

[1] Blázquez, L. (2020, 27 septiembre). *Dirección asistida: qué es, cómo funciona y por qué se puede averiar*. Todas las noticias de coches en un solo portal: Pruebas, fotos, vídeos, informes. . . Recuperado 5 de agosto de 2022, de https://noticias.coches.com/consejos/direccion-asistida/402293

[2] Solé, R. (2021, 15 septiembre). *Raspberry Pi: Crea proyectos DIY por muy poco dinero*. Profesional Review. Recuperado 5 de agosto de 2022, de https://www.profesionalreview.com/2021/07/18/que-es-raspberry-pi/

ANÁLISIS GEOMÉTRICO VS COMPOSICIÓN DE UNA ESTRUCTURA BASADA EN ORIGAMI Y SU POSIBLE APLICACIÓN EN ROBÓTICA.

Ortega González Ethan Guillermo
Universidad Politécnica de Querétaro
Carretera Estatal 420 SN, El Marqués Querétaro
019032079@upq.edu.mx

Madeleine Medina Castillo
Universidad Politécnica de Querétaro
Carretera Estatal 420 SN, El Marqués Querétaro
madeleine.medina@upq.mx

Resumen — En el presente trabajo se muestra la investigación realizada de diversos parámetros geométricos del patrón de una estructura de origami basada en la celda unitaria de Yoshimura, así como las aplicaciones de la manufactura aditiva para el desarrollo de actuadores flexibles y su aplicación en la industria.

Palabras clave — Origami, geometría, Yoshimura, estructuras flexibles, soft robotics.

Abstract — In the present job we can see the investigation made of multiple geometrics parameters of the patron of a structure of origami based on a unitary celd of Yoshimura, and the applications of the additive manufacture for the development of flexible actuators and their applications in industry.

Keywords — Origami, Yoshimura, geometry, flexible structures, soft robotics.

I. INTRODUCCIÓN

La implementación de robots para la industria se ha vuelto algo común en la actualidad, por lo que día a día se desarrollan nuevas formas en las cuales los robots puedan asimilar diferentes morfologías las cuales permitan complementar los procesos de la industria. Siendo este un punto de partida para la investigación de estructuras de origami para su implementación en la robótica generando actuadores deformables con propiedades mecánicas de gran aprovechamiento dentro de los campos de la ingeniería.

Las estructuras de origami utilizan morfologías deformables las cuales debido a sus materiales de construcción logran regresan a su estado original, en base a este principio nace la idea de en base a las estructuras de origami reforzarse con estructuras adheridas al material por medio de manufactura aditiva. La utilización de la manufactura aditiva busca brindar mejores propiedades mecánicas a las estructuras de origami las cuales posteriormente logren ser implementadas como actuadores flexibles hacia la robótica.

El origami es el arte del doblez, o formalmente conocido como la transformación isométrica de una hoja de papel en varias formas sin cortar, extender o pegar otro pedazo de papel a él, [1]. El origami puede convertir a un patrón geométrico planar en una compleja estructura tridimensional. En general, el movimiento cinético simultáneo de papel conectado es potencialmente útil para ayudar al proceso de manufactura y para realizar estructuras autoconfigurables, [2].

La variedad de patrones de doblez es muy amplia. Los patrones más comunes son: el de Yoshimura, Miura, Waterbomb, Kresling y Resch. Cada uno caracterizado por la

compresión específica que resiste el diseño. En la figura 1, se observa que el patrón de Yoshimura permite una estructura tubular que soporta la compresión en dos de las caras circulares del cilindro.

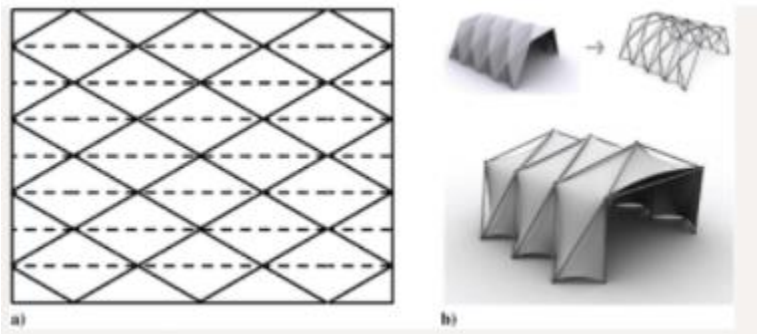


Fig. 1. Representaciones de a) Cilindro de Yoshimura y b) concepto de sistema de refugio móvil plegable basado en el patrón de Yoshimura.

Otro tipo de patrones se muestran a continuación en la figura 2, a) el patrón de diamantes de forma vertical nos permite una estructura b) cilíndrica capaz de soportar cargas a compresión, al igual se observa otro patrón, c) este de forma hexagonal otorgando una estructura de cierta forma cilíndrica pero por el patrón de sus dobleces resulta con una forma d) rectangular en sus caras superior e inferior.

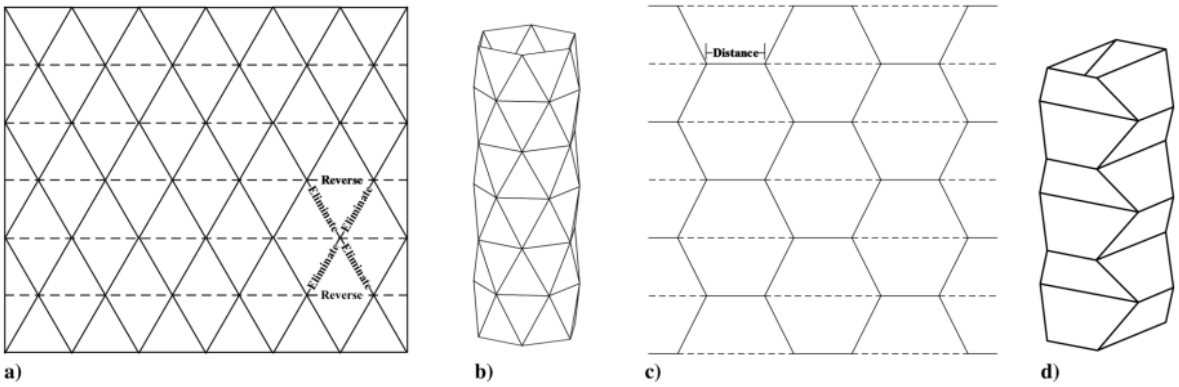


Fig. 2. Representaciones de a) Patrón de Yoshimura, b) Estructura cilíndrica con el patrón de Yoshimura, c) Patrón de fuelle y d) Estructura cilíndrica con el patrón de fuelle.

El patrón de Yoshimura, también conocido como patrón diamante, es ampliamente utilizado debido a su versatilidad, estabilidad y a diferencia de los patrones de Kresling y Waterbomb, muestra más rigidez en el movimiento lineal a lo largo del eje axial, [3]. El patrón de Yoshimura en distintas variantes, ha sido empleado para absorber vibraciones en cilindros metálicos de paredes delgadas, [4], se ha utilizado en robótica para el desarrollo de actuadores deformables construidos mediante las técnicas de impresión de 3D y vaciado [5].

II. MARCO TEÓRICO

Uno de los elementos teóricos a considerar es el Origami que es un arte ancestral de origen chino el cual se basa en el arte de doblar papel para generar figuras o estructuras, este arte tiene origen en el siglo I o II d.C. el cual a lo largo de la historia logró su expansión por el mundo, dentro del origami encontramos un área de mayor interés para la ingeniería la cual es la creación de estructuras aprovechando la rigidez logrando soportan grandes cargas a pesar de ser de un material delicado, como el que se muestra en la figura 3, una figura de origami.

Fig 3. Estructura de origami.

Otro de los elementos teóricos a considerar es la manufactura aditiva, la cual es un tipo de manufactura la cual a través de los años ha demostrado sus amplias áreas de aplicación, esto se debe a la amplia variedad de materiales utilizados brindándonos diferentes propiedades las cuales logran adecuarse a su aplicación planteada. La manufactura aditiva utiliza un proceso de adherencia de material capa por capa de un material en estado sólido el cual se calienta a altas temperaturas para cambiar su estado y así lograr su utilización para la impresión de piezas de gran calidad y gran similitud a su modelo CAD.

II. METODOLOGÍA

La metodología utilizada es la investigación del estado del arte de la impresión en 3D de las estructuras de origami en especial de las de Yoshimura, buscando estructuras con grandes propiedades mecánicas basadas en las estructuras por celdas unitarias y posteriormente proponer una estructura para su impresión y aplicación a estructuras flexibles para soft robotics.

Para la primera etapa respecto al estado del arte de las estructuras de origami, se revisaron los trabajos de una tesis de maestría en la que se desarrolló una estructura de refuerzo inspirada en patrones geométricos de origami para brindar orientación a un robot

de estructura inflable, [6]. La Figura 4 muestra dos vistas de la estructura de refuerzo antes mencionada.

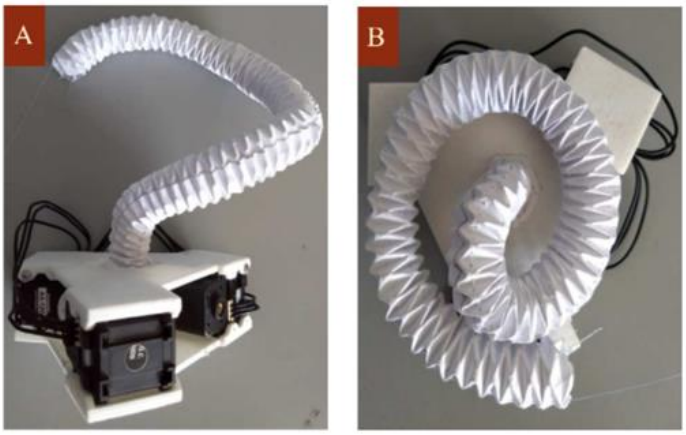


Fig. 4: Estructura de refuerzo de origami. [6].

Otro de los trabajos revisados es el desarrollo de un actuador deformable de tipo neumático inspirado en origami. La estructura tubular de origami es la base de un sistema modular conformado por 3 de estos actuadores. Este trabajo demostró que los actuadores inspirados en origami tienen gran capacidad de carga, son altamente flexibles, se adaptan con facilidad y tienen una larga vida útil, [7]. La Figura 5 a) muestra el patrón de origami y su estructura 3D. A partir de esta estructura deformable se diseñó y fabricó y evaluó el sistema modular deformable mostrado en la Figura 5 b).

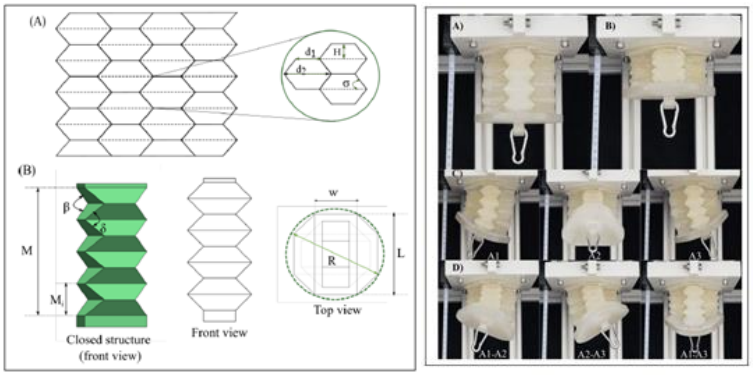


Fig. 5: a) Patrón de origami y estructura tubular 3D que se forma a partir de este. b) Sistema modular deformable, [7].

Este último trabajo mostrado en la Figura 5, se analizan las ventajas y desventajas del diseño y fabricación de los actuadores anteriormente mostrados, principalmente en la

manufactura basada en impresión 3D sobre materiales flexibles. Esta técnica brindará una gran movilidad a la estructura tubular y además brindará rigidez al actuador. La Figura 6 muestra un ejemplo de esta técnica.

Fig. 6: Ejemplo de impresión 3D sobre textiles

Una vez que se realicé el análisis de las geometrías, se diseñará esta estructura en software SolidWorks para posteriormente poder imprimirse por manufactura aditiva o impresión 3D, en impresoras ultimaker, como se muestra en la figura 7.

Fig. 7. Impresora 3D Ultimaker 5s.

III. RESULTADOS

Una vez que se definió la estructura geométrica, que por el análisis bibliográfico se eligió la estructura de Yoshimura, se formó con estas propiedades de las celdas unitarias y entonces se realizó la estructura de origami en papel, variando el número de columnas de manera que cuando se cierra la estructura de manera cilíndrica se forman las estructuras hexagonales como se muestra en la figura 8 y estructura octagonal como en la figura 9.

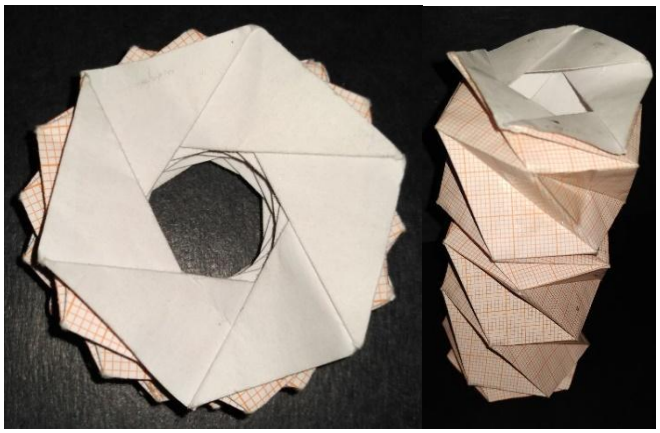


Fig. 8. Estructura Hexagonal.

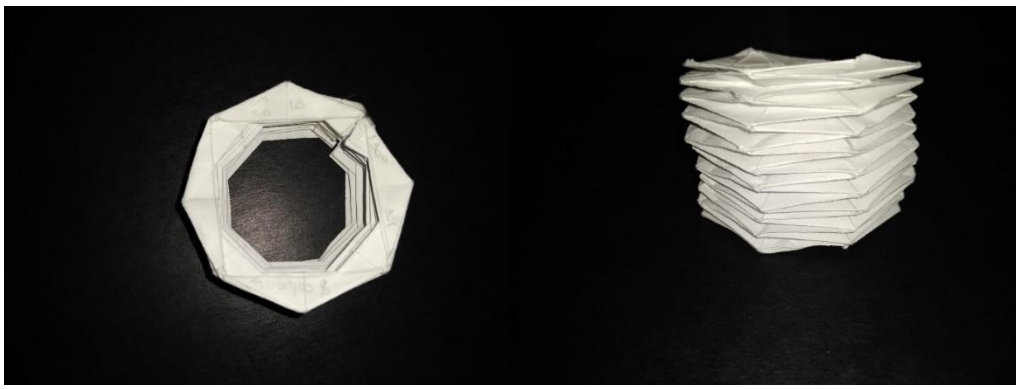


Fig. 9. Estructura Octagonal.

Otro de los resultados obtenidos es el desarrollo de modelos de refuerzo para las estructuras de origami, el cual provee de grandes propiedades, ya que por su simple construcción y debido a la densidad de impresión nos logra otorgar diferentes capacidades mecánicas.

Para generar un actuador flexible se diseñó en SolidWorks una estructura, como la mostrada en la figura 10, la cual fue impresa en tela, esta estructura busca generar una estructura de 6 lados, la cual a través de la tela se mantendrá unida y mediante la manufactura aditiva lograremos adherir esta estructura a la tela.

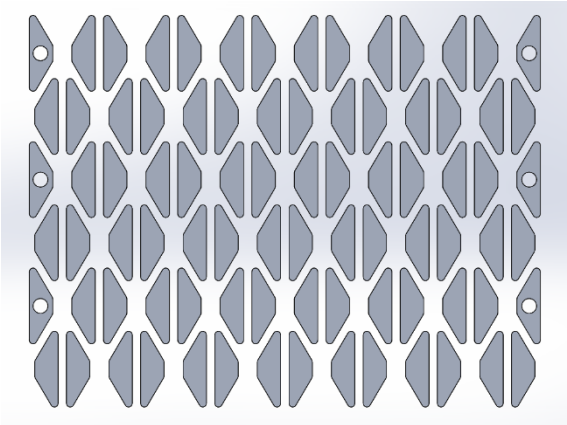


Fig. 10. Diseño de estructura en SolidWorks.

Una vez que se diseñó la estructura, el último de los resultados obtenidos fue la impresión preliminar de la estructura sobre algunos textiles como primera prueba y dejar para trabajos futuros otras impresiones en otros materiales. Se seleccionó una tela la cual tenga una estructura no tan cerrada en su tejido, la cual nos permitió tener una gran adherencia con el PLA. En base a una investigación sobre diferentes textiles nos encontramos con el Tul la cual es un textil lo suficientemente abierto refiriéndonos a su construcción, planteando tener una gran adherencia del PLA.

A continuación, en la figura 11, se muestra la estructura en Tul obtenida la cual propone su implementación hacia la robótica flexible, la cual propone una implementación a los procesos a los cuales los robots que ya tenemos hoy en día se ven limitados.

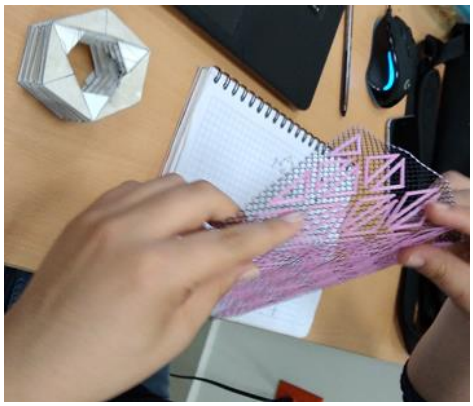


Fig. 11. Impresión de la estructura sobre Tul.

La implementación de esta estructura por manufactura aditiva, buscó impregnar al material textil, el cual posteriormente se busca doblar para generar la estructura hexagonal de celdas unitarias esto con el fin de generar una estructura con propiedades mecánicas superiores a las realizadas únicamente con papel.

IV. CONCLUSIONES

La primera impresión de nuestra estructura sobre el textil nos otorga generar la estructura hexagonal con gran facilidad la cual muestra gran adherencia entre el PLA y el Tul, así mismo las estructuras por celdas unitarias nos brindan una gran cantidad de opciones para implementar posteriormente en la robótica.

La estructura de origami nos generan alternativas para su uso en la robótica esto debido a su formación por celdas unitarias, siendo así que gracias a la implementación con la manufactura aditiva provee de propiedades mecánicas.

Este trabajo puede complementarse realizando pruebas de carga e intercambiando el textil de impresión, además de utilizar diferentes parámetros de impresión 3D.

V. RECONOCIMIENTOS

A mis padres Luis Ortega y Elizabeth González

Ustedes han sido siempre el motor que impulsa mis sueños y esperanzas, quienes estuvieron siempre a mi lado en los días y noches más difíciles durante mis horas de estudio. Siempre han sido mis mejores guías de vida. Orgulloso de haberlos elegido como mis padres y que estén a mi lado en este momento tan importante.

M. en C. Madeleine Medina Castillo, Dra. Yamile Sandoval Castro y la Dra. Lydia Gabriela Ortega Bucio por toda la confianza puesta en mí, por el tiempo de aprendizaje y por la oportunidad de fomentar a seguir aprendiendo y llegar tan lejos como me lo plantee.

Gracias por ser quienes son y por creer en mí.

REFERENCIAS

[1] K. Kasahara. Figürlich und geometrisch. Berlin: Augustus Verlag im Weltbild, 2000.

[2] T. Tachi, "*Freeform Variations of Origami", Geometry and Graphics"*, vol. 14, no.2, pp. 203-215, 2010.

[3] J. Suh, T. Kim, and J. Han, *"New Approach to Folding a Thin-Walled Yoshimura Patterned Cylinder*", Spacecraft and Rocket, vol.58, March 2021. [Online]. Available: https://doi.org/10.2514/1.A34784].

[4] X. Zhang, and Y. Chen, "Vertex-Splitting on Diamond Origami Pattern", Mechanisms and Robotics, vol. 11, no. 3, July 2020.

[5] D. Dureisseix, "*An Overview of Mechanisms and Patterns with Origami*", Space Structures, vol. 27, no. 1, pp. 1- 14, March 2012.

[6] K. Carrasco Salzar. Tesis de Maestría "*Diseño y construcción de un robot ´deformable con estructura inflable para navegar en espacios confinados*" Instituto Politécnico Nacional. Agosto 2021.

[7] X. Y. Sandoval-Castro, D. S. Garcia Morales, E. Castillo-Castaneda, A. Raatz. "*Robust 3D printed modular soft pneumatic actuator using origami concept for high contraction systems*". 5th IEEE/IFToMM International Conference on Reconfigurable Mechanisman Robots. ReMar2021. Toronto Canadá. Agosto 2021 (por publicarse).

Artículo de trabajo de tesis bajado de página web:

J. Caravana Muñoz, "*Estudio paramétrico de la respuesta mecánica de estructuras basadas en origami*". Trabajo de fin de grado 2019. Universidad Carlos III de Madrid. Disponible en https://e-archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/30505/TFG_Javier_Caravaca_Munoz_2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y [consultado en 2022].

IMPLEMENTACIÓN DE ALGORITMOS DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL EMBEBIDA

Galván Herrera Rey Alexander
Universidad Politécnica de Querétaro
Carretera Estatal 420 S/N, El Rosario, 76240,
76240 Santiago de Querétaro, Qro.
019029661@upq.edu.mx

Isaza Bohórquez César Augusto
Universidad Politécnica de Querétaro
Carretera Estatal 420 S/N, El Rosario, 76240,
76240 Santiago de Querétaro, Qro.
cesar.isaza@upq.edu.mx

Resumen — El presente trabajo se muestra la implementación de un algoritmo de inteligencia artificial basado en reconocimiento facial para un sistema embebido dentro de una tarjeta Jetson Nano, mediante lenguaje de programación Python. El sistema está destinado a controlar el acceso de personal hacia uno de los laboratorios de Redes y Telecomunicaciones. Para dicha tarea, el algoritmo de entrenamiento de reconocimiento que se implemento fue EigenFaces y el clasificador pre entrenado Haar Cascades para la detección de rostros en la librería de procesamiento de imágenes OpenCV de Python, todo mediante la captura de las mismas a través de un video en vivo, logrando obtener resultados muy favorables y un buen desempeño del sistema embebido.

Palabras clave — Algoritmo de inteligencia artificial, Sistema embebido, EigenFaces, Haar Cascades.

Abstract — This work shows the implementation of an artificial intelligence algorithm based on facial recognition for a system embedded inside a Jetson Nano card, using Python programming language. The system is intended to control personal access to one of the Network and Telecommunications laboratories. For this task, the recognition training algorithm that was implemented was EigenFaces and the pre-trained Haar Cascades classifier for the detection of faces in the OpenCV Python image processing library, all by capturing them through a live video, achieving very favorable results and a good performance of the embedded system.

Keywords — Artificial intelligence algorithm, Embedded system, EigenFaces, Haar Cascades.

I. INTRODUCCIÓN

En los últimos años, la tecnología en México y el mundo ha ido evolucionando en gran medida, a tal grado que estos avances se han vuelto una parte esencial de nuestras vidas, de tal manera que nos encontramos rodeados por ellos en todo momento y contexto, influyendo en todos los sentidos de la humanidad, desde el medio ambiente, el transporte, las telecomunicaciones, la educación o en los sistemas seguridad donde su aplicación se ha vuelto cada vez más habitual. Todo esto para evitar que personal no autorizado pueda acceder, intervenir y/o manipular información personal, haciendo mal uso de ella. A raíz de esto, surge la necesidad de crear nuevos mecanismos de protección para la información apoyándose en los avances tecnológicos. A pesar de que, desde hace algunos años ya existían diversos sistemas de seguridad, como lo son, las distintas formas de desbloquear un teléfono celular o poder acceder a un laboratorio, ya sea por contraseña numérica o alfanumérica.

Actualmente, con la incorporación de los algoritmos de inteligencia artificial, se ha conseguido implementar sistemas de protección más sofisticados, cómo lo son, el bloqueo y desbloqueo a través de rasgos biométricos como la huella dactilar y los rasgos faciales, siendo este último, uno de los más seguros y en consecuencia de los más utilizados, el cual

funciona mediante la identificación y medición de rasgos faciales de una persona dentro de una imagen. De forma general, un sistema de reconocimiento facial se compone de dos principales características, el Hardware y el Software, formando así lo que hoy en día se conoce como un sistema embebido.

Por la parte del software se requiere de un algoritmo capaz de detectar y ubicar la imagen de un rostro, ya sea de forma individual o como parte de una muchedumbre, se captura y analiza la imagen del rostro con el objetivo de identificar los puntos de referencia claves para distinguir el rostro, se transforma la información analógica (rostro) en un conjunto de información digital (datos) basado en los rasgos faciales de la persona [1]. Así mismo, esta información se guarda en una base de datos que posteriormente se utilizará para entrenar un algoritmo de inteligencia artificial que será capaz de distinguir estos rasgos faciales entre las personas.

Por la parte del hardware se encuentran todos los periféricos necesarios para que el sistema realice su trabajo, como pueden ser una cámara para la captura de imágenes y una unidad de procesamiento donde se correrá el algoritmo de reconocimiento facial pre-entrenado.

II. MARCO TEÓRICO (OPCIONAL)

A. Eigenfaces

Este método realiza una proyección lineal del espacio de imágenes a un espacio de características de menor dimensión. Esta reducción se realiza utilizando la técnica PCA, la cual toma aquella proyección lineal que maximiza la dispersión de todas las imágenes proyectadas.

En primer lugar, se considera un conjunto de imágenes con valores en el espacio de imágenes n-dimensional como en la Ec. (1) [2].

$$\{xi\}\ i = 1,2, \dots, N \tag{1}$$

donde $\{xi\}$ son el conjunto de imágenes y N son las imágenes en cuestión.

Se asume además que cada una de las imágenes pertenece a una de las c clases $\{X1, X2, \dots, Xc\}$. Asimismo, se considera una transformación lineal que lleva el espacio de imágenes original de n dimensiones al espacio de características de dimensión m, donde $m < n$. Los nuevos vectores de características $y_k \in \Re^m$ son definidos por la transformación lineal de la Ec. (2) [2].

$$y_k = W^T x_k \qquad k = 1, 2, \dots, N \tag{2}$$

donde $W \in \Re^{nxm}$ es una matriz con columnas ortonormales. Se define además la matriz de distribución total S_T como en la EC (3) [2].

$$S_T = \sum_{K=1}^{N} (\mathrm{x}_k - \mu)(\mathrm{x}_k - \mu)^{\mathrm{T}} \tag{3}$$

donde $\mu \in \Re^n$ es la media de todas las imágenes de la Ec. (1). Luego de aplicar la transformación lineal W^T , la distribución de los vectores de características $\{y_1, y_2, \ldots, y_N\}$ es $W^T S_T W$. Se toma aquella proyección W_{opt} que maximiza el determinante de la distribución total de la matriz de las imágenes proyectadas, esto es la Ec. (4) [2].

$$W_{opt} = \arg \max_{w} |W^T S_T W| \tag{4}$$

$$= [w_1 \; w_2 \ldots w_m]$$

donde $\{w_i \mid i = 1, 2, \ldots, m\}$ es el conjunto de vectores propios n-dimensionales de S_T correspondiente a los mayores m vectores propios. Dichos vectores propios tienen la misma dimensión que las imágenes originales y se les denomina eigenfaces [2].

A. Haar Cascades

La técnica cascada (*Haar Cascades*) se basa en la concatenación de varios clasificadores débiles, cada uno analizando una porción diferente de una imagen o frame en el caso de vídeo. Se consideran débiles porque tienen alta probabilidad de dar falso positivo, pero cuando se combinan los resultados, en conjunto, por el contrario, son muy potentes. El objeto de clasificación organiza la imagen según el valor de las features, que refiere al rectángulo o bloque de píxeles encontrados en una ventana de detección cerrada. En este sentido, manifiestan que existen muchas motivaciones para usar features en vez de pixeles directamente en función de la intensidad. El algoritmo utiliza ventanas del mismo tamaño con 2, 3 y 4 rectángulos también con igual dimensión. En cada una de esas ventanas aplica la función Haar que se calcula como la suma de los píxeles que se encuentran dentro de los rectángulos blancos y se resta con la suma de los píxeles del rectángulo sombreado como se muestra en la figura 1 [3].

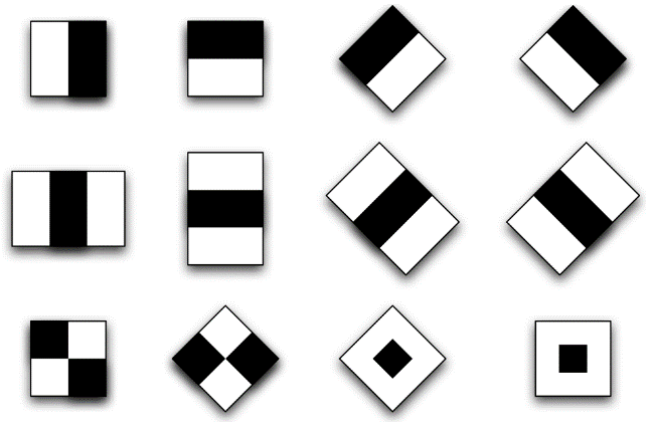


Fig. 1. Features de entrada definida por Haar Cascades.

Esto permite encontrar las características del objeto de análisis comparando el resultado en cada una de las imágenes positivas con las imágenes negativas y encontrar similitudes en todas las imágenes positivas. En el momento del entrenamiento se necesita contar con un dataset de imágenes positivas, en el cual se encuentra el objeto que se quiere detectar y un dataset de imágenes negativas donde no se encuentra el objeto en cuestión. Se aplican

todos los pasos mencionados y se seleccionan las features relevantes [3], generando así el algoritmo de detección de rostro.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

La Implementación del algoritmo de inteligencia artificial eigenfaces para el sistema embebido de reconocimiento facial se compone principalmente de tres etapas, y en consecuencia se generarán tres scripts de Python, uno para cada etapa.

a) En la primera etapa se realiza el proceso de obtención de rostros y generación de la base de datos a través de un video en vivo para entrenar el reconocedor eigenfaces, esto con ayuda de la librería OpenCv de Python y el algoritmo de detección de rostros Haar Cascades, etiquetando las imágenes generadas para distinguir entre una persona u otra y especificando la cantidad de imágenes a tomar por persona.

b)Una vez generada la base de datos, la segunda etapa consiste en el entrenamiento del algoritmo eigenfaces, apoyada de la librería OpenCV debido a que dentro de ella ya se encuentra el pre cargado dicho algoritmo y Numpy de Python, está última es utiliza porque, como ya se mencionó, el reconocimiento fácil consiste en comparación de información, para ello las imágenes obtenidas a través de OpenCv y Haar Cascades en la primer etapa (imágenes), se deben transformar en un conjunto de información digital (datos) basado en los rasgos faciales, etiquetando cada una de ellas de forma específica para distinguir entre una persona u otra y así poder entrenar el algoritmo a través de OpenCv, el cual sigue el procedimiento detallado anteriormente, generando un archivo XML el cual contiene la información digitalizada de las personas que se encuentran dentro de la base de datos. Sin embargo, antes de realizar la digitalización de la información, las imágenes se deben de transformar a escala de grises tal y como eigenfaces lo demanda.

c) Por último, se probará y validará el funcionamiento del modelo entrenado. Para esto se corre el archivo XML generado por el algoritmo eigenfaces dentro de la unidad de procesamiento en el ambiente donde se implementará el sistema para su funcionamiento.

Si el sistema muestra un desempeño satisfactorio detectando de manera correcta a los usuarios registrados en la base de datos, la unidad de procesamiento accionara el GPIO encargado de activar la cerradura electromagnética permitiendo el acceso del personal al laboratorio.

En la figura 2 se puede observar un diagrama esquemático de la operación del software para una mejor comprensión del mismo.

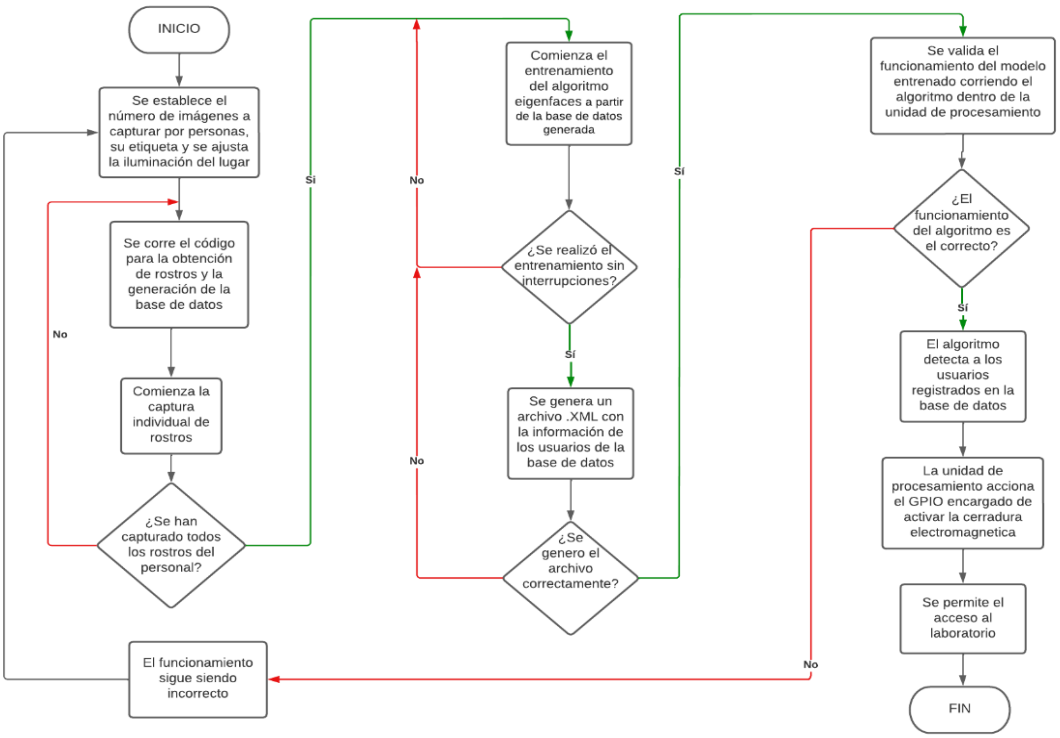
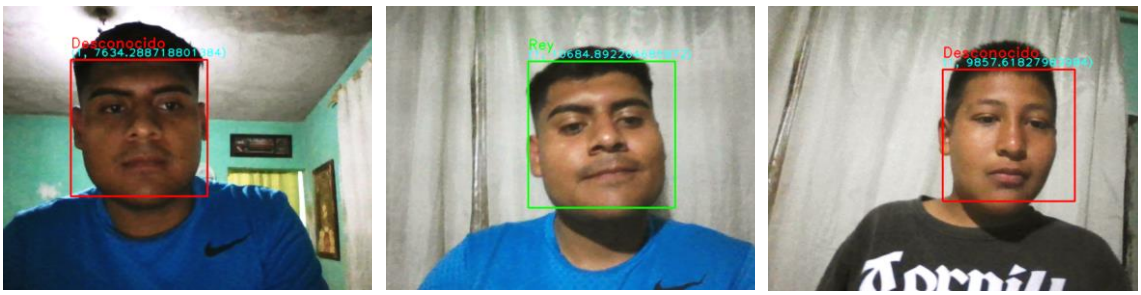


Fig. 2. Diagrama de flujo del funcionamiento general de la operación de software

III. RESULTADOS

Con la finalidad de validar el funcionamiento del algoritmo eigenfaces, se le aplicaron pruebas de funcionamiento, las cuales fueron usadas para realizar cambios y mejoras, logrando de esta manera un mejor desempeño del sistema.

Los resultados se muestran en la figura 3, donde se ilustran las imágenes de un video en vivo en cual funciona bajo el algoritmo de reconocimiento en distintos escenarios.



a) b) c)

Fig. 3. a) Imagen en condiciones con baja luminosidad luz y una persona contenida en la base de datos de entrenamiento, b) Imagen en condiciones con alta luminosidad luz y una persona contenida en la base de datos de entrenamiento, c) Imagen en condiciones con alta luminosidad luz y una persona que no está contenida en la base de datos de entrenamiento

IV. DISCUSIÓN (O ANÁLISIS DE RESULTADOS)

Una vez aplicadas las pruebas de funcionamiento del sistema y evaluar el desempeño del mismo bajo ciertos escenarios, como se observa en los resultados, en algunos instantes el sistema no reconoció a una persona que si se encontraba dentro de la base de datos utilizada para el entrenamiento del algoritmo eigenfaces, esto se debe a la falta de diversidad en las condiciones de las imágenes, tales como, distintos gestos al momento de la captura de ellas, las variaciones de luz, la cantidad de imágenes de entrenamiento e incluso que estas hayan sido tomadas con una cámara distinta a la que se utiliza al momento de correr el sistema. Todas estas variaciones afectan directamente al desempeño del sistema, por lo que se realizaron ciertos ajustes a la base de datos, para obtener un desempeño satisfactorio del sistema.

Por ello se recomienda generar como mínimo una base de datos de 300 imágenes, que se deben capturar en el lugar donde se dejara corriendo el sistema embebido, con la misma cámara destinada a dicha actividad, bajo distintas condiciones de iluminación y gestos variados.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En este proyecto se realizó la implementación del algoritmo de inteligencia artificial eigenfaces para el sistema embebido de reconocimiento facial encargado de controlar el acceso personal hacia uno de los laboratorios de Redes y Telecomunicaciones de la Universidad Politécnica de Querétaro (UPQ), con la finalidad de garantizar la seguridad de la información y herramental que se tiene dentro del laboratorio, evitando que personal no autorizado realice acciones no deseadas, como el mal uso, la divulgación, alteración, destrucción y/o manipulación de estas.

Con la aplicación del algoritmo eigenfaces, se logró implementar un sistema de seguridad más sofisticado para lograr el objetivo principal del proyecto, sin embargo, esta es sólo una primera etapa, la cual consistió en la implementación del algoritmo de inteligencia artificial para el reconocimiento de rostros, la próxima etapa consiste en la incorporación de una cerradura electromagnética al hardware de la unidad de procesamiento, la cual controlara el acceso personal hacia el laboratorio cuando se detecte una persona dentro de la base de datos. Y finalmente, constará de una tercera etapa, la cual consistirá en escalar el proyecto como un control de acceso hacia la universidad, sin embargo, para esta tarea se recomienda utilizar una unidad de procesamiento más poderosa que la tarjeta Jetson Nano, ya que, durante las pruebas de desempeño mostraba un rendimiento bajo en ciertos momentos, generando latencias al momento de correr el algoritmo de inteligencia artificial.

VI. RECONOCIMIENTOS (O AGRADECIMIENTOS)

Expreso mi agradecimiento al Comité del 24° Verano de la Ciencia Región Centro y a la dirección de Ingeniería de Redes y Telecomunicaciones de la Universidad Politécnica de Querétaro, por la oportunidad de colaborar en la presente estancia de verano. Así mismo,

se reconoce la labor de asesoría brindada por el Dr. Cesar Isaza Bohórquez por tan impecable labor y sobre todo al Ing. Gabriel Iván Trejo Vázquez por tan destacable participación en dicho proyecto como investigador paralelo en los trabajos de hardware.

REFERENCIAS

[1] AO Kaspersky Lab. "Reconocimiento facial: definición y explicación". latam.kaspersky.com. https://latam.kaspersky.com/resource-center/definitions/what-is-facial-recognition (accedido el 14 de agosto de 2022).

[2] Guillermo Ottado. “Reconocimiento de caras: Eigenfaces y Fisherfaces”. *Trabajo Fin de Máster en la Facultad de Ingeniería de la Universidad de la República. Uruguay*. 2010.

[3] *Ambrogio, E. Á. J. Reconocimiento de objetos a través de la metodología Haar Cascades.*

DETECCIÓN DE PLAGAS DEL BRÓCOLI, APLICANDO APRENDIZAJE AUTOMÁTICO PROFUNDO, CON REDES CNN Y RESNET

Omar Guillermo García Salas
Instituto tecnológico nacional de México en Celaya
Facultad de ingeniería en sistemas computacionales
Antonio García Cubas 600, Fovissste, 38010 Celaya, Gto..
17031273@itcelaya.edu.mx

Norma Verónica Ramírez Pérez
Instituto tecnológico nacional de México en Celaya
Facultad de ingeniería en sistemas computacionales
Antonio García Cubas 600, Fovissste, 38010 Celaya, Gto.
norma.ramirez@itcelaya.edu.mx

Resumen — Este trabajo hará uso de las redes neuronales convolucionales para solucionar un problema que aqueja al sector agrónomo enfocado en la producción del brócoli. Se busca clasificar las enfermedades y plagas del brócoli, como: la mosca blanca, alternaría, pulgón verde, con el uso de la biblioteca Keras, la cual permitirá el análisis de imágenes de brócoli y determinará cuál de ellas cuenta con alguna especie de plaga y cual se encuentra ennun estado sano.

Palabras clave — Redes neuronales convolucionales, Brócoli, Keras.

Abstract — This work will make use of convolutional neural networks to solve a problem that afflicts the agricultural sector focused on broccoli production. It seeks to classify broccoli diseases and pests, such as: whitefly, alternaria, green aphid, with the use of the Keras library, which will allow the analysis of broccoli images and determine which of them has pest.

Keywords — Convolutional Neuronal Network, Broccoli, Keras.

I. INTRODUCCIÓN

El aprendizaje automático profundo, que permite la utilización de las redes neuronales artificiales (ANN) han sido inspiradas con las neuronas biológicas, que por su estructura, son muy parecidas, son un conjunto de nodos que están conectados para hacer un aprendizaje a través de datos de entrada y genera un resultado optimo. Los datos de entrada son vectores multidimensionales, que se distribuyen a lo largo de las capas en la parte interna de la red.

Pero en la actualidad, las redes neuronales convolucionales (CNN) son similares a las redes neuronales artificiales clásicas, donde cada neurona recibe una entrada y realiza la operación, y al final del cálculo se general pesos que al final serán los que determinen la operación para obtener la efectividad de la salida, las multicapas. La creación y optimización, puede llevar tiempo y sus resultados pueden no ser los más idóneos. Sin, embargo a lo largo del proyecto se mencionará su funcionamiento. [1].

El objetivo de este trabajo es hacer la detección de enfermedades y plagas del brócoli, utilizando las CNN's, como las imágenes se toman en tiempo real, es importante mencionar que contienen algo de ruido presente, que se tuvo que realizar un preprocesado de las mismas y poder realizar los vectores de entrada adecuados para solucionar la clasificación.

II. MARCO TEÓRICO

A. Red neuronal convolucional

"Son un tipo de redes neuronales usualmente utilizadas en el procesamiento de imágenes y sonidos. Este tipo de redes ha tenido un gran éxito en múltiples aplicaciones debido principalmente a su capacidad de reconocimiento de características. El nombre de este tipo de redes hace referencia a una operación matemática llamada convolución, la cual tiene diversas aplicaciones en la probabilidad, estadística, visión computacional, procesamiento natural de lenguaje". (Fernando Fortanel, 2019).

B. Convolución de Matrices

"Dada una matriz A mxn y una matriz C(2N+1)x(2N+1) con 2N + 1 < m,n se define la convolución de las matrices A y C como una nueva matriz D = A ∗C definida a partir de la expresión de la figura 1.

$$d_{ij} = \frac{1}{c} \sum_{r=1}^{2N+1} \sum_{s=1}^{2N+1} a_{i-N+r-1,i-N+r-1} cr, s$$

Fig 1. Convolución de las matrices A y C.

donde $c = \sum_{i,j=1}^{2N+1} c_{i,j}$ (si c = 0 se toma c = 1). Obsérvese que di,j sólo está definido para i = N + 1,...,m − N − 1 y j = N + 1,...,n − N − 1. Donde la matriz A es el canal y la matriz C es el kernel". [Fernando Fortanel, 2019].

C. Redes Neuronales

Son sistemas de aprendizaje que emulan el funcionamiento del cerebro humano, con lo que es posible establecer relaciones no lineales entre las variables de entrada y las de salida. Su principal ventaja que consiste en procesar información en paralelo en tiempo real ha permitido su aplicación en la clasificación y reconocimiento de patrones en sistemas complejos [Damián Jorge, 2001].

III. METODOLOGÍA

La tarea de procesamiento y clasificación de imágenes consta de 5 pasos. Este proceso abarca desde el tratamiento de las imágenes para su análisis y la creación, entrenamiento y test de la red neuronal.

A) En el primer paso, nos encontramos con la terea de la recopilación de las imágenes que usaremos tanto en nuestro conjunto de entrenamiento como el de test. Se consideran imágenes tanto de brócoli sano como aquel que tenga plaga, se acomodarán en carpetas que especifiquen si serán parte del entrenamiento o test.

B) El segundo paso consiste en la parte de convolución, en donde sometemos la matriz que representa la imagen a una multiplicación con el detector de rasgos para obtener una versión simplificada de la imagen ingresada. Aquí mismo, se hace uso de la función ReLU para eliminar linealidades y valores negativos, este proceso se muestra en la figura 2.

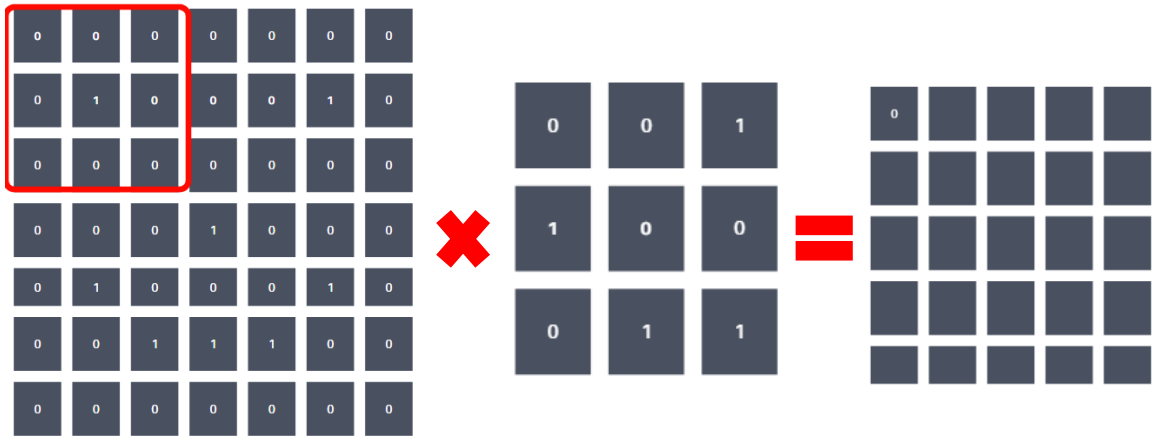


Fig 2. Proceso de convolución.

C) El tercer paso, es el proceso de Max Pooling, en esta etapa, se vuelven aplicar filtros de características que permitan descartar aún más información irrelevante, esto se hace con la intención de facilitar la convergencia del algoritmo figura 3.

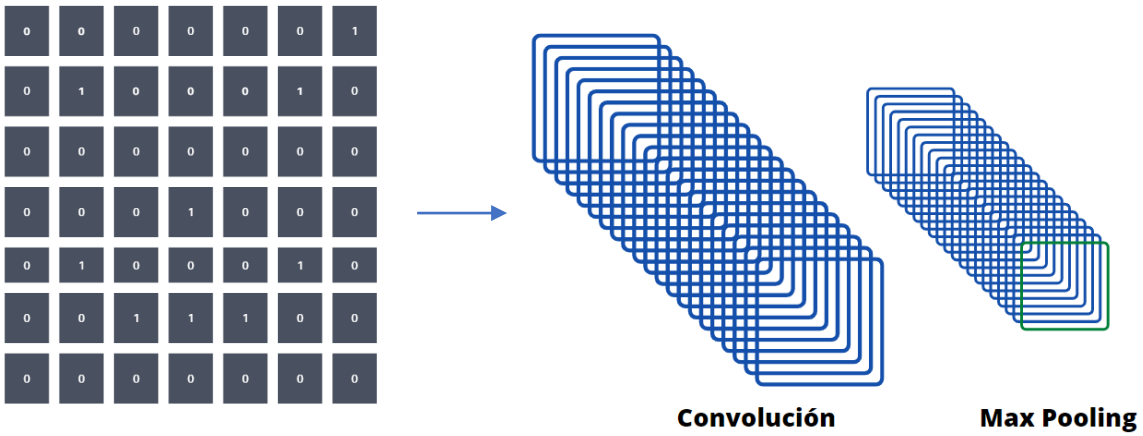


Fig 3. Proceso de Max Pooling.

D) El cuarto paso, la parte del aplanado o Flattering, consiste en transformar nuestra información a una cadena de datos verticales que servirán como entradas en nuestra red neuronal figura 4.

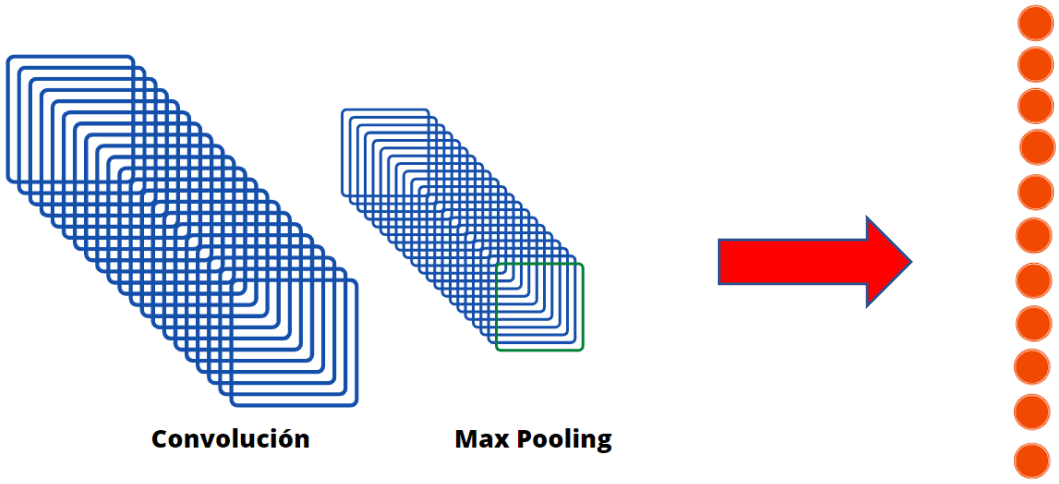


Fig 4. Proceso de Flattering.

E) Por último, la parte de la conexión, aquí conectamos todos los nodos de la red neuronal para que pueda establecer vínculos desde la capa de entrada y sea traducido en valores de salida. La red irá asimilando las imágenes hasta llegar a la clasificación. En la figura 5 vemos esta conexión, además del diseño de la red neuronal que implementaremos en Python, aclarando que tanto los nodos de entrada y nodos de capa oculta fueron reducidos debido a que eran demasiados para ilustrar, las salidas corresponden a sí es un brócoli sano o no.

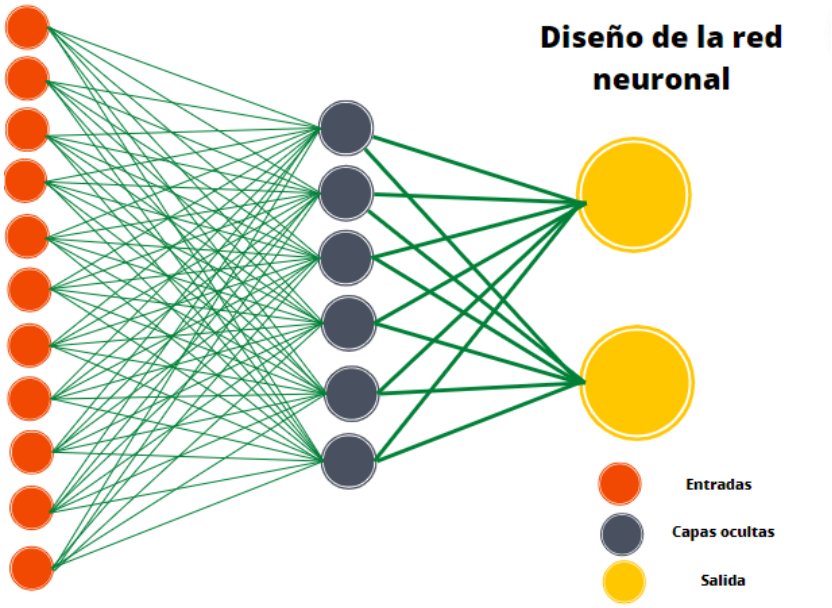


Fig 5. Diseño de la red neuronal.

Otro tema para considerar fue la normalización de las imágenes para su procesamiento, esto es a lo que los pasos del 2 a 4 se refieren. Se usó una matriz de características de 3 x 3 y se crearon 32 filtros distintos, para el Pooling se usó una matriz de 2 x 2. Las imágenes se normalizaron como muestra la figura 6.

Fig 6. Resultado del tratamiento de imágenes.

Para la creación de la red neuronal, se determinaron 32 filtros de matriz de características, y aunque se le aplique el Max Pooling, habrá demasiados nodos iniciales, por esta razón, se tomó la decisión de tener 128 nodos en la capa oculta, compensando un poco el gran numero que hay de entrada. En la salida solo contamos con 2 resultados, hay plaga o no.

El aprendizaje se llevará a cabo con las imágenes que contamos en el dataset, se usaron el 80% de ellas para entrenamiento y 20% para test.

IV. RESULTADOS

Dado el entorno de desarrollo utilizado (Python), se puede observar, durante el proceso de aprendizaje, el valor de precisión y perdida en cada epoch figura 7

```
Epoch 1/100
1/1 [==============================] - 1s 959ms/step - loss: 1.0908e-05 - accuracy: 1.0000 -
val_loss: 5.3216e-05 - val_accuracy: 1.0000
Epoch 2/100
1/1 [==============================] - 1s 641ms/step - loss: 1.2668e-05 - accuracy: 1.0000 -
val_loss: 5.3135e-05 - val_accuracy: 1.0000
Epoch 3/100
1/1 [==============================] - 1s 612ms/step - loss: 1.0591e-05 - accuracy: 1.0000 -
val_loss: 5.3032e-05 - val_accuracy: 1.0000
```

Fig 7. Resultado del aprendizaje en python.

El valor de precisión muestra un 1 debido a que, al parecer, a la red neuronal se le dificultó el encontrar características determinantes que diferencien a una imagen de otra. Se modificaron muchos parámetros en la imagen y en el diseño de la misma red neuronal, obteniendo los mismos resultados.

Se decidió el verificar la efectividad de la red neuronal con el conjunto de test, se imprime lo que determina la red neuronal cuando se ingresa la imagen, los resultados arrojados se pueden apreciar en la figura 8.

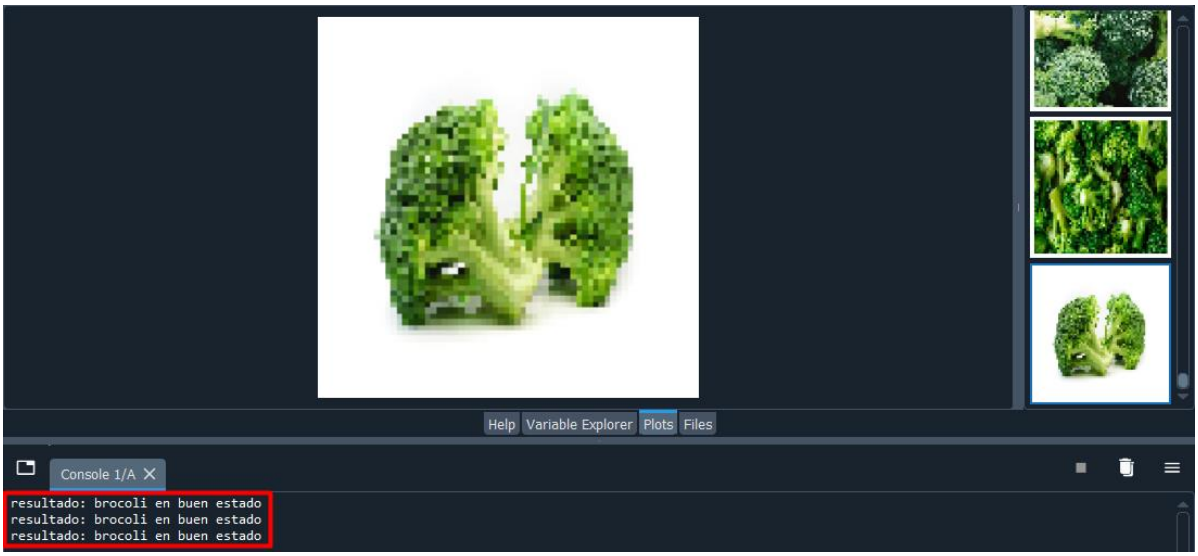


Fig 8. Resultados correctos de la Red neuronal.

Se puede ver que identificó que las tres imágenes ingresadas, son de brócolis en buen estado, esto podría considerarse como un indicativo de que la red neuronal funciona de forma correcta, pero, al momento de ingresar una imagen de brócoli con plaga, esta sigue determinando que se encuentra en buen estado, esto se muestra en la figura 9.

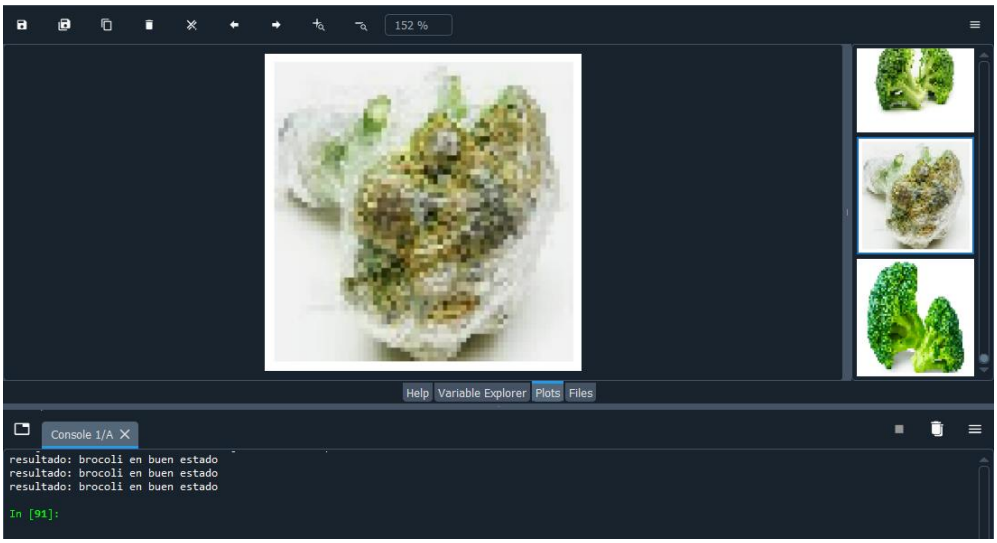


Fig 9. Resultados incorrectos de la Red neuronal.

Se intentó con un algoritmo distinto y con funciones de activación diferentes pero los resultados no cambiaban.

V. CONCLUSIONES

El objetivo de este proyecto era poder aplicar técnicas de aprendizaje profundo para la detección de plagas en el brócoli, el proceso y diseño que se implementaron fueron satisfactorios, por otro lado, los resultados no lo fueron. La red neuronal no identifica el brócoli dañado o con plaga, después de un análisis, se determinó que se debe a las imágenes que se utilizaron, encontrar imágenes de brócoli con estas características es complicado. No hay repositorios con suficientes imágenes que permitan que el aprendizaje de la red neuronal se lleve a cabo correctamente y en las CNN el volumen de imágenes es de suma importancia. Esto se tenía contemplado, por esta razón se hizo uso de una función que permite obtener un mayor número de imágenes a partir de las ya ingresadas, aún así no fue suficiente.

Se recomienda hacer una compilación de imágenes de brócoli en tiempo real a través de una cámara fotográfica y captarlo de distintos ángulos, es una tarea laboriosa, pero necesaria para contar un dataset de valor.

VI. RECONOCIMIENTOS

Expreso mi agradecimiento al Tecnológico Nacional de México en Celaya por haberme dado la oportunidad de participar en este verano de la ciencia.

REFERENCIAS

[1] Redes neuronales convolucionales son un tipo de redes neuronales. (2022, enero 19). Juan Barrios. https://www.juanbarrios.com/redes-neurales-convolucionales/

[2] Fernando Fortanel Rojas.(2019).*REDES NEURONALES CONVOLUCIONALES EN LA CLASIFICACIÓN DE CULTIVOS*.Universidad Nacional Autónoma de México, Unidad Cuernavaca del Instituto de Matemáticas .

[3] Damián Jorge Matich.(2001).*REDES NEURONALES: CONCEPTOS BÁSICOS Y APLICACIONES*. Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional Rosario Departamento de Ingeniería Química, Grupo de Investigación Aplicada a la Ingeniería Química (GIAIQ).

APLICACIÓN WEB PARA EL SEGUIMIENTO DE RUTAS DEL TRANSPORTE PÚBLICO

Eduardo Vazquez Cruz
Instituto Tecnológico Superior de Irapuato
Irapuato-Silao km 12.5 El Copal, 36821 Irapuato, Gto.
lis18110295@irapuato.tecnm.mx

Dennise Ivonne Gallardo Alvarez
Instituto Tecnológico Superior de Irapuato
Irapuato-Silao km 12.5 El Copal, 36821 Irapuato, Gto.
dennise.ga@irapuato.tecnm.mx

Resumen — En el presente trabajo se presenta el desarrollo de una aplicación web que contiene la información referente al sistema de transporte público de la ciudad de Irapuato, en el cual se muestra un mapa de la ciudad en el que se traza el trayecto de las rutas, las paradas oficiales, los horarios de cada ruta y se cuenta con la opción de mostrar las rutas que el usuario puede utilizar para llegar al destino que puede ingresar. La aplicación toma la información de las rutas de transporte de una base de datos actualizada con la información de publicada por la organización de Movilidad y Transporte de Irapuato.

Palabras clave — Transporte público, aplicación web, rutas de transporte.

Abstract — This paper presents the development of a web application that contains the information regarding the public transport system of the city of Irapuato, in which a map of the city is shown in which the route of the routes is traced, the official stops, the schedules of each route and there is the option to show the routes that the user can use to reach the destination that can be entered. The application takes the information of the transport routes from an updated database with the information published by the Mobility and Transport organization of Irapuato.

Keywords — Public transport, web application, transport routes.

I. INTRODUCCIÓN

Con el aumento del uso de la tecnología en los últimos tiempos, se han generado diferentes herramientas que benefician a la sociedad en múltiples aspectos de la vida cotidiana, el transporte público es un tema con el que gran parte de la población convive a diario y que tiene áreas que se pueden mejorar para ofrecer un servicio de mejor calidad para el usuario.

El desarrollo de esta aplicación web busca ayudar principalmente a la población de la ciudad de Irapuato que utiliza el transporte público, mediante una herramienta tecnológica que les brinde una solución ante los problemas más populares al utilizar este medio de transporte, entre los cuales están: el desconocimiento de los horarios de las rutas, los trayectos y la ubicación de las paradas oficiales.

Para poder solucionar los problemas principales, se tiene que diseñar una aplicación web adaptable a dispositivos de escritorio y móviles, la cual, proporcione al usuario información sobre los horarios de salida de cada unidad, mostrar mediante un mapa el trayecto de ida y vuelta de la ruta seleccionada, al igual que las paradas oficiales de la ruta.

II. MARCO TEÓRICO

Modelo-Vista-Controlador es un estilo de arquitectura de software que separa los datos de una aplicación, la interfaz de usuario, y la lógica de control en tres componentes distintos (Pavón Mestras, 2008)[1].

III. MATERIALES Y MÉTODOS

La aplicación esta desarrollada en un documento HTML donde se implementa el lenguaje JavaScript para el funcionamiento de los elementos con los que cuenta la página. Para la implementación de los mapas, se utilizan diferentes API's para poder mostrar las rutas de transporte. La información que se le brinda al usuario es almacenada en una base de datos, la cual permite que se pueda mostrar al usuario.

La aplicación implementa el lenguaje JavaScript para poder implementar las características necesarias para el funcionamiento de la interfaz de la aplicación, como lo son: las funciones de los botones de selección, menús de acceso a las funciones de la aplicación, procesos para el funcionamiento de los mapas implementados, la implementación de la biblioteca Leaflet para el trabajo de las líneas de las rutas, el desarrollo de los modelos de obtención de la información de la base de datos para mostrar las líneas de rutas mediante la transformación de las entradas tipo .Json a el formato trabajado por Leaflet, los renderizados de las vistas de la aplicación. Algunas de las funciones son desarrolladas por parte del servidor, en donde se utiliza el entorno Node.JS para el funcionamiento.

Para los diseños se hace uso del sistema Handlebars para el uso de las plantillas que tenemos a disposición con este sistema. Se tiene desarrollado los diseños mediante CSS, tanto para los estilos de los elementos utilizados en los mapas, los botones, el menú de navegación, el diseño del background de la aplicación y las posiciones que tienen los objetos de la aplicación. La implementación de la biblioteca Bootstrap permite el desarrollo de la aplicación para que tenga disponibilidad en los diferentes dispositivos en el que se desee acceder.

Para poder mostrar los trayectos de las rutas, se utilizan las API's para obtener las coordenadas de las rutas mediante el "dibujo" de estas, de esta forma se tienen las coordenadas de forma más exacta, esto permite mostrar las rutas de forma más precisa para el usuario y evitando confusión al momento de que el usuario quiera ver la ruta seleccionada, se utilizó la biblioteca Leaflet para mostrar de forma correcta cada una de las rutas en el mapa de la aplicación en los diferentes dispositivos y la plataforma de mapas Open Street Map para poder visualizar el mapa en la aplicación. Los mapas se manejan con diferentes capas para mostrar los diferentes elementos que son los marcadores y líneas de trayectos.

La información que es mostrada al usuario se almacena en una base de datos del sistema MongoDB, el cual permite almacenar las coordenadas de los trayectos de una forma en la que se pueda utilizar por la aplicación y facilitar la interpretación de los datos necesarios.

El modelo de arquitectura utilizado para el desarrollo de la aplicación es el Model-View-Controller (MVC). Esta arquitectura divide la aplicación en tres componentes principales: el modelo, la vista y el controlador (Pavón Mestras, 2008). Esto permite que por un lado se definan los componentes para la representación de la información, y por otro lado para la interacción del usuario. Este patrón de arquitectura se basa en la reutilización de código y separación de conceptos, para la facilitación de las tareas de desarrollo de la aplicación y su posterior mantenimiento.

IV. RESULTADOS

Mediante pruebas de uso, se permitió verificar el correcto funcionamiento de las características de la aplicación.

Se logró desarrollar una interfaz sencilla de utilizar e interpretar, tiene la estructura correcta para poder visualizar correctamente la información, gracias al diseño se tiene la posibilidad de poder agregar las funciones pendientes para ofrecer más información necesaria, se tiene un diseño el cual es responsivo para dispositivos de escritorio (figura 1) y de móviles (figura 2), esto permite a más usuarios el acceso a la información sin importar el dispositivo desde el que accede, mostrando la información de manera correcta para el usuario y sin ningún fallo visual que dificulte la visualización de la información.

Figura 2) Interfaz ordenador

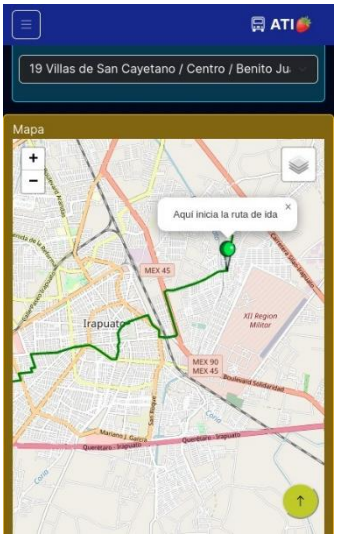


Figura 1) Interfaz móviles

En la sección de trayecto muestra un mapa con una lista desplegable que permite seleccionar la ruta que se desea consultar, al seleccionarla se muestra en el mapa dependiendo de la opción que se seleccione (figura 3).

Figura 3) Interfaz de trayectos

Mediante una página de ingreso oculta para el usuario, se tiene acceso a la parte de administración que permite agregar la información requerida para poder mostrarla al usuario (figura 4).

Figura 4) Login de administrador

La sección del administrador muestra la lista de las rutas disponibles y la se pueden modificar directamente desde esa parte. Esto tiene mayor seguridad en los datos y el ingreso más sencillo de la información. En una base de datos que recolecta toda la información requerida para almacenar correctamente todos los datos que se muestran al usuario (figura 5 y 6).

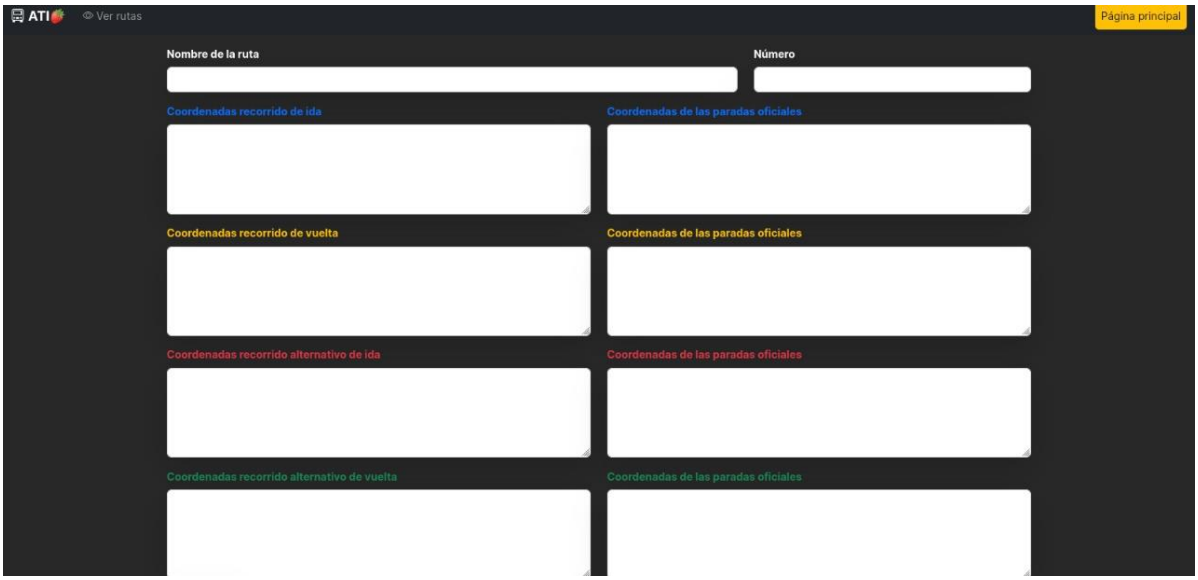


Figura 5) Interfaz de agregar información

Figura 6) Interfaz de lista de rutas

Se dio la oportunidad de agregar diferentes opciones que se desarrollan a futuro para ayudar a los usuarios, como lo son:

Las rutas cercanas, seleccionar el destino al que se desea llegar y mediante la localización del usuario, se obtiene la ubicación en el mapa y se calcula la mejor opción para poder llegar al destino seleccionado.

La opción de seguimiento permite la implementación de un prototipo a futuro que permita al usuario mostrar en tiempo real la posición de una unidad de transporte al seleccionar alguna ruta que esté disponible.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En este proyecto se realizó un análisis de la información disponible para los usuarios del transporte público de la ciudad de Irapuato, en el que se obtuvo que:

- La mayoría de los usuarios del transporte público no tienen conocimiento del horario de las rutas de transporte.
- Los usuarios que desconozcan el trayecto de alguna ruta no tienen manera de consultar este de manera clara.
- Los usuarios desconocen la localización de las paradas oficiales, generando que existan puntos donde no es seguro abordar la unidad.

Por estos motivos el desarrollo de la aplicación web para reunir toda la información relevante en un solo lugar y a disposición de los usuarios. Para conseguir esto se toma como objetivo su desarrollo para poder acceder a ella desde los diferentes dispositivos y brindar la información correcta al usuario.

Para proyectos futuros se recomienda; utilizar una forma óptima para la obtención de las coordenadas de los trayectos, el manejo de datos mediante el tipo correcto para poder almacenar la información de forma que sea utilizada de igual manera para la aplicación, tener precaución por cualquier modificación a el trayecto oficial de las rutas y utilizar modelos de datos que cumplan con los requisitos necesarios para el desarrollo.

VI. RECONOCIMIENTOS

Expreso mi agradecimiento al Instituto Tecnológico Superior de Irapuato, a mi asesora Dennise Ivonne Gallardo Álvarez y a mi compañero José Manuel Centeno Montesinos.

REFERENCIAS

[1] Alvarez, M. A. (2000). Manual de JavaScript. dearrolloweb.com, 125.

[2] Pavón Mestras, J. (2008). El patrón Modelo-Vista-Controlador (MVC). Universidad Complutense Madrid, 24.

[3] Oros, Juan Carlos. (2011). diseño de páginas web con xhtml javascript y css / 3 ed. México: Alfaomega grupo editor.

DISEÑO DE ALGORITMO PARA EL ACOMODO DE PIEZAS EN EL PROCESO DE CORTE

Francisco Javier Ocampo Martínez
Instituto Tecnológico Superior de Purísima del Rincón
BLVD. del Valle 2301
C.P. 36425, Purísima del Rincón, GTO.
lrs20119003@purisima.tecnm.mx

Dolores Ayala Muñoz
Instituto Tecnológico Superior de Purísima del Rincón
BLVD. del Valle 2301
C.P. 36425, Purísima del Rincón, GTO.
dolores.am@purisima.tecnm.mx

Resumen — En el presente artículo se realiza el diseño de un algoritmo para el acomodo de piezas que ayuden a reducir el consumo y costos de materia prima durante el proceso de corte en la industria del calzado, al reducir estos consumos de material, se estaría obteniendo un menor desperdicio. Con el uso de imágenes procesadas y generando matrices de cada una de las piezas capturadas se realiza un acoplamiento en la matriz del plano (material) después de obtener su centroide para poder girar cada una de estas, esto después de pasar por un método utilizado por muchas empresas, el cual es Rush & Small, que permite un mejor aprovechamiento, pero aun dejando espacios vacíos que se solucionan con la implementación del antes mencionado, acomodo de matrices.

Palabras clave — Acomodo de figuras, proceso de corte, optimización, desperdicio, acoplamiento, algoritmo, proceso de corte.

Abstract — In this article, the design of an algorithm for the accommodation of pieces that help reduce the consumption and costs of raw materials during the cutting process in the footwear industry is carried out, by reducing these material consumptions, a lower cost would be obtained. waste. With the use of processed images and generating matrices of each of the captured pieces, a coupling is made in the matrix of the plane (material) after obtaining its centroid to be able to rotate each of these, this after going through a method used by many companies, which is Rush & Small, which allows a better use, but still leaving empty spaces that are solved with the implementation of the aforementioned array arrangement.

Keywords — Arrangement of figures, cutting process, optimization, waste, coupling, algorithm, cutting process.

I. INTRODUCCIÓN

Actualmente se generan gran cantidad de desperdicios de materia prima, una de las causas más importantes, son en la producción de calzado sintético. Es por ello, que desarrollar un algoritmo que nos permita realizar el acomodo más eficiente de piezas durante el proceso de corte, nos permitirá que se genere menos cantidad de residuos.

II. MARCO TEÓRICO

Los lineamientos teóricos a tener en cuenta en este estudio son los siguientes:

Proceso de Corte. Se realiza con máquinas mecánicas y se trata de un proceso artesanal con participación muy reducida de maquinaria ya que la elaboración del producto se realiza básicamente a mano con técnicas rudimentarias.

Método Rush & Small. Consiste en hacer uso de un sistema de acomode de piezas que conforman un zapato ya sea en el material de Piel o de Forro y es el más utilizado en la actualidad. (Rivas, 2013)

Procesamiento de imágenes. Tiene como objetivo mejorar el aspecto de las imágenes y hacer más evidentes en ellas ciertos detalles que se desean hacer notar. La imagen puede haber sido generada de muchas maneras. (Rubio, 2020)

Algoritmo BFS. Una búsqueda en anchura (BFS) es un algoritmo de búsqueda para lo cual recorre los nodos de un grafo, comenzando en la raíz, para luego explorar todos los vecinos de este nodo. A continuación, para cada uno de los vecinos se exploran sus respectivos vecinos adyacentes, y así hasta que se recorra todo el grafo. (Murillo, 2020)

Lenguaje de Programación. Es el conjunto de instrucciones a través del cual los humanos interactúan con las computadoras. Un lenguaje de programación nos permite comunicarnos con las computadoras a través de algoritmos e instrucciones escritas en una sintaxis que la computadora entiende. (Mendoza, 2021)

Centroide. En geometría, el centroide o baricentro de un objeto X perteneciente a un espacio dimensional es la intersección de todos los hiperplanos que dividen a X en dos partes de igual volumen con respecto al hiperplano.

Pseudocódigo. El pseudocódigo es una forma de expresar los distintos pasos que va a realizar un programa, de la forma más parecida a un lenguaje de programación. Tiene la función de representar por pasos la solución a un problema o algoritmo, de la forma más detallada posible, utilizando un lenguaje cercano al de programación. (Robledano, 2021)

III. MATERIALES Y MÉTODOS

Obtención de imágenes

Se obtuvieron las imágenes procesadas en blanco y negro, después de procesar las imágenes en cuanto a la calidad para el reconocimiento, se procedió al cálculo de los contornos donde mediante la función drawContours de la librería OpenCV.

Cálculo de las áreas de las piezas irregulares

Para calcular el área de una pieza, se utilizan distintas funciones de la librería de OpenCV, la cual nos permite sacar distintos datos de las figuras de una imagen, como conocer su área, perímetro o el simple contorno de la figura.

Cálculo del área del material

Para el cálculo de la medida del material, se contaron los pixeles del contorno inferior y lateral, y cada uno de estos se dividen entre la cantidad de pixeles equivalente a 1 cm tomando en cuenta el cuadro guía, después aplicamos la fórmula para el área del rectángulo para poder conocer el área total del material en cm.

Implementación de matrices para cada pieza.

Se aplicó el uso de matrices, por lo que se generó una matriz para el material y una para cada pieza a cortar. Cada tamaño de estas matrices fue equivalente al tamaño de pixeles

ocupados en la imagen procesada. Se usó un método binario, donde 0 es un espacio vació el cual puede ser ocupado y 1, donde el espacio está ocupado por las piezas.

Cálculo de centroides.

Los centroides se calcularon con una función de la librería antes mencionada. Estos nos sirvieron para poder determinar el punto central desde donde realizar el giro de la imagen para que al momento de que realizamos la rotación, la imagen no se deformara.

Implementación de método Rush & Small.

Utilizamos este método para un primer acomodo de las piezas que conforman el calzado o que se cortarán, este método nos permite calcular el consumo de material.

Rotación y acomodo de matrices en matriz de material.

En esta etapa, al tener un acomodo inicial de las figuras en el paso anterior, se realizan otros acomodos para poder obtener el mejor aprovechamiento del material. Esto lo realizamos con las matrices generadas en el *punto D.*

Generar plantilla para proceso de corte.

Se genera una plantilla donde se muestra el acomodo que deben de tener las piezas durante el proceso de corte para así conseguir el menor desperdicio de material posible. Esta plantilla contendrá una imagen escalada del tamaño del material, así como de las piezas ya acomodadas mediante el algoritmo dentro del espacio de material.

IV. RESULTADOS

La imagen al procesarla después de los efectos aplicados se muestra en la Figura 1.

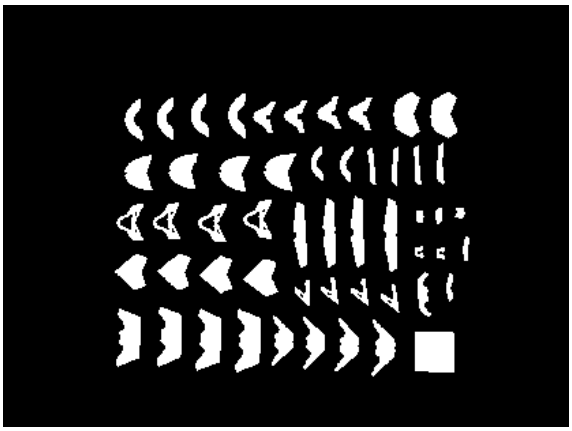


Figura 7 *Imagen Procesada*

En la Figura 2 se muestra la selección de las áreas y centroides de cada una de las figuras de la imagen.

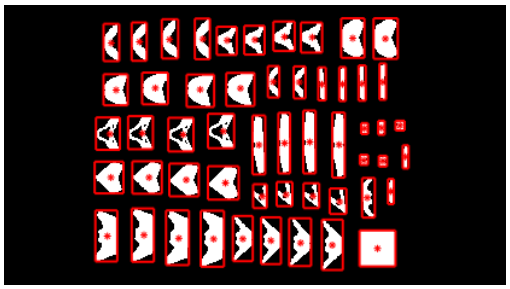


Figura 8 *Centroides y Áreas de las figuras*

La Figura 3 representa el cuadro que se usó de guía para poder conocer la medida en centímetros de los pixeles de la imagen.

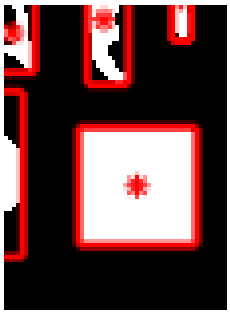


Figura 9 *Cuadro Guía*

El proceso del uso del método Rush & Small, se ve representado en el la Figura 4.

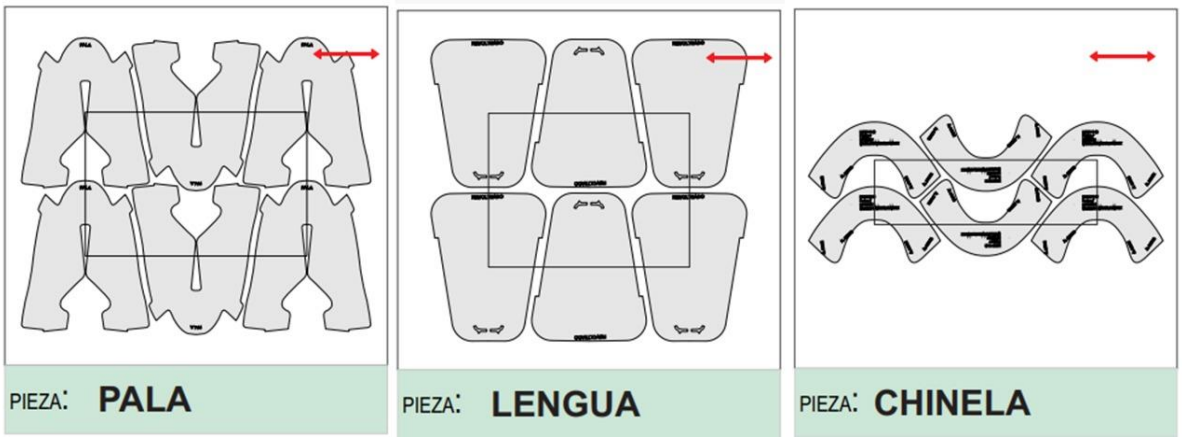


Figura 10 *Método Rush & Small*

En la Figura 5, se muestra el ejemplo de una chinela del lado izquierdo y del lado derecho el objetivo del algoritmo, donde se encuentran las piezas acomodadas haciendo uso de las matrices generadas.

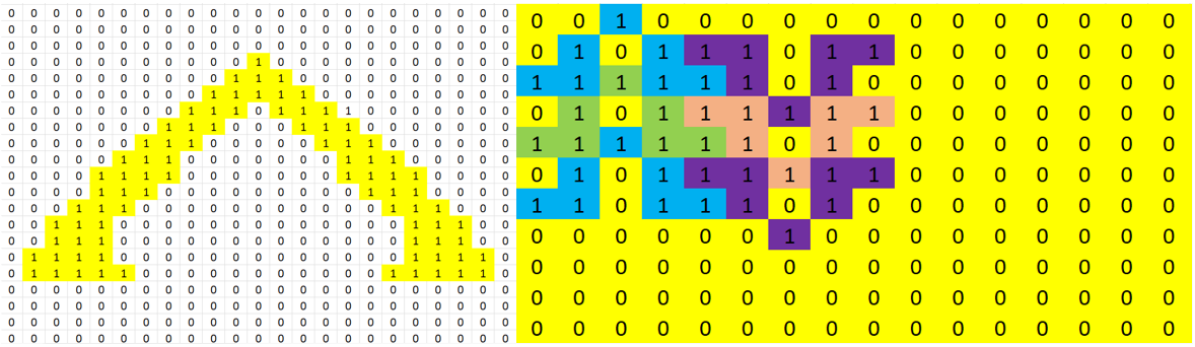


Figura 11 *Acomodo de figuras con matrices*

Como resultado obtuvimos el diseño del proceso del algoritmo, representándolo en el diagrama de flujo de la Figura 6.

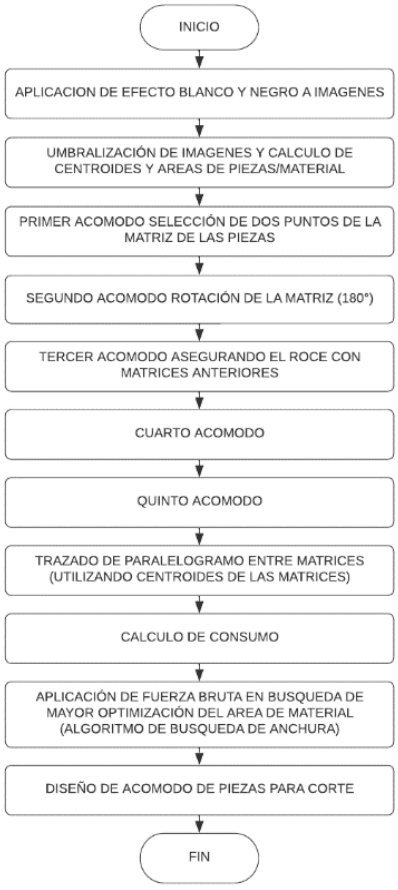


Figura 12 *Diagrama de flujo del proceso del algoritmo*

V. DISCUSIÓN (O ANÁLISIS DE RESULTADOS)

Según los resultados que obtuvimos se obtiene de manera satisfactoria un mejor acomodo que con el simple uso del método Rush & Small, el diseño de este algoritmo nos permitió ampliar las posibilidades a futuro para la implementación en el departamento de corte de las distintas empresas que trabajen los tipos de materiales compatibles.

VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Con el diseño del algoritmo se podrá desarrollar en algún lenguaje de programación para poderlo aplicar en la industria. Durante el proceso de investigación se amplió el conocimiento del proceso de corte en la industria del calzado, al conocer muchos de los procesos se buscará que se incluyan cada una de las restricciones detectadas al momento de aplicar el algoritmo en el software.

VII. RECONOCIMIENTOS (O AGRADECIMIENTOS)

Ha sido un periodo lleno de mucho aprendizaje, no solo en el ámbito de la investigación sino también a nivel personal, es por ello que me gustaría agradecer a cada una de las personas que se involucraron en el proyecto y compartieron un poco de sus conocimientos como por ejemplo nuestra asesora y coordinador de carrera.

REFERENCIAS

[1] Secretaría de Economía. (s. f.). Flujo del proceso y escalas de producción. Contacto PyME. http://www.contactopyme.gob.mx/cpyme/guiasempresariales/guias.asp?s=14&guia=24&giro=2&ins=523

[2] Rubio, O. (2020, 2 octubre). Procesamiento de imagenes. Vistronica. https://www.vistronica.com/blog/post/procesamiento-de-imagenes.html

[3] Vega, R. M. (2022, 23 junio). Qué es un algoritmo informático: características, tipos y ejemplos. Profile Software Services. https://profile.es/blog/que-es-un-algoritmo-informatico/

[4] Murillo, J. (2020, 25 mayo). DFS vs BFS. Encora. https://www.encora.com/es/blog/dfs-vs-bfs

[5] Mendoza, M. L. (2021, 8 septiembre). Qué es un lenguaje de programación. OpenWebinars. https://openwebinars.net/blog/que-es-un-lenguaje-de-programacion/

[6] Robledano, A. (2021, 3 diciembre). Qué es pseudocódigo. OpenWebinars. https://openwebinars.net/blog/que-es-pseudocodigo/

APROVECHAMIENTO DE F. ASPARAGACEA Y CACTACEA EN MATERIALES COMPUESTOS, INFLUENCIA EN SUS PROPIEDADES.

Juan Armando Hernández León
Instituto Tecnológico Superior Irapuato
Silao-Irapuato km 12.5 El Copal, 36821 Irapuato, Gto.
lis1811022@irapuato.tecnm.mx

Miroslava Cano Lara
Instituto Tecnológico Superior Irapuato
Silao-Irapuato km 12.5 El Copal, 36821 Irapuato, Gto.
miroslava.cl@irapuato.tecnm.mx

Resumen —Se presentan las características mecánicas relacionadas con el uso de Opuntia Ficus Indica; nopal, miembro de la familia de las cactáceas. La penca o cladodios y el tronco seco o estado muerto en forma de partículas pulverizadas para desarrollarse se emplea un material compuesto de resina epóxica y ver propiedades mecánicas como resistencia a la tensión e impacto y de las mismas, así como obtener el mejoramiento de la resistencia mecánica hasta llegar a los 950N del material y reducción de plasticidad al sufrir menos deformación normal de 28 mm a un mínimo de 10mm bajo estas cargas con lo que se describe la importancia que tiene la creación de este material compuesto en el área de ingeniería.

Palabras clave — Opuntia Ficus Indica, nopal, tensión, impacto.

Abstract — The mechanical characteristics to the use of Opuntia Ficus Indica are presented; nopal, a member of the cactus family. The penca or cladodes and the dried or dead trunk in the form of pulverized particles to develop an epoxy resin composite material and see mechanical properties such as resistance to tension and impact and of the same, as well as obtain the improvement of mechanical resistance. up to 950N of the material and reduced plasticity by suffering less normal deformation from 28mm to a minimum of 10mm under these loads, which describes the importance of the creation of this composite material in the engineering area.

Keywords — Opuntia Ficus Indica, prickly pear, stress, impact.

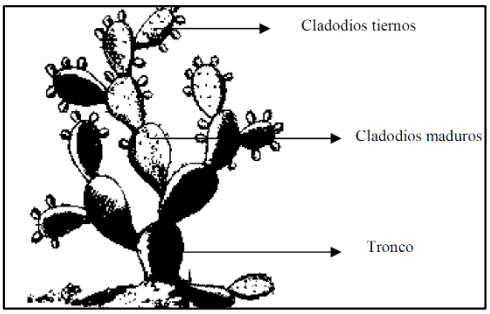
I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, a pesar de haberse obtenido los materiales compuestos comunes tienen propiedades excepcionales, pero utilizar estos materiales en aplicaciones prácticas no siempre es factible, dado que se trata en general, materiales caros y de difícil fabricación [1]. Una característica de todos los materiales compuestos es tener dos componentes bien diferenciados: la matriz y el refuerzo o fase discontinua [1]. La matriz o resina, término más utilizado, protege las fibras y transfiere las solicitaciones mecánicas y las tensiones externas aplicadas al material. En el caso de los composites reforzados con fibras o pulverizados naturales, se utilizan las de matriz polimérica. La elección de los polímeros depende de parámetros relacionados con resistencia mecánica, choques, UV, los procesos industriales usados para la conformación de estos materiales (temperatura, viscosidad, velocidad de impregnación, tasa de producción) y por supuesto, para el precio de las materias primas [2].

En particular, el nopal es una alternativa de materia prima orgánica para la valoración de los recursos disponibles en regiones semiáridas, ya que, al ser un ejemplar de la familia de las cactáceas es común verse en zonas con poca humedad, son resistentes a climas

templados y calientes, su nombre científico Opuntia Ficus Indica es denominada como una de las especies características de la región a nivel estatal y nacional, esta planta del tipo suculenta que mide de media entre 1,5 y 3 metros de altura. Los tallos (cladodios, “pencas” o “palas”) son aplanados y de color verde grisáceo. Vea la figura 1.

Fig. 1. Estructura del nopal Memorias del XVI congreso internacional anual de la SOMIM septiembre 22 al 24, 2010 Monterrey, Nuevo león, México [4]



En la mayoría de los materiales compuestos la fase dispersa es más dura y resistente que la matriz y las partículas de refuerzo tienden a restringir el movimiento de la matriz en las proximidades de cada partícula. En esencia, la matriz transfiere parte del esfuerzo aplicado a las partículas, las cuales soportan una parte de la carga. El grado de reforzamiento o de mejora del comportamiento mecánico depende de la fuerza de cohesión en la interfaz matriz-partícula [3].

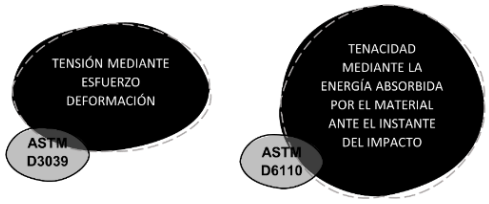
El mejoramiento de este tipo de trabajo se ha ido consolidando a través del paso de los años en cuanto a pruebas dentro de áreas de la mecánica, descifrando resultados en cuanto a sus propiedades finales, y con esta finalidad poder encontrar soluciones a problemas en cuanto al uso de materiales contaminantes en diferentes sectores industriales y no industriales.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

Al momento de realizar el estudio mecánico tales como módulo de Young, deformación máxima, tensión máxima soportada, y energía absorbida por el material ante el instante del impacto, del tronco y extremidades de las probetas del nopal denominándolo por su nombre común, es fue posible también ampliar el panorama que traería consigo un estudio de esta índole y aprovechar los refuerzos naturales que puede ofrecer nuestro país.

Para las pruebas mecánicas se utilizaron las normas de la imagen en la figura 2. Estas normas son obtenidas mediante la ASTM. [6].

Fig. 2. Normas para pruebas mecánicas ASTM



1) *Creación de los moldes y definición de medidas de probetas*

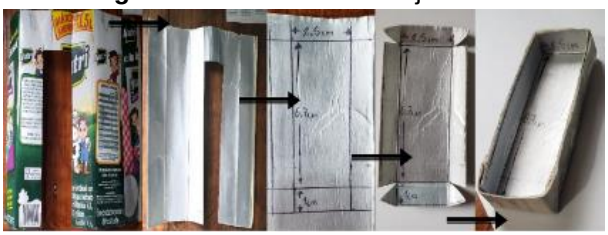
Basándose en las normas de pruebas mecánicas [5]. Y a consideración de pruebas de ensayo y error de volúmenes aptos para cada maquina universal de tensión o prensa de tensión universal se establece la norma ASTM D3039 para tensión con medidas de 66X22X5 y para la máquina de impacto llamada péndulo de Charpy usamos la norma ASTM D6110 donde ampliamos las dimensiones a 55X10X10, en la tabla 1.

Tabla 1. Caracterización de las probetas de resina epóxica con pulverizado de Opuntia Ficus Indica

Medidas y características de probetas para cada tipo de prueba				
Prueba	Descripción	Medidas (mm)		
		Largo	Ancho	Alto
Tensión	Probeta en forma de prisma rectangular	66	22	5
Impacto	Probeta en forma de prisma cuadrangular con muesca en V al centro de su largo	55	10	10

Los moldes para realizar debidamente las probetas para las pruebas mecánicas se crean con desecho de envases Tetrapak cortados para las medidas estandarizadas en la tabla 1con + 2 mm. Este caso en particular se opta por usar las medidas estipuladas en la tabla 1. Correspondientemente para cada tipo de prueba.

Fig. 3. Elaboración de la caja-molde



2) Preparación de probetas

Para la matriz se emplea resina Epóxica clasificación A/B polifuncional traslucida y para el refuerzo pulverizado del tronco y penca de nopal *opuntia ficus opuntia*, a través de una maquina licuadora y después siendo tamizada con una malla de entre 0.5 y 0.8mm de separación. La mezcla es resina Epóxica A/B 11 gr de RESICROM tipo A más 11 gr de RESICROM tipo B, sumando 22 gr totales de resina Epóxica, se pesan 2 gr de pulverizado de nopal. Las mezclas son combinadas hasta formar una mezcla homogénea, tratando

evitar creación de burbujas, usando abatelenguas o palillo para paleta. Después de su curado disminuirá su volumen un 10%. El tiempo de secado de las probetas es de 4 a 5 días.

3) Desmonte y reacondicionamiento

En el caso de las pruebas mecánicas de tensión e impacto es necesario realizar una rectificación en cuanto a sus dimensiones finales y acabado, para esto es necesario aplicar rutinas de lijado para rebajar algunas de las caras que estén excediendo las ya marcadas en la tabla 1.

Fig. 4. Probetas de resina epóxica con pulverizado de Opuntia Ficus Indica antes y después de ser rectificada para prueba de tensión

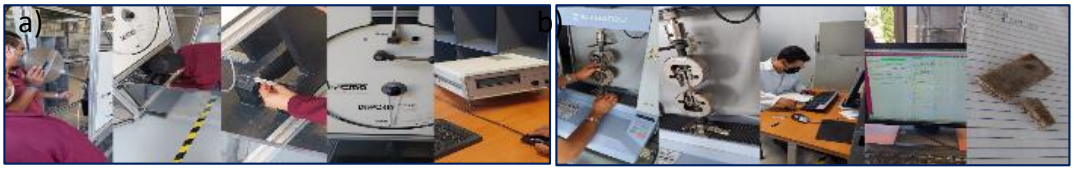
En la figura 4. Se observa cómo es que cambiar su estética, dimensiones la probeta, lo cual nos permite acercarnos lo más posible a las medidas de la tabla 1. Se muestran la variedad de probetas y láminas utilizadas para la implementarlas en las diferentes pruebas de caracterización. Además de hacer el corte de V para dirigir la carga hacía el centro de la probeta y observar su punto de falla al momento del impacto, en las cuales se mide bajo la norma ASTM D6110.

Fig. 5. Probetas para análisis de tensión e impacto

4) Pruebas

Las pruebas se llevan a cabo en maquina universal para tensión/deformación y la máquina de impacto Charpy para las de absorción de energía. En la figura 5. Se muestran las probetas realizadas para las pruebas, del lado izquierdo se encuentran las probetas para prueba de impacto y las 5 de la derecha son para prueba de tensión.

Fig. 6. Proceso para análisis de reacción ante a) impacto y b) tensión



III. RESULTADOS

Tabla 2. Resultados en prueba de tensión

Configuración	Masa (gr)	Esfuerzo (N)	Deformación (mm)	Módulo de elasticidad (N / m²)
Resina Epóxica	11.05	537.1189	28.0144	2.56385
R E penca	10.95	228.0664	10.836	5.87524
R E penca	11.89	569.525	19.9154	3.99890
R E tronco	13.48	961.2004	13.24437	3.25610
R E tronco	11.19	677.2693	15.246	3.00308

Tabla 3. Resultados en prueba de impacto

Configuración	Dimensiones (mm)			Energía de impacto (N/m)
	Largo	Ancho	Alto	
Resina Epóxica	56.72	12.12	5.55	225.81
R E penca	57.76	10.57	5.13	169.75
R E tronco	58.16	10.07	5.25	146.78

IV. DISCUSIÓN

La resina epóxica soporta mayor carga con los refuerzos de penca que el refuerzo de tronco, así mismo con referencia a probetas realizadas con fibra de Opuntia Ficus Indica en forma de fibra con matriz de PET, donde menciona que, las fibras del opuntia ficus soportan cargas de entre 49 N/mm^2 y 72 N/mm^2. Al tener de referencia que la resina epóxica tiene un límite de 537.1189 N se constata que al ser material compuesto con refuerzo de penca ligeramente aumenta su carga máxima soportada a 569.1189 N, y disminuyó considerablemente su desplazamiento aprox. una tercera parte de la inicial 28.0144 mm a 10.836mm. Para el caso de refuerzo de tronco se mostró un incremento en su fuerza máxima de hasta de 961.2004 N con un desplazamiento 13.24437 mm.

Para el caso de la prueba de impacto sus valores fueron inferiores estando en su forma de material compuesto de resina con ambos pulverizados, donde soporta una energía de 150 N/m, pero la probeta de resina epóxica alcanza hasta 230 N/m. En comparación del mismo artículo antes mencionado donde se habla de los resultados de tensión también menciona que los valores obtenidos del refuerzo por sí solo en forma de fibra absorben hasta 2689 N/m. Es en este punto se puede confirmar que nuestro refuerzo al ser combinado con la

resina epóxica su fragilidad es inferior considerablemente que si estuviese en fibra y separada.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Con dicha investigación de logró obtener la influencia que tiene el nopal en al área de los materiales compuestos orgánicos en cuanto a sus propiedades mecánicas y de igual manera saber que comportamiento posee en diferentes combinaciones en cuanto a su forma física, aprovechamiento de partes del nopal, tipos de resinas como forma de matriz, recalcando que posee un incremento notable en aspectos de deformación más que de aplicaciones de fuerza, que considero la aplicación para desarrollo de piezas con poca aplicación de fuerza, con trabajos donde intervenga la necesidad de materiales semiflexibles y poco rígidas con cargas moderadas y que no requieran ser maleables.

VI. AGRADECIMIENTO

24° Verano de la ciencia región centro por el apoyo y espacio brindado. Doctores(as) de campus Silao y Irapuato por su valioso y servicial apoyo.

REFERENCIAS

[1] Franco Stupenengo. (2011). Materiales y materias primas. Materiales compuestos. Capítulo 10. Saavera 789. C1229ACE. Ciudad Autónoma de Buenos Aires. República Argentina.

[2] Karim Behlouli, Jean Bausset. Integrate bio-based produts in your composites. (2019 Edition). THE FRENCH BIOECONOMY CLÚSTER. France Europe, France and the Grand Est and Hauts-de-France Regions, contributes to developing these products and associated sectors.

[3] Alberto Moral Borque, Marar Noguiera lópez. (2007) materiles compuestos de última generación y materales eficientes. Máster Oficial en Proyecto de Arquitectura y Ciudad. ETSAG. UAH

[4] Omar A. Jiménez, M. Adela de la Cruz, Agustín E.M., Magdalena Trujillo. Obtención de fibras de nopal para su utilización en composites. Memorias del xvi congreso internacional anual de la somim 22 al 24 de septiembre, 2010 monterrey, nuevo león, méxico

[5] Forster, A. M. (2015, mayo). Materials Testing Standards for Additive Manufacturing of PolymerMaterials: State of the Art and Standards Applicability. National Institute of Standards and Technology. https://nvlpubs.nist.gov/nistpubs/ir/2015/NIST.IR.8059.pdf

[6] Campbell, F. (2010). Structural Composite Materials. Ohio: ASM International®.

[7] Anass B, Abdelghani B, Nabil G, Mohammed El Idrissi,Mehdi Nadifiyine, Francisco J. Barba & Amine M. (2021, mayo). Characteristics of cellulose fibers from Opuntia ficus indica cladodes and its use as reinforcement for PET based composites. Journal of Natural Fibers. ISSN: (Print) (Online) Journal homepage: https://www.tandfonline.com/loi/wjnf20 https://doi.org/10.1080/15440478.2021.1904484

CONTROL ESTADÍSTICO EN EL PROCESO DE FABRICACIÓN DE CONTENEDORES SMB PARA LA DISMINUCIÓN DE LA VARIACIÓN

Cristhian Villegas Manríquez
Instituto Tecnológico Superior de Abasolo
Blvd. Cuitzeo de los Naranjos #401
Col. Cuitzeo de los Naranjos
C.P 36976
cristhian_V@outlook.com

Liz Azucena González Martínez
Instituto Tecnológico Superior de Abasolo
Blvd. Cuitzeo de los Naranjos #401
Col. Cuitzeo de los Naranjos
C.P 36976
liz.gm@tecabasolo.tecnm.mx

Resumen: La empresa SMB (soluciones metalmecánicas del bajío) se encarga de la fabricación de contenedores (Racks), en la cual a base de registros históricos se han presentado variaciones en la parte lateral superior del contenedor, por la cual las irregularidades deben ser analizadas de manera inmediata en cada área respectiva del proceso. En este proyecto tiene como finalidad implementar diferentes herramientas de calidad que nos arrojen resultados óptimos y concretos para identificar y reducir las posibles soluciones de los defectos en este producto. Durante este proyecto se desarrollan diferentes métodos de análisis estadístico como lo es cartas de control X-S, Pareto, Ishikawa, Lección de un Punto. En relación con el pedido del cliente, se tiene un total de 470 unidades a realizar en un periodo entre los meses de agosto 2021 a febrero del 2022, durante el cual se muestran 70 unidades en mal estado. El cual se muestra un total del 15% de unidades defectuosas en dichos pedidos históricamente, es por ello, que se implementa la herramienta de calidad OPL para una mejora.

Palabras clave – control, reducción, variabilidad

Abstract: The company SMB (metal-mechanic solutions of the bajio) is in charge of the manufacture of containers (Racks), in which, based on historical records, variations have been presented in the upper lateral part of the container, for which the irregularities must be analyzed in a systematic way. immediately in each respective area of the process. To carry out this project, its purpose is to implement different quality tools where they give us optimal and concrete results to identify and reduce possible solutions to defects in this product. During this project, different methods of statistical analysis will be developed, such as X-S control charts, Pareto, Ishikawa, Lesson of a Point. In relation to the customer's order, there is a total of 470 units to be made in a period between the months of August 2021 to February 2022, during which 70 units are shown in poor condition. Which shows a total of 15% of defective units in said orders historically, which is why the OPL quality tool is implemented for improvement.

Keywords – control, reduction, variability

I. INTRODUCCIÓN

La presente información está dividida en seis diferentes capítulos en los cuales se muestra los diferentes análisis e importancia de la implementación del control de calidad de un producto generado en un proceso, con la finalidad de evidenciar las causas potenciales de la variación que el proceso tiene en dicha empresa. Esta empresa no ha logrado obtener una ficha técnica la cual demuestre con un mayor porcentaje el control de la calidad del producto, en base a las distintas mediciones y la manera de realizar la actividad correctamente, más sin embargo llevan a cabo el

proceso con un control de calidad basado por sus clientes. Ya que de alguna manera los defectos siguen presentes en las diferentes entregas para cada uno de los clientes, de tal manera que se debe realizar diferentes especificaciones que sean complidas de manera satisfactoria cuya finalidad es minimizar los defectos de estos productos.

II. MARCO TEÓRICO

Control estadístico de la calidad

Cabe mencionar que el autor (Hallen, 1777) nos dice que el tiempo cambia y no estamos viviendo en una época donde la economía de manufactura es compleja, por lo que vivimos en una nueva economía, la que implementa una mejora en la calidad ya que hay tecnología de por medio, el cual sería un error no obtener las especificaciones adecuadas al producto.

Muestreo

El muestreo es una herramienta de la investigación científica. Su función básica es determinar que parte de una realidad en estudio (población o universo) debe examinarse con la finalidad de hacer inferencias sobre dicha población. (Carrasco JL, Domenech, Hulley SB, Kelsey IL, 2017).

Gráfico $\boldsymbol{XS}$, (medias y desviación)

Las gráficas de control por variables es una herramienta poderosa que puede utilizarse cuando se dispone de mediciones de los resultados de un proceso. (Salazar, 2013)

III. MATERIALES Y METODOS

Plan de acción

Primeramente se muestra un seguimiento de las estrategias que se aplican para la reducción de los defectos que están presentes en las áreas. Así como su cronograma respectivo. Véase tabla 1.

Tabla 3. Plan de acción

Actividad	Responsable	Fecha de inicio	Fecha de termino	% de cumplimiento
Realizar una Prueba de normalidad	Arredondo Jairo, Villegas Cristhian	08/sep./2021	10/sep./2021	100%
Implementar gráficos de control XS	Arredondo Jairo, Villegas Cristhian	15/sep./2021	30/sep./2021	100%
Desarrollar un Diagrama Pareto	Arredondo Jairo, Villegas Cristhian	04/oct/2021	11/oct/2021	100%
Desarrollar un Diagrama Ishikawa	Arredondo Jairo, Villegas Cristhian	15/oct/2021	22/oct/2021	100%
Implementar herramienta OPL	Arredondo Jairo, Villegas Cristhian	29/oct/2021	12/nov/2021	100%
Capacitación de criterios básicos de desarrollo de un Rack industrial	Arredondo Jairo, Villegas Cristhian	15/nov/2021	15/nov/2021	100%
Evaluación de estrategias	Arredondo Jairo, Villegas Cristhian	14/ene/2022	21/ene/2022	100%

Fuente; (Arredondo Guevara Jairo, 2021)

Muestreo

Se realiza un muestreo de 70 piezas en existencia, esta actividad se lleva a cabo con una herramienta llamada flexómetro, y se realiza un registro de cada una de estas mediciones.

Tabla 4 diferentes muestras de mediciones del PTR por subgrupo.

	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10
LARGO	154.1	153.9	153.7	154.1	153.8	153.9	153.7	153.8	153.7	153.7
	152.8	153.5	153.4	153.2	153.2	153.1	153.5	153.4	153.5	153.2
	153	152.9	152.9	152.9	152.8	152.9	153	153	152.8	152.9
	153.7	154.1	153.8	153.9	153.7	153.8	153.7	152.8	152.9	153
	153.8	153.7	152.8	152.9	153	153.1	153	152.8	152.8	153
	153.1	153.5	153.4	153.5	152.9	152.9	154.1	153.8	153.9	153.7
	152.9	154.1	153.8	153.9	153.7	153.8	153.4	153.2	153.2	152.9
	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10
ANCHO	122.5	123.2	123.3	123.2	123.2	123.2	123.5	123.4	123.2	122.9
	122.5	122.5	122.3	122.6	122.5	122.5	122.5	122.6	122.4	122.6
	122.5	122.6	122.5	122.5	122.5	122.5	122.6	122.5	122.5	122.6
	123.3	123.2	123.2	123.2	123.5	123.4	123.2	122.5	122.5	122.6
	123.4	123.2	122.5	122.5	122.6	122.5	122.5	122.5	122.5	122.6
	122.5	122.5	122.6	122.4	122.5	122.5	123.2	123.2	123.2	123.5
	122.6	123.2	123.2	123.2	123.5	123.4	122.3	122.6	122.5	122.5
	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10
ALTO	134.8	134.7	134.7	134.8	134.6	134.7	134.8	134.6	134.8	134.7
	134.5	134.3	134.4	134.5	134.7	134.6	134.3	134.5	134.6	134.5
	130.3	130.3	130	130	130.1	130.2	130.2	130.2	130.1	130.2
	134.7	134.8	134.6	134.7	134.8	134.6	134.8	130.1	130.2	130.2
	134.6	134.8	130.1	130.2	130.2	134.6	130.2	130.1	130.1	130.2
	134.6	134.3	134.5	134.6	130	130	134.8	134.6	134.7	134.8
	130.2	134.8	134.6	134.7	134.8	134.6	134.4	134.5	134.7	130

Fuente; (Villegas Manríquez Cristhian, 2021)

Gráficos de control XS, por subgrupos

Para realizar la carta de control XS se toman en cuenta las 70 muestras de cada subgrupo del producto para llevar a cabo los respectivos gráficos. Vease en los gráficos 1-3.

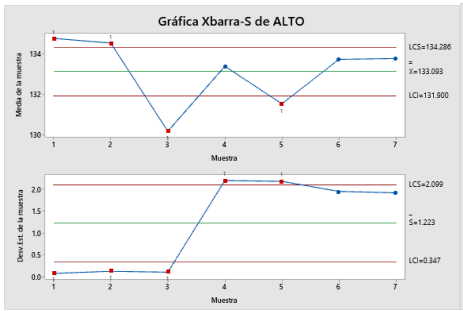


Gráfico 1. Carta de control XS, (Alto).

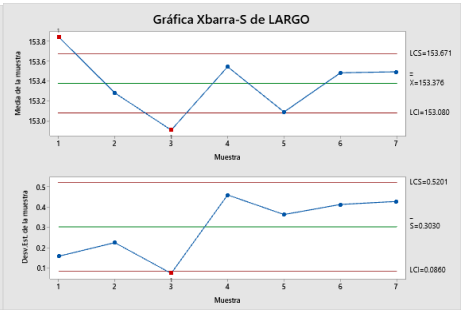


Gráfico 2. Carta de control XS, (Largo).

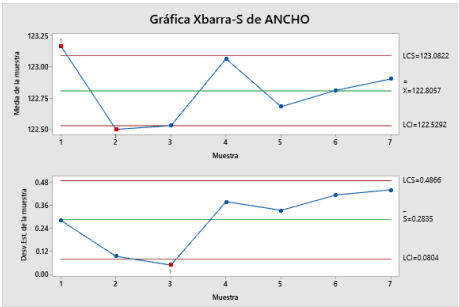


Gráfico 3. Carta de control XS, (Ancho).

CP y CPK

Posteriormente, se evalúa la capacidad del proceso, ya que con este se determina de manera concreta si el producto se encuentra adecuado con calidad o bien tiene bastante variación. Se muestra en el gráfico 4.

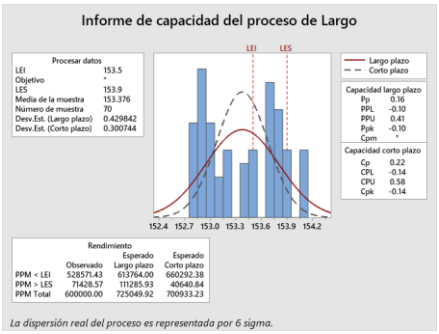


Gráfico 4. Capacidad del proceso, Histograma de capacidad (Largo).

Diagrama de Pareto

Para la implantación del diagrama Pareto, se toma en cuenta las 70 diferentes muestras tomadas que son fundamentales del proceso. Se observa en el gráfico 5.

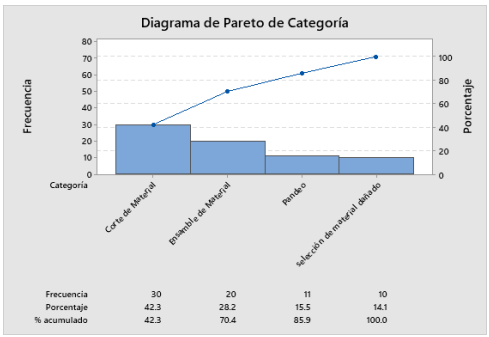


Gráfico 5. Diagrama Pareto

Diagrama Ishikawa

Posteriormente, se muestra un diagrama de Ishikawa, para mostrar las causas potenciales que ocasionan el problema. Véase en la ilustración 1.

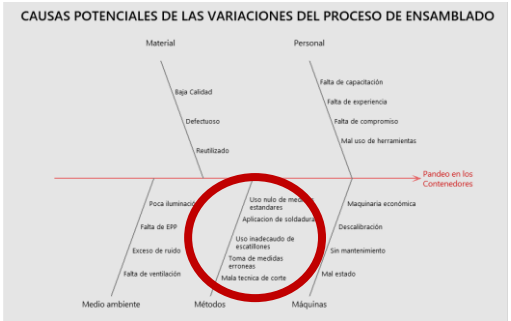


Ilustración 1. Diagrama Ishikawa

OPL (Lección de un Punto).

Cabe mencionar que se desarrolla la herramienta de calidad OPL (lección de un Punto), la cual nos arroja como resultado una disminución de errores en el área de Corte. Véase la ilustración 2.

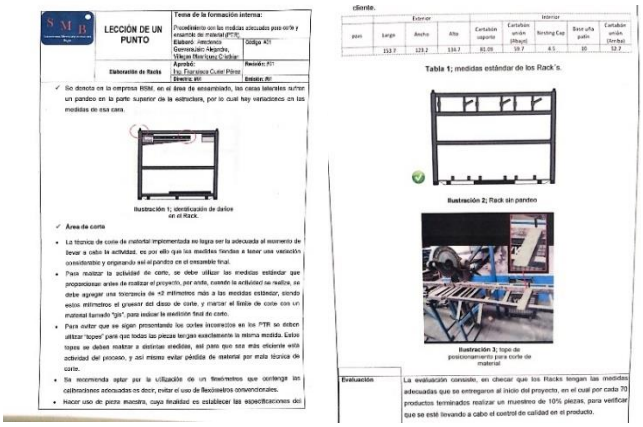


Ilustración 2. OPL

IV. RESULTADOS

Gráficos de control *XS*

Finalmente se aprecian los resultados de cada una de las cartas de control, una vez ya implementado el OPL. Véase los gráficos 6-8.

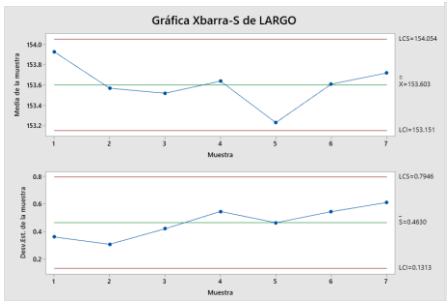


Gráfico 6. Gráfico de control XS, "alto", (Después).

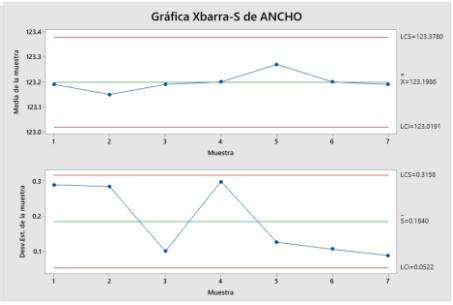


Gráfico 7. Grafico de control XS, "Ancho", (Después).

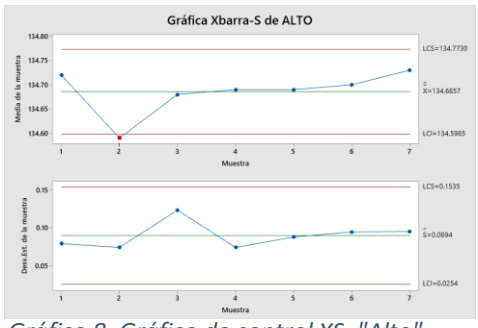


Gráfico 8. Gráfico de control XS, "Alto", (Después).

V. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Respecto a los resultados obtenidos en un inicio, se realizan gráficos de control nuevamente para así observar las mejoras que se adquirieron en el proceso de corte. Es importante mencionar que como se analizó en los gráficos es que al inicio se contaba con un número considerable de subgrupos que estaban fuera de los límites permitidos, al evaluar los nuevos resultados se observa que ahora sólo se presenta 1 subgrupo por fuera de los límites.

VI. CONCLUSIONES

En resumen, al realizar un muestreo después de las metodologías implementadas se logra una reducción significativa del 12% de los productos defectuosos, puesto que solo se observa 1 subgrupo que no cumple las características deseas y por ende se localiza fuera de los límites establecidos y se cuenta con un número de defectos presentes bajo.

VII. AGRADECIMIENTOS

Se realiza un agradecimiento especial a la docente M.I Liz Azucena González Martínez por su dedicación y orientación brindada durante el proyecto, así mismo a la empresa SMB por su confianza y permisos de modificar con mejoras su proceso de corte.

REFERENCIAS

[1] Arredondo Guevara Jairo, V. M. (2021). *Plan de acción .* Irapuato Gto.
[2] Carrasco JL, Domenech, Hulley SB, Kelsey IL. (2017). Obtenido de https://www.chospab.es/calidad/archivos/Metodos/Muestreo.pdf
[3] Deming, W. E. (1989). *google*. Obtenido de google: http://maestrosdelacalidadrc100312.blogspot.com/2012/09/maestros-de-la-calidad-william-edwards.html#:~:text=Su%20filosof%C3%ADa%20se%20basa%20en,Descubrir%20mejoras%3A%20Productos%2FServicios.
[4] Hallen, A. v. (1777). *google*. Obtenido de google: https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0365-6691201000020
[5] Salazar, D. l. ((2013).). *Diseño y Analisis de Experimientos.* Mexico: : MCGraw-Hill.
[6] Villegas Manríquez Cristhian, A. G. (2021). *Muestreo de pieas defectuosas.* Irapuato Gto.

PRODUCCIÓN DE BIOCOMBUSTIBLES (ALCOHOLES E HIDRÓGENO) POR FERMENTACIÓN.

De la Vega Montoya Carlos Raúl
Universidad Autónoma de Coahuila
Facultad de Ciencias Biológicas
Ciudad Universitaria, Carretera Torreón-Matamoros Km. 7.5, C.P. 27000, Torreón, Coahuila
carlos_vega@uadec.edu.mx

De León Rodríguez Antonio
Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica, A.C. (IPICYT), División de Biología Molecular
Camino a la Presa San José #2055, Lomas 4a. Secc., C.P. 78216, San Luis Potosí, S.L.P
aleonr@ipicyt.edu.mx

Resumen- El uso de combustibles fósiles ha propiciado el aumento del calentamiento global debido a las grandes emisiones de bióxido de carbono (CO_2). Esto ha provocado la necesidad del ser humano para crear nuevas formas de obtener combustibles no convencionales para mitigar el impacto ambiental, tales como combustibles obtenidos a partir de cultivos agrícolas alimentarios, residuos de los cultivos agroforestales no destinados a la alimentación, residuos de cultivos de las industrias agroalimentarias, algas y plantas acuáticas y organismos genéticamente modificados para mejorar la eficiencia de producción. El objetivo de esta investigación fue probar la capacidad de producción de biocombustibles y biohidrógeno usando la bacteria *Bacillus sp.* (KOA1-2), utilizando como fuente de carbono distintos sustratos derivados de residuos agroindustriales por medio de fermentación oscura.

Palabras Clave: *Biocombustibles, Biohidrógeno, Bacillus sp., Residuos Agroindustriales, Fermentación oscura.*

Anstract- The use of fossil fuels has led to an increase in global warming due to the high carbon bioxide (CO_2) emissions This has led to the human need to create new ways to obtain non-conventional fuels to mitigate the environmental impact, such as fuels obtained from agricultural food crops, residues from non-food agroforestry crops, crop residues from agri-food industries, algae, and aquatic plants, and genetically modified organisms to improve production efficiency. The objective of this research was to test the biofuel and biohydrogen production capacity using the bacterium *Bacillus sp.* (KOA1-2), using as carbon source different substrates derived from agro-industrial wastes by dark fermentation.

Keywords: *Biofuels, Biohydrogen, Bacillus sp., Agroindistrial Waste, Dark Fermentation.*

I. INTRODUCCIÓN

El incremento desmedido de la población en los últimos años ha ocasionado un alza en la demanda energética la cual es cubierta en su mayoría por la quema de combustibles fósiles, produciendo la emisión de millones de toneladas de gases causantes del efecto invernadero y el calentamiento global [1]. Esto ha dado como resultado, que estemos en búsqueda de fuentes de energía renovables. A lo largo de varios años, se ha estudiado la producción y obtención de energía que se obtiene de la biomasa, residuos de animales y de las sociedades humanas. Según su origen, procesamiento y estado (sólido, líquido o gaseoso) el ser humano puede obtener energéticos útiles sometiendo la biomasa a distintos procesos de transformación como la gasificación, pirólisis, hidrólisis, digestión anaerobia. Dando lugar a productos como los biocombustibles, biocarburantes como el bioetanol y biogás como el biohidrógeno.

Una de las bioenergías más prometedoras es el biohidrógeno, ya que es un importante generador de energía debido a que no produce emisiones de CO_2 al momento de su combustión, también porque tiene una alta producción de energía (122 kJ/mol) [2]. Las fuentes de obtención del hidrógeno más comunes son a partir de los combustibles fósiles llegando a alcanzar el 96% de la producción total mundial de H_2, estos son portadores del hidrógeno porque está contenido dentro de su molécula. Para obtener el hidrógeno como gas se usa una técnica llamada producción de hidrógeno por gasificación de carbón, es necesario hacer reaccionar el combustible con H_2O, sin embargo, se requiere llevar a cabo reacciones posteriores para obtener el H_2 puro, como la reacción de desplazamiento del gas de agua, donde reacciona el monóxido de carbono con el agua para formar H_2 y CO_2. Para su purificación se pueden usar tanto métodos químicos como físicos, según sea el nivel de pureza que se necesite el H_2 y la aplicación para la cual vaya a ser utilizado. Estos procesos son ineficientes debido a las altas temperaturas que requieren y contribuyen al efecto invernadero por los contaminantes que estos emiten [3].

Otra de las formas de obtención de hidrógeno es la electrolisis del agua. Mediante este proceso el agua se descompone para formar hidrógeno y oxígeno suministrándole energía eléctrica a una celda electroquímica la cual tiene unidos a su cátodo y ánodo por medio de un conductor formado por iones H+ disueltos en agua. Gracias al paso de la corriente eléctrica, el agua se disocia formando hidrógeno en el cátodo y oxígeno en el ánodo. Este proceso se considera no ecológico y no rentable por su alto nivel de energía eléctrica requerida, la cual es producida por plantas eléctricas que usan carbón o gas natural como materia prima [4].

Otra de las formas de obtención del hidrógeno son la fermentación oscura y la biofotólisis. La fermentación oscura es el bioproceso en el cual ocurre la bioconversión de carbohidratos contenidos en un medio rico el cual en condiciones anaerobias y en ausencia de luz, se metabolizarán a biohidrógeno, bioalcoholes y ácidos grasos volátiles Por otro lado, la biofotólisis se lleva a cabo por microalgas o cianobacterias que en presencia de luz generan hidrogeno por la enzima hidrogenasa a partir de protones (H+) y electrones obtenidos de moléculas de agua [5].

En la fermentación oscura existen 3 rutas metabólicas posibles para la producción de biohidrógeno, después del proceso de glucólisis, las moléculas de piruvato van a sufrir una descarboxilación oxidativa por la enzima piruvato-ferredoxina oxidorreductasa, produciendo 2 moléculas de Acetil-CoA, CO_2 y se reducirán las ferredoxinas a partir de las moléculas de NADH, las cuales donarán los electrones que ganan a la enzima hidrogenasa, esta hará que se forme el hidrógeno a partir de los protones producidos [6]. Se va a generar un mol de biohidrógeno por cada mol de ferredoxina reducida o por la oxidación de cada molécula de NADH [7]. Otra ruta que se puede tomar es la de la formación de acetato y biohidrógeno a partir de la glucosa con un proceso de oxido reducción, pasa a generar 2 piruvatos, los cuales luego se convertirán en 2 Acetil-CoA para finalmente producir 2 moléculas de acetato y la generación de biohidrógeno. Obteniendo una producción de 4 moles de biohidrógeno por cada mol de glucosa consumido. Es el rendimiento teórico mas alto reportado en la literatura, siempre y cuando el único ácido graso volátil producido sea el ácido acético [8]. Por último, si la producción de biohidrógeno se lleva a cabo por organismos anaerobios facultativos, las moléculas de piruvato se convertirán en Acetil-CoA y ácido fórmico gracias a la enzima piruvato formiato liasa, luego el ácido fórmico se convertirá en biohidrógeno y CO_2 por la enzima formiato-hidrogeno liasa obteniendo un rendimiento teórico de 2 mol de biohidrógeno por cada mol de glucosa consumido [9].

Los monosacáridos son la principal fuente de carbono, en particular la glucosa seguida de la xilosa, después entran otros sustratos como el almidón, la celulosa y otras fuentes. La formación del hidrógeno comienza con la hidrolisis en donde la materia orgánica se convierte en compuestos solubles por medio de distintas enzimas extracelulares que permiten la sacarificación de los polímeros orgánicos hasta subunidades pequeñas para que puedan ser utilizados por los microorganismos [10].

Según varios reportes, se han encontrado bacterias dentro del tracto digestivo de algunos organismos llegando a producir una buena cantidad de biohidrógeno usando diferentes sustratos, dando a entender que en el intestino se encuentra un microbiota diverso capaz de producir enzimas anti-recalcitrantes. Usando como sustrato residuos de verduras en forma de hoja y cáscaras de patata, se reportó su rango más alto con una productividad de 410-1016 mL/L teniendo una concentración de sustrato de 10 g/L [11].

El koala (*Phascolarctos cinereus*) es un herbívoro endémico que habita en bosques de eucalipto al sureste y este de Australia, su alimentación se basa en hojas de eucalipto (*Eucalyptus sp.*) las cuales contienen un alto contenido de compuestos fenólicos y terpenos que suelen ser letales para la mayoría de los mamíferos, además de ser una dieta altamente recalcitrante. Son capaces de metabolizar esos xenobióticos gracias a la alimentación de les dan sus madres cuando son bebés. Se le conoce como “pap-feeding” la cual consiste en que además de darle la leche materna, a partir de las 22 semanas (aproximadamente) comienzan a alimentarse de una papilla formada por las heces de su madre que proviene del ciego, una bolsa conectada a la unión de los intestinos, esto le permite al joven koala hacer la transición de la leche materna a las hojas de eucalipto ya que le transmite microorganismos presentes en su sistema digestivo, los cuales son esenciales para la digestión de las hojas de eucalipto. Gracias a esto se ha demostrado que existe una alta actividad enzimática de celulasas, ligninasas, amilasas, tanasas y hemicelulasas dentro del tracto digestivo del koala. Sin embargo, no se ha reportado el uso de estos microorganismos presentes en el koala para la producción de biohidrógeno. [12]. Es por esto por lo que se buscó probar una de las bacterias aislada para determinar su producción de biocombustibles y biohidrógeno.

II. MÉTODOS Y MATERIALES

A. Método del fenol-ácido sulfúrico (determinación de azúcares totales).

Primero se tomaron las muestras de la cinética (1 mL) y se colocaron en diferentes tubos eppendorf. Luego se tomaron 15 µL de cada muestra y se colocaron en diferentes tubos. Posteriormente se les colocó 15 µL de fenol y 75 µL de ácido sulfúrico concentrado y se mezclaron bien. Después se dejaron reposar los tubos por 15 minutos ya que el ácido concentrado reacciona con el fenol produciendo calor. Luego se prendió el espectrofotómetro Varían Cary 50 UV-Vis Spectrophotometer (Agilent Technologies, Wilmington, DE; USA) y finalmente se colocaron los 105 µL en celdillas de cristal para leerlos a una longitud de onda de 490 nm. Por último, se graficaron las absorbancias obtenidas versus el tiempo para conocer cómo se fueron consumiendo los azúcares totales de los sustratos a lo largo de la cinética.

B. Método Dnsa (Determinación De Azúcares Reductores).

Primero se tomaron las muestras de la cinética (1 mL) y se colocaron en diferentes tubos eppendorf. Luego se tomaron 10 µL de cada muestra y se colocaron en diferentes tubos. Posteriormente se les colocó 90 µL de DNS y se mezclaron bien para después meter los tubos en baño de agua hirviendo por 5 min. Se permitió enfriar las muestras en hielo por 5 min. Luego se prendió el espectrofotómetro Varían Cary 50 UV-Vis Spectrophotometer (Agilent Technologies, Wilmington, DE; USA) y finalmente se colocaron los 100 µL en celdillas de cristal para leerlos a una longitud de onda de 540 nm.

C. Experimentos de producción de biohidrógeno

Para detectar la producción de biohidrógeno se crecieron pre-inóculos al menos 12 h, y se centrifugaron a 6000 rpm (Thermo Scientific HERAEUS, Multifuge X3R, Alemania), la pastilla celular se lavó dos veces con agua destilada y se inocularon en botellas serológicas de 120 mL (Prisma, DF, México) a una OD_{600nm} de 0.2 que contenían 110 mL de medio YPG pH 7.5 compuesto por 2.75

g/L de Bacto-triptona (Termo Fisher Scientific). 0.25 g/L de extracto de levadura (Thermo Fisher Scientific) 20 g/L de los sustratos lactosuero, HPT, melaza y vinaza como principal fuente de carbono, y medio B 1X que contiene 12.5 mg/L Na_2Mo $2H_2O$, 15 mg/L $MnSO_4$ $7H_2O$, 3 mg/L $CoCl_2$ $8H_2O$, 75 mg/L $ZnCl_2$, 4.5 g/L $NH_4H_2PO_4$, 11.867 g/L Na_2HPO_4, 100 mg/L MgCl $6H_2O$, 25 mg/L $FeSO_4$ $6H_2O$, 5 mg/L $CuSO_4$ $5H_2O$., además de que se suplementó con elementos traza 1 ml/L (0.015 g/L $FeCl_3$ $4H_2O$, 0.00036 g/L Na_2MoO_4 $2H_2O$, 0.00024 g/L $NiCl_2$ $6H_2O$, 00007 g/L $CoCl_2$ $6H_2O$, 0.0002 g/L $CuCl_2$ $2H_2O$, 0.0002 g/L Na_2SeO_3, 0.01 g/L $MgSO_4$ y 0.5 g/L de $CaCl_2$). permitiendo una fase gaseosa de 10 mL y se incubaron a 37 °C a 180 rpm en un agitador orbital (Heathrow Scientific). Los cultivos fueron muestreados cada 12 h por triplicado, se determinó la biomasa, biogás generado, los metabolitos y la acumulación de biohidrógeno y los resultados se graficaron versus tiempo con el programa GraphPad Prism, Prism 7, v. 7.00.

Las botellas fueron inoculadas por triplicado con una OD_{600nm} de 0.2 e incubadas a 37 °C con agitación constante a 180 rpm en un agitador orbital (Heathrow Scientific, Illinois, USA) durante 144 h. Posteriormente, al momento del muestreo se tomó 1 mL del medio con una jeringa estéril de 3 cc (21G x 32 mm, terumo syringe, Elkton, Maryland, USA) y se colocó en un eppendorf de 1.5 mL, se centrifugó, se midió la biomasa con una OD_{600nm} y el sobrenadante se filtró con una membrana de 0.22 mm (Milipore, Bedfore, Massachusetts, USA) y se realizó una dilución 1:10 para ser analizado por cromatografía de líquidos de alto rendimiento (HPLC).

D. Métodos analíticos

La producción de biogás se midió mediante una bureta graduada invertida registrando el desplazamiento de agua que contenía agua ácida (pH<2.0). En el momento de la medición de biogás se tomaron 400 µL con la jeringa de gases Series A-2 1 mL RN (Vici, Baton Rogue, Louisiana, USA) y se inyectó en el cromatógrafo de gases GC, 6890N Network GC (Agilent Technologies, Wilmington, DE; USA) acoplado a un detector de conductividad térmica (Agilent Technologies). Se utilizó una columna de capilar HP-Molesieve (Agilent Technologies) con las siguientes dimensiones: 30 m x 300 µm x 12 µm. Las condiciones de operación fueron una temperatura del horno de 70 °C y del inyector a 200 °C, con un Split rate de 112:1. Se utilizó nitrógeno como gas portador con un flujo de 1.7 mL/min, en una ventana de análisis de 4 min. El porcentaje de hidrogeno producido se calculó despejando la variable x de la ecuación y = 10.416x + 23.775 (Anexo 1) de la curva de calibración de hidrógeno. El volumen de hidrógeno se calculó multiplicando el porcentaje por el volumen de biogás generado entre 100.

III. RESULTADOS

La manera en que se presentaron los resultados fue en gráficas hechas con el programa GraphPad Prism, a continuación, se presentan los resultados de la bacteria *Bacillus sp*. (KOA1-2) utilizando como fuente principal de carbono los sustratos de lactosuero, HPT, melaza y vinaza.

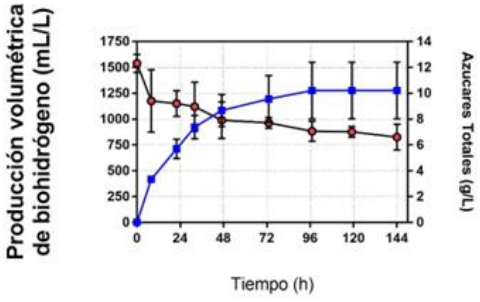


Figura 1. Cinética de producción de biohidrógeno usando lactosuero como sustrato

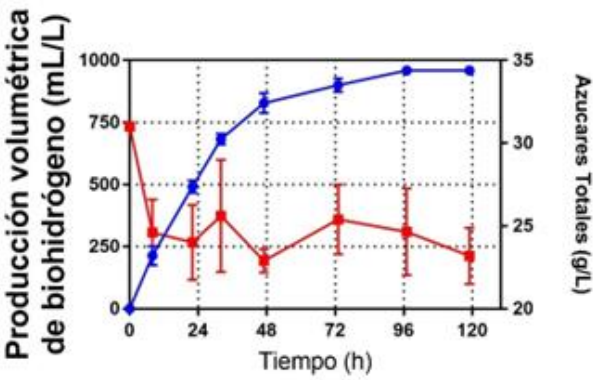


Figura 2. Cinética de producción de biohidrógeno usando HPT como sustrato

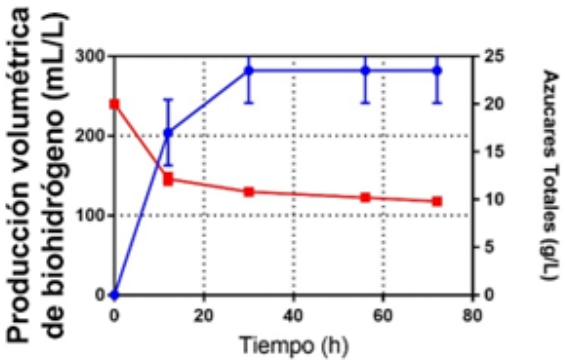


Figura 3. Cinética de producción de biohidrógeno usando Melaza como sustrato

Como podemos observar en la Fig. 1, se alcanzó una producción volumétrica de biohidrógeno de 1191.77 mL/L en un lapso de 144 horas. Los azúcares totales presentes en el lactosuero fueron disminuyendo desde los 12.3 g/L hasta los 6.6 g/L siendo consumidos 5.7 g/L en toda la cinética.

Como se puede ver en la Fig. 2, la producción volumétrica de biohidrógeno alcanzo un total de 922.41 mL/L en un lapso de 120 horas. Sus azúcares totales disminuyeron desde los 31 g/L hasta llegar a 24.4 g/L siendo consumidos sólo 6.6 g/L en toda la cinética.

Como se puede ver en la Fig. 3, la producción volumétrica de biohidrógeno alcanzó un total de 261.76 mL/L en un lapso de 76 horas. Sus azúcares totales disminuyeron desde los 20 g/L hasta llegar a 9.8 g/L siendo consumidos sólo 10.2 g/L en toda la cinética.

Por último, también se hicieron triplicados con vinaza como sustrato, en donde alcanzo una producción volumétrica de biohidrógeno de 924.60 mL/L en un lapso de 120 horas. No se graficó de la misma manera que los otros sustratos ya que en la vinaza se utilizó la DQO (Demanda química de oxígeno). Al momento de usar la vinaza esta tenía una DQO de 54.96 g/L.

IV. CONCLUSIONES

Tabla 1. Microorganismos usados para la producción de biohidrógeno por fermentación oscura

Microorganismos	Sustratos	Rendimiento de H_2	Referencias
Bacillus sp. (KOA1-2)	Lactosuero	96.89 mL g^{-1}	Este estudio
Bacillus sp. (KOA1-2)	Hidrolizado de paja de trigo	29.75 mL g^{-1}	Este estudio
Bacillus sp. (KOA1-2)	Melaza	13.08 mL g^{-1}	Este estudio
Bacillus sp. (KOA1-2)	Vinaza	16.82 mL g^{-1}	Este estudio
Thermotoga neapolitana	Paja de arroz	68.2 mL g^{-1}	Nguyen et al. [13]
Enterobacter aerogenes strain HO-39	Lactosa	37.8 mL g^{-1}	Syahrial and Nomura [14]
Enterobacter aerogenes strain HO-39	Glucosa	124.5 mL g^{-1}	Yokoi et al. [15]

Al comparar los resultados de la *Tabla 3* nos podemos dar cuenta que los resultados obtenidos con el sustrato lactosuero son superiores a algunos reportados en otros estudios. Para poder conocer si es factible a escala industrial habría que realizar una optimización de las condiciones operacionales para poder conocer el punto máximo de producción de biohidrógeno teniendo como variables el pH, la temperatura y la concentración del sustrato, luego hacer una validación del modelo, para posteriormente escalarlo a un biorreactor de 1 o 5 L y finalmente hacer un diseño experimental. El uso del hidrógeno está generando cada vez más interés por su alta generación de energía y por su nula producción de gases de efecto invernadero a la hora de su combustión. Es una fuente de energía renovable prometedora ya que se puede obtener de distintos procesos biológicos, además de que, para tener biohidrógeno como producto, podemos hacer uso de residuos que simplemente no se hace uso de ellos o se desechan como lo son los residuos agroforestales pues todo el material lignocelulósico se puede usar como sustrato para que los microorganismos lo degraden y lo conviertan en biohidrógeno.

V. AGRADECIMIENTOS

Expreso mi agradecimiento al IPICYT, al Dr. Antonio De León, al MC. Francisco Flores y al COECYT por las facilidades y el apoyo otorgado para la realización de la estancia de verano.

REFERENCIAS

[1] Power-Porto, G. (2009). *El calentamiento global y las emisiones de carbono*. Ingeniería Industrial, (027), 101-122. https://doi.org/10.26439/ing.ind2009.n027.626

[2] ARIAS ZABALA, MARIO, & CASTRILLÓN, JUAN CAMILO, & RAMÍREZ, JUAN ESTEBAN, & BEDOYA, ANDREA, & VÁSQUEZ, JUAN ESTEBAN (2008). *Producción biológica de hidrógeno: una aproximación al estado del arte.* Dyna, 75(154),137-157. [fecha de Consulta 14 de agosto de 2022]. ISSN: 0012-7353.

[3] González, A. (2010) *Producción, almacenamiento y distribución de hidrógeno.* (Manuscrito inédito). Departamento de Aerodinámica y Propulsión, Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial.

[4] Babativa, Jhon H., & Alonso, Julio A., & Carvajal-Osorio, Hernán (2010). *Estudio sobre producción de H2 con hidroelectricidad para una economía de hidrógeno en Colombia. Ingeniería y Competitividad,* 12(1),31-42. [fecha de Consulta 14 de Agosto de 2022]. ISSN: 0123-3033.

[5] Martínez V., y García R. (2010). *Fermentación oscura, fotofermentación y biofotólisis: análisis de su aplicación en secuencia para la producción de hidrógeno biológico.*

[6] Ghimire, A., Frunzo, L., Pirozzi, F., Trably, E., Escudie, R., Lens, P. N., & Esposito, G. (2015). *A review on dark fermentative biohydrogen production from organic biomass: process parameters and use of by product*. Applied energy, 144, 73-95.

[7] Toledo-Alarcón, J., Capson-Tojo, G., Marone, A., Paillet, F., Ferraz Júnior, A. D. N., Chatellard, L., Bernet, N., & Trably, E. (2018). Basics of bio-hydrogen production by dark fermentation. In Q. Liao, J. Chang, C. Herrmann, & A. Xia (Eds.), Bioreactors for Microbial Biomass and Energy Conversion, Green Energy and Technology (Issue 9789811076763, pp. 199–220). https://doi.org/10.1007/978-981-10-7677-0_6.

[8] Mishra, P., Krishnan, S., Rana, S., Singh, L., Sakinah, M., & Ab Wahid, Z. (2019). *Outlook of fermentative hydrogen production techniques: An overview of dark, photo and integrated dark-photo fermentative approach to biomass.* Energy Strategy Reviews, 24(January 2019), 27–37. https://doi.org/10.1016/j.esr.2019.01.001.

[9] Tapia-Venegas, E., Ramirez-Morales, J. E., Silva-Illanes, F., Toledo-Alarcón, J., Paillet, F., Escudie, R., Lay, C. H., Chu, C. Y., Leu, H. J., Marone, A., Lin, C. Y., Kim, D. H., Trably, E., & Ruiz-Filippi, G. (2015). *Biohydrogen production by dark fermentation: scaling-up and technologies integration for a sustainable system*. Reviews in Environmental Science and Biotechnology, 14(4), 761–785. https://doi.org/10.1007/s11157-015-9383-5.

[10] Vavilin, A., Rytov, S., Lokshina, L., Rintala, J., Lyberatos, G., (2001). *Simplified hydrolysis models for the optimal design of two-stage anaerobic digestion.* En Water Research, (35), 4247-4251.

[11] Marone A., Izzo G., Mentuccia L., Massini G., Paganin P., Rosa S., Varrone C. y Signorini A., (2014), “Vegetable waste as substrate and source of suitable microflora for bio-hydrogen production”, Renewable Energy, 68:6-13.

[12] Flores, F. (2020). *Aislamiento y clasificación filogenética de bacterias cultivables de heces de koala (Phascolarctos cinereus) y su aplicación en la producción de biohidrógeno* [Manuscrito inédito]. Departamento de biología molecular, Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica, A.C.

[13] T. A. D. Nguyen, K. R. Kim, M. S. Kim, S. J. Sim, Int. J. Hydrogen Energy 2010, 35, 13392–13398.

[14] F. Syahrial, S. T. H. Nomura, Int. J. Hydrogen Energy 2015, 40, 11399–11405.

[15] H. Yokoi, R. Maki, J. Hirose, S. Hayashi, Biomass Bioenergy 2002, 22, 389–395. Prescott, L.M., Harley, J.P., Klein, D.A. 2002. “Microbiology”, Fifth ed. McGraw-Hill, Boston.

VIRTUALIZACIÓN DE EQUIPOS DE LABORATORIO DE CARACTERIZACIÓN DE AUTOPARTES PLÁSTICAS MEDIANTE REALIDAD VIRTUAL

Axel Pérez Piña
Universidad Politécnica de Querétaro
Ingeniería en Redes y Telecomunicaciones
Carretera Estatal 420 S/N, El Rosario, 76240,
76240 Santiago de Querétaro, Qro.
120037195@upq.edu.mx

Jonny Paul Zavala de Paz
Universidad Politécnica de Querétaro
Ingeniería en Redes y Telecomunicaciones
Carretera Estatal 420 S/N, El Rosario, 76240,
76240 Santiago de Querétaro, Qro.
jonny.zavala@upq.edu.mx

Resumen — En este trabajo se presenta el desarrollo de un sistema de virtualización para el laboratorio de Sistemas Tecnológicos Aplicados (STA), ubicado en la Universidad Politécnica de Querétaro. Esta virtualización permite poder mostrar a los estudiantes y personas externas a cerca de los equipos de caracterización de autopartes plásticas con los que cuenta el laboratorio dentro de las instalaciones de la Universidad, sin necesidad de estar de forma presencial. Este método de virtualización permite conocer el entorno en el que los profesores investigadores y estudiantes trabajan mediante realidad virtual. Se realizó los modelados de cada uno de los objetos, importarlos en un solo escenario, para poder obtener una simulación más cercana a lo que se tiene en la vida real.

Palabras clave — Virtualización, modelado, realidad virtual.

Abstract — This paper presents the development of a virtualization system for the Applied Technological Systems Laboratory (STA), located at the Polytechnic University of Querétaro. This virtualization allows to show students and external people about the plastic auto parts characterization equipment that the laboratory has within the University facilities, without the need to be in person. This virtualization method allows knowing the environment in which research professors and students work through virtual reality. The modeling of each of the objects was carried out, importing them in a single scenario, in order to obtain a simulation closer to what you have in real life.

Keywords — Virtualization, modeling, virtual reality.

I. INTRODUCCIÓN

Hace unos cuantos años atrás era necesario acudir de manera presencial a la realización de trámites y acciones, debido a las limitadas capacidades tecnológicas. Hoy en día no es necesario asistir a oficinas a cumplir una amplia variedad de tareas (como pago de recibos, agendar citas, compras, entrega y recibo de documentos, conferencias o juntas, etc.), por el hecho de que estas se pueden realizar de forma virtual, presentando ventajas como el hacerlo desde nuestra ubicación o ahorrar en el coste de tiempo y desplazamiento. Pero ¿Qué pasa si es al contrario? Una tarea en la cual es obligatorio o necesario acudir al lugar en físico, para cumplir actividades. Por dicha razón se empezaron a crear simuladores, los cuales ayudaron a crear escenarios que podemos encontrar y manipular de manera física, ayudándonos a generar un escenario virtual [1-3].

Con la pandemia de COVID-19 muchas de las escuelas se dieron cuenta que no contaban con la tecnología necesaria para poder brindar una buena educación a sus

alumnos, por lo que se buscaron alternativas, que ayudaron a enseñar de forma virtual las actividades que se necesitaban realizar de forma física. Se obtuvo un espacio lo más cercano posible a los laboratorios, para poder darle al usuario una experiencia lo más parecida a lo que sería estar físicamente [4-6].

El impacto que ha tenido la realidad virtual tanto en el sector de los videojuegos como en el industrial ha hecho que se le considere una tecnología revolucionaria en estos últimos años. Así pues, nace la necesidad y la base de este proyecto, que pretende hacer llegar a distintos usuarios la ocasión de aprender sobre un tema concreto aprovechando todas las características que brinda esta herramienta.

II. MARCO TEÓRICO

A. Entorno Virtual

Se refiere a una experiencia simulada, basada o diferente al mundo real, a través de imágenes, video y/o audio y es usada para la industria del entretenimiento, educación, entrenamiento, o interacción [1-2].

En un comienzo y para la mayoría de las personas, la realidad virtual representa una fuente de entretenimiento, aunque ahora se están explorando nuevas capacidades. El programa llamado Artificial Intelligence Designed for Employment (AIDE), desarrollado por la Universidad de Syracuse permitió a veteranos y militares retirados una integración a la sociedad mediante la capacitación, examinaciones y validaciones. [3-4]

Se espera, que, como este proyecto, varios más permitan la capacitación sin riesgos en las empresas, ni complicaciones de transporte entre los empleados. Los ejercicios de simulación permiten practicar y desarrollar habilidades fuera del lugar principal, reforzando lo aprendido.

La realidad aumentada es una combinación de lo que el usuario observa, añadiendo contenido generado que proporciona información adicional. Un ejemplo puede ser el juego Pokémon Go.

B. Blender

Blender es un entorno de creación 3D gratuita y de código abierto. Cuenca con la capacidad de modelado, montaje, animación, simulación, renderizado, composición y seguimiento de movimiento, incluso edición de video y creación de juegos. [1-3]

Blender fue desarrollada como una aplicación destinada a ser usada en la empresa holandesa Neo Geo Studios. En 1998, Ton Roosendaal, cofundador de Neo Geo, fundó NaN para comercializar con Blender, la cual quebró en el 2002, y fue fundada Blender Foundation, mismo año en el que Blender fue lanzado como programa de código abierto (Ver figura 1).

Está disponible en 36 idiomas, escrito en C + +, Python y C, además de operar en una multitud de sistemas operativos, entre ellos Windows, Mac OS y distribuciones de Linux.

Fig 1. Blender.

C. Unity

Es un entorno de desarrollo de videojuegos multiplataforma de la compañía Unity Technologies, el cual es capaz de crear aplicaciones ejecutables en computadoras, consolas, celulares, páginas web, e incluso es utilizado para industrias ajenas a los videojuegos como arquitectura, ingeniería o cinematografía. [5]

Cuenca con la capacidad de hacer simulaciones y cálculos físicos, herencia de objetos, creación de “niveles”, muestra un entorno visual, sombras dinámicas, importación y creación de objetos.

Las licencias gratuitas que puede otorgar son para estudiantes de 16 años o más, que estén en una institución acreditada y puedan proporcionar información; y para personas con ingresos inferiores a USD $100,000 al año (ver figura 2).

Fig 2. Unity.

D. SketchUP

SketchUP es un software de diseño 3D de alta calidad que pone el modelado 3D al alcance de todos con un conjunto de herramientas fáciles de usar. SketchUP permite modelar en 3D de edificios, paisajes, escenarios, mobiliario, personas y cualquier objeto o artículo que imagine el diseñador o dibujante. Dibujo automatizado de techumbres, piezas de acero, cabello, cornisas, etc.

Fig 3. SketchUP.

III. METODOLOGIA

El desarrollo de este proyecto se dividió y realizó en diferentes fases, las cuales son:

1. Investigación sobre los materiales, formas de diseño, programas y conocimientos que será necesario para dar inicio al proyecto.
2. Adquirir lo necesario, como lo pueden ser los equipos en donde se generó, instalación de programas en los cuales se hizo el modelado de todos los objetos/escenario, anotaciones/conocimiento sobre comandos y diversas maneras de usar los programas.
3. Sacar evidencia, medidas y listado de los objetos que se encuentran dentro del laboratorio, los cuales se necesitan modelar.
4. Dar inicio al modelado de los componentes, creando un diseño lo mas semejante a lo que se tiene en la vida real, para que se tenga una mejor experiencia.
5. Crear la virtualización de todo el escenario creado en Blender, y de esta forma poder empezar con la manipulación en los dispositivos de RV, como lo son los Oculus.

El entorno de desarrollo es presentado en la figura 4.

Fig. 4. Entorno de desarrollo de objetos de laboratorio: rack, pc, router y switch.

IV. RESULTADOS

Los resultados del proyecto han sido hasta ahorita de lo mejor ya que el modelaje que ya tenemos ha tenido un gran avance y podemos decir que nuestra primera fase está casi lista, solamente faltan detalles diminutos y la primera fase estará lista, solamente faltara comenzar y darle seguimiento a nuestra fase dos y podríamos dar por concluido nuestro proyecto y poder decir que nuestros resultados son los obtenidos.

En la siguiente figura 5, se muestra el laboratorio virtual de redes.

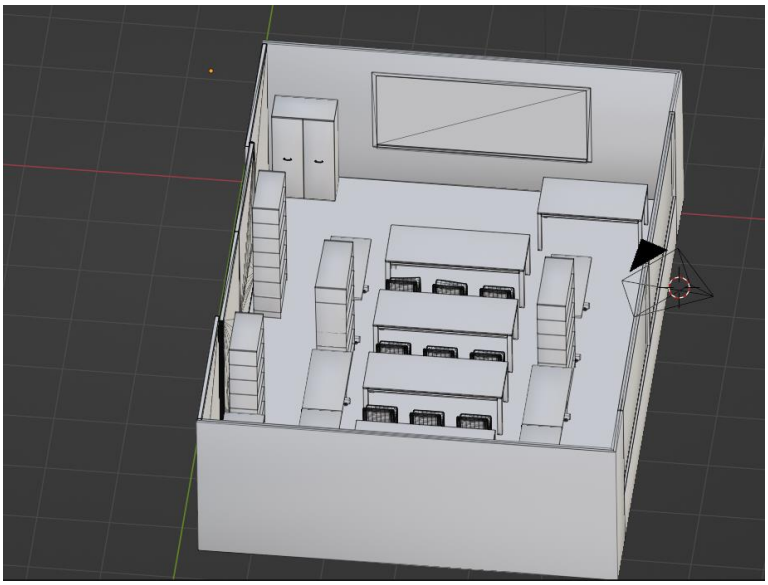


Fig. 5. Laboratorio de Redes de computadoras.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En este proyecto se propuso y realizó la virtualización de un laboratorio de la universidad en 3D. Con la finalidad de ayudar a los investigadores a que no tengan que estar de planta en los laboratorios y lograr hacer la mayoría de sus cosas desde una forma remota. Los resultados obtenidos mostraron un buen desempeño comparados con la de otros trabajos por lo que el laboratorio quedo exactamente igual y creo firmemente en que funcionara.

VI. RECONOCIMIENTOS (O AGRADECIMIENTOS)

Expreso mi agradecimiento a la Universidad Politécnica de Querétaro por las facilidades y el apoyo otorgado para la realización de la estancia de verano.

REFERENCIAS

[1] J. Jerald, The VR Book Human-Centered Design for Virtual Reality, ACM Books, 2015.

[2] T. Parisi, Learning Virtual Reality, Developing Immersive Experiences and Applications for Desktop, Web and Mobile, O'Reilly, 2015.

[3] Autodesk Inc., 2022, Virtual Reality (25 de junio de 2022), https://www.autodesk.es/solutions/virtualreality

[4] BBC, How virtual reality can help to recruit and train staff, By Bernd Debusmann Jr, (30 de junio de 2022),https://www.bbc.com/news/business-57805093

[5] Blender fundación, 2022, Blender, (30 de julio de 2022) https://www.blender.org/about/foundation/

[6] Unity Technologies, 2022, Unity prices, (03 de julio de 2022) https://store.unity.com/es#plansindividual

DESARROLLO DE MÓDULO DE AUTOMATIZACIÓN CON TECNOLOGÍA IOT

Daniel Alejandro Mendez Corona
Universidad Politécnica de Querétaro
Carretera Estatal 420 s/n, El Marqués, Querétaro.
CP. 76240
019030688@upq.edu.mx

José Marcos Zea Pérez
Universidad Politécnica de Querétaro
Carretera Estatal 420 s/n, El Marqués, Querétaro.
CP. 76240
marcos.zea@upq.mx

Resumen — En este trabajo se presenta la implementación del internet de las cosas (IoT) para el control remoto de un tablero de automatización; a través del módulo Node MCU ESP8266, el cual es un pequeño controlador con una placa Wi-Fi, programado mediante el IDE de Arduino. El módulo de automatización es controlado mediante Ubidots; una plataforma de IoT, la cual habilita el control del módulo. El módulo de automatización consta de tres leds indicadores, un buzzer, un ventilador, un actuador lineal y un potenciómetro; todos controlados mediante Ubidots. Adicionalmente, dos botones para la activación manual de dos leds.

Palabras clave — Internet de las cosas, modulo, automatización.

Abstract — This work presents the implementation of the Internet of Things (IoT) for the remote control of an automation panel; through the Node MCU ESP8266 module, which is a small controller with a Wi-Fi board, programmed using the Arduino IDE. The automation panel is controlled through Ubidots; an IoT platform, which enables the control of the module. The automation panel consists of three LED indicators, a buzzer, a fan, a lineal actuator and a potentiometer; all controlled by Ubidots. Additionally, two buttons for manual activation of two LEDs.

Keywords — Internet of things, module, automation.

I. INTRODUCCIÓN

Hoy en día estamos siendo testigos del rápido avance y crecimiento de la tecnología; esto lo hemos visto en diferentes aspectos de la vida, desde la forma en la que se empaquetan los alimentos hasta artefactos tecnológicos conectados a internet para su monitoreo.

En la era de la Industria 4.0, las empresas generan enormes cantidades de datos industriales basados en anuncios, tecnología avanzada de sensores e internet de las cosas (IOT), entre otros [1]. Actualmente son cientos de empresas las que se dedican al desarrollo de esta tecnología, por lo que se ha vuelto cada vez más fácil el tener acceso a la misma, un simple ejemplo son las Smart TV, televisiones que ya incorporan conexión a internet y muchas de ellas pueden ser controladas desde plataformas digitales.

Pero ¿Qué hace tan importante esta tecnología?, es sabido que la interacción entre humanos y robots humanoides, así como interacción entre muchos robots humanoides entre sí es un problema abierto que se ha estudiado durante muchos años [2 -3]. Mediante la informática de bajo costo, la nube, big data, analítica y tecnologías móviles, las cosas

físicas pueden compartir y recopilar datos con una mínima intervención humana. En este mundo hiperconectado, los sistemas digitales pueden grabar, supervisar y ajustar cada interacción entre las cosas conectadas. El mundo físico y el digital van de la mano y cooperan entre sí. [4]

Actualmente el IoT esta siendo implementado en las grandes empresas; para controlar procesos de fabricación, para transporte y logística, para seguridad en el lugar de trabajo, etc. En el mercado existen cientos de dispositivos capaces de desarrollar esta tecnología, pero gracias a los dispositivos de bajo costo como lo son el ESP8266, se ha vuelto mucho más fácil interactuar con esta tecnología.

La implementación del IoT en este trabajo consiste en monitorear y controlar variables de un módulo de automatización, estas variables serán proporcionadas por los dispositivos electrónicos conectados en el módulo. Con un control remoto a través de la plataforma Ubidots, hace que este proyecto tenga todas las características de un sistema IoT.

II. MARCO TEÓRICO

Internet de las cosas (IoT) describe la red de objetos físicos ("cosas") que llevan incorporados sensores, software y otras tecnologías con el fin de conectarse e intercambiar datos con otros dispositivos y sistemas a través de Internet [4].

¿Cómo funciona el IoT? Un sistema común de IoT funciona mediante la recopilación y el intercambio de datos en tiempo real. Un sistema del IoT tiene tres componentes:

1. Dispositivos inteligentes: Se trata de dispositivos, como un televisor, una cámara de seguridad o un equipo de ejercicio, a los que se les dotó de capacidades de computación. Recopila datos de su entorno, de las entradas de los usuarios o de los patrones de uso y comunica los datos a través de Internet hacia y desde su aplicación de IoT.
2. Aplicación de IoT: Una aplicación de IoT es un conjunto de servicios y software que integra los datos recibidos de varios dispositivos de IoT. Utiliza tecnología de machine learning o inteligencia artificial (IA) para analizar estos datos y tomar decisiones informadas. Estas decisiones se comunican al dispositivo de IoT y este responde de forma inteligente a las entradas.
3. Una interfaz de usuario gráfica: El dispositivo de IoT o la flota de dispositivos pueden administrarse a través de una interfaz de usuario gráfica. Algunos ejemplos comunes son una aplicación móvil o un sitio web que pueden utilizarse para registrar y controlar dispositivos inteligentes.

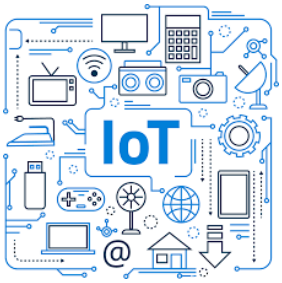


Fig. 3 IoT "Internet of things"

Ubidots una plataforma de IoT (Internet de las cosas) que habilita la toma de decisiones a empresas de integración de sistemas a nivel global. [5]

III. METODOLOGÍA

El control del módulo de automatización consta de tres etapas clave.

e) En la primera etapa se conecta el módulo a internet a través de una red Wi-Fi en común.

f) La segunda etapa se realiza a través de Ubidots, la cual manda los valores obtenidos mediante botones, dentro de la misma plataforma.

g) Por último, se reciben los valores enviados desde Ubidots, estos son procesados por el módulo de automatización; depende de los valores procesados se procede a ejecutar la acción.

La metodología seguida para conectar el modulo ESP8266 a internet es la siguiente:

1. Agregar en la carpeta de librerías de Arduino (ubidots-esp8266-master, ubidots-mqtt-esp-master, PubSubClient-2.8.0)

2. Poner el enlace (http://arduino.esp8266.com/stable/package_esp8266com_index.json) en preferencias, la cual está ubicada en “archivos-preferencias”, el cual se coloca en gestor de URL.

3. En la parte de herramientas se selecciona la placa nodeMCU 1.0 (ESP 12E module)

4. Descargar la librería de esp8266 versión 2.4.2 (depende de la placa que se va a utilizar)

5. Cambiar la red a la que se va a conectar y poner la contraseña. **(Fig. 3)**

6. Cambiar el token que sale en la aplicación de Ubidots. **(Fig. 4)**

La **Fig 2.** muestra la configuración resultante de los pasos 1 – 4 dentro de Arduino IDE.

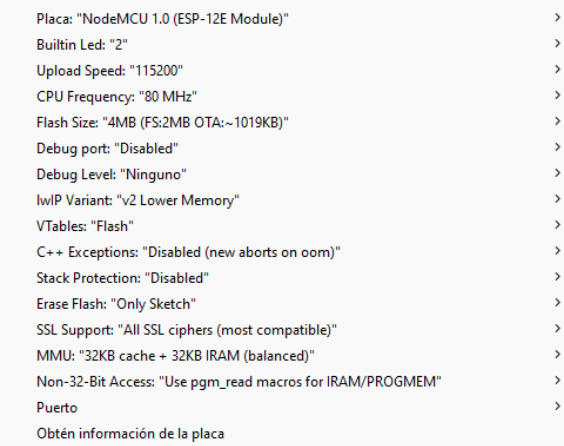


Fig. 4 Interfaz Arduino con librería ESP8266

Fig. 5 Introducción de token, dispositivo y conexión de red

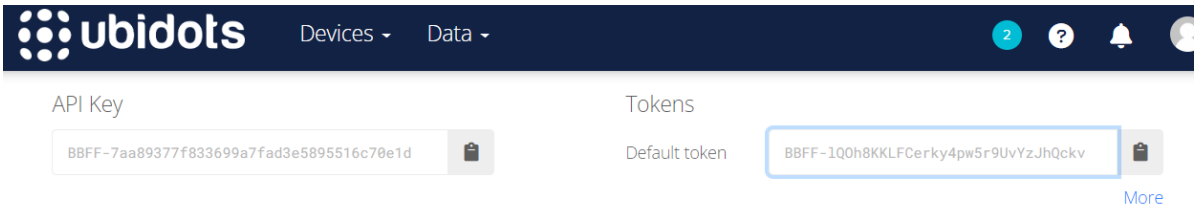


Fig. 6 API Credentials

Para encontrar el token en la página de Ubidots ir a y seleccionar “API Credential”, buscar Default token, el cual servirá para colocar en el código.

Una vez que se colocaron los pasos anteriores se procede a subir el código a la placa ESP8266, ya arriba el código automáticamente va a aparecer en la página de Ubidots en la parte de “Devices”.

IV. RESULTADOS

Verificando la conexión entre Ubidots y la placa NODEMCU 8266, se realizaron pruebas de funcionamiento, para obtener los resultados planteados en el código. Se observó que al momento de enviar la información por medio de la plataforma Ubidots, el puerto serial de Arduino recibía dicha información, interpretándola para poder efectuar la función. Se obtuvo un encendido de los leds cuando se mandaba una señal para encenderlos desde Ubidots, cada señal cuenta con su botón desde la página de Ubidots. Asimismo, se logró el encendido del ventilador y actuador con otro botón. Finalmente se activó un sonido proveniente del buzzer por otro botón.

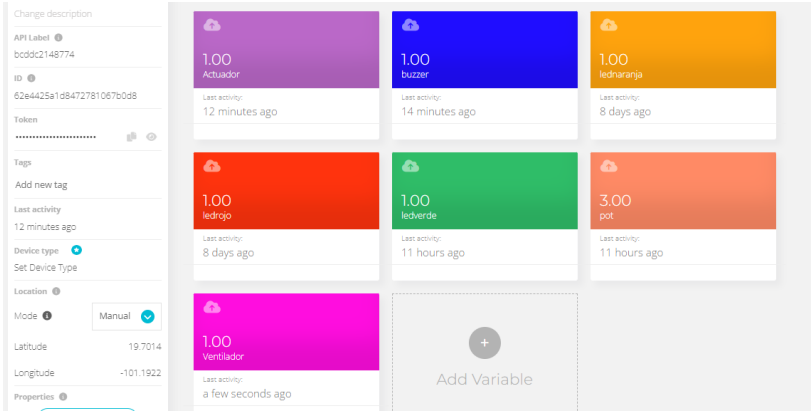


Fig. 7 Variables registradas en Ubidots

Fig. 8 Pagina Ubidots botones

```
Sending data...
Values sent by the device
LEDVERDE_ON
LEDNARANJA_ON
LEDROJO_OFF
BUZZER_ON
7----------
payload:
{"pot":{"value":7}}
----------
```

Fig. 4 Monitor serial Arduino

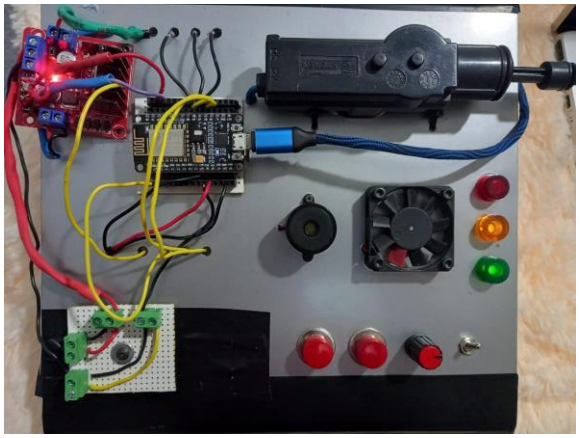


Fig. 9 Activación de leds y actuador conforme a monitor serial y Ubidots

V. CONCLUSIONES

En este proyecto se realizó la implementación de IoT a un módulo de automatización, con ayuda de la plataforma de IoT “Ubidots”, para lograr hacer un monitoreo y control de actuadores y componentes electrónicos. Con la finalidad de realizar un seguimiento de estos.

Los resultados obtenidos mostraron un buen desempeño, de acuerdo con el objetivo planteado al inicio de este proyecto; se logró desarrollar un código que abarca el control de todos los componentes implicados en la automatización del módulo, asimismo la conexión de todos estos mediante “Internet de las cosas”.

El desarrollo de este proyecto permitirá que estudiantes de ingeniería realicen prácticas mediante la implementación de la tecnología IoT coadyuvando a la asimilación de las tecnologías de industria 4.0.

VI. AGRADECIMIENTOS

A mis padres Araceli Corona Chombo y José Martin Mendez Cabrera, gracias por darme la oportunidad de salir adelante, por apoyarme día con día a cumplir mis objetivos. A mis hermanos, por ser mi motor para superarme. Es un orgullo formar parte de mi familia y poder decir que son mis padres. Gracias por confiar en mí.

Al Dr. José Marcos Zea Pérez por todo el tiempo de aprendizaje que he tenido en este tiempo, por darme la oportunidad de formar parte de este proyecto, por la motivación, por transmitir ese conocimiento en cada asignatura que me ha impartido, y por confiar en mí.

REFERENCIAS

[1] Q. Wu, G. Ding, Y. Xu, S. Feng, Z. Du, J. Wang and K. Long. (2014)" Cognitive Internet of Things: A New Paradigm Beyond Connection." IEEE Internet of Things 1 (2): 129–143.

[2] F. Eyssel, An experimental psychological perspective on social robotics, Robot. Auton. Syst. 87 (2017) 363–371.

[3] D.Y.Y. Sim, C.K. Loo, Extensive assessment and evaluation methodolo- gies on assistive social robots for modelling human–robot interaction–A review, Inform. Sci. 301 (2015) 305–344.

[4] ORACLE Internet of Things. (s. f.). ORACLE. Available in https://www.oracle.com/mx/internet-of-things/ [consulted in 2022]

[5] AWS. (s. f.). Amazon Web Services, Inc. ¿Qué es IoT? - Guía del Internet de las cosas para principiantes. Available in https://aws.amazon.com/es/what-is/iot/ [consulted in 2022]

[6] B. Mazon – Olivo, A. Pan Internet of Things: State of art, Computing Paradigms and reference architectures. [2021] 1 – 4.

[7] Science Direct. Intenet of things (IoT) based system development for robotic waste segregation management. [2021] 1 – 5.

IMPLEMENTACIÓN DE HIGIENE Y SEGURIDAD EN UNA EMPRESA ALIMENTICIA

Melannie Ivana Medrano Pérez
Instituto Tecnológico Superior de Abasolo
Cuitzeo de 401 Cuitzeo de los Naranjos 36976, Los Naranjos, Abasolo, Gto.
melanniemedrano.04@gmail.com

María Del Carmen Saavedra Martínez
Instituto Tecnológico Superior de Abasolo
Cuitzeo de 401 Cuitzeo de los Naranjos 36976, Los Naranjos, Abasolo, Gto.
Carmen.sm@abasolo.tecnm.mx

Resumen

En el presente proyecto contiene la aplicación de un plan de acción de seguridad e higiene con el objetivo de disminuir al menos el 20% de accidentes y riesgos dentro de una empresa, desarrollando métodos de la rama industrial. Se realiza un análisis FODA para detectar las debilidades y amenazas en las cuales se enfocan las diferentes causas presentes en el problema principal, posteriormente se desarrolla un diagrama de recorrido con la finalidad de conocer a fondo el proceso de trabajo, se hace un diagrama Ishikawa para identificar los diversos factores que provocan la causa raíz de los accidentes ocurridos. Finalmente se realiza el plan de acción a partir de un diagnóstico completo AMEF.

Palabras clave —Seguridad, AMEF, Riesgo, Accidente.

Abstract

This project contains the development of a safety and hygiene action plan with the main objective of reducing at least 20% of accidents within a company, in which various methods of the industrial and general branch were developed in order to meet the overall objective of such work. As the first method to perform the SWOT diagnosis fulfills the function of detecting the weaknesses and threats in which the different causes present in the main problem are focused, later a route diagram is developed that aims to know in depth the work process, making use of an Ishikawa diagram identifies the various factors that cause the root cause of the accidents that occurred to finally realize the action plan from a complete diagnosis AMEF.

Keywords — Safety, AMEF, Accident.

I. INTRODUCCIÓN

Debido a los crecimientos inesperados, las empresas no consideran las condiciones laborales bajo las cuales el personal realiza las actividades, de ahí surge la necesidad de proteger la salud del operario y la política de la empresa.

Actualmente, la empresa ha tenido un crecimiento de exportación a nivel nacional por lo que conlleva a aumentar su producción bajo los mismos métodos y espacios de trabajo, esto ha llevado a reducir los espacios en las áreas, aumentando ritmo de trabajo y provocando descuidos de los operarios, en el manejo de maquinas y herramientas y en las mismas instalaciones de la empresa.

La implementación de un análisis de riesgos dentro de la empresa para implementar una solución y reducir los riesgos lleva al uso de distintas herramientas que son

desarrolladas con la final de cumplir con un objetivo principal, mostrando evidencia de la solución y el cumplimiento de ello.

II. MARCO TEÓRICO (OPCIONAL)

A. Seguridad industrial

La Seguridad Industrial es un área dentro de las empresas que trata de manera sistemática la prevención de lesiones o accidentes de trabajo en plantas industriales. El principal objetivo de esta disciplina es alcanzar el indicador de Cero Accidentes en Planta [1].

B. Accidente

Un accidente puede definirse como un suceso no deseado que ocasiona perdidas a las personas, a la propiedad o a los procesos laborales [3].

C. Incidente

El incidente es todo suceso no deseado, o no intencionado, que bajo circunstancias muy poco diferentes podía ocasionar perdidas para las personas, la propiedad o los procesos [3].

D. Seguridad del trabajo

Es el conjunto de técnicas y procedimientos que tienen por objeto eliminar o disminuir el riesgo de que se produzcan los accidentes de trabajo [1].

E. Señalización

La señalización de seguridad pretende llamar la atención de forma rápida e intangible sobre los objetos y situaciones susceptibles de provocar peligros determinados, así como indicar el emplazamiento de dispositivos y equipo que tengan importancia desde el punto de vista de la seguridad en el trabajo [2].

F. AMEF

El Análisis de modos y efectos de fallas potenciales, AMEF, es un proceso sistemático para la identificación de las fallas potenciales del proceso del producto antes de que éstas ocurran, con el propósito de eliminarlas o de minimizar el riesgo asociado a las mismas [4].

G. Norma

Norma de seguridad es un concepto de obligado cumplimiento que se establece, se divulga y se impone para determinar el comportamiento que se debe seguir o al que se

deben ajustar las operaciones y la forma de actuación den trabajador, para evitar o minimizar los peligros de accidentes [2].

III. MATERIALES Y MÉTODOS

El plan de acción para la disminución de accidentes dentro de la empresa se basa en una serie de métodos a realizar de manera consecutiva, los cuales pueden ser identificados como fases, puesto que cada uno de ellos lleva una secuencia y una relación entre sí para la realización del siguiente paso.

a) La fase uno consta de la realización de un diagnóstico FODA (ver **Fig. 1**) a partir de una lluvia de ideas en la cual se logra identificar las debilidades y amenazas presentes, en las cuales se hará un enfoque profundo para poder atacar cada una de ellas.

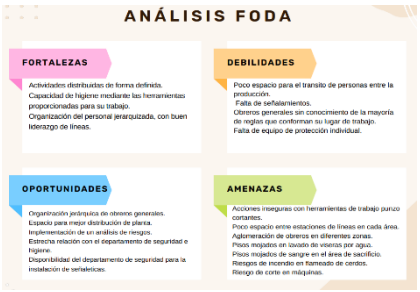


Fig. 1 *Análisis FODA*

b) La fase dos tiene como objetivo identificar cada parte que conforma la empresa a aplicar el plan de acción mencionado anteriormente, con el desarrollo de un diagrama de recorrido (Ver **Fig. 2**) conjunto a su layout respectivo para identificar fácilmente de manera visual la conformación de cada una de las áreas que conforman la organización.

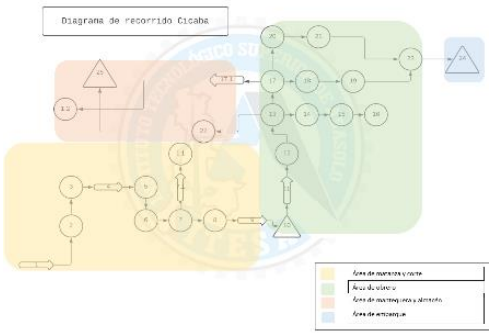


Fig. 2 *Diagrama de recorrido Layout*

c) En la fase tres se realiza un diagrama Ishikawa con la finalidad de identificar la causa raíz de los empleados lesionados, así como los diversos factores que se involucran en esta causa. (Ver **Fig. 3**.)

Fig.3 *Diagrama Ishikawa*

d) La fase cuatro contiene la implementación de AMEF el cual tiene como objetivo crear un plan de acción para posteriormente aplicarlo, de manera que se sitúan las diferentes problemáticas existentes, y estas a su vez obtienen una puntuación a partir de unas tablas de ponderación y un diagrama los cuales indican la gravedad de las diferentes situaciones de riesgo presentes (Ver Fig. 5)

Nombre del sistema			Nombre de la parte del proceso		Almacen de carton	No° AMEF		1		Calidad						
Dueño del proceso			preparado por			Cliente										
			Proveedores													
Otros involucrados			Afectados		Almacen de carton	Fecha inicial				Revisión						
			Año			Fecha ult. Rev										
Item	Operación	Modo de falta potencial	Efecto(s) potencial(es) de la falla	Severidad	Causa(s) Potencial(es) de la falla	Ocurrencia	condiciones existentes			Acciones Recomendadas	Responsable, fecha y objetivo	Resultados de la accion				
							Control actual	Deteccion	RPN (SEV x OCU x DET)			Accion es implementadas	SEV	OCU	DET	RPN
	Almacen de carton	Falla total	Tipo 3	9	Se encuentra un alto indice de probabilidad de incendio ya que se encuentra localizada al lado del area de mantequera	2	Se encuentra localizado un extintor	9	162	Colocacion de hidrantes	Departamento de seguridad (colocación por parte de mantenimiento) con fecha estimada de Diciembre del año 2023, con el objetivo de contrarestar el alto indice de incendios en caso de ser requerido.	Colocar los hidrantes en cada area de la empresa que se requiera, principalmente en el almacén de cartón	3	2	2	12
	Almacen de carton	Falla Gradual	Tipo 1	9	Se encuentra un alto indice de probabilidad de accidentes a causa de la falta de señaleticas asi como la delimitacion de areas, en donde se coloca cada uno de los anaqueles y el paso peatonal del personal que trabaje en la entrega de material	2	No se cuenta con medida	6	108	Colocar señaleticas, y marcaciones de lineas para delimitar areas y paso peatonal	Departamento de seguridad (colocación por parte de mantenimiento) con fecha estimada de Mayo 22 del año 2022, con el objetivo de contrarestar el alto indice de probabilidad de accidentes por el trabajo de interacción montagargas-recepción	Pintar o delimitar el area de paso peatonal y montacargas dentro del almacén de cartón	3	2	1	6

Fig. 4 *AMEF*

IV. RESULTADOS

Los resultados deben ser presentados en una secuencia lógica en el texto, tablas y figuras, evitando la repetición de los mismos datos en diferentes formas. Al describir los resultados la redacción debe ser utilizando en tiempo pasado.

		Percata tanto al peatonal como al transportista a poner atención al momento de pasar.
		Percata al transportista y al peatón a tomar precaución en todo momento de pase
		.
		Después permite al personal acceder por los lugares con precaución.
		Sobre las líneas el personal debe desplazarse dentro del almacenamiento, y para el montacargas queda prohibido sobrepasar las líneas.
		Se es constante que esta siga cerrada
		La restauración de este acceso lleva un proceso y por ende más tiempo.
		Se cumplió con la impartición de capacitación al personal, se abarco los puntos importantes que deben considerar para poner de su parte y evitar accidentes, y las acciones seguras e inseguras

Fig. 2 *Tabla de resultados*

V. DISCUSIÓN (O ANÁLISIS DE RESULTADOS)

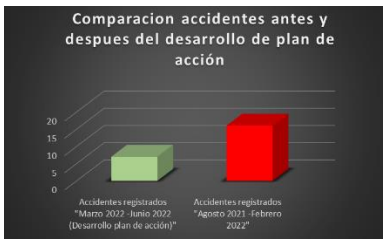


Fig. 3 *Comparación de accidentes antes y después de la implementación del plan de acción*

En comparación a los meses anteriores se tiene una disminución del 56.35% de accidentes ocurridos, sin embargo, se estima que el valor aproximado real en disminución es alrededor del 20 al 25% de reducción de accidentes considerando una comparación de 6 meses aproximadamente por igual con antes y después de la aplicación del plan de acción de medidas de seguridad e higiene, por lo tanto, se cumple la hipótesis propuesta y con el objetivo del proyecto reduciendo como mínimo el 20% de accidentes.

Fig. 4 *Comparación de Riesgos antes y después de la implementación del plan de acción*

En comparación a los meses anteriores se tiene una disminución notable de riesgos encontrados antes y después de la implementación del plan de acción, de 8 riesgos encontrados dentro de la empresa, se logra eliminar 7 de ellos, por lo tanto, se cumple la eliminación de riesgos en un 87.5%

VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En este proyecto se propone y realiza la implementación de un plan de acción de seguridad e higiene a partir del desarrollo de diferentes métodos y herramientas que ayudan a la identificación de los factores que generan dichos accidentes como lo es el diagnostico FODA y el diagrama Ishikawa, así como algunas otras que tiene como finalidad definir las acciones correctivas o medidas de mejora para la reducción de riesgos y accidentes dentro de una organización laboral tales como el AMEF. Los resultados obtenidos muestran un buen desempeño y logro del cumplimiento del principal objetivo de reducir accidentes, visualizando en las graficas obtenidas de la comparación de los accidentes ocurridos antes y después de la aplicación del plan de acción. Se recomienda seguir las mejoras y dar seguimiento a los accidentes que se sigan teniendo.

VI. RECONOCIMIENTOS (O AGRADECIMIENTOS)

Expresamos agradecimiento al Instituto tecnológico Superior de Abasolo por las facilidades y el apoyo otorgado para la realización de la estancia de verano, además de una gratitud enorme a la profesora María del Carmen Saavedra por su asesoramiento durante todo el periodo.

REFERENCIAS

[1] *Asepeyo. (2015). Prevención de riesgos laborales. Obtenido de SEÑALIZACIÓN: https://prevencion.asepeyo.es/wp-content/uploads/R6E17069_Ficha-de-riesgos_Se%C3%B1alizaci%C3%B3n_Asepeyo.pdf*

[2] Confederal de Juventud. (2017). 4.- Prevención de Riesgos Laborales. Obtenido de http://portal.ugt.org/juventud/guia/cap4.pdf

[3] Fernández, L., Pérez, M., Menéndez, M., & Lázara, M. (diciembre de 2008). ACCIDENTES E INCIDENTES DE TRABAJO. Obtenido de https://www.ccoo.cat/pdf_documents/AATT.pdf

[4] *Tarradellas, J. (2007). MANUAL BÁSICO DE PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES. Obtenido de https://www.mc-mutual.com/documents/20143/47599/manual_basico_xi_es.pdf/105f85bc-0435-e646-9bf7-da368f6ad036*

IMPLEMENTACIÓN DE HIGIENE Y SEGURIDAD EN UNA EMPRESA ALIMENTICIA

Ana Leticia Vargas Porras
Instituto Tecnológico Superior de Abasolo
Cuitzeo de 401 Cuitzeo de los Naranjos 36976, Los Naranjos, Abasolo, Gto.
vargasporras04@gmail.com

María Del Carmen Saavedra Martínez
Instituto Tecnológico Superior de Abasolo
Cuitzeo de 401 Cuitzeo de los Naranjos 36976, Los Naranjos, Abasolo, Gto.
Carmen.sm@abasolo.tecnm.mx

Resumen

El presente proyecto se basa en la implementación de un plan de acción de higiene y seguridad en una empresa de giro alimenticio. Tiene como finalidad reducir riesgos y accidentes en sus diferentes áreas. Se emplean algunas herramientas de ingeniería Industrial; se identifican fortalezas y debilidades mediante un Análisis FODA, posteriormente se realiza diagrama de recorrido para conocer la secuencia del proceso, un diagrama causa efecto para encontrar la causa raíz de los accidentes y finalmente un AMEF que ayuda a ponderar la severidad o inmediatez de actuar de cada suceso. Con la aplicación y el desarrollo de las herramientas utilizadas se reduce el 20% de accidentes y riesgos en la empresa.

Palabras clave —Seguridad, AMEF, Riesgo, Accidente.

Abstract

This project is based on the implementation of a hygiene and safety action plan in a food company. Its purpose is to reduce risks and accidents in its different areas. Using some Industrial engineering tools; strengths and weaknesses are identified by means of a SWOT Analysis, later a path diagram is made to know the sequence of the process, a cause-effect diagram to find the root cause of the accidents and finally an AMEF that helps to weigh the severity or immediacy of acting accordingly. each event. With the application and development of the tools used, accidents and risks in the company are reduced by 20%.

Keywords — Safety, AMEF, Risk, Accident.

I. INTRODUCCIÓN

Con el incremento de las industrias de giro alimenticio, ha crecido de igual manera la demanda laboral en estas organizaciones, lo cual se ha convertido en trabajos inseguros debido a la magnitud que se maneja, no solo de personal si no de áreas, por lo que surge la necesidad de proteger la salud e integridad física de los trabajadores que conforman una empresa.

En el presente proyecto se desarrolla la implementación de un análisis de riesgos dentro de la empresa y de cada una de las áreas que la conforman, esto con la finalidad de cumplir con un objetivo general que busca la reducción de accidentes y riesgos laborales, para ello se implementan distintas herramientas de análisis que ayuden a determinar las principales causas de ellos.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

El plan de acción para la disminución de accidentes dentro de la empresa se basa en una serie de métodos a realizar de manera consecutiva, los cuales pueden ser identificados como fases, puesto que cada uno de ellos lleva una secuencia y una relación entre sí para la realización del siguiente paso.

a) La fase uno consta de la realización de un diagnóstico FODA (ver **Fig. 1**) a partir de una lluvia de ideas en la cual se logra identificar las debilidades y amenazas presentes, en las cuales se hará un enfoque profundo para poder atacar cada una de ellas.

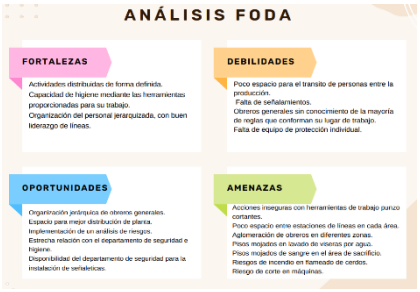


Fig. 5 *Análisis FODA*

b) La fase dos tiene como objetivo identificar cada parte que conforma la empresa a aplicar el plan de acción mencionado anteriormente, con el desarrollo de un diagrama de recorrido (Ver **Fig. 3**) conjunto a su layout respectivo para identificar fácilmente de manera visual la conformación de cada una de las áreas que conforman la organización.

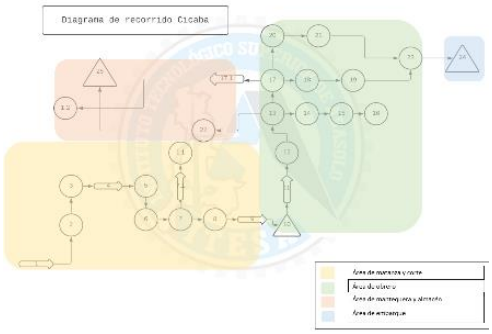


Fig. 6 Diagrama de recorrido

c) En la fase tres se realiza un diagrama Ishikawa con la finalidad de identificar la causa raíz de los empleados lesionados, así como los diversos factores que se involucran en esta causa. (Ver **Fig. 4**.)

Fig. 7 *Diagrama Ishikawa*

d) La fase cuatro contiene la implementación de AMEF el cual tiene como objetivo crear un plan de acción para posteriormente aplicarlo, de manera que se sitúan las diferentes problemáticas existentes, y estas a su vez obtienen una puntuación a partir de unas tablas de ponderación y un diagrama los cuales indican la gravedad de las diferentes situaciones de riesgo presentes, para así poder determinar la urgencia de actuación en la implementación de ellas (Ver Fig. 5)

Item	Operación	Modo de falta potencial	Efecto(s) potencial(es) de la falla	Severidad	Causa(s) Potencial(es) de la falla	Ocurrencia	condiciones existentes			Acciones Recomendadas	Responsable, fecha y objetivo	Resultados de la accion				
							Control actual	Deteccion	RPN (SEV x OCU x DET)			Accion es implement adas	SEV	OCU	DET	RPN
	N/A	Falla gradual	Tipo 1	7	El paso peatonal esta deteriorado lo que permite que no sea visible para los trabajadores que transitan por esta zona, puede causar un accidente vial por pasar por areas no permitidas	6	Se les llama la atencion a quienes no acatan el paso por esta zona, a los que ya conocen el reglamento de pasar solo por donde se permita	5	210	Renovar la pintura de esta zona, para que sea visible y pueda ser señalado como accón para prevenir accidentes viales, haciendo uso exclusivo de esta zona o paso peatonal	Departamento de seguridad, aplicado por mantenimiento con fechas NO especificas, con periodicidad de 1 vez al mes por desgaste con el objetivo de que el paso peatonal sea visible para los vehiculos y personal	Remodelar la pintura desgastada de los pasos peatonales correspondi entes	2	1	3	6
	N/A	Falla gradual	Tipo 1	8	El paso peatonal esta deteriorado lo que permite que no sea visible para los trabajadores que transitan por esta zona, puede causar un accidente vial por pasar por areas no permitidas	6	Se les llama la atencion a quienes no acatan el paso por esta zona, a los que ya conocen el reglamento de pasar solo por donde se permita	6	288	Renovar la pintura de esta zona, para que sea visible y pueda ser señalado como accón para prevenir accidentes viales, haciendo uso exclusivo de esta zona o paso peatonal	Departamento de seguridad, aplicado por mantenimiento con fechas NO especificas, con periodicidad de 1 vez al mes por desgaste con el objetivo de que el paso peatonal sea visible para los vehiculos y personal	Remodelar la pintura desgastada de los pasos peatonales correspondi entes	2	1	2	4

Fig. 8 *AMEF*

III. RESULTADOS

Los resultados deben ser presentados en una secuencia lógica en el texto, tablas y figuras, evitando la repetición de los mismos datos en diferentes formas. Al describir los resultados la redacción debe ser utilizando en tiempo pasado.

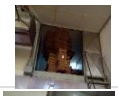
Falta de señalización sobre el acceso, presenta riesgo al peatón al momento de que el transportista no se percata del acceso.			Percata tanto al peatonal como al transportista a poner atención al momento de pasar.
La zona de descarga es de riesgo de atropellamiento por parte de los tráileres, la falta de señalización no interpretar una alerta de atención.			Percata al transportista y al peatón a tomar precaución en todo momento de pase .
Toda zona de pase de transporte debe considerar pasillos de acceso o cruce del personal.			Después permite al personal acceder por los lugares con precaución.
El manejo de montacargas dentro del lugar es inevitable por su uso dejando la restricción de vista al frente, y la inexistencia de zonas de cruce.			Sobre las líneas el personal debe desplazarse dentro del almacenamiento, y para el montacargas queda prohibido sobrepasar las líneas.
Laboran con la puerta abierta, el material lo dejan sobresaliendo el filo.			Se es constante que esta siga cerrada
La escalera no es la adecuada por la posición recta.			La restauración de este acceso lleva un proceso y por ende más tiempo.
Se presenta el bloqueo de los accesos, descuido con la limpieza de pisos, mal manejo de las herramientas, falta de uso del equipo de protección, aglomeraciones de personal.			Se cumplió con la impartición de capacitación al personal, se abarco los puntos importantes que deben considerar para poner de su parte y evitar accidentes, y las acciones seguras e inseguras

Fig. 9 *Tabla de resultados*

IV. DISCUSIÓN (O ANÁLISIS DE RESULTADOS)

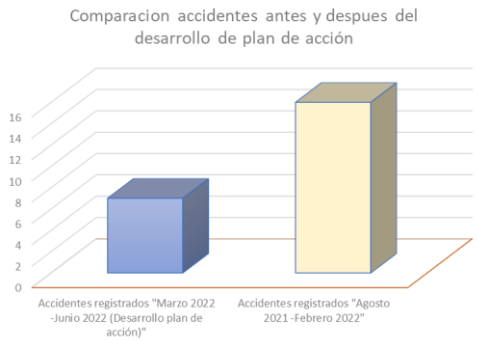


Fig. 10 *Comparación de accidentes antes y después de la implementación del plan de acción*

Los accidentes registrados en los meses anteriores que comprenden el periodo de agosto 2021-febrero 2022 con los del periodo marzo 2022- junio 2022 indican que existe una disminución notable en accidentes con un 56.35% del porcentaje total, no obstante, e estima que el valor aproximado real es del 20 al 25% haciendo una comparación de

periodos iguales de 6 meses cada uno, por lo tanto, se cumple la hipótesis propuesta y el objetivo general de este trabajo.

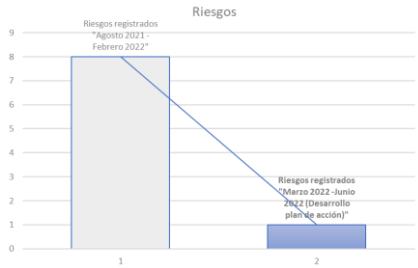


Fig. 11 *Comparación de Riesgos antes y después de la implementación del plan de acción*

En las gráficas anteriores se observa la cantidad de riesgos encontrados una vez iniciado el trabajo y con la aplicación del plan de acción se determina que del 100% de riesgos existentes, se eliminan o controlan el 87.5% de ellos.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En el presente proyecto se puede observar el cumplimiento de la hipótesis y objetivo general de manera satisfactoria, con la implementación de cada una de las herramientas o métodos de la rama industrial de una forma secuencial, de manera que con cada uno de ellos se llega a una solución inmediata o a mediano plazo según lo obtenido en el análisis general de accidentes y riesgos, estos mismos identificados a partir de un FODA, diagrama Ishikawa y un diagrama de recorrido. Se recomienda seguir un mantenimiento de cada acción correctiva realizada además de continuar implementando mejoras en la empresa de giro alimenticio en la que se desarrolló el proyecto.

VI. RECONOCIMIENTOS (O AGRADECIMIENTOS)

Expreso el agradecimiento al Instituto tecnológico Superior de Abasolo por las facilidades y el apoyo otorgado para la realización de la estancia de verano, además de una gratitud enorme a la profesora María del Carmen Saavedra por su asesoramiento durante todo el periodo.

REFERENCIAS

[1] *Asepeyo. (2015). Prevención de riesgos laborales. Obtenido de SEÑALIZACIÓN: https://prevencion.asepeyo.es/wp-content/uploads/R6E17069_Ficha-de-riesgos_Se%C3%B1alizaci%C3%B3n_Asepeyo.pdf*

[2] Confederal de Juventud. (2017). 4.- Prevención de Riesgos Laborales. Obtenido de http://portal.ugt.org/juventud/guia/cap4.pdf

[3] Fernández, L., Pérez, M., Menéndez, M., & Lázara, M. (diciembre de 2008). ACCIDENTES E INCIDENTES DE TRABAJO. Obtenido de https://www.ccoo.cat/pdf_documents/AATT.pdf

[4] *Tarradellas, J. (2007). MANUAL BÁSICO DE PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES. Obtenido de https://www.mc-mutual.com/documents/20143/47599/manual_basico_xi_es.pdf/105f85bc-0435-e646-9bf7-da368f6ad036*

FORMULACIÓN Y ESTANDARIZACIÓN DE UNA MEZCLA DE ARCILLAS PARA USARSE EN LA INDUSTRIA DE LADRILLO ARTESANAL EN EL MUNICIPIO DE ABASOLO, GTO.

Karla Naomi Cuevas Santillán
Instituto Tecnológico Superior de Abasolo
Cuitzeo de 401 Cuitzeo de los Naranjos
36976, Los Naranjos, Abasolo, Gto.
nayo24cs@gmail.com

Erick Rodolfo López Almanza
Instituto Tecnológico Superior de Abasolo
Cuitzeo de 401 Cuitzeo de los Naranjos
36976, Los Naranjos, Abasolo, Gto.
erick.la@abasolo.tecnm.mx

Resumen — La estandarización de la mezcla de arcilla es fundamental ya que la producción de ladrillos en Abasolo es realizada artesanalmente sin gestionar el desperdicio de materias primas. La arcilla se sometió a análisis fisicoquímicos y la preparación de la mezcla se realizó utilizando 5 materiales diferentes [plumas de aves (PL), cáscaras de huevo (CH), cemento (C), arcilla (AR), aserrín (AS)] obteniendo 5 combinaciones principales (AS-C-AR, CH-AS-AR, CH-PL-AR, C-PL-AR, AS-AR), cada mezcla fue probada físicamente (pruebas de caída y resistencia a la compresión) resultando que la mezcla estandarizada de arcillas (3.5 kg de arcilla, 245 gr de aserrín y 1.650 L de agua) fue la más idónea. La estandarización de mezclas mejorará la gestión y disponibilidad de las materias primas utilizadas.

Palabras clave — Industria ladrillera, mezcla de arcillas, ladrillo.

Abstract — The standardization of the clay mixture is essential since the production of bricks in Abasolo is carried out in a positive way without managing the waste of raw materials. The clay was subjected to physicochemical analysis and the preparation of the mixture was made using 5 different materials [bird feathers (PL), eggshells (CH), cement (C), clay (AR), sawdust (AS)] obtaining 5 main combinations (AS-C-AR, CH-AS-AR, CH-PL-AR, C-PL-AR, AS-AR), each mixture was physically tested (drop tests and compressive strength) The standardized mixture of clays (3.5 kg of clay, 245 kg of sawdust and 1,650 L of water) was the most suitable. The standardization of mixtures will improve the management and availability of the raw materials used.

Keywords — Brick industry, clay mixing, brick.

I. INTRODUCCIÓN

El proceso artesanal del ladrillo ha existido desde hace muchos años dentro de las culturas occidentales y orientales, sin embargo, hasta la primera aparición de la industria de la fabricación del ladrillo, el proceso quedo fuera de la innovación e investigación.

En el estado de Jalisco, se realizó un estudio donde enfocaron distintos aspectos a analizar de la industria ladrillera, como lo son el análisis del proceso, conocimiento de las materias primas, el funcionamiento de los hornos ladrilleros y el diseño de un parque ladrillero. Con ello se determinó que la caracterización de las materias primas es muy amplia debido a que no en todas las regiones se utilizan las mismas arcillas y cambian constantemente debido

a la temporada. Además, se identificó que los trabajadores desconocen la clasificación de los suelos que utilizan [1].

La industria ladrillera ofrece una producción artesanal de ladrillo en alrededor de 17000 ladrilleras que están distribuidas en la mayor parte del país, sin un control sobre las emisiones hacia la atmosfera, ocasionando efectos negativos en la salud de quienes habitan cerca de ellas y de quienes laboran en este sector [2].

Abasolo es uno de los municipios que produce mayor cantidad de ladrillos en el estado de Guanajuato, cuenta con alrededor de 367 hornos ladrilleros ubicados dentro de la mancha urbana [3].

Hoy en día, la producción de ladrillo trae consigo un amplio problema ambiental en distintos municipios del estado de Guanajuato [4]. Aunque se han desarrollado proyectos, tanto gubernamentales como institucionales, estos se han enfocado específicamente al control de las emisiones atmosféricas [5], dejando de lado la mejora del proceso de producción artesanal del ladrillo, así como de sus materias primas.

La finalidad de este proyecto consiste en estandarizar la mezcla de arcillas utilizada en el proceso de elaboración del ladrillo para tener un mejor aprovechamiento en la materia prima empleada sin perjudicar la calidad del ladrillo.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

Los análisis de las propiedades físicas y químicas del suelo permiten evaluar las características y efectuar un manejo adecuado del mismo [6].

En una primera etapa del proyecto, se realizaron análisis fisicoquímicos a las arcillas a utilizar, las cuales fueron proporcionadas por el C. José Gallardo, dueño de hornos ladrilleros ubicados en la carretera Abasolo – El Tule Km 1.2, Abasolo, Gto. Los parámetros que se midieron fueron el pH, la conductividad, permeabilidad, color, densidad, humedad y porosidad siguiendo los procedimientos establecidos en la norma NOM-021-RECNAT-2000 y en el manual de técnicas de análisis de suelos [7], para el análisis de la conductividad se utilizó el procedimiento de determinación de conductividad indicado en el kit Hanna Instruments® [8].

En una segunda etapa se utilizaron 5 tipos de materiales (arcilla, pluma, aserrín, cemento y cascara de huevo) para crear una nueva formulación de arcillas. Se prepararon 3 ladrillos por cada mezcla generada (tabla 1) siguiendo los pasos del proceso artesanal que se lleva a cabo en las ladrilleras del municipio de Abasolo, Guanajuato.

Como tercer y última etapa, se aplicaron pruebas físicas a los ladrillos, las cuales fueron la prueba de caída y resistencia a la compresión, así como la medición del peso, para medir la calidad del producto, haciendo una comparación con un ladrillo obtenido de forma tradicional de una de las ladrilleras del municipio.

Tabla 1. Composición de las mezclas diseñadas.

Mezclas	Materiales				
	Arcilla	Aserrín	Cemento	Plumas	Cáscara de huevo
M1	✓	✓	✓		
M2	✓	✓			✓
M3	✓			✓	✓
M4	✓		✓	✓	
M5	✓	✓			

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para la determinación de los análisis físicos y químicos se utilizó el medidor pH/EC/TDS HI98130 de Hanna® para medir el pH y la conductividad y los procedimientos AS-02, AS-03, AS-22 descritos en la NOM-021-RECNAT-2000, así como los procedimientos marcados en el manual de técnicas de análisis de suelo, en la tabla 2 se muestran los resultados obtenidos de cada uno de los análisis aplicados.

La notación de color se caracteriza mediante 3 parámetros que son matiz (Hue) es el color espectral dominante, claridad o brillo (Value) es la claridad/oscuridad de los rangos de color del 1 (oscuro) al 8 (claro) y pureza (Chroma) es la fuerza del color que va en rango desde 1 (pálido) al 8 (brillante), lo que nos ayuda a clasificar e identificar el tipo y las características del suelo [9].

Tabla 2- Análisis físicos y químicos de las arcillas utilizadas en el proceso de elaboración del ladrillo.

Tipo de suelo	pH	% Humedad	Densidad (gr/cm^3)	% Porosidad	Conductividad (mS/cm)	Notación de colores					
						Seco			Húmedo		
						Chroma	Hue	Value	Chroma	Hue	Value
Tierra colorada	7.5	2.20	1.086	59.01	189	4	10YR	4	3	5YR	3
Tierra lama	8	1.65	1.176	55.6	176	6	7.5YR	4	4	5YR	3
Tierra lama/negra	8.1	3.44	1.219	53.98	104	6	10YR	4	3	5YR	3

Tabla 3- Cantidades de materias primas utilizadas para cada mezcla a partir de las modificaciones realizadas

Mezcla	Apelmazante		Arcilla (kg)	gr Cemento / kg de arcilla	gr Cascara de huevo/ kg de arcilla	Masa total (kg)
	gr aserrín /kg de arcilla	gr pluma /kg de arcilla				
M1	65	0	3	150	0	3.645
M2	65	0	3	0	150	3.645
M3	0	40	3	0	150	3.57
M4	0	40	3	150	0	3.57
M5	70	0	3.5	0	0	3.745

En la tabla 3 se muestra la cantidad exacta de cada material utilizado en cada una de las mezclas propuestas, donde, como apelmazante se utilizó aserrín o pluma de pollo y como elemento extra para reducir el consumo de arcilla, el cemento o la cascara de huevo.

De acuerdo con la tabla 4, haciendo una comparación de los datos obtenidos de cada una de las pruebas realizadas a los ladrillos con la mezcla modificada y un ladrillo obtenido de la ladrillera artesanal, el cual fue utilizado como control para las pruebas, se obtuvo que en la prueba de caída, los ladrillos que contienen cemento dentro de la mezcla no pasaron la prueba, pues el ladrillo se considera apto si este no se rompe en trozos del mismo tamaño ni se desprenden trozos mayores a 100 mm o más de cualquiera de las esquinas del ladrillo [10], en la figura 1 se muestran los resultados cualitativos de esta prueba.

Mezcla	Peso (kg)	Prueba de caída	Prueba de resistencia a la compresión	
			Kg/cm^2	MPa
M1	2.675	No pasa	5.097	0.4964
M2	2.655	Pasa	17.5767	1.72
M3	2.800	Pasa	35.1535	3.4473
M4	2.580	No Pasa	5.097	0.4964
M5	3.030	Pasa	70.307	6.89
Ladrillo tradicional	3.075	Pasa	21.0921	2.068

Tabla 4- Comparación de las pruebas aplicadas a los ladrillos modificados y los ladrillos obtenidos de la ladrillera tradicional

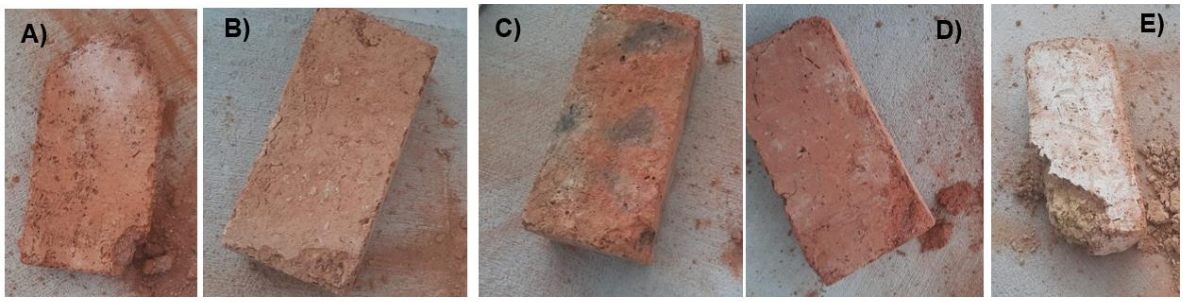


Figura 1. A) Cascara de huevo con aserrín, B) Ladrillo estandarizado, C) Ladrillo tradicional, D) Cascara de huevo con pluma, E) Cemento con pluma

Como se aprecia en la figura 1, el ladrillo que contiene cemento fue el único ladrillo del cual se desprendió un trozo de más de 100 mm.

La prueba de resistencia a la compresión según lo marcado en la norma NMX-C-441-ONNCCE-2013 y en la norma N-CMT-2-01-001/02, indica que la resistencia a la compresión debe ser mínima de 2.4 MPa y 2 MPa respectivamente. Analizando los resultados de la prueba, solo 3 de los 6 ladrillos sometidos a la prueba lograron pasarla, uno es el ladrillo tradicional, el cual fue utilizado como control para las pruebas físicas, seguido del ladrillo de la M3 y el tercero, el ladrillo de la M5.

Por lo tanto, las mezclas más viables son la mezcla M3 y la mezcla M5, la cual es la mezcolanza estandarizada, determinando en esta, que las cantidades exactas que se requieren para producir un ladrillo son de 3.5 kg de arcilla, 245 gr de aserrín y 1.650 L de agua.

IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La mezcla más efectiva dentro de las 5 que se propusieron fue a la mezcla M5 ya que en esta mezcla solo se estandarizaron las cantidades exactas a utilizar las cuales fueron de 3.5 kg de arcilla, 245 gr de aserrín y 1.650 L de agua para un ladrillo, por lo que, para una producción de 1000 ladrillos se necesitarían 3500 kg de arcilla, 245 kg de aserrín y 1650 L de agua, y de esta manera, haciendo los cálculos para determinar la cantidad de material requerido para cierta cantidad de ladrillos, ayudará a tener un mejor control en cuanto a las cantidades requeridas de cada material y así evitar el desperdicio de los mismos.

Así mismo, colocar pluma como apelmazante y cascara de huevo para reducir la cantidad de arcilla, también fue una mezcla efectiva, sin embargo, cabe señalar que después de 12 días aproximadamente, la estructura del ladrillo pierde su fuerza, pulverizándose al momento de manipular el ladrillo, ya que la cáscara de huevo no permite que la compactación de los materiales sea perenne, debido a que no es completamente fina y no se logra homogeneizar completamente con los demás materiales, ocasionando que en el ladrillo, el estado de la mezcla final no sea uniforme.

Al estandarizar la cantidad que se requiere exactamente para la producción de un ladrillo, genera un costo-beneficio para los dueños de los hornos tabiqueros, ya que es un ahorro económico al momento de gestionar la compra de la materia prima y también ayudan a la

conservación de los suelos y del agua utilizados, así como la mejora de los tiempos de producción.

Se pretende que los responsables de este gremio accedan a la estandarización para impulsar el beneficio, no solo económico, sino también ambiental y social para los trabajadores.

V. AGRADECIMIENTOS

Manifiesto mi agradecimiento al Gobierno del Estado de Guanajuato y al TecNM por el apoyo económico otorgado para realizar el proyecto con la convocatoria Fortalecimiento de CAEF 2020, así mismo al Instituto Tecnológico Superior de Abasolo por abrirme las puertas de sus instalaciones en mi estancia en el verano de investigación y a mi asesor M. en E. Erick Rodolfo López Almanza por su paciencia, comprensión y apoyo durante la realización de este proyecto.

REFERENCIAS

[1] Cova Orozco , A., Morales Zendrero, L. A., Ibáñez Sosa, G., Ochoa Lomelín, A., Leñero Ríos, M., Camacho Zepeda, D. A., Camacho López, S. (agosto de 2017). Proyecto ladrilleras. Tlaquepaque, Jalisco, México: Proyectos de Aplicación Profesional del Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Occidente.

[2] Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, I. (2016). Análisis de Mercado del Sector de la Construcción y Proyecto Piloto a Nivel Región Basado en un Portafolio de Políticas Públicas con el Objetivo de reducir los CCVC de Ladrilleras Artesanales en México. Ciudad de México: Imprenta del Centro de Innovación Aplicada en Tecnologías Competitivas.

[3] Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato. (2013). Diagnostico Integral sobre el Sector Ladrillero en Guanajuato. León, Guanajuato.

[4] León Andrade, M., Ortega Hernández, A., & Rosas Vargas, R. (2020). Introducción de procesos de innovación para corregir los problemas económicos de la Industria Ladrillera en el Municipio de Yuriria, Guanajuato. IIEc Repositorio Universitario.

[5] Gobierno del Estado de Guanajuato. (2011). Acciones para el fortalecimiento de la Industria Ladrillera en el Estado de Guanajuato. León, Guanajuato: Ecología.

[6] Lora, S. (2012). Manual de prácticas de laboratorio de suelos. Bogotá, Colombia: UDCA.

[7] Fernández Linares, L. C., Rojas Avelizapa, N. G., Roldán Carrillo, T. G., Ramírez Islas, M. E., Zegarra Martínez , H. G., Uribe Hernández, R., . . . Arce Ortega , J. M. (2016). Manual de técnicas de análisis de suelos aplicadas a la remediación de sitios contaminados. México, D.F.: Instituto Nacional de Ecología y la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

[8] Instruments, H. (s.f). Determinación de conductividad.

[9] Food and Agriculture Organization of the United Nations. (s.f). The Munsell Color System. URL: https://munsell.com/

[10] Canavesi L. E. (s.f). Protocolos de Ensayos para Materiales de Construcción con Tierra.

DETERMINACIÓN DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE PROBETAS DE PLA, FABRICADAS POR MODELADO DE DEPOSICIÓN

José Joel García Rosales
Ingeniería en Sistemas Automotrices, ITSUR
Av. Educación Superior No. 2000, Col. Benito Juárez
C.P 38982, Uriangato Gto.
t16120202@alumnos.itsur.edu.mx

Mariano Braulio Sánchez
Ingeniería en Sistemas Automotrices, ITSUR
Av. Educación Superior No. 2000, Col. Benito Juárez
C.P 38982, Uriangato Gto.
m.braulio@itsur.edu.mx

Resumen — Muestras de PLA fueron diseñadas en SolidWorks de acuerdo a la norma ASTM D638, las probetas fueron impresas mediante modelado por depositación con un porcentaje de porosidad aparente del 1%, controlando los parámetros de velocidad de depositación y ancho de extrusión principalmente, los resultados obtenidos en tensión, flexión y compresión fueron de 8.9 MPa, 52 MPa de flexión y 78 MPa respectivamente, de acuerdo a las gráficas de esfuerzo deformación se pudo observar que el material falla de forma catastrófica después de alcanzar su resistencia máxima, tal comportamiento es característico de un material fragil, resultados preliminares mediante simulación en ANSYS muestra una buena correlación con respecto al comportamiento experimental observado.

Palabras clave — PLA, comportamiento mecánico, esfuerzo deformación

Abstract — PLA samples were designed in SolidWorks according to the ASTM D638 standard, the specimens were printed by deposition modeling with an apparent porosity percentage of 1%, controlling the parameters of deposition speed and extrusion width mainly, the results obtained in tension, bending and compression were 8.9 MPa, bending 52 MPa and 78 MPa respectively, according to the stress-strain graphs it was observed that the material fails catastrophically after reaching its maximum resistance, such behavior is characteristic of a fragile material, preliminary results by simulation in ANSYS shows a good correlation with respect to the observed experimental behavior.

.

Keywords — PLA, mechanical behavior, stress-strain.

I. INTRODUCCIÓN

Las tecnologías de Manufactura Aditiva pueden ser utilizadas para fabricar partes personalizadas y con geometrías complejas. Debido a que no requieren el desarrollo de herramentales, los costos de desarrollo y fabricación de componentes mediante AM pueden reducirse considerablemente. El Modelado por Deposición Fundida (FDM, por sus siglas en inglés) es una de las técnicas AM más utilizadas debido a su bajo costo de equipo, materiales y mantenimiento [1]. En dicho proceso, un filamento termoplástico es calentado hasta alcanzar un estado semilíquido. Una vez calentado, el filamento es extruido mediante una boquilla a una plataforma que se encuentra a una temperatura elevada para depositar una capa de la sección transversal de la pieza. En el proceso FDM se deposita un hilo de polímero fundido formando sucesivas capas de filamentos cruzados entre sí formando

diferentes patrones. Éste y otros métodos de manufactura aditiva han pasado de ser procedimientos de prototipado rápido a un proceso de fabricación que permite obtener piezas funcionales. Para lograr esto es necesario predecir el comportamiento mecánico de las partes considerando las propiedades mecánicas de la materia prima y el efecto de los parámetros del proceso [2].

En la literatura se reportan diferentes aplicaciones de la manufactura aditiva empleando como elemento principal al PLA (Ácido Poliláctico). Shady et col. [3] estudiaron el comportamiento físico, mecánico y químico así como los factores que afectan la degradabilidad del PLA versus otros polímeros y el estudio de las técnicas y estrategias para el mejoramiento de las propiedades del PLA incluyendo componente y mezcla de plastificantes, así como la adición de agentes de nucleación. J. Antonio et col.[4] estudiaron la orientación de la Depositación del filamento PLA en las propiedades mecánicas, los resultados muestran que la orientación es el parámetro de mayor impacto en las propiedades de las piezas fabricadas, seguido del ancho y espesor del filamento, así como la velocidad de impresión. Por otra parte Mohamed et col [5] evaluaron las propiedades mecánicas de resistencia a la tensión y flexión mediante tres puntos, los parámetros del proceso fueron la velocidad de impresión, el ángulo de depositación y la temperatura del extrusor, el objetivo principal de su estudio fue el análisis mecánico para la fabricación de piezas de equipo médico con la finalidad de hacer frente a la pandemia que afecta a todo el mundo.

El propósito del presente trabajo es estudiar el comportamiento del PLA mediante pruebas de tensión, compresión y flexión, empleando una máquina de ensayos universales ETM-100KN, y la relación con el comportamiento esperado mediante análisis de elemento finito en ANSYS.

II. MARCO TEÓRICO

El ácido poliláctico (PLA), es un polímero permanente e inodoro, claro y brillante como el poliestireno; el PLA se puede formular para ser rígido o flexible y puede ser copolimerizado con otros materiales lográndose obtener con diversas características mecánicas. Las propiedades mecánicas de un material, nos permiten apreciar el comportamiento del material, al realizar ensayos mecánicos, como son la resistencia a la tracción, impacto, cizallamiento, etc. Entre estas propiedades, el PLA tiene mejor módulo de elasticidad, resistencia a tracción y flexión que el PP, PS y PE, sin embargo, la elongación a la rotura y resistencia al impacto están limitadas en comparación con el PE, PP y PET [34], [40]. Así mismo, un PLA semicristalino, tendrá mejores propiedades mecánicas que un polímero amorfo, debido a que las regiones cristalinas ordenadas, actúan como centros de alta densidad de enlaces covalentes [6].

Propiedades físicas.

Las propiedades físicas son importantes, para ello se deben tener en cuenta las dimensiones, requisitos de tamaño y peso para una pieza o producto deseado. Por ejemplo, si lo usa un cirujano debe ser los suficientemente liviano para manejarlo con precisión, ya que la implementación del material también se vuelve mucho más fácil y menos peligroso

cuando es liviano [7]. En el caso de la industria automotriz y aeronáutica la densidad es un parámetro muy importante ya que valores elevados de densidad implica altos costos de fabricación y la implementación de piezas muy pesadas tienen un impacto negativo en el consumo de combustible y por lo tanto en la contaminación ambiental, la tabla 1 presenta las propiedades más importantes del ácido poliláctico.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

El material empleado en el presente trabajo fue PLA marca Kardenal Premium, debido a que es uno de los materiales más utilizados en el proceso de manufactura aditiva por depositación. Las probetas empleando SolidWorks de acuerdo a la norma ASTM D638 [8], eligiéndose el tipo I como se muestra en la figura 1.

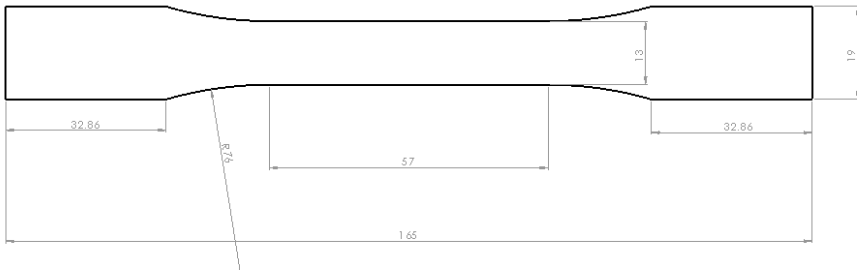


Fig. 1. Probeta tipo I

Las probetas fueron fabricadas empleando una impresora 3D makerbot, se fabricaron 4 probetas para cada ensayo realizado, dando un total de 9 probetas 3 de tensión, 3 de flexión y 3 de compresión. La tabla 1 muestra los parámetros de impresión empleados, en todos los casos el porcentaje de relleno fue del 100%.

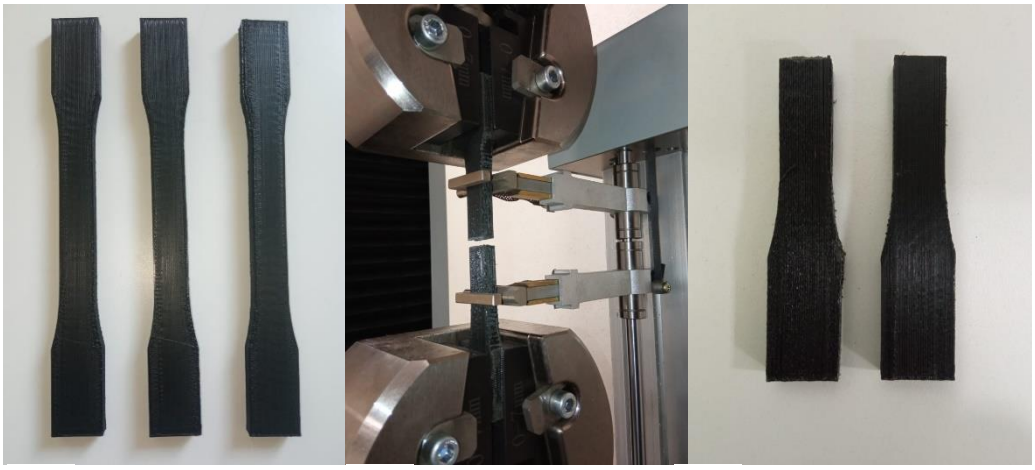
Tabla 1. Parámetros del proceso de impresión para la fabricación de las probetas.

Propiedad	Valor	Unidad
Velocidad de deposición	40	mm/s
Ancho de la extrusión de relleno	0.10	mm
Diámetro del filamento	1.17	mm
Tiempo de calentamiento de la mesa	5	min
Temperatura de fusión	215	°C

Las dimensiones de cada una de las probetas fueron validadas utilizando un vernier Mitutoyo, se verificó el peso de cada probeta, para ello se empleó una balanza analítica (0.001mg) obteniendo valores promedio de 29.26gr, 10.69gr y 4.63gr para probetas de tensión, flexión y compresión respectivamente con una desviación estándar de 0.5%, lo cual indica una buena repetitividad y manifiesta un buen control en los parámetros de fabricación.

Pruebas Mecánicas

Los ensayos de tensión, compresión y flexión se llevaron a cabo a temperatura ambiente en una máquina de ensayos universales marca Jinan Marstext modelo ETM-100kN, la velocidad de avance fue de 5 mm/min de acuerdo a la norma ASTM D638.



a) b) c)

Fig. 2. a) muestra las probetas fabricadas, b) colocación de la probeta en la máquina de ensayos universales y c) probetas después de la prueba realizada

IV. RESULTADOS Y ANÁLISIS

Se realizaron ensayos de tensión, compresión y flexión para 9 probetas, 3 de cada una de las pruebas, obteniendo un comportamiento similar en cada uno de los casos, la figura 3 muestra las gráficas para cada ensayo. De acuerdo a la literatura [9], [10], en la gráfica esfuerzo deformación es posible observar una pendiente prolongada que nos permite identificar el módulo de elasticidad, el punto máximo se representa la resistencia máxima a la tensión, podemos observar un comportamiento muy similar en cada caso, dando un valor de 8.3 MPa aprox, de acuerdo a la gráfica mostrada existe un comportamiento inicialmente elástico lineal, seguido de una zona de transición a una región plástica de endurecimiento hasta un esfuerzo máximo de tensión, por último, podemos observar un ablandamiento acompañado de una deformación elástica, para después ocurrir la falla de forma catastrófica. La resistencia a la compresión (figura 3b) se caracteriza por la máxima carga que puede soportar la muestras hasta que exista un derrumbe interno causado por el rompimiento de los enlaces existentes, para tal caso la resistencia obtenida fue de 80 MPa, posterior a ello se observa una disminución en la carga, para después incrementar sustancialmente, dicho incremento se relaciona con la compactación de toda la pieza, más no con la resistencia a la compresión, para la resistencia a la flexión se empleó la técnica de 3 puntos obteniendo como resultado una resistencia de 52 MPa, de acuerdo a lo observado podemos determinar que el comportamiento es característico de un material frágil, el cuál presenta una falla de forma catastrófica tal como se observa en la figura 3c.

Los resultados obtenidos varían un poco a los reportados en la literatura [2], [7], [11], pero es debido a que en este tipo de manufactura aditiva depende de muchos factores que las máquinas de impresión pueden variar durante el proceso.

Comportamiento mecánico

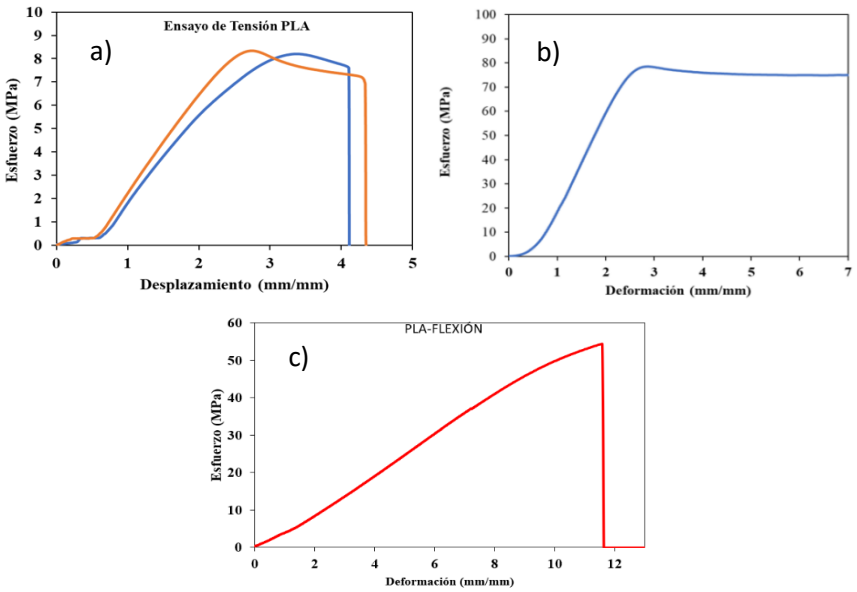


Fig. 3. a) ensayo de tensión, b) ensayo de compresión y c) ensayo de flexión

La figura 4, muestra el comportamiento preliminar de las muestras sometidas a tensión y compresión, de acuerdo a lo observado la concentración de esfuerzos ocurre en la parte central de la probeta, ocasionando la ruptura de la misma en la parte centra como se puede observar en la figura 2c, este comportamiento es muy similar al obtenido por S. Anand Kumar [12], la figura 4b, muestra la concentración de esfuerzos y colapsamiento de la muestra en la parte central de la muestra, dando como resultado un valor de 78 MPa aproximadamente.

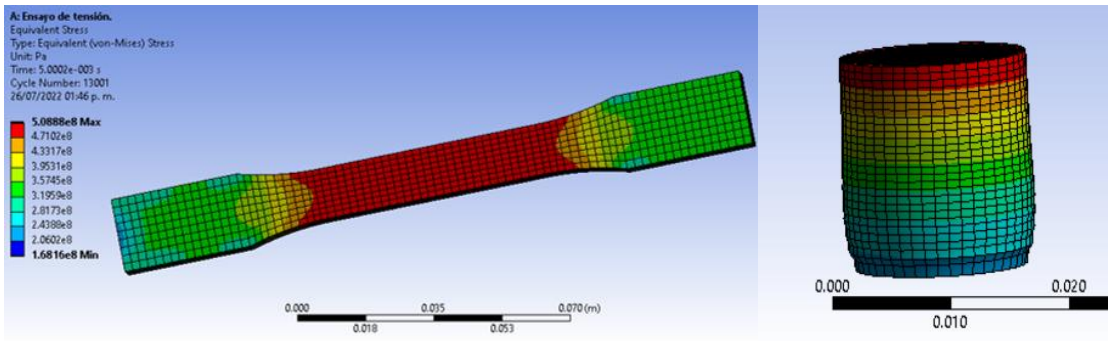


Fig. 4. Resultados preliminares de a) ensayo de tensión, b) ensayo de compresión en ANSYS

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Se determino de forma exitosa el comportamiento de las probetas impresas de PLA en la máquina de ensayos universales dando como resultado una resistencia máxima a la tensión de 8.9 MPa, 52 MPa de flexión y 78 MPa de compresión, los resultados preliminares observados en la simulación mediante ANSYS, muestras una similitud al comportamiento experimental obtenido al ensayar las probetas de PLA, como trabajo a futuro se profundizará en variar el porcentaje de porosidad de las muestras y el efecto de la misma en el comportamiento mecánico.

VI. RECONOCIMIENTOS (O AGRADECIMIENTOS)

Principalmente al Instituto Tecnológico Superior del Sur de Guanajuato por las facilidades otorgadas para la realización del proyecto, al departamento de investigación de la institución y a la coordinación de Ingeniería en Sistemas Automotrices por la confianza y guía durante la realización del proyecto.

REFERENCIAS

[1] S. Noemi, C. Ávila, H. I. M. Castillo, D. F. De Lange, and G. Mejía, “Tema A2b Manufactura : Manufactura Aditiva ‘ Comportamiento estructural de probetas de PLA fabricadas por el proceso de Modelado por Deposición Fundida (FDM),’” *Memorias Del Xxvi Congr. Int. Anu. La Somim*, p. 9, 2020.

[2] M. Velasco Peña, J. Rodríguez Suárez, and D. Restrepo Ardila, “Caracterización de propiedades mecánicas de piezas en ABS en función de parámetros de proceso de manufactura aditiva FDM,” *Xxi Congr. Nac. Ing. Mecánica*, vol. 11, no. November 2016, pp. 716–722, 2016, [Online]. Available: https://www.researchgate.net/publication/312937308%0ACaracterización

[3] S. Farah, D. G. Anderson, and R. Langer, “Physical and mechanical properties of PLA, and their functions in widespread applications — A comprehensive review,” *Adv. Drug Deliv. Rev.*, vol. 107, pp. 367–392, 2016, doi: 10.1016/j.addr.2016.06.012.

[4] J. A. Travieso-Rodriguez, R. Jerez-Mesa, J. Llumà, O. Traver-Ramos, G. Gomez-Gras, and J. J. Roa Rovira, “Mechanical Properties of 3D-Printing Polylactic Acid Parts subjected to Bending Stress and Fatigue Testing,” *Materials (Basel).*, vol. 12, no. 23, p. 3859, 2019, doi: 10.3390/ma12233859.

[5] M. Abouelmajd, A. Bahlaoui, I. Arroub, M. Lagache, and S. Belhouideg, “Mechanical Characterization of PLA Used in Manufacturing of 3D Printed Medical Equipment for COVID-19 Pandemic,” *2020 IEEE 2nd Int. Conf. Electron. Control. Optim. Comput. Sci. ICECOCS 2020*, 2020, doi: 10.1109/ICECOCS50124.2020.9314444.

[6] A. Gire Quispe, “UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTÍN DE AREQUIPA,” Universidad NAcional de San Agustin de Arequipa, 2019.

[7] S. M. Mirkhalaf and M. Fagerström, “The mechanical behavior of polylactic acid (PLA) films:

fabrication, experiments and modelling," *Mech. Time-Dependent Mater.*, vol. 25, no. 2, pp. 119–131, 2021, doi: 10.1007/s11043-019-09429-w.

[8] A. International, "D638, Standard test method for tensile properties of plastics," *ASTM Int.*, no. C, pp. 1–16, 2013, doi: 10.1520/D0638-10.1.

[9] A. Donald R, *The Science and Engineering of Materials*, Sixth Edit. Stamford, 2011.

[10] J. William D. Callister and D. G. Rethwisch, *Materials Science and Engineering an Introduction*, Eighth Edi. Wiley, 2010.

[11] W. Guo, J. Hou, M. Wan, L. Fu, T. Lin, and P. He, "Microstructural evolution, mechanical properties, and FEM analysis of the residual stress of sapphire joints brazed with a novel borate glass," *Ceram. Int.*, vol. 47, no. 5, pp. 6699–6710, 2021, doi: 10.1016/j.ceramint.2020.11.010.

[12] S. Anand Kumar and Y. Shivraj Narayan, *Tensile testing and evaluation of 3D-printed PLA specimens as per ASTM D638 type IV standard*, no. January 2019. Springer Singapore, 2019. doi: 10.1007/978-981-13-2718-6_9.

ANÁLISIS DEL USO DE BIOMASA DE NOPAL EN FORMA DE CARBÓN ACTIVADO PARA LA ADSORCIÓN DE ARSÉNICO (AS) PRESENTE EN AGUA.

Mauricio Antonio Torres Olguín.
Instituto Tecnológico Superior de Abasolo.
Blvd. Cuitzeo de los Naranjos #401
C.P 36976, Col. Cuitzeo de los Naranjos,
Abasolo, Gto.
AS18110561@tecabasolo.edu.mx

Erick Rodolfo López Almanza.
Instituto Tecnológico Superior de Abasolo.
Blvd. Cuitzeo de los Naranjos #401
C.P 36976, Col. Cuitzeo de los Naranjos,
Abasolo, Gto.
erick.la@abasolo.tecnm.mx

Resumen — Se analizó la capacidad de adsorción del carbón activado de nopal para aguas potables contaminadas con (As), el carbón se activó químicamente con ácido fosfórico a 500°C, el carbón activado fue probado con tres concentraciones diferentes de 0.02, 0,025 y 0.1 mg/L de As, las muestras de agua pertenecen a comunidades y cabecera municipal de Abasolo, Gto., se determinó la concentración de As al finalizar la filtración y se midieron los parámetros fisicoquímicos pH, conductividad y turbidez, los resultados se compararon con los limites indicados en la normatividad ambiental, logrando una remoción del 33.3%, 20% y 50% para las concentraciones anteriormente mencionadas respectivamente, lo que representa una alternativa factible para la remoción de As en aguas contaminadas del mismo.

Palabras clave — Arsénico, carbón activado, adsorción.

Abstract — The adsorption capacity of the activated carbon of nopal for drinking waters contaminated with (As) was analyzed, the carbon was chemically activated with phosphoric acid at 500°C, the activated carbon was tested with three different concentrations of 0.02, 0.025 and 0.1 mg/L of As, the water samples belong to communities and municipal seat of Abasolo, Gto., the concentration of As was determined at the end of the filtration and the physicochemical parameters pH, conductivity and turbidity were measured, the results were compared with the limits indicated in the environmental regulations, achieving a removal of 33.3%, 20% and 50% for the concentrations mentioned above respectively, which represents a feasible alternative for the removal of As in contaminated waters of the same.

Keywords — Arsenic, activated carbon, adsorption.

I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad existe una gran problemática por el abastecimiento de agua potable para la población, los mantos acuíferos están sobreexplotados en la gran mayoría se presentan problemas de contaminación por metales pesados, por causas naturales, por el tipo de suelo o antropogénica generada por los efluentes descargados a cuerpos de agua sin ningún tratamiento por las industrias, minería, agricultura, etcétera.

El arsénico es un metal pesado altamente tóxico que se presenta distribuido de manera natural o antropogénica en todo el mundo sin embargo en algunos países como India, Bangladesh, Mongolia, Tailandia, Estados Unidos, Argentina, Chile, Brasil, y México se han reportado concentraciones elevadas de As en el agua destinada al consumo humano [1], lo cual representa una problemática de salud. La exposición a altas concentraciones de As

puede provocar daños a la salud tales como: daño reproductivo y neurológico, cambios vasculares, diabetes y cáncer de pulmón, hígado, vejiga y próstata [2].

II. MARCO TEÓRICO

Los métodos para remover metales pesados presentes en aguas contaminadas pueden clasificarse como químicos, físicos y biológicos, los procesos convencionales para el tratamiento de aguas residuales con metales resultan costosos e ineficientes, especialmente cuando la concentración de los metales es muy baja [4]. Frente a las tecnologías tradicionales, la biosorción se presenta como una alternativa eficiente y de bajo costo, especialmente a bajas concentraciones de metales.

Este proceso se utiliza para la remoción de metales pesados en aguas residuales provenientes del sector industrial, usando como sorbente diferentes materiales de origen biológico (vivo o muerto), algunos son: algas, hongos, bacterias, cáscaras de frutas, productos agrícolas, carbones y algunos tipos de biopolímeros [5].

El carbón activado es un término comúnmente utilizado para describir los materiales carbonosos que contienen una estructura interna de poros bien desarrollada. El carbón activado ha sido reconocido como uno de los adsorbentes más populares y ampliamente utilizado en tratamiento de aguas residuales en todo el mundo. El carbón de leña, precursor de carbón activado moderno, es el adsorbente más antiguo conocido en la purificación del agua [6].

III. MATERIALES Y MÉTODOS

Obtención de cladodios secos de nopal.

La recolección de la biomasa de nopal se realizó en el cerro de la comunidad de Loma de la Esperanza, Abasolo, Gto., con coordenadas en 20°40'7.00"N y 101°32'54.30"O, con una altitud de 1754 msm. Se recolectaron cladodios secos de diferentes plantas de nopal, las cuales estaban secas de forma natural, se tomaron de diferentes especímenes para evitar daño a la planta.

Elaboración de carbón activado.

Para la elaboración del carbón activado se utilizaron los trozos más gruesos de la biomasa de nopal seco, primero se encendió la biomasa, una vez quemada la mayor parte de la misma se tapó con una lámina para evitar la entrada de oxígeno y que esta se carbonice uniformemente, en un tiempo de 3 a 4 horas, para la activación se utilizó ácido fosfórico al 20%, para eliminar la humedad se introdujo el carbón en un horno de secado TERLAB® modelo TE-H61D, enseguida se activó en la mufla eléctrica ARSA® modelo AR-3040 por 1 hora a 500 °C. Una vez activado, el carbón de nopal se dejó enfriar a temperatura ambiente y se lavó con una solución de NaOH 1 N para ajustar el pH en un rango de 6.5 a 8.5, finalmente se enjuago con agua destilada, enseguida se secó en el horno por un lapso

de 2 horas a 110 °C, el carbón activado obtenido fue pulverizado usando un mortero hasta obtener un polvo fino (figura 1).

Fig. 1 Carbón activado de nopal pulverizado.

Análisis de carbón activado de nopal.

El carbón activado de nopal se visualizó en un estereoscopio MOTIC® modelo SMZ-171-TLED, se comparó al estereoscopio la biomasa de nopal calcinada, el carbón activado sin lavar y el carbón activado.

Muestreo de aguas contaminadas.

El muestreo de agua se realizó en diferentes puntos del municipio de Abasolo, el muestreo se realizó siguiendo la metodología descrita en la NOM-230-SSA1-2002, las muestras seleccionadas pertenecen a las comunidades de Rancho Nuevo de la Cruz con una concentración de 0.02 mg/L, Loma de la Esperanza con una concentración de 0.025 mg/L, y Colonia Los Pinos en Abasolo con una concentración de 0.1 mg/L, las muestras se seleccionaron tomando como referencia los límites máximos permisibles (LMP) establecidos en la normatividad ambiental, de tal forma que se tienen valores debajo, cercanos y sobre el LMP.

Determinación de As en muestras de agua potable.

Las muestras se analizaron mediante el uso de un kit portátil para la determinación de arsénico MQuant® As Arsenic Test, método colorimétrico con tiras de ensayo y reactivos con un intervalo de medición de 0.005 - 0.50 mg/l As. Para obtener mejores resultados las determinaciones se realizaron por triplicado. Dicho procedimiento se realizó antes y después de la filtración.

Filtraciones.

Para las filtraciones se utilizaron botellas de plástico de 1 litro, para simular el filtro, se colocó un papel filtro fino en el orificio de salida, posteriormente se rellenó con el carbón activado de nopal lavado, se agregó la muestra de agua y se dejó filtrar hasta obtener la última gota.

Determinación de parámetros fisicoquímicos (pH, conductividad y turbidez).

Los parámetros fisicoquímicos se midieron antes y después de la filtración, para conocer las condiciones iniciales y finales del agua, con el fin de conocer su comportamiento. Para la medición de la turbidez se utilizó un turbidímetro portátil Hach Co.® modelo 2100QIS01. Para medir el pH y la conductividad se utilizó el medidor de bolsillo pH/EC/TDS HI98130 de la marca Hanna®.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

Se visualizaron 3 diferentes muestras de carbón activado en el estereoscopio, la primera de la biomasa calcinada de nopal, la segunda el carbón activado de nopal sin lavar y la tercera del carbón activado de nopal. En la figura 2. A), se logra observar la biomasa calcinada la cual se torna de un color negro opaco y en algunas partes se percibe color café, en la figura 2. B), el color es negro más uniforme, sin embargo, se logran apreciar algunos residuos de la reacción del ácido con la biomasa y en la figura 2. C), el carbón activado de nopal se percibe de color negro más intenso esta es una característica del carbón activado lo cual nos indica que la activación se realizó de manera correcta y si existen diferencias significativas al inicio y final.

A B C

Fig. 2. A) Biomasa calcinada, B) Carbón activado sin lavar y C) Carbón activado de nopal.

En la tabla 1 se muestran los resultados de remoción obtenidos después de la filtración con el tratamiento a base de carbón activado y en la tabla 2, los resultados de la medición de los parámetros fisicoquímicos.

Tabla 1. Remoción de arsénico utilizando carbón activado de nopal.

Muestra	Concentración (mg/L)		Remoción (%)	Tiempo de filtrado (horas, min)
	Inicial	Final		
1	0.02	0.013	33.3	1:20
2	0.025	0.02	20	3:10
3	0.1	0.05	50	4:28

Tabla 2. Parámetros fisicoquímicos.

Muestras (mg/L)	pH		Conductividad (µS/cm)		Turbidez (NTU)	
	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final
0.02	8.5	8.2	550	14	0.31	10.9
0.025	8.6	5.4	575	46	0.49	9.6
0.1	8.6	4.9	732	56	0.81	0.5

La NOM-127-SSA1-1994 (modificación 2000), indica los límites máximos permisibles para agua de consumo humano, los valores aceptables para los parámetros medidos son: 0.025 mg/L de As, pH 6.5-8.5, turbidez 0-5 NTU y conductividad de 1500 µS/cm.

Se obtuvo una remoción del 33.3% de As en la muestra de concentración 0.02 mg/L con el carbón activado de nopal, la concentración final fue de 0.013 mg/L valor aceptado por la NOM-127-SSA1-1994, pero superior a lo establecido por la OMS y EPA de 0.01 mg/L, en cuanto a los parámetros fisicoquímicos el pH es aceptable, al igual la conductividad eléctrica, y la turbidez esta fuera de rango con un valor de 10.9 NTU más del doble del límite permitido.

Se obtuvo una remoción del 20% de As en la muestra de concentración 0.025 mg/L, limite aceptable por la normatividad nacional y superior al límite establecido por las normatividades internacionales con el doble de concentración, el pH tiene un valor ácido de 5.4 fuera del rango, la conductividad eléctrica es aceptable y la turbidez con un valor de 9.6 NTU supera el límite permisible.

Se obtuvo una remoción del 50% de As en la muestra de concentración 0.1 mg/L, sin embargo, aún se encuentra por arriba del LMP establecido en la normatividad, en cuanto a los parámetros fisicoquímicos el pH es ácido con un valor de 4.9, la conductividad eléctrica se encuentra dentro de la norma y con turbidez aceptable con un valor de 0.5 NTU.

La NOM-127-SSA1-1994 establece un LMP de 0.025 mg/L de As en aguas potables, de los resultados obtenidos, las muestras 1 y 2 se encuentran dentro del límite mientras que la muestra 3 supera este valor con el doble de concentración permitido, la normatividad internacional establece un límite de 0.01 mg/L, por lo cual ninguna muestra filtrada se encuentra dentro del mismo, sin embargo, en todos los tratamientos se muestra una disminución en la concentración de As.

De los parámetros fisicoquímicos medidos, el pH en dos muestras mostro un carácter ácido por lo cual es necesario realizar un ajuste del mismo, la turbidez en dos de las muestras supero el límite permisible por lo cual debe ser sometido a un proceso de clarificación y la conductividad eléctrica se encuentra dentro del rango en todas las muestras.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El uso de carbón activado de nopal es una alternativa para la remoción de arsénico con valores de remoción del 33.3%, 20% y 50% principalmente para concentraciones bajas y altas. Se recomienda activar el carbón de nopal por más tiempo tal vez por 2 y 3 horas con el fin de aumentar su área superficial y porosidad y con ello remover una mayor cantidad de arsénico presente en aguas potables.

Es necesario estudiar el comportamiento de los parámetros fisicoquímicos obtenidos después de la filtración con lo cual se puede determinar la influencia que tiene el carbón activado en la modificación del pH, conductividad eléctrica y turbidez.

El carbón de nopal puede ser sometido a diferentes temperaturas para su activación de 400 °C a 700 °C y concentración de ácido fosfórico que van del 20 al 80%, para determinar las condiciones ideales para lograr un mayor porcentaje de remoción de arsénico. Además, analizar la capacidad de adsorción para otros metales pesados que representan una problemática ambiental y de salud pública como aluminio, cobre, cromo, hierro, mercurio., y plomo. Al igual comparar la capacidad de remoción del carbón activado de nopal con la biomasa calcinada la cual es un tipo de carbón vegetal el cual aún no ha sido activado, con lo cual se puede determinar la influencia de la activación química en la porosidad.

VI. RECONOCIMIENTOS (O AGRADECIMIENTOS)

Agradezco al Instituto Tecnológico Superior de Abasolo, por brindarme los conocimientos, herramientas y facilidades necesarias para la realización del proyecto de verano regional, a la Coordinación de Ingeniería Ambiental y a mi asesor el M. en E. IBQ. Erick Rodolfo López Almanza por su paciencia, apoyo, comprensión y recomendaciones.

REFERENCIAS

[1] Comisión Nacional del Agua (CNA). (2005). Lo que se dice del agua. Talleres Gráficos de México.

[2] Torres, D., & Li, Y. (2016). Estado de contaminación de arsénico y flúor en el acuífero de Silao-Romita. Jóvenes en la Ciencia, 1102.

[3] Cortes, A., Hernández, H., & Pérez, J. (2015). Comportamiento temporal de los parámetros NO_3, SO_4, CL y F presentes en el agua del acuífero Pénjamo-Abasolo. Unión Geofísica Mexicana, 1(74).

[4] Vera, L.; Uguña, M.; García, N.; Flores, M-; Vázquez, V. (2016). Eliminación de los metales pesados de las aguas residuales mineras utilizando el bagazo de caña como biosorbente. AFINIDAD, LXXIII (573), 44.

[5] Tejada-Tovar, C., Villabona-Ortiz, Á., & Garcés-Jaraba, L. (2015). Adsorción de metales pesados en aguas residuales usando materiales de origen biológico. (Tesis de Licenciatura). Universidad de Cartagena, Cartagena, Colombia.

[6] Bhatnagar, A., Hogland, W., M. M., & Sillanpa, M. (2013). An overview of the modification methods of activated carbon for its water treatment applications: Review. Chem. Eng. J., 511(219), 499 - 511.

DISEÑO DEL CONTROL DE UN VEHÍCULO SUBMARINO

Victor Hugo Márquez Roa
Instituto Tecnológico Superior de Abasolo
Cuitzeo de 401
Cuitzeo de los Naranjos, Los Naranjos
C.P. 36976, Abasolo, Gto.
as18110289@tecabasolo.edu.mx

Resumen — En este trabajo se presenta el diseño de un control de seguimiento de trayectoria para un submarino, el cual sigue una trayectoria de referencia en forma autónoma, es decir, sin la intervención de un operador, tomando en que puede moverse debajo del agua sobre los tres ejes del espacio (x,y,z). El control diseñado está basado en el PID. El punto de comprobación de este trabajo se basará en la simulación del modelo matemático del control mediante la herramienta de sistema de cómputo Matlab, en el cual se desarrollarán los resultados de éste.

Palabras clave — Control, vehículo submarino, modelo matemático, ROV.

Abstract — In this work the design of a trajectory tracking control for a submarine, which follows a reference trajectory autonomously is defined, that mean, without the intervention of an operator, taking into account that it can move underwater on the three axes of space (x,y,z). The designed control is based on PID. The verification point of this work will be based on the simulation of the mathematical model of the control by means of the Matlab computational system tool, in which the results of this one will be developed.

Keywords — Control, underwater vehicle, mathematical model, ROV.

I. INTRODUCCIÓN

Para hacer posible un diseño de control es indispensable el estudio del modelo dinámico y cinemático del vehículo, es decir, tener conocimientos sobre la naturaleza de éste y sobre su movimiento; para ello es necesario el uso de las ecuaciones diferenciales (generalmente, no lineales). Dentro de las mismas ecuaciones diferenciales, se emplean las derivadas quienes expresan matemáticamente el movimiento. Esto constituye el modelo dinámico del robot submarino. De acuerdo con la matriz de inercia, de masa añadida, de amortiguamiento, las matrices de Coriolis y fuerzas centrípetas ocasionadas por el movimiento del robot mismo, el modelo submarino tiende a ser complejo y no lineal. Asimismo, es importante también modelar los fenómenos de arrastre hidrodinámico y los vectores de gravedad relacionados con la flotabilidad del vehículo (para una descripción más completa, el lector puede referirse a [1-2]).

Ya obtenido el modelo dinámico, se prosigue a proponer el controlador para el AUV (Autonomous Underwater Vehicle, por sus siglas en inglés). Entre las metodologías más comunes y usadas para el control, se pueden obtener algunas conocidas como: control PD, PID, control backstepping, control con redes neuronales, entre otros. Teniendo todas estas sus ventajas y desventajas.

II. MARCO TEÓRICO

El modelo dinámico del robot submarino con respecto al marco inercial fijo en el cuerpo se define como [3]:

$$M\dot{\mathbf{v}} + C(\mathbf{v})\mathbf{v} + D(\mathbf{v})\mathbf{v} + \mathrm{g}(\boldsymbol{\eta}) = \boldsymbol{\tau_{Act}} \quad (1)$$

donde:

v es el vector de estado con dimensión 6.

$\dot{v}$ es la derivada con respecto del tiempo de v.

M es la matriz de inercia y masa agregada.

$C(\mathbf{v})$ es la matriz de Coriolis.

$D(\mathbf{v})$ es la matriz de amortiguamiento.

$\mathrm{g}(\boldsymbol{\eta})$ es el vector gravitacional.

$\boldsymbol{\tau_{Act}}$ es el vector de fuerzas y momentos de los actuadores.

Donde la matriz de inercia se define como:

$$M = M_{RB} + M_A \quad (2)$$

donde:

M_{RB} masa e inercia del cuerpo rígido.

M_A masa hidrodinámica añadida.

Y la matriz de Coriolis y fuerzas centrípetas se define como:

$$C(\mathbf{v}) = C_{RB}(\mathbf{v}) + C_A(\mathbf{v}) \quad (3)$$

donde:

$C_{RB}(\mathbf{v})$ matriz de Coriolis y centrípeta del cuerpo rígido.

$C_A(\mathbf{v})$ matriz de Coriolis de la masa añadida.

También, se define la matriz de amortiguamiento como sigue:

$$D(\mathbf{v}) = D_L + D_Q|Vk| \quad (4)$$

donde:

D_Q términos cuadráticos de la fuerza ascensional o de sustentación.

D_L términos lineales de la fuerza de fricción.

Finalmente, el vector de gravedad para un vehículo submarino se define como:

$$\mathrm{g}(\boldsymbol{\eta}) = \begin{bmatrix} \mathbf{f}_B & + & \mathbf{f}_G \\ \mathbf{r}_B \mathrm{x} \mathbf{f}_B & + & \mathbf{r}_G \mathrm{x} \mathbf{f}_G \end{bmatrix} \quad (5)$$

donde:

$\mathbf{f}_G$ es la fuerza de gravedad.

$\mathbf{f}_B$ es la fuerza de flotación.

$\mathbf{r}_G$ es el centro de gravedad.

$\mathbf{r}_B$ es el centro de flotación.

$\mathbf{r}_B \mathrm{x} \mathbf{f}_B$ es el producto cruz del centro de flotación y la fuerza de flotación.

III. MÉTODOLOGÍA

El modelo dinámico del robot se muestra en (1), con base en este modelo se propone el siguiente control de seguimiento de trayectoria PD con cancelación de gravedad:

$$\boldsymbol{\tau} = \mathrm{g}(\boldsymbol{\eta}) + k_p e(t) + k_d \frac{\mathrm{d}e(t)}{\mathrm{dt}} \quad (6)$$

$k_p, k_d \, \boldsymbol{\epsilon} \boldsymbol{R}^{6\mathrm{X}6}$ son matrices de ganancias, y donde el *error* (e) está dado por:

$$e = V - V^d \quad (7)$$

donde V es un vector espacial dado por sensores.

Partiendo de la suposición de que el vehículo submarino se mueve a una baja velocidad se puede comprender una dinámica simplificada. Tomando esto como partida, para el desarrollo del presente proyecto se ha considerado el vehículo submarino L2ROV, el cual consta con seis propulsores, ver Figura 1.

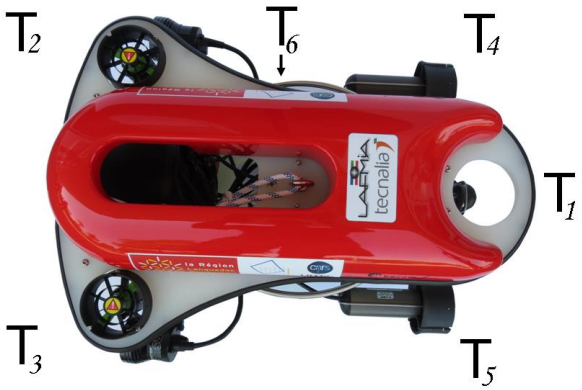


Fig. 12: L2ROV, propulsores.

Conforme a la notación SNAME [4], los movimientos de traslación se denominan surge, sway y heave, mientras que los movimientos de rotación son roll, pitch y sway. El movimiento de oleaje se genera por la suma de las fuerzas creadas por T4 y T5, el movimiento de balanceo es accionado por T6, y el cabeceo se produce por la suma de los empujes de T1, T2 y T3. El movimiento de balanceo es actuado a través de la fuerza diferencial fuerza diferencial de los propulsores T2 y T3; el movimiento de cabeceo se obtiene de manera similar utilizando los propulsores T1, T2 y T3, y el movimiento de guiñada es generado por T4 y T5, (para una descripción más completa, el lector puede referirse a [5]).

Las dinámicas del vehículo, ver Figura 2, pueden ser representadas en la forma compacta de la matriz:

$$M\dot{v} + C(v)v + D(v)v + g(\eta) = \tau + \mathrm{w}_e \tag{8}$$

$$\dot{\eta} = J(\eta)v \tag{9}$$

donde:

$M \in \mathbb{R}^{6\times6}$ es la matriz de inercia.

$C(v) \in \mathbb{R}^{6\times6}$ es la matriz de Coriolis. Aunque en este caso puede ser despreciada, ya que se asume una baja velocidad para el vehículo.

$D(v)$ es la matriz de amortiguación.

$g(\eta) \in \mathbb{R}^{6\times1}$ es el vector de fuerzas y momentos de restauración.

$\tau = (\tau_1, \tau_2)^T = \big((\tau_X, \tau_Y, \tau_Z), (\tau_K, \tau_M, \tau_N)\big)^T \in \mathbb{R}^{6\times1}$ es el vector de entradas de control.

$\mathrm{w}_e \in \mathbb{R}^{6\times1}$ es el vector de perturbaciones.

$v = (v_1, v_2)^T = \big((u, v, w), (p, q, r)\big)^T \in \mathbb{R}^{6\times1}$ representa la velocidad lineal y angular en el cuerpo-cuadro-fijo.

$\eta = (\eta_1, \eta_2)^T = \big((x, y, z), (\phi, \theta, \psi)\big)^T \in \mathbb{R}^{6\times1}$ es el vector de posición y actitud

$J(\eta) \in \mathbb{R}^{6\times1}$ es el mapa de la matriz de transformación cuerpo-cuadro-fijo.

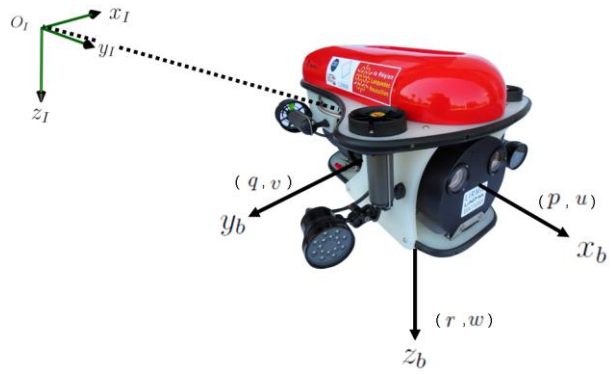


Fig. 13: L2ROV con el cuerpo-cuadro-fijo.

Dada la suposición de la baja velocidad, la matriz M puede ser deducida por:

$$M = \text{diag}\{m - X_{\dot{u}}, m - Y_{\dot{v}}, m - Z_{\dot{w}}, I_{xx} - K_{\dot{p}}, I_{yy} - M_{\dot{q}}, I_{zz} - N_{\dot{r}}\} \quad (10)$$

donde:

m es la masa del vehículo.

$X_{\dot{u}}, Y_{\dot{v}}, Z_{\dot{w}}, K_{\dot{p}}, M_{\dot{q}}, N_{\dot{r}}$ representan la masa hidrodinámica añadida.

I_{xx}, I_{yy}, I_{zz} son los momentos de inercia del cuerpo rígido.

Los parámetros de inercia del L2ROV, previamente calculados por el modelo 3D de ROV, dan lugar a la matriz I:

$$I = \begin{bmatrix} 0.35 & -0.02 & -0.04 \\ -0.02 & 0.69 & -0.02 \\ -0.04 & -0.02 & 0.65 \end{bmatrix} [kg \cdot m^2] \quad (11)$$

Y:

$$D(v) = \text{diag}\{X_u, Y_v, Z_w, K_p, M_q, N_r\} \quad (12)$$

Ya que se asumió una baja velocidad para el vehículo, éste **no tiene** términos diagonales.

$$D(v) = \text{diag}\{30,70,80,1.4,2.5,2.9\} \quad (13)$$

Teniendo los primeros tres términos en $\left[\frac{N \cdot s}{m}\right]$ y los siguientes tres términos en $\left[\frac{N \cdot s}{rad}\right]$.

Las fuerzas y momentos de restauración son ocasionadas por el peso $f\text{w}$ y la fuerza de flotabilidad f_B, la cual siempre actúa en dirección opuesta al peso del vehículo, tal que:

$$f_B = -\begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ B \end{bmatrix} \qquad f\text{w} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ W \end{bmatrix} \quad (14)$$

donde:

B es la magnitud de la fuerza de flotabilidad, definida conforme al principio de Arquímedes.

$W = m\text{g}$ es el peso del vehículo, donde g es la aceleración gravitacional.

El vector de las fuerzas y momentos de restauración se expresa como:

$$g(\eta) = \begin{bmatrix} f_g \\ m_g \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} f_b \sin(\theta) \\ -f_b \cos(\theta) \sin(\phi) \\ -f_b \cos(\theta) \cos(\phi) \\ -z_b B \cos(\theta) \sin(\phi) \\ -z_b B \sin(\theta) \\ 0 \end{bmatrix} \quad (15)$$

Se puede decir que las *entradas de control* son todas las fuerzas y torques ocasionados por los propulsores que, para el caso del modelo R2LOV, son seis.

Como se muestra en la Figura 1, los propulsores están denominador por T_1 hasta T_6, y se relacionan con las fuerzas f_1 hasta f_6, respectivamente. Y son definidas: $f_1 = [0,0,f_1]^T$, $f_2 = [0,0,f_2]^T$, $f_3 = [0,0,f_3]^T$, $f_4 = [f_4,0,0]^T$, $f_5 = [f_5,0,0]^T$ y $f_6 = [0,f_6,0]^T$. Tal que:

$$\tau_1 = \begin{bmatrix} \tau_X \\ \tau_Y \\ \tau_Z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} f_4 + f_5 \\ f_6 \\ f_1 + f_2 + f_3 \end{bmatrix} \quad (16)$$

Y los torques generados por las fuerzas superiores son:

$$\tau_2 = \sum_{i=1}^{6} l_i \times f_i \quad (17)$$

donde:

$l_i = (l_{ix}, l_{iy}, l_{iz})$ es el vector posición que describe donde se aplican las fuerzas f_i con respecto al cuadro de referencia del cuerpo-fijo.

$$\tau_2 = \begin{bmatrix} \tau_K \\ \tau_M \\ \tau_N \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} l_{2y} f_2 + l_{3y} f_3 \\ l_{2x} f_2 + l_{3x} f_3 + l_{1x} f_1 \\ l_{4y} f_4 + l_{5y} f_5 \end{bmatrix} \quad (18)$$

Dado lo anterior, el vector de entradas de control puede ser expresado como:

$$\tau = \begin{bmatrix} f_4 + f_5 \\ f_6 \\ f_1 + f_2 + f_3 \\ l_{2y} f_2 + l_{3y} f_3 \\ l_{2x} f_2 + l_{3x} f_3 + l_{1x} f_1 \\ l_{4y} f_4 + l_{5y} f_5 \end{bmatrix} \quad (19)$$

Considerando todos los datos obtenidos y expresados anteriormente, se propuso una estrategia de control basado en el control PD no lineal. Las ecuaciones (8) y (9), la ley de control PD que satisface las ganancias de retroalimentación y la compensación gravedad/flotabilidad es:

$$\tau = g(\eta) - J^T(\eta)\tau_{PD} \tag{20}$$

con

$$\tau_{PD} = K_p e(t) + K_d \frac{de(t)}{dt} \tag{21}$$

donde:

$K_p, K_d \in \mathbb{R}^{6\times 6}$ son matrices diagonales definidas positivas.

$e(t) = \eta - \eta_d$ es el error.

IV. RESULTADOS

La simulación del comportamiento del vehículo submarino se dio a través de la herramienta matemática Matlab, derivado de un diagrama de bloques generado en Simulink, se puede ver en la Figura 3.

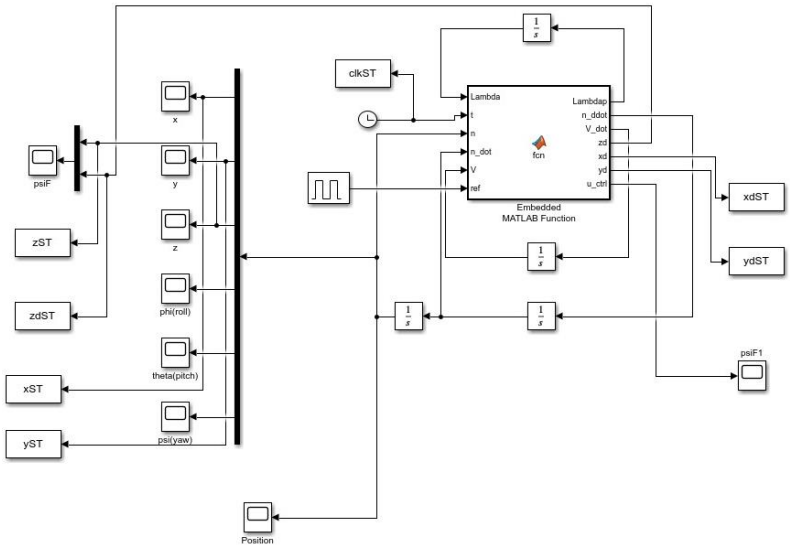


Fig. 14: Diagrama de bloques en Matlab.

La simulación se comporta de acuerdo a lo ilustrado en la Figura 4, el comportamiento en espiral corresponde a la trayectoria que seguiría el vehículo submarino, en donde la línea marcada en azul corresponde a la trayectoria programada (deseada), y la línea marcada en rojo es el seguimiento que hace el mismo con la aplicación del control establecido a lo largo del presente proyecto.

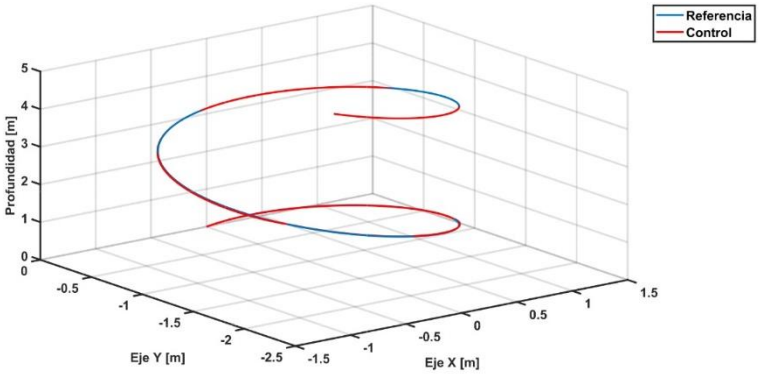


Fig. 15: Simulación en Matlab.

V. CONCLUSIONES

En este proyecto se establecieron las bases matemáticas del control para un vehículo submarino ROV, en el cual se toman en cuenta los modelos dinámicos y cinemáticos del mismo, donde se encuentran la naturaleza de los movimientos del vehículo, también se tomaron en cuenta fenómenos existentes del sistema como la masa añadida, la inercia, el amortiguamiento y la fuerza centrípeta.

Con el fin de demostrar la sustentabilidad del proyecto, se simuló la trayectoria del vehículo submarino una vez que se le ha aplicado el control establecido previamente. Esto puede ser aplicable para simular y experimentar cualquier trayectoria que se desee programar.

VI. RECONOCIMIENTOS (O AGRADECIMIENTOS)

Se expresa el agradecimiento al Dr. Jesús Norberto Guerrero Tavares por el apoyo brindado a lo largo del periodo de investigación que tuvo lugar en el Instituto Tecnológico Superior de Abasolo celebrado en el 24 Verano de la Ciencia, Región Centro.

REFERENCIAS

[1] Cortéz, A. Z. (2018). *Control de un vehículo submarino no tripulado: análisis y experimentos.* La Paz: Instituto Tecnológico de La Paz.

[2] Fossen, T. I. (2011). *Handbook of marine craft hydrodynamics and motion control.* Trondheim, Norway: John Wiley & Sons.

[3] Rout, R. (2013). *Control of Autonomous Underwater.* Odisha: National Institute of Technology,Rourkela.

[4] The Society of Naval Architects and Marine Engineers. Nomenclature for Treating the Motion of a Submerged Body Through a Fluid. IN: Technical and Research Bulletin No. 1-5.

[5] Eduardo Campos, A. C. (2019). Saturation based nonlinear depth and yaw control of underwater vehicles with stability analysis and real-time experiments. Montpellier, France: HAL Open Science.

CONSTRUCCIÓN Y CONTROL DE UN PROTOTIPO PARA EL ALMACENAMIENTO DE GRANOS AGRÍCOLAS

Lorenzo Jacob Pérez Ramos
Instituto Tecnológico Nacional Campus Querétaro.
Av. Tecnológico s/n, Centro, 76000 Santiago de Querétaro, Qro.
l16140961@queretaro.tecnm.mx

Arath Moisés Espinoza Perea
Instituto Tecnológico Nacional Campus Querétaro.
Av. Tecnológico s/n, Centro, 76000 Santiago de Querétaro, Qro.
l16140961@queretaro.tecnm.mx

Emilio Alejandro Santamaría Moya
Instituto Tecnológico Nacional Campus Querétaro.
Av. Tecnológico s/n, Centro, 76000 Santiago de Querétaro, Qro.
l201405511@queretaro.tecnm.mx

Daniel Armando Serrano Huerta
Instituto Tecnológico Nacional Campus Querétaro.
Av. Tecnológico s/n, Centro, 76000 Santiago de Querétaro, Qro.
daniel.sh@queretaro.tecnm.mx

Resumen — Se presenta un prototipo experimental de un silo, para el almacenamiento y manipulación de materiales granulares. Se realizaron pruebas con distintos materiales: lenteja, maíz y frijol, para corregir el comportamiento al descargarse el material granular, se tomaron factores como la geometría de los granos, diámetro promedio, volumen y densidad para optimizar y garantizar la descarga integra del grano. Con este prototipo se tiene el objetivo de preservar el grano agrícola por mayor tiempo, evitando las fermentaciones y las placas que se generan al manipular estos materiales en su forma granular.

Palabras clave — Prototipo, silo, Material granular.

Abstract — An experimental prototype of a silo is presented for the storage and handling of granular materials. Tests were carried out with different materials: lentils, corn and beans, to correct the behavior when the granular material was unloaded, factors such as the geometry of the grains, average diameter, volume and density were taken to optimize and guarantee the complete discharge of the grain. With this prototype, the objective is to preserve the agricultural grain for a longer time, avoiding fermentation and plaques that are generated when handling these materials in their granular form.

Keywords — Prototype, Silo, Granular material.

I. INTRODUCCIÓN

El estudio de la estática y la dinámica de medios granulados, es de utilidad en diversos procesos industriales, como el almacenamiento y la dosificación de medicamentos y granos agrícolas e industriales. En general una gran cantidad de materiales de la industria farmacéutica y de la industria alimenticia aparecen en forma granular (por ejemplo, el suministro controlado de semillas y fertilizantes al suelo). Los medios granulares, recientemente, han despertado en muchos investigadores el interés por su estudio. Hoy día más del 80 % de la industria mundial maneja medios granulares con los consiguientes problemas que generan en su manejo, ver Fig. 1, lo que provoca pérdidas considerables durante su manejo, atascamientos durante la descarga desde contenedores y las muy indeseables fallas estructurales en los silos de almacenaje. En realidad, hay mucho

desconocimiento del comportamiento de los medios granulares durante el manejo y transporte de estos, los diseñadores se basan en experiencias conocidas para la construcción de contenedores y transportadores. La publicación de trabajos acerca del comportamiento de medios granulares es abundante, pero ha sido muy complicado predecir o representar con modelos físicos el comportamiento de estos medios.

Fig. 1: Silo metálico para almacenar maíz en el Municipio de Tlacotepec, Sola de Vega, Oaxaca

Muchos parámetros son los que influyen en el comportamiento del medio granulado durante la descarga de flujo másico, como lo es el tamaño de grano, su forma, la forma del orificio y en este estudio se muestra la influencia del espesor de pared. Este trabajo tiene como propósito la construcción de un prototipo que considere los parámetros mas importantes al realizarse la descarga, a través de pruebas experimentales se corregirán los factores de diseño y construcción del prototipo con la finalidad de garantizar su funcionamiento.

II. MARCO TEÓRICO

Los silos son contenedores de distintas formas que pueden tener una capacidad de almacenaje de unos pocos metros cúbicos o hasta centenares de ellos, y que pueden estar abiertos o cerrados herméticamente; se utilizan para el almacenamiento o conservación de una extensa gama de productos, bien sea granos, harinas, forrajes, ver Fig. 2.

Fig. 2. Silos de granos comercial MILTEC.

El ataque de plagas a los granos y semillas que producen los campesinos de las áreas marginadas en donde incide el PESA-México es considerable. Un manejo inadecuado ocasiona pérdidas que pueden llegar hasta un 100 % durante un periodo de dos años de almacenamiento, aunque en el primer año bajo condiciones normales el porcentaje de pérdida en almacenamiento oscila entre el 10 % y el 60 %. El ataque puede ser de gorgojos y larvas de palomillas que cubren los granos de galerías y lo pulverizan, imposibilitando el consumo humano. El comportamiento de los granos durante su almacenamiento en silos familiares como se observa en la Fig. 3, está influenciado por las condiciones climáticas existentes durante su crecimiento, por el grado de maduración durante la cosecha, por el método de cosecha y por la manipulación que sufrió el producto antes del almacenamiento. Así, cuanto más sean los daños sufridos por el producto, desde su producción hasta el momento del almacenamiento, más susceptible estará a los agentes que causan el deterioro [67].

Fig. 3. Silos Metálicos familiares capacidad de 20 Kg a 1000Kg.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

Un apartado muy importante para la elaboración del proyecto es la instrumentación, cuya aplicación básica consiste en censar o capturar una variable. En caso concreto del silo, las 4 variables que fueron censadas son: temperatura y humedad, las partículas por millón de

gas CO2, dentro del silo, a su vez el nivel de almacenamiento. En el caso de las dos primeras variables, fue posible lograrlo mediante un sensor digital DHT11 el cual integra un sensor capacitivo de humedad y un termistor en un sólo módulo. Para el caso de la humedad, se sabe que las moléculas de agua cambian la longitud de materiales orgánicos, conductividad y peso de materiales higroscópicos además de su impedancia, siendo esta última la manera en que se obtienen las mediciones, hay que saber que un sensor capacitivo está compuesto de platos paralelos con electrodos o filamentos empapados en material dieléctrico, el cual absorbe o elimina vapor de agua causando cambios en su volumen, y/o capacitancia eléctrica (impedancia variable con la humedad). Para la temperatura, el termistor es del tipo PTC (Coeficiente de temperatura Positivo) y básicamente aumenta su resistencia a medida que aumenta la temperatura. Ambos sensores son ideales para altas temperaturas sin perder linealidad, siendo el calor un problema que queremos evitar dentro del silo, se convirtió en el módulo adecuado.

La concentración de CO2 se obtuvo con la ayuda del sensor MQ-135 el cual nos permite conocer la calidad del aire, a partir de los PPM de CO2, que este detecte. La implementación del sensor ya mencionado, es sencilla, con importar la librería adecuada para su correcto funcionamiento.

Para la cuarta variable se ocupó un sensor ultrasónico, en específico el sensor HC-SR04, ya que dentro de sus típicas características este sensor es resistente a niebla y suciedad, como el polvo, lo cual permite mantener una detección estable. Como su nombre lo indica, este tipo de sensores mide la distancia mediante ondas ultrasónicas. Su funcionamiento consiste en emitir una onda ultrasónica por uno de sus transductores, y recibe la onda reflejada que retorna o rebata desde el objeto, el eco es captado por el segundo transductor, por lo cual la distancia es proporcional al tiempo que tarda en llegar el eco.

La distancia se puede calcular con la siguiente fórmula:

$$L = \frac{T\ C}{2}$$

Donde L es la distancia, T es el tiempo entre la emisión y recepción, y C es la velocidad del sonido (el valor se divide entre 2 debido a que T es el tiempo recorrido de ida y vuelta).

IV. RESULTADOS

Una vez obtenidas las variables por medio de un programa en la plataforma Arduino fue momento de dar uso al protocolo I2C del mismo, el cual consiste en una forma de comunicación serial para transferir bits entre varios dispositivos digitales (hasta 127 esclavos de 1 solo maestro). En el caso fueron utilizados 1 maestro y 3 esclavos (3 LCD 16x2 con interfaz IIC-I2C-TWI-SPI), logrando una velocidad de transmisión de 1000 kbits/s, lo que es equivalente a realizar una nueva medición periódica de todas las variables en menos de 2 segundos, Además de ser utilizado para reducir el cableado y uso de entradas sobre la placa Arduino, como se muestra en la Fig. 4

Fig. 4. Instrumentación de Humedad, CO2, Temperatura y Nivel de llenado.

La realización del prototipo, se comenzó diseñando con SolidWorks el aspecto del contendor, así como las dimensiones a tomar en cuenta, los tipos de materiales a utilizar y tener en como aspecto a diseño el peso final del contenedor. Los materiales se utilizaron se observan en la Tabla 1., aparte de económicos, fácil manejo y productos fáciles de conseguir, llevar un recubrimiento para protegerlos de la intemperie, de esta manera alargamos la vida útil del contenedor, como del producto almacenado; evitando defectos por corrosión o algún defecto en el producto que contiene por la luz solar, debido a que se encontraría a la intemperie, además este recubrimiento debe de ser capaz de resistir altas temperaturas, pero procurando que los granos almacenados sean de la mayor calidad posible.

Tabla 1. Materiales utilizados para la construcción del contenedor

Parte	Material
Silo (recipiente)	Acero galvanizado
Tornillo sin fin	Acero inoxidable
Manivela	Acero inoxidable
Base	Acero al carbón
Tapa	Acrílico transparente
Empaque	Neopreno
Recubrimiento	Pintura anticorrosión
Panel de instrumentación	Acrílico transparente

A continuación, se muestra las piezas, y el montaje final del prototipo experimental del contenedor.

Fig. 5. Prototipo, contenedor para el almacenaje de granos agrícolas.

V. DISCUSIÓN (O ANÁLISIS DE RESULTADOS)

En este trabajo estudiamos experimentalmente el problema de atascamientos y entrega dosificado de material granular. Se instalaron instrumentos de medición como lo son: Sensor de Húmeda, Sensor de CO2, Sensor de Temperatura, Sensor de llenado del contenedor con mirilla que en la segunda etapa eliminaría el sensor de llenado. Instrumentando el silo, el agricultor tiene la capacidad de predecir sucesos que afectan la calidad del grano, así como de cuidar del mismo y aplicar las medidas correctivas o preventivas correspondientes.

VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Específicamente, se realizó la primera etapa de construcción y control de un prototipo para el almacenamiento de granos agrícolas. En esta etapa de construcción al contenedor de almacenamiento se le adapto con tornillo sinfín, con el objetivo de evitar los atascamientos en la salida del contenedor, otra función de este tornillo es la entrega dosificada del grano agrícola, cuidando la integridad de la materia prima. Mediante el uso de diferentes materiales granulares (lenteja, maíz, frijol y granos de mostaza), se obtuvo

una relación con el tamaño de grano y el número de vueltas del tornillo sinfín, con el propósito de ver la equivalencia en Kg en la salida del contenedor. Como se menciona antes el 80% de la materia prima se manipula en su forma granular, por tal motivo en la industria alimenticia un atascamiento de estos contenedores puede ocasionar la pérdida total del producto almacenado, eso genera grandes pérdidas económicas, por tal motivo se recomienda a nivel campo utilizar este tipo de contenedores que pueden funcionar manualmente o con un motor para entregar el grano de forma segura e integra.

VII. RECONOCIMIENTOS (O AGRADECIMIENTOS)

Al **Instituto Tecnológico de Nacional Campus Querétaro,** por el uso de sus instalaciones y la facilidad que nos dieron para el desarrollo de este proyecto. Al Dr. Abraham Medina Ovando de **ESIME Azcapotzalco del Instituto Politécnico Nacional**, por facilitarnos sus instrumentos de medición y la capacitación de estos.

REFERENCIAS

[1] Beverloo, W., Leniger, H., and de Velde, J.V. (1961). The flow of granular solids through orifices. Chemical engineering science, 15, 260 - 269.

[2] Hagen, H. (1852). Bericht über die zur bekanntmachung geeigneten verhandlungen der königlich preussischen akademie der wissenschaften zu berlin. Berlin: Verl. d. Kgl. Akad. d. Wiss, 35, 35 - 42.

[3] Medina, A., Cabrera, D., López-Villa, A., and Pliego, M. (2014). Discharge rates of dry granular material from bins with lateral exit holes. Powder Technology, 253, 270-275.

[4] Medina, A., Cordova, J., Luna, E., and Trevino, C. (1998). Velocity field measurements in granular gravity flow in a near 2d silo. Physics Letters A, 250, 111-116.

[5] Medina, A., Serrano, D., and Gutierrez, G.J. (2013). On the mass flow rate from silos with lateral exit holes. Revista Mexicana de Física, 59, 287-291.

[6] Serrano, D., Medina, A., Chavarría, G.R., Pliego, M., and Klapp, J. (2015a). Mass flow rate of granular material flowing from tilted bins. Powder Technology, 286, 438-443.

[7] Serrano, D., Sanchéz-Silva, F., Klapp, J., and Medina, A. (2015b). The Hagen - Beverloo law for outflow of granular solids from holes on side walls. Revista Mexicana de Física, 61, 207-210.

ANÁLISIS Y DISEÑO DE ALGORITMO PARA OPTIMIZAR EL CONSUMO DE PIELES EN EL PROCESO DE CORTE

Ramses Alejandro Ocampo Moreno
Instituto Tecnológico Superior de Purísima del Rincón
Blvd. del Valle 2301, Guardarrayas, 36425 Gto.
lrs19110519@purisima.tecnm.mx

Dolores Ayala Muñoz
Instituto Tecnológico Superior de Purísima del Rincón
Blvd. del Valle 2301, Guardarrayas, 36425 Gto.
dolores.am@purisima.tecnm.mx

Resumen — En este trabajo se presenta el proceso aplicativo del Russ & Small en un ambiente real dentro de la industria del calzado de piel sintética, permitiendo su futura utilización en el diseño de un algoritmo que genere un consumo y acomodo de las piezas del calzado para la optimización y máximo aprovechamiento del material dentro del área o departamento de corte de esta industria manufacturera.

Palabras clave — Corte, Consumo, Piel Sintética, Russ & Small.

Abstract — In this work, the application process of Russ & Small is presented in a real environment within the synthetic leather footwear industry, allowing its future use in the design of an algorithm that generates consumption and arrangement of footwear pieces for optimization. and maximum use of the material within the cutting area or department of this manufacturing industry.

Keywords — Cut, Consumption, Synthetic Leather, Russ and Small.

I. INTRODUCCIÓN

La industria del calzado tiene gran importancia debido a su capacidad en la generación de empleo y por ser proveedora de un artículo de consumo popular que satisface las necesidades básicas de la población.

Una de las características del sistema de producción de calzado es su proceso de corte, situación que ha dado pie al surgimiento de muchos fabricantes con sistemas o métodos de corte obsoletos y con niveles muy bajos de productividad. Por lo tanto, la maquinaria, los desperdicios de insumos y la mano de obra representan los principales problemas y retos que enfrenta la industria del calzado.

Este desperdicio de materiales e insumos es una de las principales fuentes de descontrol e incremento del costo. Esta situación es de gran relevancia para los sectores productivos que buscan soluciones que les permitan garantizar la mejor distribución de las piezas sobre la superficie del material que será cortado además de la reducción de tiempo del proceso.

II. MARCO TEÓRICO

Dentro de los procesos fundamentales de producción en una empresa de calzado, se encuentra el proceso de corte, en el cual se da inicio al proceso productivo y por tanto este es un proceso complejo y cambiante de acuerdo con la calidad de la materia prima, lo cual exige tener unos recursos altamente flexibles que deben expandirse y contraerse según la demanda del momento.

2.1 Reglas del cortado del cuero

Aunque existen reglas básicas de cortado que deben respetarse, no hay un sistema estricto de cortado que sea aplicable o repetible para cada piel. Es tarea del cortador comprender las características individuales de cada piel y hacer uso del material de la mejor manera posible, encontrando la localización e interconexión ideal de las piezas, o lo que es lo mismo, el llamado “anidado” de las piezas del zapato para su posterior cortado. Es todo un arte organizar la disposición de las piezas para minimizar los residuos y “ocultar” los pequeños defectos adjudicando esas zonas a las partes menos visibles o invisibles del zapato. *ISC Alemania y ICSAS-Team. (2017).*

2.2 Cortado de materiales textiles

En el cortado de materiales textiles, la dirección de estiramiento es igual de importante que en el cortado del cuero. Al igual que en el cuero para el corte, los materiales textiles deben cortarse de forma que haya el menor estiramiento longitudinal posible de las piezas del corte, es decir, en la dirección de la urdimbre. Si esto no se respeta el corte textil puede romperse en el montado. *ISC Alemania y ICSAS-Team. (2017).*

2.3 Cortado de cuero sintético

Al cortar cuero sintético con una base textil es importante situar las piezas de forma diagonal sobre el material. *ISC Alemania y ICSAS-Team. (2017).*

2.4 Máquinas y herramientas de cortado

2.4.1 Maquinas troqueladoras

Varios tipos de máquinas de cortado incluyen troqueles. Las primeras troqueladoras eran versiones mecánicas que utilizaban la fuerza de un volante. Estas máquinas ya no se usan porque no es posible asegurar la seguridad del personal operativo.

Las prensas de cortado modernas funcionan con sistemas de bomba hidráulica. Existen dos modelos básicos: Troqueladoras de puente, que se utilizan principalmente para cortar láminas de materiales distintos al cuero, y troqueladoras de brazo oscilante comúnmente empleadas para el cuero. Hay muchas variantes de estas dos tipologías. *ISC Alemania y ICSAS-Team. (2017).*

Ilustración 10 Maquinas troqueleadoras

2.4.2 Troqueles

Los troqueles deben tener el perfil y las dimensiones apropiadas, dependiendo principalmente del material a cortar. Se debe tener en cuenta el tamaño del patrón, el grado de complejidad, el número de ciclos de cortado, la presión de cortado esperada y si el material se va a acortar en una o varias capas. *ISC Alemania y ICSAS-Team. (2017).*

2.5 Sistema Russ and Small

El método Russ and Small fue creado en 1922 por Messers W.W Russ y F.L. Small, pero ha sufrido muchas modificaciones y mejoras desde entonces.

Este sistema consiste en obtener el área de cuero necesaria para producir x cantidad de pares de un estilo en específico. Es necesario saber 3 desperdicios y existen 3 pasos para conocerlos. El primer desperdicio se llama desperdicio por acomodo, y se encuentra mediante el método del paralelogramo, el segundo desperdicio relaciona el área del cuero con el área de los moldes, el tercer desperdicio relaciona la selección del cuero.

El método paralelogramo consiste en rayar alrededor del molde. Este sistema de ir calculando el área de cada molde debe seguir ciertas reglas.

- El molde no podrá voltearse.
- El acomodo entre un molde y otro deberá ser lo más justo posible.
- Su posición deberá ser igual o girándolo exactamente a 180°.
- Al marcar las 2 primeras piezas, la tercera deberá tocar las 2 anteriores.

P. (2019, julio 7).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

1. Análisis del Proceso de Corte
2. Estandarización del proceso de corte
3. Identificación de las piezas
4. Aplicación del método Russ and Small

4.1 Sistema Russ and Small

Procedimiento

1. Se seleccionan dos puntos en el molde (esto es, para que estos siempre se acomoden a 180°), se rayan alrededor.
2. La selección del siguiente molde deberá hacerse el mejor acomodo posible (menos desperdicio entre piezas), tomando en cuenta que solo se podrá acomodar igual o a 180°, se continúa haciendo esto hasta que se haya rayado 5 o 6 veces este molde.
3. Seleccionar puntos, A, B, C, D, comunes en los moldes, hacerlo en 4 piezas que estén orientadas en la misma posición. Se unen estos puntos obteniéndose un paralelogramo, dentro de este paralelogramo deberán estar contenidas 2 piezas completas además del 1° desperdicio, en el caso de que el par lleve más de dos piezas, se multiplicará el área obtenida por 2.
4. Encontrar el área del paralelogramo multiplicando la base por la perpendicular de la altura, si se mide en centímetros. Se obtendrán decímetros. Moviendo el punto dos lugares a la izquierda.

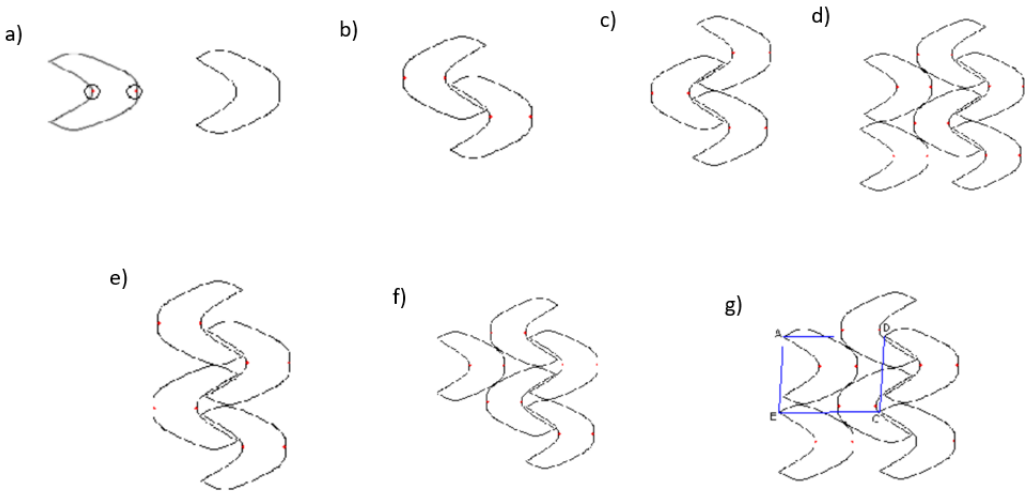
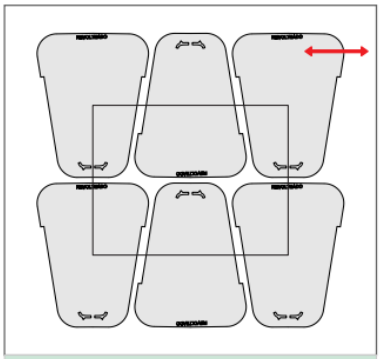


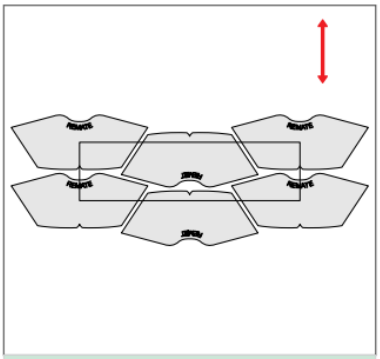
Ilustración 11 Sistema Russ & Small

IV. RESULTADOS

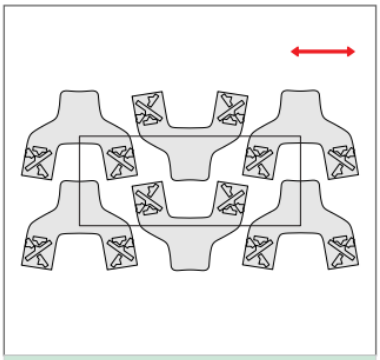
La aplicación del método Russ & Small dentro de un ambiente real



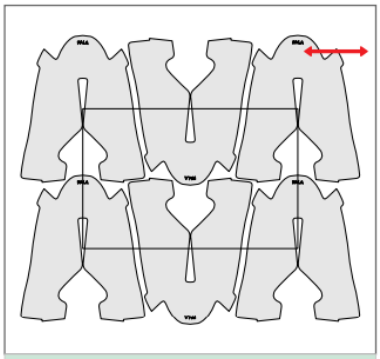
PIEZA: **LENGUA**



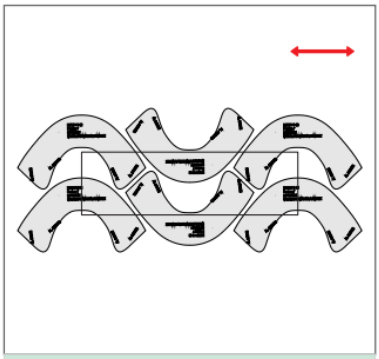
PIEZA: **REMATE**



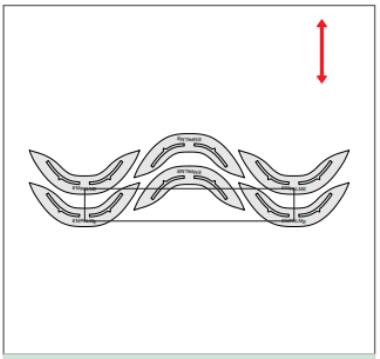
PIEZA: **PALA**



PIEZA: **CHINELA**



PIEZA: **VIVO CHINELA**



V. DISCUSIÓN (O ANÁLISIS DE RESULTADOS)

Existen diversas técnicas o métodos para el acomodo de figuras irregulares en áreas regulares, siendo el método Russ & Small de los más utilizado y valorados especialmente por la industria del calzado.

Con ayuda de diversas herramienta y algoritmos de fuerza bruta es posible reducir aún en mayor medida y potenciar el método anteriormente mencionando, reduciendo aún más, las mermas o desperdicios generados por este.

VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El método Russ & Small optimiza en gran medida el consumo de materiales y reduce el desperdicio dentro de la industria del calzado, tanto en la industria del calzado de piel como en la de sintético.

Es importante considerar las restricciones dependiendo el tipo de material con el que se trabajara, y el área de este mismo.

VII. RECONOCIMIENTOS (O AGRADECIMIENTOS)

Expreso mi agradecimiento al INSTITUTO TECNOLOGICO SUPERIOR DE PURISIMA DEL RINCÓN por las facilidades y el apoyo otorgado para la realización de la estancia de verano.

REFERENCIAS

[1] F. (2019, 15 julio). Metodo Rush Small. pdfslide.net. Recuperado 5 de julio de 2022, de https://pdfslide.net/documents/metodo-rush-small.html?page=1

[2] P. (2019, julio 7). Siendo la piel uno de los principales componentes del zapato y siendo su costo un elevado porcentaje del costo total del producto las posibilidades de ahorro. Siendo la piel uno de los principales componentes del zapato y siendo su costo un elevado porcentaje del costo total del producto las posibilidades de ahorro. Recuperado 1 de julio de 2022, de https://l.exam-10.com/doc/8394/index.html

[3] *ISC Alemania y ICSAS-Team. (2017). Manual para formadores Cortado (Final ed.). Erasmus+.*

HIDROGEL DE QUITOSANO - ALÚMINA PARA LA ADSORCIÓN DE ETINILESTRADIOL EN AGUA

Andrea de Jesús Luna Domínguez
Instituto Tecnológico Superior de Abasolo
Blvd. Cuitzeo de los Naranjos #401
C.P 36976, Abasolo, Guanajuato.
andrealunado@mail.com

Iván Toledo Manuel
Instituto Tecnológico Superior de Abasolo
Blvd. Cuitzeo de los Naranjos #401
C.P 36976, Abasolo, Guanajuato.
ivan.tm@abasolo.tecnm.mx

Resumen — En este trabajo se presenta la implementación de un tratamiento avanzado para la adsorción de estrógenos sintéticos en agua residual, este consistió en hacer perlas de hidrogel de quitosano - alúmina para la remoción de Etinilestradiol en agua residual sintética que se realizó con pastillas anticonceptivas de Ciproterona – Etinilestradiol, posteriormente se hicieron muestras de adsorción en donde se agregaron perlas del hidrogel a diferentes tiempos para determinar el momento exacto en el que se removió el estrógeno, el cual tuvo resultados exitosos en el que se eliminó por completo el etinilestradiol del agua sintética y para confirmarlo, se hicieron muestras en el HPLC, antes y después para determinar la presencia del estrógeno en el agua.

Palabras clave — Tratamiento avanzado, etinilestradiol, hidrogel, HPLC.

Abstract — This work presents the implementation of an advanced treatment for the adsorption of synthetic estrogens in residual water, this consisted of making chitosan - alumina hydrogel beads for the removal of Ethinylestradiol in synthetic residual water that was carried out with contraceptive pills of Cyproterone - Ethinylestradiol, later adsorption samples were made where hydrogel beads were added at different times to determine the exact moment in which the estrogen was removed, which had successful results in which the Ethinylestradiol was completely eliminated from the synthetic water and to confirm it, HPLC samples were made before and after to determine the presence of estrogen in the water.

Keywords — Advanced treatment, Ethinylestradiol, hydrogel, HPLC.

I. INTRODUCCIÓN

La contaminación del agua es debido a la presencia de contaminantes como sustancias químicas, compuestos orgánicos o inorgánicos, metales pesados o metaloides lo cual es preocupante debido a la peligrosidad de estos y a que no son biodegradables esto es una causa de que la fauna y la flora, muera y los culpables es la actividad humana y principalmente las industrias y que las concentraciones de estos contaminantes sean muy elevadas así provocando más daño (Villanueva, 2012). El agua no solo se encarga de disolver, sino que también es capaza de arrastrar lo cual hace que se modifique su calidad, y para hacer uso de este recurso es necesario que contenga una calidad adecuada para el uso (Jiménez, 2001).

Los contaminantes emergentes son sustancias que no cuentan con una regulación y a concentraciones muy bajas estas pueden dañar (Ramírez, 2015).

En México más del 50% de las aguas residuales que salen de las casas o industrias son arrojadas a cuerpos de aguas y no son tratadas lo cual provoca un gran problema de contaminación. En los últimos años se han encontrado diversos contaminantes uno de ellos

son los contaminantes emergentes, se han encontrado en aguas crudas y tratadas (Robledo, 2017).

Los principales disruptores endocrinos encontrados en las aguas residuales con concentraciones van desde 1 hasta 400 ng/L, es de estrona, estradiol, estriol y etinilestradiol, las bajas remociones de estos contaminantes son debido a que las plantas tratadoras no están diseñadas para la remoción de estos, estas lo que hacen es remover la carga orgánica, para poder remover los compuestos es necesario la implementación de nuevas tecnologías (Moeller, 2013).

El estrógeno sintético más común es el etinilestradiol ya que puede estar en los compuestos de píldoras anticonceptivas, tratamientos hormonales y demás, este compuesto suele ser más fuerte que los estrógenos naturales que produce el cuerpo humano (Cedillo, 2022).

II. MARCO TEÓRICO

A. Adsorción

Existen tratamientos avanzados los cuales funcionan para eliminar contaminantes más pesados como lo pueden ser los contaminantes emergentes, uno de ellos es la adsorción, este proceso consiste en una transferencia de masa, es decir que el contaminante presente en un líquido puede ser adsorbido por un sólido, esta tecnología es una de las usadas en los tratamientos de aguas residuales ya que tiene muchas ventajas, una de ellas es que es un tratamiento muy eficaz (Wang, 2020).

La adsorción actúa sobre la superficie es decir que las sustancias se adhieren en las paredes del adsorbente, separando así diferentes compuestos que pueda tener alguna fase como separar un contaminante del agua (López, 2022).

B. Cromatografía liquida (HPLC)

La cromatografía liquida o HPLC es una técnica muy usada que permite separar los compuestos que están presentes en una solución, es usado para diferentes aplicaciones como en la medicina, la farmacéutica, bioquímica, alimentos entre otras cosas ya que es capaz de separar una gran variedad de compuestos (Suarez, 2018).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

A. Síntesis de hidrogel de quitosano - alúmina

Primero se hizo una solución que se preparó con 1.0ml de ácido acético aforado a 50ml con agua desionizada para posteriormente vaciarlo en un vaso de precipitado en un agitador magnético y después se agregaron 2gr el quitosano poco a poco y se mantuvo agitando durante 30 minutos a una temperatura de 70ºC, luego se agregaron 1.8gr de alúmina y se dejó en agitación constante durante 3 horas a una temperatura de 70ºC. Posterior a eso se dejó 1 hora en reposo.

Después se hizo una solución de 1.85gr de hidróxido de calcio aforado a 50ml con agua desionizada, luego se vacío a un vaso de precipitado en una parrilla magnética sin temperatura en agitación constante.

Pasado el tiempo de reposo se prosiguió a formar las perlas del hidrogel y se fueron colocando en la solución del hidróxido de calcio, se mantuvieron en agitación durante 2 horas, pasado el tiempo se retiraron las perlas del hidróxido de calcio y se lavaron con agua desionizada, se fueron colocando en una charola de aluminio con espacio entre ellas y se dejaron secar al aire libre durante 24 horas, posterior a eso se almacenaron un frasco de cristal evitando que tuvieran contacto con la humedad o se expusieran a temperaturas elevadas esto para evitar que se dañen o se contaminen las perlas.

B. Preparación del agua residual sintética

Para preparar la solución contaminada con el etinilestradiol se usaron 21 píldoras anticonceptivas genéricas que contiene 2.00mg de ciproterona y 0.035mg de etinilestradiol, se trituran finamente en un mortero, posterior a eso en una parrilla sin temperatura se colocó un vaso de precipitado con 80ml de etanol y se agregó el polvo de las pastillas, esto se mantuvo en agitación durante 1 hora sin temperatura, después del tiempo pasado se hicieron 2 filtraciones con papel filtro en un embudo, el líquido filtrado se colocó en la estufa durante 6 horas a una temperatura de 80ºC, esto para que se evaporara totalmente el etanol.

Después de que se evaporara totalmente el etanol, con ayuda de una espátula se retiró el excedente que quedo en el vaso, se pesaron 186mg del polvo y se agregó en un matraz aforado a 25 ml con metanol, esa solución se representa como una solución madre, de la cual se derivan otras muestras a diferentes concentraciones.

Solución madre= (186.6 mg) (0.025 L) = 4.66 mg/L – 4.66 ppm

C. Pruebas por lotes de adsorción

Primero se hizo una solución de acetonitrilo y de agua HPLC, en donde se agregaron 150ml de acetonitrilo y 450ml de agua HPLC.

De la solución madre se derivaron varias muestras a diferentes concentraciones:

Tabla 1. Concentraciones de las muestras.

Concentración (ppm)	
0.2 ppm	1.072 ml
0.4 ppm	2.145 ml
0.6 ppm	3.218 ml
0.8 ppm	4.291 ml
1.0 ppm	5.364 ml

Una de las muestras fue a 0.8ppm, lo que equivale a 4.29ml, entonces de la solución madre se tomaron 4.29ml y se aforo con la solución del acetonitrilo y agua HPLC en un matraz de 25ml, esta solo se mantuvo en agitación sin temperatura y sin ningún tratamiento, esto quiere decir que no se le agregaron perlas del hidrogel.

Para la segunda muestra se tomó otra solución a una concentración de 0.8 ppm y se aforo con acetonitrilo y agua HPLC, se agregó a un vaso de precipitado para posteriormente agregar 0.5gr de hidrogel, se mantuvo en agitación durante 30 minutos sin temperatura.

Por último, se hizo una última solución a 0.8ppm, se hizo aforo con el agua HPLC y el acetonitrilo, se le agregaron 0.5gr de hidrogel y se mantuvo en agitación pero ahora por 1 hora y de igual manera, sin temperatura.

D. Medición de la capacidad de adsorción a través de HPLC

Para revisar la adsorción de las perlas se hicieron muestras de la solución con tratamiento y sin tratamiento. Lo primero que se hizo fue tomar la muestra con una jeringa y se pasó a un tubo de centrifuga, filtrándose con un filtro para jeringa con membrana de Nylon de 25mm. Después esa misma solución se vuelve a filtrar con otra jeringa y otro filtro, esto para evitar que se mezcle la suciedad, se agrega en un nuevo tubo y se tapa. Esto se hizo con las 3 muestras, en cada filtrada se usaba una jeringa nueva y un filtro de Nylon, nuevo.

Después de que todas las muestras se filtraran dos veces, se pasaron las muestras filtradas por segunda vez al equipo ultrasónico durante 20 minutos, posterior a esto se llevaron al equipo de HPLC donde se hicieron las pruebas.

IV. RESULTADOS

A. Síntesis de hidrogel de quitosano - alúmina

Se logró sintetizar perlas de hidrogel a base de quitosano-alúmina. Las perlas sintetizadas se formaron a diferentes diámetros.

Figura 1. Perlas sintetizadas

B. Preparación del agua residual sintética

Los resultados que se obtuvieron fueron muy favorables, ya que cuando se disolvió la pastilla con el etanol, se logró disolver la mayor cantidad, lo sobrante se retiró cuando se hicieron las filtraciones, posterior a eso cuando se mantuvo en la estufa se evaporo el etanol por completo y quedaron algunas partículas pegadas en el vaso, eso se raspo y se disolvió con metanol y se obtuvo la solución madre.

Figura 2. Solución madre

C. Medición de la capacidad de adsorción a través de HPLC

De acuerdo con (Alcántara, 2021), el tiempo de retención para el etinilestradiol va desde los 3.092 y 8.958 minutos.

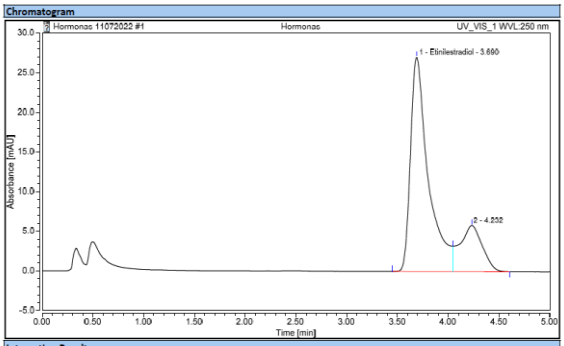
La primera muestra que se realizo fue la que no tenía ningún tratamiento, como se puede observar en la figura 3, el tiempo de retención es de 3.69 minutos, la altura del pico es de 27.036 mAU, con un área de 5.468 mAU*min, esto quiere decir que hay presencia de etinilestradiol.

Chromatogram and Results

Injection Details

Injection Name:	Hormonas	Run Time (min):	5.00
Vial Number:	0	Injection Volume:	1.00
Injection Type:	Unknown	Channel:	UV_VIS_1
Calibration Level:		Wavelength:	250
Instrument Method:	Hormonas	Bandwidth:	n.a.
Processing Method:	New Processing Method	Dilution Factor:	1.0000
Injection Date/Time:	11/jul/22 14:47	Sample Weight:	1.0000

Chromatogram

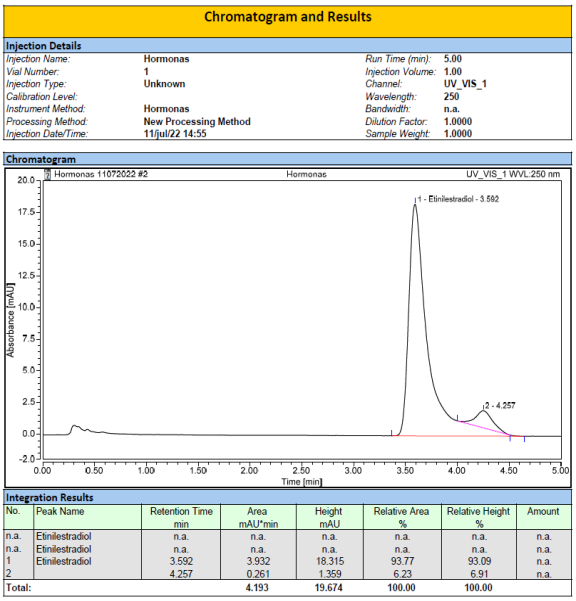


Integration Results

No.	Peak Name	Retention Time min	Area mAU*min	Height mAU	Relative Area %	Relative Height %	Amount
n.a.	Etinilestradiol	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
n.a.	Etinilestradiol	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
1	Etinilestradiol	3.690	5.468	27.036	78.69	82.29	n.a.
2		4.232	1.481	5.818	21.31	17.71	n.a.
Total:			6.948	32.854	100.00	100.00	

Figura 3. Cromatograma y resultados de la primera muestra

La segunda muestra que se analizo fue a la que se le aplico el tratamiento del hidrogel a 30 minutos, en la figura 4, el tiempo de retención es de 3.592 minutos, se refleja una gran diferencia ya que la altura disminuyo a 18.315 mAU, con un área de 3.932 mAU*min, esto resulta que no elimino por completo el etinilestradiol pero se nota que disminuyo la concentración de este.



Chromatogram and Results

Injection Details

Injection Name:	Hormonas	Run Time (min):	5.00
Vial Number:	1	Injection Volume:	1.00
Injection Type:	Unknown	Channel:	UV_VIS_1
Calibration Level:		Wavelength:	250
Instrument Method:	Hormonas	Bandwidth:	n.a.
Processing Method:	New Processing Method	Dilution Factor:	1.0000
Injection Date/Time:	11/jul/22 14:55	Sample Weight:	1.0000

Chromatogram

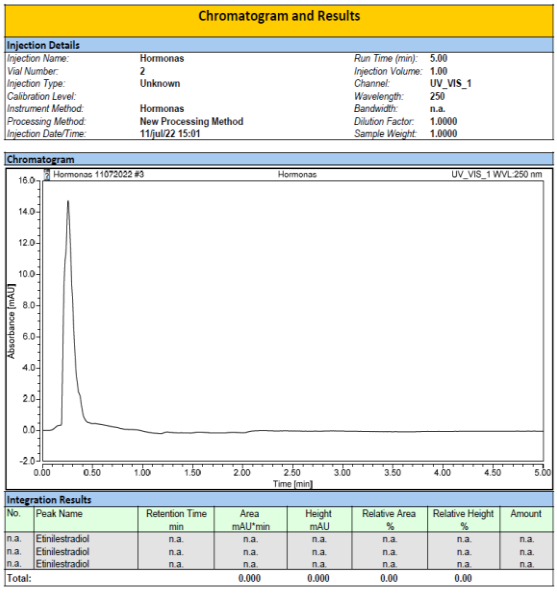
Integration Results

No.	Peak Name	Retention Time min	Area mAU*min	Height mAU	Relative Area %	Relative Height %	Amount
n.a.	Etinilestradiol	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
n.a.	Etinilestradiol	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
1	Etinilestradiol	3.592	3.932	18.315	93.77	93.09	n.a.
2		4.257	0.261	1.359	6.23	6.91	n.a.
Total:			4.193	19.674	100.00	100.00	

Figura 4. Cromatograma y resultados de la segunda muestra

Y por último en la figura 5 se muestra que el tratamiento a una hora es más eficaz, debido a que logro eliminar por completo el etinilestradiol.

Los picos que se muestran al principio de todos estos cromatogramas corresponden al solvente con el que se hicieron muestras que pertenecen al metanol.



Chromatogram and Results

Injection Details

Injection Name:	Hormonas	Run Time (min):	5.00
Vial Number:	2	Injection Volume:	1.00
Injection Type:	Unknown	Channel:	UV_VIS_1
Calibration Level:		Wavelength:	250
Instrument Method:	Hormonas	Bandwidth:	n.a.
Processing Method:	New Processing Method	Dilution Factor:	1.0000
Injection Date/Time:	11/jul/22 15:01	Sample Weight:	1.0000

Chromatogram

Integration Results

No.	Peak Name	Retention Time min	Area mAU*min	Height mAU	Relative Area %	Relative Height %	Amount
n.a.	Etinilestradiol	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
n.a.	Etinilestradiol	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
n.a.	Etinilestradiol	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Total:			0.000	0.000	0.00	0.00	

Figura 5. Cromatograma y resultados de la tercera muestra

Los resultados que obtuvimos se pueden observar en la tabla 2, donde se representan con una curva de calibración, las concentraciones del etinilestradiol.

Tabla 2. Concentraciones de la curva de calibración

Concentración (ppm)	Área bajo la curva
0.2 ppm	21.002
0.4 ppm	46.46
0.6 ppm	75.261
0.8 ppm	99.822
1.0 ppm	148.942

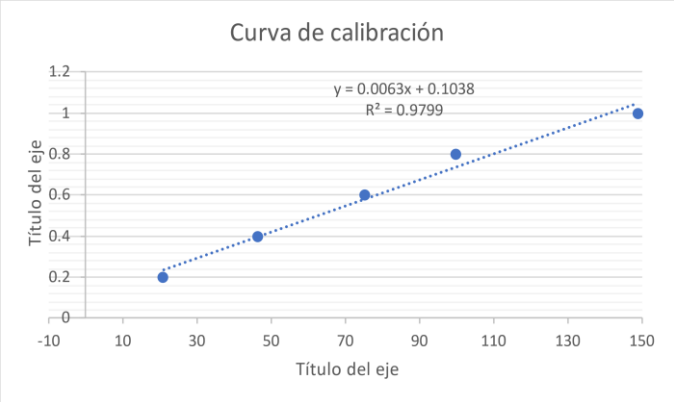


Figura 6. Curva de calibración

V. CONCLUSIONES

En este proyecto se llevó a cabo la aplicación de un tratamiento avanzado de agua residual, en este caso se usó con agua sintética para probar que tuviera este estrógeno sintético, el propósito u objetivo que se tenía era hacer un tratamiento que pudiera remover esos contaminantes que son difíciles de eliminar, que a pesar de que sus concentraciones son muy bajas pueden llegar a tener un gran impacto con el ambiente, teniendo problemas de salud para los animales que consuman el agua o para el ser humano e inclusive para la flora.

Como se vio anteriormente se cumplió lo que se propuso ya que este tratamiento es eficaz para la remoción de este contaminante emergente, se vio que a mayor tiempo más satisfactorio es el resultado, ya que tan solo en una hora pudo remover el etinilestradiol por completo. El hidrogel tuvo un muy gran desempeño ya que es considerado como un gran adsorbente, por las propiedades en las que fue creado.

VI. AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer al profesor Iván Toledo Manuel, ya que durante todo el verano estuvo atento en el proceso del desarrollo de este proyecto y colaboro en todo lo que se hacía, a Fernando, quien nos ayudó con el proceso de la medición en el HPLC, para obtener resultados, al profesor José Emmanuel Ambrosio, quien también colaboro en el desarrollo del proyecto y a mi compañera Julieta, quien fue con la que me apoye durante este proceso y al verano por aceptar mi proyecto.

REFERENCIAS

1. García Rojas, Norma; Villanueva Díaz, Paola; Campos Medina, Eduardo; Velázquez Rodríguez, Alma. (2012). Análisis de la adsorción como método de pulimiento en el tratamiento de A. R..

2. López Ibáñez, Cesar. (2022). La adsorción como tecnología de purificación de agua.

3. Suarez Ospina, Daniela; Morales Hernández, Yovanny.(2018). Principios básicos de la cromatografía líquida de alto rendimiento para la separación y análisis de mezclas.

4. Wanga, Jianlong; Guo, Xuan. (2020). Adsorption kinetic models: Physical meanings, applications, and solving methods.

5. Cedillo, Aritz. (2022). Tipos de estrógeno y su conexión con el cáncer de mama.

6. Robledo Zacarías, V. H., Velázquez Machuca, M. A., Montañez Soto, J. L., Pimentel Equihua, J. L., Vallejo Cardona, A. A., López Calvillo, M. D., & Venegas González, J. (2017). Hidroquímica y contaminantes emergentes en aguas residuales urbano-industriales de Morelia, Michoacán, México.

7. Ramírez-Sánchez Irwing M.; Martínez-Austria Polioptro; Quiroz-Alfaro Marco A.; Bandala Erick R. (2015). Efectos de los estrógenos como contaminantes emergentes en la salud y el ambiente.

8. Jiménez Cisneros, Blanca E. (2001). La contaminación ambiental en México.

9. Estrada Arriaga E. B.; Mijaylova Nacheva P.; Moeller Chávez G; Mantilla Morales G.; Ramírez Salinas N.; Sánchez Zarza M. (2013). Presencia y tratamiento de compuestos disruptores endócrinos en aguas residuales de la Ciudad de México empleando un biorreactor con membranas sumergidas.

10. Alcántara Gutiérrez, Yoel Segundo. (2021). Desarrollo de un método analítico por cromatografía líquida de alta eficacia para la cuantificación de etinilestradiol y desogestrel comprimidos.

SISTEMA CLASIFICADOR USANDO VISIÓN POR COMPUTADORA.

León Ortiz Martha Paola
Universidad Politécnica de Querétaro.
Carretera 420 s/n, El Rosario
C.P. 76240, Santiago de Querétaro, Qro.
120034763@upq.edu.mx

Rodríguez Abreo Omar
Universidad Politécnica de Querétaro.
Carretera 420 s/n, El Rosario
C.P. 76240, Santiago de Querétaro, Qro.
Omar.rodrígue@zupq.mx

Resumen — En este reporte se muestra el desarrollo y análisis de un clasificador paramétrico realizado con visión artificial para la identificación automática a través del uso de imágenes de tipo RGB para la extracción de características y parámetros de reconocimiento como son los geométricos (basados en el tamaño, posición o forma), y los estadísticos (vector media y matriz de covarianza), que hacen posible el estudio y la clasificación de botellas a partir de los momentos invariantes de Hu.

En este reporte se utiliza un conjunto de tres botellas con muestras de 20 imágenes cada uno. Se usa un clasificador bayesiano por su velocidad, baja complejidad y efectividad esperando resultados que determinen el tipo y la clase con corto tiempo de respuesta y precisión.

Palabras clave — momentos invariantes hu, visión por computadora, clasificador bayesiano.

Abstract — This report shows the development and analysis of parametric classifier made with artificial vision for automatic identification through use of RGB images. For the extraction of features and recognition parameters such as geometric (based on size, position or shape), and statistical (mean vector and covariance matrix), which make possible the study and bottle classification from the invariant moments of Hu.

A set of three bottles with samples of 20 images each is used in this report. A Bayesian classifier is used for its speed, low complexity and effectiveness expecting results that determine the type and class with short response time and accuracy.

Keywords — Hu's invariant moments, artificial vision, Naive Bayes clasiffier.

I. INTRODUCCIÓN

Actualmente la inteligencia artificial ha pasado a ser la base de la tecnología de nuestro día a día. Debido a la alta demanda de producción y requerimientos que tienen las empresas, el uso de la visión artificial se ha vuelto una alternativa muy usada para el desarrollo de algoritmos de identificación automática mediante el uso de imágenes procesadas, esta técnica ha incrementado su alcance debido a su simplicidad y efectividad llegando hasta su aplicación en la industria manufacturera adecuando su implementación para la mejora e incremento de la calidad en procesos productivos tal como su aplicación en clasificadores de control de calidad.

Existen diversos métodos de reconocimiento automático que implementan algoritmos de visión, sin embargo, debido a la accesibilidad y simplicidad; los clasificadores bayesianos se vuelven una opción de bajo coste y fácil procesamiento computacional.

En este reporte se analiza el uso de las imágenes procesadas que proporcionan información de patrones geométricos que pueden ser invariantes a la rotación, escalamiento y traslación de la imagen [2]. Así como la segmentación en escala de grises de imágenes RGB que proporcionan la información suficiente para la interpretación y determinación de los momentos invariantes de Hu y así otorgar características específicas a cada grupo de imágenes para su clasificación.

II. MARCO TEÓRICO (OPCIONAL)

a) Procesamiento de imágenes

En la tecnología basada en visión artificial el procesamiento de imágenes es de importancia para la recopilación de información útil. Es un proceso que se inicia con la captura de una imagen digital de tipo RGB (red, green, blue) donde cada píxel de la imagen tiene estos tres atributos y cada uno posee un rango de 0 a 255 en este formato, es decir, cada píxel puede llegar a tener 255^3 $(16,581,375)$ colores diferentes [2]. Cuando la imagen pasa a convertirse en una imagen a escala de grises cada píxel posee un único atributo con un valor que va de 0 (negro) a 255 (blanco) que determinada cual es la tonalidad de gris que toma un píxel, de esta manera se obtiene una imagen de versión compacta para la aplicación de algoritmos.

El método de segmentación de imágenes de valor umbral divide las partes constituyentes hasta un nivel de subdivisión en el que se aíslan las regiones de interés, para diferenciar un objeto del fondo de la imagen se aplica el método de binarización. Para binarizar una imagen se elige un valor adecuado de umbral para determinar los niveles de grises de la imagen, los niveles de grises menores al umbral calculado se convertirán en negro y todos los mayores en blanco.

b) Característica Geométricas

Las características geométricas son de importancia para la clasificación de un objeto ya que proveen información de tamaño y forma de región, estas permiten el reconocimiento de propiedades básicas de la región que se desea reconocer tales como: área de la región, redondez, longitud de borde, elongación, coordenadas x, y; así como el centro de gravedad, rectangularidad, proyección, excentricidad, diámetro equivalente, orientación, solidez, extensión, elipsidad (varianza, orientación, excentricidad, área eje mayor, eje menor, centro de elipse x, y) [1]. Aunque, el sistema de clasificación que se busca en este reporte debe permitir realizar un reconocimiento automático independientemente de su orientación, localización y tamaño, es decir, debe ser invariante a escala, rotación y traslación.

c) Momentos de Hu

El momento de una imagen consiste en una media ponderada de las intensidades de los pixeles de una imagen o una función de dichos valores que son seleccionados ya que representan propiedades de interés, su uso se relaciona con la descripción de objetos tras el procesamiento y segmentación de una imagen. Su aplicación parte de los momentos ordinarios que son invariantes en cuanto a rotación, traslación o posición de la imagen. Tomando a $f(x,y)$ como la intensidad del punto (x,y) en una región. El momento de orden $(p+q)$ para la región se define en la Ec. (1) [4-5].

$$m_{pq} = \sum_{x}\sum_{y} x^{p} \quad {}^{q}f(x,y) \qquad (22)$$

Donde:

El sumatorio se toma sobre todas las coordenadas espaciales (x,y) de los puntos de la región segmentada.

Para el cálculo de los momentos centralizados la forma que se requiere está definida de la siguiente manera:

$$\mu = \sum_{x=1}^{M} (x-\bar{x})^{p}\,(y-\bar{y})^{q}\,f(x,y) \qquad (23)$$

Donde:

$$\bar{x} = \frac{m_{10}}{m_{00}} \qquad (24)$$

$$\bar{y} = \frac{m_{01}}{m_{00}} \qquad (25)$$

Los momentos centralizados normalizados se definen como:

$$\eta_{pq} = \frac{\mu_{pq}}{{\mu_{00}}^{k}} \qquad (26)$$

Donde:

$$k = \frac{(p+q)}{2} \quad y \quad p+q \geq 2$$

Los momentos centralizados normalizados son invariantes a la posición y a la escalada. Para conseguir la invarianza ante la rotación, se obtienen los momentos invariantes de Hu.

$$\varphi_1 = \mu_{20} + \mu_{02} \quad (27)$$

$$\varphi_2 = (\mu_{20} - \mu_{02})^2 + 4\mu_{11}{}^2 \quad (28)$$

$$\varphi_3 = (\mu_{30} - \mu_{12})^2 + (3\mu_{20} - \mu_{03})^2 \quad (29)$$

$$\varphi_4 = (\mu_{30} - \mu_{12})^2 + (3\mu_{21} - \mu_{03})^2 \quad (30)$$

$$\varphi_5 = (\mu_{30} - 3\mu_{12})(\mu_{30} - \mu_{12})^2[(\mu_{30} - \mu_{12})^2 - 3(\mu_{21} + 3\mu_{03})^2] + (3\mu_{21} - \mu_{03})(\mu_{21} + \mu_{03})[3(\mu_{30} - \mu_{12})^2 - (\mu_{21} + 3\mu_{03})^2] \quad (31)$$

$$\varphi_6 = (\mu_{20} - \mu_{02})[(\mu_{30} + \mu_{12})^2 - 3(\mu_{21} - \mu_{03})^2] + 4\mu_{11}(\mu_{30} + \mu_{12})(\mu_{21} - \mu_{03}) \quad (32)$$

$$\varphi_7 = (3\mu_{21} - \mu_{03})(\mu_{30} + \mu_{12})[(\mu_{30} - \mu_{12})^2 - 3(\mu_{21} + 3\mu_{03})^2] + (3\mu_{12} - \mu_{30})(\mu_{21} + \mu_{03})[3(\mu_{30} - \mu_{12})^2 - (\mu_{21} + 3\mu_{03})^2] \quad (33)$$

III. MATERIALES Y MÉTODOS

Por su uso en el estudio de análisis de datos y el desarrollo de algoritmos, así como la creación de modelos se utilizo la plataforma de programación y cálculo numérico *MATLAB*.

La metodología utilizada en el desarrollo del clasificador mostrada en la Fig. 1 se puede resumir a 3 procesos principales, los cuales poseen cada uno, un desarrollo de programación pertinente para la ejecución de un programa basado en el perfeccionamiento del entrenamiento del mismo clasificador.

a) En el primer proceso se establecen normas para la captura de imágenes donde el tamaño, orientación, calidad, así como la iluminación son de importancia para evitar la recopilación de información que genere ruido al realizar la segmentación.

b) En el segundo proceso se realiza el procesamiento de imagen a escala de grises.

c) En el tercer proceso se realiza la extracción de características geométricas que determinaran la clase perteneciente de acuerdo con la selección del objeto (en este

caso de la botella seleccionada) calculando el umbral adecuado para la extracción de características que más adelante se utilizaran para determinar la clase especificada, además de evitar la pérdida de información útil.

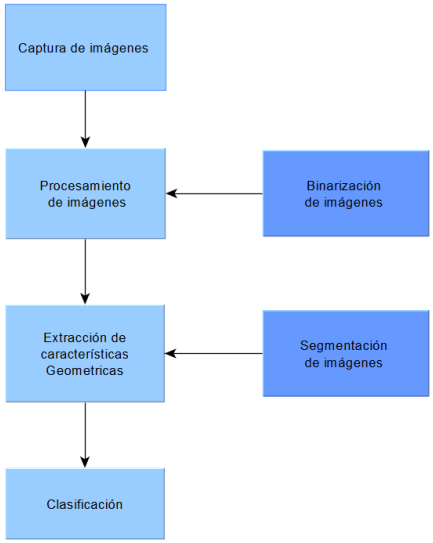


Fig 1. Metodología propuesta.

El algoritmo desarrollado para el entrenamiento del clasificador paramétrico bayesiano se determinó de la siguiente manera:

1. Se debe obtener un vector que contenga características distintivas de la imagen. En la selección se debe considerar que para la obtención del vector es importante que dichas características no sean dependientes entre sí, el vector se determina por los momentos Hu de la Imagen, para esto se utiliza la función *momentos _Hu(I)* la cal calcula los momentos Hu de las imágenes a partir de los niveles de grises.
2. Se calcula la media y la covarianza de cada clase para ellos se toman 3 conjuntos (uno por clase) de 20 imágenes, se crea una matriz que contenga los vectores de características.
3. Se calcula las medias de las clases, y una vez que se tiene dicha media se procede a calcular la covarianza como se muestra en la siguiente figura.
4. Para representar gráficamente la covarianza y la media de cada clase se utiliza la función *error_ellipse(C,m)*, la cual solicita los dos parámetros de entrada, en primer lugar la matriz de covarianza, seguida de la media de cada clase, en la imagen generada se grafica la media de cada clase.
5. Se determina la función de decisión del clasificador que se basa en funciones de distribución normal, representada en Ec. 13.

$$d_k(x) = \ln P(C_k) + \ln \frac{1}{(2\pi)^{\frac{n}{2}} |C_k|^{\frac{1}{2}}} \, e^{\frac{1}{2}} (x - \bar{m}_k)^T \, {C_k}^{-1} (x - \bar{m}_k) \qquad (34)$$

Misma, que al realizar las simplificaciones correspondientes se obtiene la función de decisión por clase reescrita de la siguiente manera en la Ec. 14.

$$d_k(x) = \ln P(C_k) + \frac{1}{2}\ln|C_k| - \frac{1}{2}\,\bar{m}_k{}^T C_k{}^{-1}\bar{m}_k + 2x^T C_k{}^{-1}\bar{m}_k - x^T C_k{}^{-1}x \qquad (35)$$

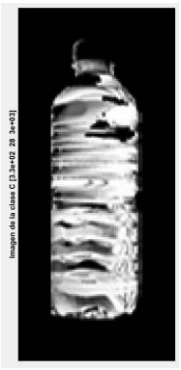
Una vez obtenidos los valores de las funciones de decisión se realiza la clasificación buscando el máximo valor de las funciones de decisión, de acuerdo con la posición en la que este se encuentre se realiza la asignación de clase.

IV. RESULTADOS.

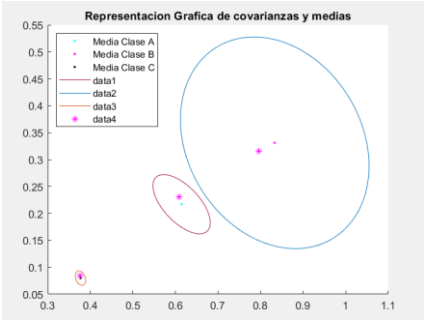
El resultado del procesamiento de imágenes a través de la escala de grises y la extracción de parámetros estadísticos se muestran en la Fig.2 así como la representación del trabajo realizado por el clasificador. Los resultados muestran que cada elipse pertenece a una data que a su vez pertenece a una media de clase según la botella seleccionada. La data 4 varia de posición sin salirse de su clase correspondiente, es aquí donde se pudo determinar la cercanía y precisión que se realizo al momento de la extracción de características geométricas en conjunto de los parámetros estadísticos.

a)

b)



c)



d)

Fig 2. a) Imagen Clase A, b) Imagen clase B, c) imagen clase C y d) Representación de gráfica de covarianza y medias de las tres clases.

V. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Para el entrenamiento del clasificador bayesiano se realizó un total de 10 pruebas con el 50% y el 75% del total de las muestras lo cual determinó que el número de muestras aumenta la exactitud y eficiencia de clasificación, así como una mejora significativa en los tiempos de respuesta.

VI. CONCLUSIONES

En el desarrollo de este proyecto se determinó que para un desempeño optimo del clasificador se requiere una estricta precisión en el tratamiento de imágenes, así como en la determinación del umbral que se propone, ya que esto asegura una extracción de características geométricas de calidad y por ende una precisión en la clasificación.

VII. RECONOCIMIENTOS

Agradezco a la Universidad Politécnica de Querétaro que me ha dado la oportunidad de realizar este proyecto con el fin de impulsar mi desarrollo profesional y académico.

REFERENCIAS

[1] J. Cervantes, J. Taltempa, F. García, J.S. Ruiz, A. Rendon, L.D. Jalili, “Análisis Comparativo de las técnicas utilizadas en un Sistema de Reconocimiento de Hojas de Planta” *Revista Iberoamericana de Automática e Informática industrial*, vol. 14, pp. 104-114, enero 2017.

[2] M. Carmona, “Clasificación Automática del tipo de árbol a partir de las características de sus hojas”, Trabajo fin de grado, Universidad Carlos lll de Madrid, Madrid, España, 2014.

[3] C. Pérez, “Clasificación de objetos rígidos a partir de imágenes digitales, empleando los momentos invariantes de Hu”, Tesis, Informática, Universidad del Mar Campus Puerto Escondido, Puerto Escondido, Oaxaca, 2012.

[4] L.A. Delgado, “Identificación automática de hojas utilizando un clasificador bayesiano”, Tesis, Ingeniería en computación, Universidad Autónoma del Estado de México, Texcoco, Estado de México, 2017.

[5] E. Quesada, “Estudio sobre el uso de sensores RGB-D para el conteo de personas y su caracterización”, Proyecto fin de carrera, Universidad de las Palmas de Gran Canaria, Las Palmas de Gran Canaria, España, 2012

DETECCIÓN DE MÁSCARA FACIAL EN TIEMPO REAL Y DETECCIÓN TÉRMICA CON RESPUESTA DE AUDIO PARA COVID - 19

Cristian Antonio Vallejo Cabrera
Universidad Politécnica de Querétaro
Carr. Estatal 420 s/n
C.P. 76240, El Marqués, Qro.
019029538@upq.edu.mx

Ana Laura Lira Cortes
Universidad Politécnica de Querétaro
Carr. Estatal 420 s/n
C.P. 76240, El Marqués, Qro.
ana.lira@upq.mx

Resumen — Este trabajo presenta la implementación de un sistema inteligente para detectar la máscara facial de los usuarios en tiempo real, esto se logrará por medio de la inteligencia artificial aplicada. El sistema propuesto es aplicado a un entrenamiento por medio de imágenes “negativas” y “positivas” que consisten en diferentes características para lograr un entrenamiento y funcionamiento adecuado

Palabras clave — visión artificial, mascarilla facial, COVID-19.

Abstract — This work presents the implementation of an intelligent system to detect the facial mask of users in real time, this will be achieved through applied artificial intelligence. The proposed system is applied to training through "negative" and "positive" images that consist of different characteristics to achieve adequate training and functioning.

Keywords — machine vision, face mask, COVID-19.

I. INTRODUCCIÓN

Hoy en día nos enfrentamos a una crisis a nivel mundial por causa del virus COVID-19, esto ha obligado a la población y a las organizaciones de todo tipo a implementar protocolos y medidas sanitarias para evitar o disminuir la cadena de contagios. De manera específica, observamos los filtros sanitarios en las entradas o accesos a tiendas, centros comerciales, hospitales, instituciones educativas entre otras, donde existe la concurrencia de un gran número de personas y se hace necesario llevar a cabo controles como la aplicación de gel antibacterial en las manos, el uso obligatorio de mascarilla y la medición de la temperatura a cada individuo para permitir el acceso a las instalaciones.

Este documento presenta un modelo basado en visión artificial entrenado para el reconocimiento de la mascarilla que portan las personas, diferenciando si está colocado correctamente, si está mal puesto o si la persona no lo está utilizando.

II. MARCO TEÓRICO

Gracias a la tecnología se han podido desarrollar soluciones que contribuyen a contrarrestar los efectos que la pandemia trajo consigo para las personas y las organizaciones, en particular, la prevención de los contagios ha sido un aspecto de gran relevancia, por lo que se han realizado diversos trabajos de investigación aplicada para la detección de mascarillas faciales, algunos de ellos se mencionan a continuación, así como la descripción de las tecnologías utilizadas para este tipo de desarrollos.

Arce (2020) desarrolló un "*Algoritmo para la detección del uso de la mascarilla en tiempo real, utilizando herramientas de aprendizaje automático*" dentro de una disciplina que se conoce como Visión Artificial. El objetivo es que la aplicación que contiene este algoritmo detecte si una persona lleva o no la mascarilla puesta. Algo que podría resultar para nuestro cerebro una tarea bastante simple, reviste de alguna complejidad, y lo hacemos utilizando una tecnología conocida como Aprendizaje Profundo (Deep Learning) donde resaltan las CNN.

Este Algoritmo fue desarrollado por el Dr. Juan Ignacio Barrios, médico especialista en informática médica, Máster en Business Intelligence y experto en Big Data y ciencia de datos. Aplicando este algoritmo con el fin de evitar la propagación del virus Covid-19. El Dr. utilizó este programa en la Universidad de Rochester, NY de los Estados Unidos; para lograr el entrenamiento del algoritmo se necesitaron un total de 3835 imágenes, teniendo 1616 imágenes con mascarilla y 1919 imágenes sin mascarilla, cumpliendo así con el objetivo total de las imágenes y comprobando que para un entrenamiento más preciso se necesita una gran cantidad de imágenes. El resultado final fue el esperado, teniendo una precisión de entrenamiento del 99.5%, capaz de detectar si el usuario tiene mascarilla facial o no la tiene.

La mayor dificultad de este algoritmo fue el banco de imágenes con diferentes rostros; podría utilizarse el mismo rostro para entrenarlo, pero eso limitaría un poco al algoritmo para manejar otro tipo de parámetros que cada rostro propone. Por eso mismo se dio la tarea de recabar las imágenes con diferentes personas.

El algoritmo del "*Sistema de Reconocimiento Facial, medición de temperatura y uso de mascarillas, utilizando Raspberry PI y Machine Learning*" desarrollado por Molina (2022) trabaja con varios sensores, así como cámaras web y tarjetas de adquisición y procesamiento de datos. Tal es el caso de la Raspberry Pi utilizando software libre en su programación y usando herramientas de tecnología de aprendizaje automático, la cámara puede obtener la imagen correcta que será verificada por reconocimiento facial y uso de mascarillas.

Una red neuronal está entrenada para recordar una serie de patrones (en este caso, caras y características individuales), si el entrenamiento es lo suficientemente bueno, teniendo en cuenta los cambios de luz, posición, etc., entonces el resultado es óptimo. Todo esto es computacionalmente costoso si se hace en computadoras convencionales donde solo están disponibles microprocesadores relativamente pequeños trabajos secuenciales complejos que requiere paralelismos simulados.

La tecnología de reconocimiento facial basada en la web se utiliza para el reconocedor de Redes neuronales incluidas en el paquete OpenCV. Ejecutar el script después de este Python train_mask_detector.py en el entorno creado en la terminal Raspberry Pi, si el código es correcto, comience a entrenar depende de cuántas épocas haya para determinar 20 en este caso, debemos tener en cuenta que entrenar al reconocedor dará mejores resultados.

Este algoritmo se encuentra en prueba y estudiado en la Facultad de Ingeniería Industrial de Guayaquil, Ecuador. Actualmente se sigue aplicando y estudiando para mejorar su capacidad y rendimiento y tener un resultado más preciso para poderlo aplicar en instituciones, negocios, empresas y más.

Como parte de los fundamentos teóricos que sustentan este trabajo, a continuación, se explicará brevemente la tecnología necesaria para el desarrollo e implementación de soluciones tecnológicas de vanguardia que utilizan visión artificial. Por ejemplo, la *Inteligencia Artificial* como una disciplina que desarrolla y replica la inteligencia y sus procesos a través de la computación. Es la combinación de algoritmos planteados con el propósito de crear máquinas que presenten las mismas capacidades que el ser humano dándonos como resultado sucesos o eventos muy similares a la interpretación de la mente humana, esto gracias a los algoritmos complejos que se manejan para que la máquina tenga un entendimiento concreto. Russell, Norvig (2009).

Otro componente de gran importancia para estas aplicaciones, son las *Redes neuronales artificiales,* mismas que están inspiradas en las Redes Neuronales Biológicas del ser humano. Son diseñadas para simular la forma en que el cerebro humano analiza y procesa la información de manera coherente y lo más precisa posible para lograr un mejor resultado. Dayhoff (1990). Tienen capacidades de autoaprendizaje que les permiten producir mejores resultados a medida en que se dispone de más datos. Es decir, aprenden en base a la experiencia a la que son expuestas, generalizando así ejemplos nuevos y obteniendo características nuevas que les permite tener un mejor aprendizaje. Debido a esto, se han tenido mejores resultados en proyectos y experimentos en las nuevas tecnologías. Diederich (1990).

El concepto de *Visión Artificial* planteado por Alvaear et al (2017), indica que es una disciplina que permite adquirir, procesar, analizar y comprender las imágenes en el mundo real con el fin de producir información numérica para que pueda ser comprendida por el algoritmo de un ordenador. Describe la deducción automática de la estructura y propiedades de un mundo dinámico a partir de una o varias imágenes bidimensionales del objeto. Esto con el fin de obtener aquellos datos concisos que ayudarán a verificar y manipular aquél objeto identificado, haciendo que el sistema aprenda y detecte con mayor facilidad el o los objetos mostrados.

Precisamente el *Reconocimiento de objetos* se conoce como una técnica empleada en la Visión Artificial para identificar objetos en imágenes o secuencias de vídeo. Constituye en una secuencia clave de algoritmos deep y machine learning, esto con el fin de enseñarle a un ordenador a identificar un objeto en las secuencias antes mencionadas. Esto se puede lograr gracias al reconocimiento de patrones que se establecen; permitiendo así una recolección de observaciones o situaciones mostradas al sistema que después son transformadas en datos binarios para que sean reconocidas. Esta técnica es muy aplicada hoy en día debido a su gran compatibilidad con la gran mayoría de situaciones presentadas, un ejemplo muy claro es el que se interpreta en el reconocimiento del camino de un auto inteligente, dando así respuesta rápida para detectar obstáculos.

Una de las herramientas más utilizadas para implementar soluciones con redes neuronales y reconocimiento de objetos tenemos el *TensorFlow,* que es un software de computación creado por Google dentro del campo de Inteligencia Artificial. TensorFlow nace del trabajo de Google Brain gracias a un grupo de ingenieros e investigadores de Google dedicados a investigar dentro del área de IA. Gracias a este avance se ha tenido una gran adaptabilidad en lo que se establece en los programas y algoritmos actuales dentro del área de INteligencia Artificial y Deep Learning, se sabe que actualmente se utiliza TensorFlow hasta en las páginas más básicas hasta las más dinámicas, mejorando así los rendimientos y usos debido a su mayor adaptabilidad. Manuel, (2017).

Un complemento para estas soluciones es *Keras,* que es una biblioteca de redes Neuronales de Código Abierto que proporciona una API de aprendizaje automático de alto nivel para el procesamiento y la manipulación de tensores conocidos como Backend, dando así un resultado una mejor adaptabilidad del algoritmo sobre su uso en TensorFlow, Microsoft Cognitive Toolkit y Theano, facilitando así su codificación. Está especialmente diseñada para posibilitar la experimentación en más o menos poco tiempo con redes de aprendizaje profundo. Ketkar (2017).

El *Algoritmo de entrenamiento en Visión Artificial* se basa en el entrenamiento preciso por medio de imágenes u objetos que cumplan con los parámetros establecidos del proceso. Esto ayudaría a que el algoritmo entrene y almacene estos datos de los cuales se ha ido familiarizando por los objetos o imágenes mostradas, teniendo así más concreto su objetivo y obteniendo un resultado más preciso. Fernando & Botero (2012).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

Para llevar a cabo este proyecto se requieren las siguientes herramientas de software:

- **TensorFlow**
  - Instalar o tener instalado Python (mínimo versión 3.5).
  - Crear un entorno separado para TensorFlow
  - Instalar TensorFlow
  - NVIDIA CUDA Profile Tools Interface (La versión actualizada)
  - Se recomienda tener instalados los siguientes paquetes (se pueden instalar con conda o pip, según se haya escogido):
    - Numpy
    - Pandas
    - Matplotlib
    - Seaborn
    - Ipython
    - Jupyter
    - keras

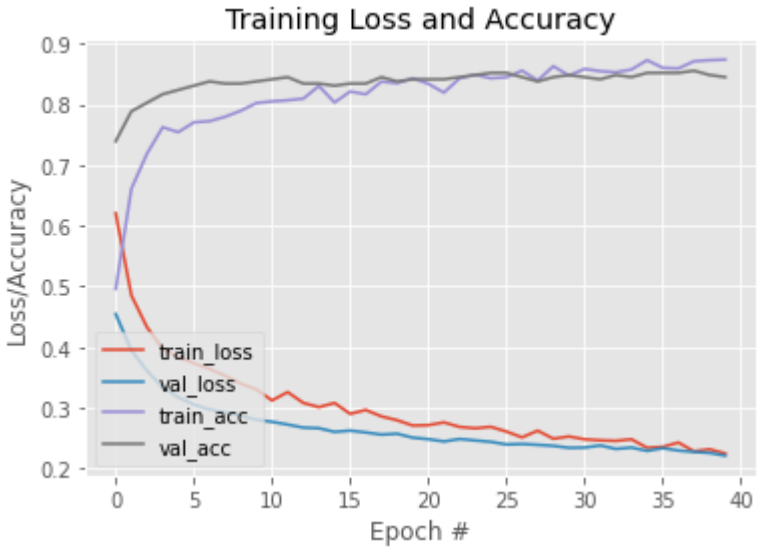
- **Keras**
  - Para instalar Keras solo se necesita tener la versión más actual de TensorFlow
  - Se instala con un sólo comando *pip install keras*

- **Imágenes**
  - Se obtuvieron y normalizaron 1700 imágenes con los rostros de n personas portando la mascarilla correctamente, m personas con la mascarilla colocada incorrectamente y z personas sin mascarilla. El algoritmo para el procesamiento de imágenes encuentra las caras en las imágenes y las recorta a un tamaño predefinido de 224 por 224 píxeles para reducir el tamaño de la imagen y facilitar el procesamiento.
  -

Una vez instaladas las herramientas y teniendo el set de imágenes procesadas, se procede con el entrenamiento de una red neuronal usando la base de MobileNetV2 de la librería Keras y agregando una capa de tipo *dense* de 128, una capa *dropout* con una probabilidad del 50% y una capa *dense* con 3 nodos para la salida

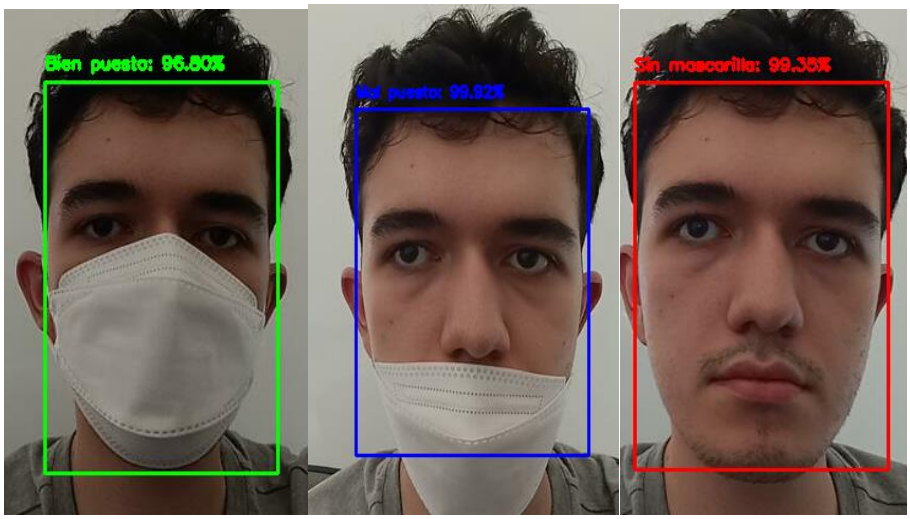
IV. RESULTADOS

Después del entrenamiento la red neuronal pudo identificar correctamente el estado de la mascarilla el 84% de las veces usando diferentes tipos y colores de mascarillas que no estaban en la base de datos que se usó para entrenar la inteligencia artificial.



El programa toma las imágenes de una cámara de video y analiza cada uno de los fotogramas para encontrar los rostros y analizarlos usando la red neuronal para determinar el estado del cubre bocas, también muestra los porcentajes de confianza que tiene el algoritmo en el resultado.

El color verde indica que el cubre bocas esta bien puesto, el azul que esta mal puesto y el rojo que no trae mascarilla, sobre los cuadros de color esta el resultado del analisis y el porcentaje de confianza.



V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En este proyecto se propuso y realizó la implementación de un algoritmo de entrenamiento de redes neuronales con visión artificial para la identificación de la mascarilla sanitaria bajo tres condiciones: mascarilla colocada correctamente, mascarilla colocada incorrectamente y sin mascarilla.

Se evaluó la eficacia del entrenamiento de la red neuronal y se obtuvo un grado de precisión mayor al 84%, lo cual nos indica que el algoritmo utilizado está generalizando adecuadamente los casos de prueba en tiempo real, por lo cual, los resultados obtenidos muestran un alto grado de confiabilidad.

En la siguiente etapa del proyecto se procederá con la construcción de un prototipo físico que incorpore sensores de temperatura y, de acuerdo al resultado de la detección de la mascarilla y la lectura térmica, el programa determinará si es posible o no el acceso del individuo a un recinto.

VI. AGRADECIMIENTOS

Nuestro agradecimiento a la Universidad Politécnica de Querétaro y a CONACyT por las facilidades y el apoyo otorgado para la realización de la estancia de verano.

REFERENCIAS

[1] Alvaear V.,Rosero P., Peluffo D., Pijal J. (2017). Internet of things and Artificial Vision, Performance and Applications: Literature Review.

[2] Arce, J. I. B. (2020). Algoritmo para la detección de mascarilla. Juan Barrios. Documento disponible en: https://www.juanbarrios.com/algoritmo-para-la-deteccion-del-uso-de-la-mascarilla/

[3] Dayhoff, J.(1990) Neural Networks Architectures: An Introduction Van Nostrand Reinhold, New York

[4] Diederich, J. ed.(1990) Artificial Neural Networks: Concept Learning Computer Society Press, Los Alamitos, CA,

[5] Fernando, J., & Botero, G. (2012). INTEGRACIÓN DE UN SISTEMA DE VISIÓN ARTIFICIAL A UN ROBOT INDUSTRIAL PARA LA SOLUCIÓN DE UN CUBO DE RUBIK. Edu.co. Recuperado el 25 de julio de 2022, Documento disponible en: https://red.uao.edu.co/bitstream/handle/10614/3196/TMK01036.pdf?sequence=3&isAllowed=y

[6] Ketkar, N. (2017). Introduction to Keras. In: Deep Learning with Python. Apress, Berkeley, CA. https://doi.org/10.1007/978-1-4842-2766-4_7

[7] Manuel, V. M. C. (2017). TensorFlow o cómo será el futuro de la Inteligencia Artificial según Paradigmadigital.com. Recuperado el 25 de julio de 2022, Documento disponible en: https://www.paradigmadigital.com/dev/tensorflow-sera-futuro-la-inteligencia-artificial-segun-google/

[8] Molina, L. J. (2022).Sistema de Reconocimiento Facial, medición de temperatura y uso de mascarillas, utilizando Raspberry PI y Machine Learning. Documento disponible en: http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/59492/1/MOLINA%20MOREIRA%20LUIS.pdf

[9] Russell S, Norvig P. (2009). Artificial Intelligence: A Modern Approach. Prentice-Hall Press.

ESTIMACIÓN DE PARÁMETROS ELÁSTICOS Y TÉRMICOS EN SIMULADORES DE TEJIDO BIOLÓGICO

Andre Leonardo Felix Garcia
Universidad Autónoma de Aguascalientes
Av. Universidad #940, Ciudad Universitaria
C.P. 20100, Aguascalientes, Ags.
al271510@edu.uaa.mx

Ivonne Bazán Trujillo
Universidad Autónoma de Aguascalientes
Av. Universidad #940, Ciudad Universitaria
C.P. 20100, Aguascalientes, Ags.
ivonne.bazan@edu.uaa.mx

Resumen — En este trabajo se presentan el análisis de dos métodos para la obtención de la fase de una señal ultrasónica sometida a una presión respecto a otra que no fue sometida a ninguna presión. Con el propósito, a futuro, de medir la elasticidad que presenta el tejido vivo exponiéndose a diferentes presiones.

Palabras clave — Fase, transformada de Fourier, transformada de Hilbert, elastografía, Ultrasonido.

Abstract — In this work we present the analysis of two methods used to estimate the phase of an ultrasonic signal subjected to a pressure with respect to another that was not subjected to any pressure. With the purpose of, in the future, measuring the elasticity of living tissue exposed to different pressures.

Keywords — Phase, Fourier transform, Hilbert transform, elastography, ultrasound.

I. INTRODUCCIÓN

La elastografía por ultrasonido es una técnica que se utiliza para obtener la elasticidad del tejido estudiado. Este se lleva a cabo mediante un transductor que emite ondas ultrasónicas y que después de pasar por el tejido, las ondas rebotan y este mismo instrumento recibe la señal. Este método se utiliza debido a que se conoce que los atributos mecánicos de un tejido son alterados cuando estos llegan a presentar alguna patología. [1,2]

Existen dos clases de elastografía, siendo una de estas y la aplicada en este trabajo la semicuantitativa. En esta se obtienen los datos del tejido antes de ser expuesta a una presión, para después realizar una comparación con los datos del tejido después de una compresión. [2]

Una característica fundamental para este estudio es la estimación de los desplazamientos producidos en el medio por una presión externa, lo cual, en este trabajo se realiza mediante métodos de estimación de la fase de una señal (obtenida desde el medio deformado), con respecto a una señal de referencia (obtenida desde el medio sin deformar) que indica el desplazamiento entre dichas señales; este desplazamiento puede ser tanto positivo como negativa, lo que indicaría que una señal puede estar adelantada o atrasada respecto a la otra. [3]

II. MARCO TEÓRICO

A. Método con la transformada de Fourier

Para obtener la fase con Fourier se necesita primero cambiar la señal al dominio de la frecuencia. Una vez transformada la función es expresada en una parte real y una imaginaria. Es a partir de estos datos es que se puede obtener la fase de cada frecuencia de la señal usando la formula:

$$\arg\big(X(f)\big) = tan^{-1}\left(\frac{Im\big(X(f)\big)}{Re\big(X(f)\big)}\right) \quad (1)$$

Siendo $Im(X(f))$ la parte imaginaria de la transformada, $Re(X(f))$ la parte real y arg corresponde al argumento o en otras palabras el ángulo. [4]

B. Método de la transformada de Hilbert

Con el procedimiento de la transformada de Hilbert se obtiene una señal muy similar solo que con un cambio de fase de 90º convirtiendo de esta forma los senos en cosenos y los cosenos en senos que conforman la señal.[5] Con esta transformada se pude definir una señal analítica $z(t)$ a partir de la función original $x(t)$ y su transformada de Hilbert $y(t)$.

$$z(t) = x(t) + iy(t) = a(t)e^{i\theta(t)} \quad (2)$$

En donde se obtiene:

$$\theta(t) = tan^{-1}(\frac{y}{x}) \quad (3)$$

En la que $\theta(t)$ se representa como la fase instantánea. [6]

III. METODOLOGÍA

Antes de entrar a los pasos de cada método se necesitan

- Cargar los datos a Matlab.
- Realizar una interpolación en los datos para obtener una mejor resolución de estos.

A. Método con la transformada de Fourier

El algoritmo usado es el siguiente:

1. Usando la transformada rápida de Fourier se cambia todas las señales al dominio de la frecuencia
2. Se acomodan las señales para así tener la frecuencia cero en el centro.
3. Dividir todos los valores sobre N, donde N corresponde a número total de datos de cada señal.
4. Generar un vector F desde menos N/2 hasta N/2 menos uno, donde N corresponde al tamaño total de la cantidad de muestras

5. El vector F se multiplica por la frecuencia de muestreo y se divide sobre N.
6. Graficar los datos con respecto al vector F para observar la transformada de Fourier de las señales.
7. Obtener el ángulo generado con la parte imaginaria con respecto a la parte real de la transformada de Fourier.
8. Conseguir los datos de cada señal de las fases de las tres frecuencias que tengan una mayor magnitud en la transformada.

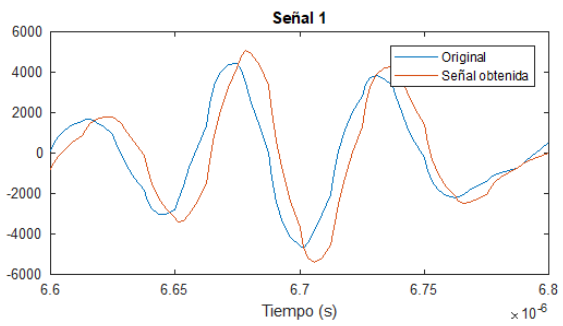
B. Método de la transformada de Hilbert

Tomando los datos obtenidos después de la interpolación se realiza el siguiente algoritmo:

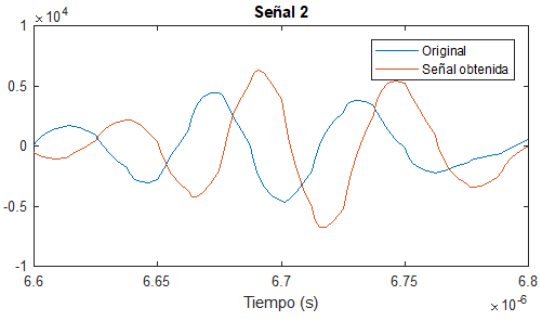
1. Se utiliza el algoritmo de la transformada de Hilbert que viene en Matlab.
2. Obtienes la fase a partir de la tangente que se genera de los valores imaginarios con respecto a los reales de la transformada.
3. De la fase obtenida se realiza una transformación de radianes a grados.
4. Se usa la función de unwrap que permite desenvolver la señal obtenida.
5. Se obtiene la regresión lineal de cada señal.
6. Se grafican los resultados con respecto al tiempo.
7. El valor más importante es el primero de cada señal, por lo que esos son los que se obtienen.

IV. RESULTADOS

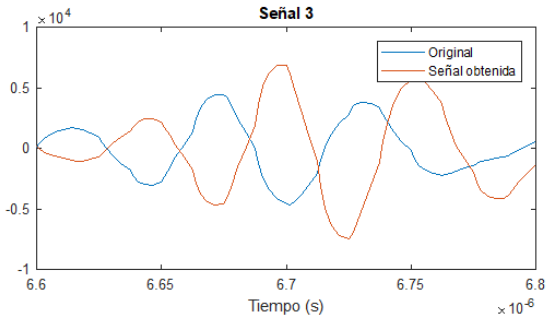
Los resultados se graficaron para tener mayor detalle de lo que está sucediendo con el procesamiento de cada señal. La señal original corresponde a la del tejido biológico sin ningún tipo de presión que lo deforme (señal de referencia), mientras que las numeradas están baja una presión que deforma el tejido.



a)



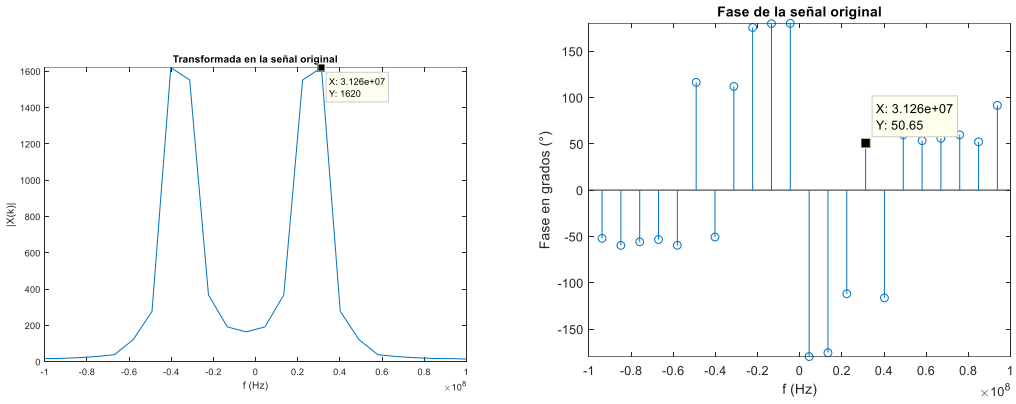
b)



c)

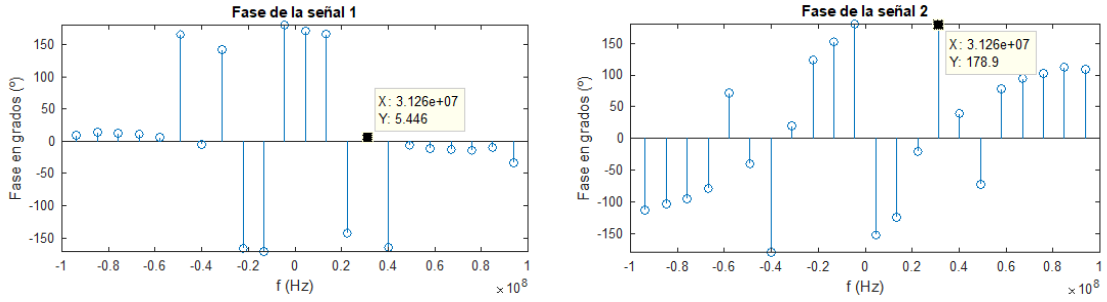
Fig 1. a), b) y c) corresponden a las señales 1, 2 y 3 respecto a la de referencia después de la interpolación

A. Método con la transformada de Fourier

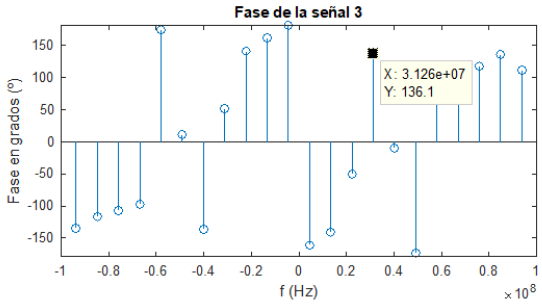


a) b)

Fig 2. a) Transformada de Fourier de la señal original y b) Fase de cada frecuencia de la señal original



a) b)



c)

Fig 3. a), b) y c) corresponden a la fase de cada frecuencia en la señal 1,2 y 3.

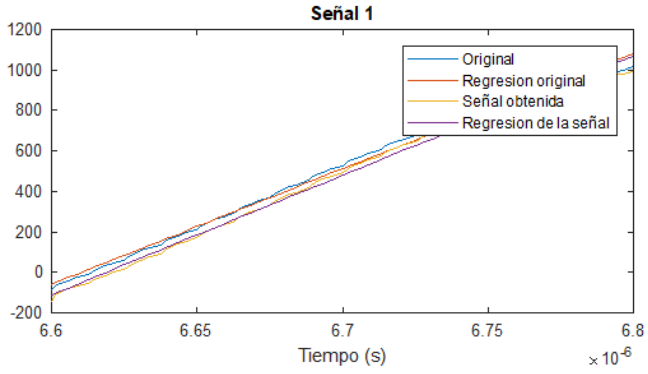
Debido a la gran cantidad de frecuencias que conforman la señal solo se analizaron a detalle las frecuencias de mayor magnitud. La tabla 2 corresponde a los valores de cada señal, pero restando el valor de la señal original de cada frecuencia.

Tabla 1. Fase de cada señal respecto a la señal original de las frecuencias más importantes

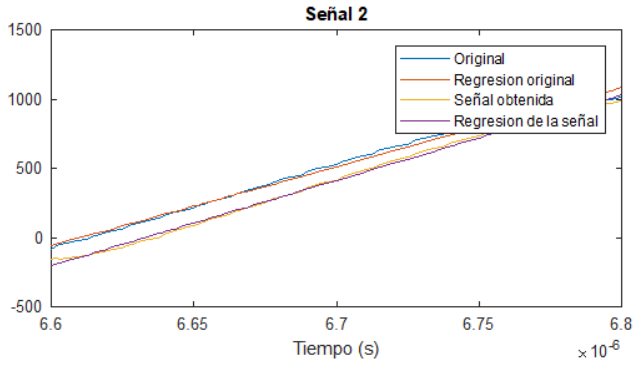
Frecuencia	Señal 1	Señal 2	Señal 3
31.26 MHz	-45.21°	128.25°	85.45°
22.33 MHz	-30.6°	91.44°	61.45°
13.4 MHz	342°	51.6°	35.2°

B. Método con la transformada de Hilbert

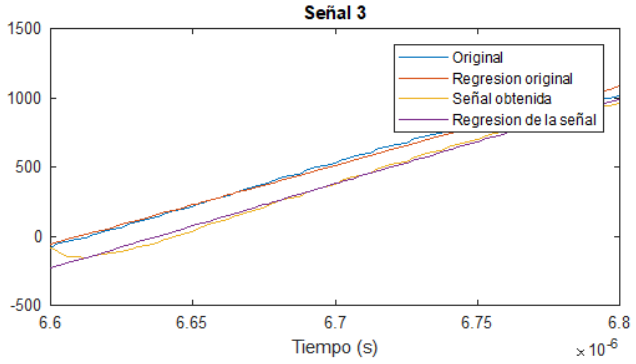
La figura 3 muestra las gráficas de las fases instantánea de cada señal con respecto a la que tomamos de referencia. Y la tabla 2 muestra la diferencia de fase entre las señales obtenidas del tejido comprimido respecto a la de referencia.



a)



b)



c)

Fig 4. a), b) y c) corresponden a la fase instantánea desenvuelta.

Tabla 2. Diferencia de fase instantánea en el respecto a la de referencia.

Señal 1	**Señal 2**	**Señal 3**
-51.818°	-144.321°	-173.1755°

V. CONCLUSIONES

Las gráficas obtenidas a partir de Hilbert nos muestran un desplazamiento hacia debajo de la señal de referencia, esto quiere decir que existe un desfasamiento negativo y por ende la señal en el tiempo se recorrió hacia la derecha debido a la deformación existente en el tejido. El desfasamiento en la señal 3 es mayor que con la señal 1 por lo que se le atribuye una deformación mayor debido a la presión ejercida sobre el tejido.

En cuanto a la transformada de Fourier, se observa que la señal contiene muchos componentes por lo que es necesario un preanálisis para conocer cuáles son las frecuencias más representativas que componen el desfasamiento entre las señales. Este tipo de preanálisis no se desarrollará en este trabajo.

VI. RECONOCIMIENTOS

Expreso mi agradecimiento a la Universidad Autónoma de Aguascalientes y al CONACyT por la convocatoria, por darme una oportunidad para participar en investigación y así como el apoyo otorgado para la realización de este proyecto de investigación mediante el proyecto con clave PII22-1.

REFERENCIAS

[1] Saavedra, A. C., Guerrero, J., Pinto, J., Gonzaléz, E., & Castañeda, B. (Diciembre de 2014). Aspectos físicos de las técnicas elastográficas basadas en ultrasonido. *Carcinos, 4*(2), 35-36. Obtenido de https://www.researchgate.net/profile/Ana-Saavedra-6/publication/335222648_Physical_aspects_of_ultrasound-based_elastographic_techniques/links/5d580d9345851545af4b9186/Physical-aspects-of-ultrasound-based-elastographic-techniques.pdf

[2] Guzmán Aroca, F., Abellán Rivera, D., & Reus Pintado, M. (2014). La elastografía: una nueva aplicación de la ecografía. ¿Cuál es su utilidad clínica? *ScienceDirect, 56*(4), 290-294. doi:https://doi.org/10.1016/j.rx.2012.09.006.

[3] Ávila, C., Gutiérrez, N., Hernández, V., Lezcano, E., Orgoroso, M., Prósper, M., Brum, J., & Servente, L. (2021). Elastografía por ultrasonido Revisión bibliográfica de aspectos técnicos y aplicaciones clínicas a nivel hepático. *Anales De La Facultad De Medicina*, *8*(s1). Recuperado a partir de https://revistas.udelar.edu.uy/OJS/index.php/anfamed/article/view/328

[4] López Salcedo, J. A. (2020). *La Transformada de Fourier. Caracterización frecuencial de señales y sistemas LIT analógicos.* Universidad Abierta de Cataluña. Recuperado el 15 de Junio de 2022, de https://dademuchconnection.files.wordpress.com/2020/02/la-transformada-de-fourier.pdf

[5] Equis, S., & Jacquot, P. (2008). Phase Extraction in Dynamic Speckle Interferometry with Empirical Mode Decomposition and Hilbert Transform. *Strain*, pág. 551. doi: 10.1111/j.1475-1305.2008.00451.x

[6] Carmona, Alejandra, & Poveda, Germán. (2012). APLICACIÓN DE LA TRANSFORMADA DE HILBERT-HUANG EN LA DETECCIÓN DE MODOS DE VARIABILIDAD HIDROCLIMÁTICA EN COLOMBIA.. *DYNA*, *79*(175), 72-80. Retrieved June 16, 2022, from http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0012-73532012000500008&lng=en&tlng=es.

ANÁLISIS IN SILICO DE INHIBICIÓN DE LAS ENZIMAS ASOCIADAS A CÁNCER PRMT5 Y PARP2.

Gerardo Ismael Martinez Alba
Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico Superior de Irapuato
Irapuato-Silao km 12.5 El Copal, 36821 Irapuato, Gto.
LIS18110651@irapuato.tecnm.mx

Felipe Guadalupe Carrillo Landell
Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico Superior de Irapuato
Irapuato-Silao km 12.5 El Copal, 36821 Irapuato, Gto.
felipe.cl@irapuato.tecnm.mx

Resumen — Los objetivos del estudio se enfocaron en el análisis in silico de metabolitos secundarios de Annona muricata, mejor conocido como guanábana, mediante el acoplamiento molecular entre las enzimas poli [ADP-ribosa] polimerasa 2 (PARP2) y la proteína arginina N-metiltransferasa 5 (PRMT5) con metabolitos secundarios de la guanábana para evaluar su acción inhibitoria en dichas enzimas, enzimas que desempeñan un papel importante en el desarrollo de cáncer de mama. El análisis de acoplamiento molecular mostró que los compuestos kaempferol-3-O-rutinósido, coreximina y coclaurina fueron los compuestos que obtuvieron mejores energías de unión como sustratos.

Palabras clave — Acoplamiento Molecular, PARP2 y PRMT5, Annona muricata.

Abstract — The objectives of this study focused on the in silico analysis of secondary metabolites of Annona muricata, better known as soursop, trough molecular docking between Poly [ADP-ribose] polymerase 2 (PARP2) and Protein arginine N-methyltransferase 5 (PRMT5) enzymes and secondary metabolites from soursop plant to evaluate their inhibition action in those enzymes, enzymes witch play an important roll in the breast cancer cells development. The molecular docking analysis showed that kaempferol-3-O-rutinoside, coreximine and coclaurine were the compounds witch earned the best join energy as substrates.

Keywords — Molecular Docking, PARP2 & PRMT5, Annona muricata.

I. INTRODUCCIÓN

El cáncer de mama es una enfermedad con una evolución natural compleja por lo que, a pesar de los avances de la oncología moderna, es la primera causa de muerte por neoplasia en la mujer en el ámbito mundial, con cerca de 500 mil muertes cada año, de las cuales el 70% ocurre en países en desarrollo [3]. El tratamiento integral del cáncer de mama es multidisciplinario, los manejos locorregionales son cirugía y radioterapia en cualquiera de sus tres modalidades (neoadyuvante, adyuvante y paliativa) y el tratamiento sistémico incluye la quimioterapia, la terapia endocrina y la terapia dirigida a blancos molecular [2]. La inhibición de las enzimas poli [ADP-ribosa] polimerasa 2 (PARP2) y la proteína arginina N-metiltransferasa 5 (PRMT5) es una propuesta que cuenta con un alto potencial de ser usado como objetivo de nuevos fármacos para tratar de combatir distintos tipos de canceres; como el cáncer de mama [1,4]. La actividad de la proteína PARP2 en humanos radica en la reparación del ADN dañado, principalmente por el método de reparación por

escisión de bases (BER), donde la síntesis de polímeros de ADP-Ribosa (PAR); que regulan los mecanismos BER, es llevada a cabo por las enzimas poli [ADP-ribosa] polimerasas [Vasil]. Por otra parte, la enzima PRMT5 transfiere grupos metilos de S-adenosilmetionina (SAM) a un residuo de arginina presente en alguna proteína, juega un rol importante en el proceso de *splicing alternativo* de ARNm mediante el proceso de metilación [7]. Los productos naturales, especialmente los derivados de las plantas se han utilizado para ayudar a la humanidad a mantener su salud desde los albores de la medicina, los fitoquímicos de las plantas han sido una vía fundamental para el descubrimiento de novedosos fármacos. En un panorama farmacéutico, las plantas con un largo historial de uso en la medicina son una rica fuente de fitoconstituyentes activos que brindan beneficios medicinales o de salud contra diversas dolencias y enfermedades. Un ejemplo claro de lo último es el uso de la planta *Annona muricata*, mejor conocida como guanábana [5].

II. MATERIALES Y MÉTODOS

Obtención de cristales y ligandos

Los cristales de las enzimas PARP2 y PRMT5 del organismo *Homo sapiens*, fueron obtenidos a partir de la base de datos RCSB PDB (Protein Data Bank) (https://www.rcsb.org/). El cristal con ID 4ZZY fue elegido como modelo para PARP2, mientras que el cristal con ID 6V0P fue usado para los estudios in silico de PRMT5. Las estructuras fueron visualizadas con el software UCSF Chimera v.1.16 y sus dominios conservados fueron obtenidos a partir de la herramienta ScanProsite de Expasy (https://prosite.expasy.org/). Los ligandos procedentes de *Annona muricata* considerados como candidatos para los estudios in silico se obtuvieron a partir del listado generado por Moghadamtousi y su equipo de investigadores (Moghadamtousi *et al*., 2015), haciendo énfasis en aquellos compuestos con estructuras tipo alcaloides. Posteriormente, dichos compuestos fueron buscados en la base de datos Pubchem de NCBI (https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/) para obtener su estructura.

Acoplamiento molecular

El acoplamiento molecular se realizó entre las enzimas PARP2 y PRMT5 con los ligandos de *Annona muricata* previamente obtenidos. Los cristales usados para los acoplamientos fueron procesados previamente con el software Chimera v.1.16 para limpiar las estructuras, posteriormente se les agregaron los hidrógenos polares y se calcularon las cargas de Kollman con AutoDock Tools v.1.5.6. La preparación de los ligandos consistió en agregar hidrógenos bajo un pH de 7.4 y minimizar sus energías en un campo de fuerza MMFF94 usando el software Avogadro v.1.2.0, posteriormente se calcularon las cargas de Gaisteiger con AutoDock Tools v.1.5.6. El acoplamiento molecular se realizó usando el software AutoDock v.4.2, en el caso de la PARP2 se usó una caja de dimensiones 68 x 68 x 68 abarcando los residuos 136-363, mientras que la caja usada para PRMT5 fue de 76 x 76 x76 abarcando los aminoácidos 308-463.

Interacciones Proteína-Ligando

Las mejores conformaciones de los mejores ligandos para cada enzima fueron sometidas a un análisis de interacción Proteína-Ligando, donde se obtuvieron las interacciones hidrofóbicas y puentes de hidrógenos formados entre los residuos de la proteína y los grupos químicos presentes en los ligandos. Para esto se empleó el servidor en línea Protein Plus (https://proteins.plus/), con el cual también se obtuvieron las imágenes 2D de dichas interacciones.

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

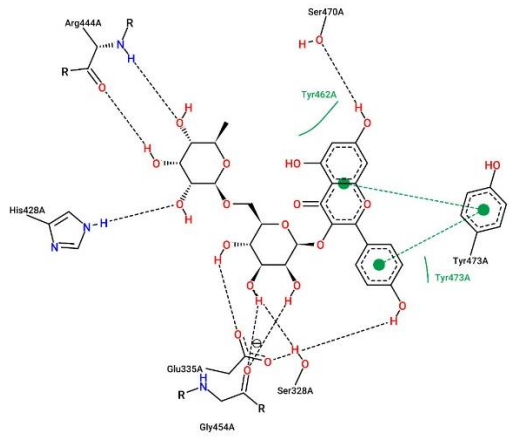
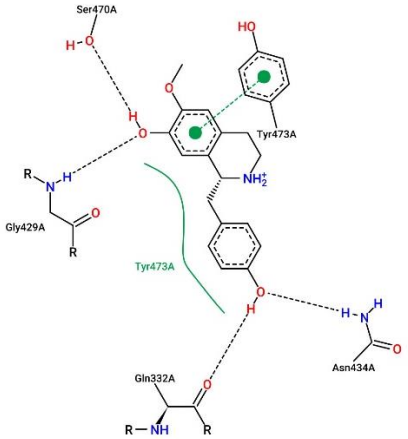
Tabla 5. Resultados del acoplamiento molecular obtenidos con AutoDock v.4.2 entre las enzimas PARP2 y PRMT5 con los metabolitos procedentes de Annona muricata.

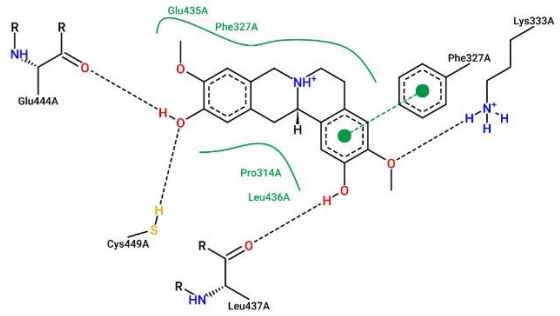
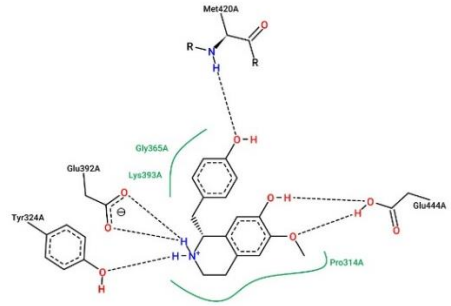
Macromolécula	Ligando	RMSD de referencia	Energía de unión (kcal/mol)	Constante de inhibición (Ki) (μM)	No. Puentes de hidrógeno	Aminoácidos involucrados en la interacción
Enzima poli [ADP-ribosa] polimerasa 2 (PARP2) [1]	Annoionol A[3]	59.54	-7.01	7.22	4	GLY209, SER250, GLU338
	Annoionol B[4]	58.71	-7.36	20.11	4	ARG224, ASP119, GLY240
	Annoionósido[5]	60.55	-6.41	4.01	5	GLY249, GLN324, SER470, GLU558
	Roseósido[6]	59.38	-8.09	1.17	4	GLY209, SER250
	Citrósido A[7]	58.5	-8.36	0.74	6	GLN112, GLY209, TYR242, SER250, SER108
	Blumenol C[8]	59.94	-7.49	3.22	2	GLY209, TYR253
	Rutin[9]	57.64	-10	0.046	5	ARG211, GLY209, ARG224
	Kaempferol-3-O-rutinósido[10]	59.16	-10.76	0.013	7	ARG224, SER250, GLU115, GLY234
	Kaempferol-3-O-robinobiósido[11]	60.01	-9.96	0.049	6	ARG224, GLY240, SER250, GLY234
	Kaempferol-3-O-glucósido[12]	59.72	-9.13	0.203	6	GLN112, TYR242, ARG224, GLU115
	Annomuricina A[13]	52.59	-1.44	$8.73x10^4$	3	LYS110, ARG96, THR97
	Reticulina[14]	59.7	-8.46	0.633	4	ARG224, GLY209, SER250
	Coclaurina[15]	57.47	-9.51	0.107	3	GLY209, ASN214, SER250
	Olaparib[16]	59	-11.32	0.005	3	TYR242, GLY209
	Coreximina[17]	60.93	-8.12	1.12	0	ND
	Atherosperminina[18]	58.86	-8.64	0.466	0	ND
	Stepharina[19]	60.87	-8.72	0.408	3	GLU115, MET236
	Anomurina[20]	58.4	-8.07	1.21	2	ARG224, GLU115
	Anomuricina[21]	60.45	-8.58	0.517	3	GLY209, MET236, SER250
Proteína arginina N-metiltransferasa 5 (PRMT5) [2]	Annoionol A	100.83	-7.2	5.26	3	LYS393, GLU444
	Annoionol B	98.41	-7.59	15.83	2	GLU435, GLU392
	Annoionósido	96.9	-6.55	2.74	5	LEU315, LYS333, GLU444, GLU392, GLU435
	Roseósido	96.55	-6.37	21.28	2	LYS333, GLU444
	Citrósido A	99.57	-5.81	54.71	1	MET420
	Blumenol C	101.49	-6.98	7.65	1	GLU392
	Rutin	100.31	-3.87	1460	6	LYS393, ASP419, ASN318, SER417, SER418

	Kaempferol-3-O-rutinósido	101.7	-4.33	675.37	3	LYS393, LEU315
	Kaempferol-3-O-robinobiósido	98.67	-5.56	84.65	1	GLU444
	Kaempferol-3-O-glucósido	98.15	-9.71	0.075	4	LYS333, GLU435, GLU444
	Annomuricina A	107.35	0.14	ND	2	TRP423, SER417
	Reticulina	100.75	-9.76	0.069	2	LYS393, GLU444
	Coclaurina	100.8	-9.79	0.066	3	MET420, GLU392, GLU444
	Sinefungina[22]	99.66	-10.16	0.035	5	LYS333, LEU437, GLU392, GLU444
	Coreximina	95.86	-10.33	0.026	1	LEU437
	Atherosperminina	99.5	-9.67	0.081	1	GLU444
	Stepharina	100.03	-9.51	0.107	1	GLU444
	Anomurina	99.82	-9.45	0.119	2	GLU392, TYR324
	Anomuricina	99.91	-9.17	0.188	0	ND

Se realizaron 10 conformaciones de interacción para cada ligando, sin embargo, sólo se muestra la mejor de todas. ND: No determinado.
(1) https://www.rcsb.org/structure/4ZZY, (2) https://www.rcsb.org/structure/6V0P, (3) https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/#query=annoionol,
(4) https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/101564135, (5) https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/101564136,
(6) https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/9930064, (7) https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/14312560,
(8) https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/118284, (9) https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/5280805,
(10) https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/#query=Kaempferol-3-O-rutinoside, (11) https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/15944778,
(12) https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/10095180, (13) https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/157682,
(14) https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/439653, (15) https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/160487,
(16) https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/23725625, (17) https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/7037179,
(18) https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/96918, (19) https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/98455,
(20) https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/157218, (21) https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/157209,
(22) https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/65482.

Tabla 6. Representación esquemática 2D de las interacciones ligando-macromolécula de las mejores conformaciones del acoplamiento molecular, empleando el servidor Protein Plus.

PARP2-Kaempferol-3-O-rutinósido ΔG= -10.76 Kcal/mol	PARP2-Coclaurina ΔG= -9.51 Kcal/mol
	

PRMT5-Coreximina ΔG= -10.33 Kcal/mol	PRMT5-Coclaurina ΔG= -9.79 Kcal/mol
	

De acuerdo con los resultados obtenidos en la tabla 1, se puede observar la energía de unión de las enzimas PARP2 y PRMT5 con algunos metabolitos procedentes de *Annona muricata*. Así como su constante de inhibición (Ki), número de puentes de hidrogeno, los aminoácidos involucrados en la interacción de la macromolécula con el ligando y su desviación cuadrática media (RMSD).

Se ha descubierto que la enzima PARP-1 se sobreexpresa en varios tipos de cáncer y, por lo tanto, se considera un objetivo excelente para el desarrollo terapéutico contra el cáncer [8]. Sin embargo, La enzima PARP2 tiene una mayor energía de unión con los ligandos Kaempferol-3-O-rutinósido con un valor de -10.76 kcal/mol, con una constante de inhibición de 0.013 µM y en la interacción están involucrados los aminoácidos ARG224, SER250, GLU115 y GLY234. La Coclaurina tiene una energía de unión con la PARP2 de -9.51 kcal/mol se toma como mejor acoplamiento a la enzima PARP2 por los aminoácidos involucrados en la interacción a diferencia de la Olaparib que tiene una mayor energía de unión con PARP2 con un valor de -11.32 kcal/mol.

PRMT5 se ha perfilado como uno de los objetivos más perseguidos en los últimos tiempos. De hecho, una gran cantidad de los últimos esfuerzos de descubrimiento de fármacos realizados por nuestro laboratorio y otros han identificado inhibidores de moléculas pequeñas contra PRMT5 [6].

La enzima PRMT5 tiene una mayor energía de unión con los ligandos Coreximina con un valor de -10.33 kcal/mol, con una constante de inhibición de 0.026 µM y en la interacción está el aminoácido LEU437.La Sinefungina con un valor de -10.16 kcal/mol, en la interacción participan los aminoácidos LYS333, LEU437, GLU392 y GLU444. Este ligando tiene una constante de inhibición de 0.035 µM.

PRMT5 puede funcionar como un promotor crítico del fenotipo tumoral, al menos en parte debido a su mayor expresión, lo que resulta en la actividad de la metiltransferasa, lo que lleva a la activación de la vía NF-κB y contribuye a su estructura constitutiva [7].

En la tabla 2 se muestra la representación esquemática 2D de las interacciones ligando-macromolécula de las mejores conformaciones del acoplamiento molecular. Además, se presenta la energía de unión como sustrato de dichas enzimas. Para obtener esto se utilizó el

software Proteins Plus el cual nos permitió visualizar las estructuras y crear las representaciones en 2D.

IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Se logro realizar el análisis in silico de metabolitos secundarios de *Annona Muricata* mediante el acoplamiento molecular obteniendo como las mejores conformaciones las interacciones de la PARP2 y PRMT5 con los compuestos kaempferol-3-O-rutinósido, coreximina y coclaurina con una mayor energía de unión como sustrato.

V. AGRADECIMIENTOS

Agradezco al Instituto Tecnológico Superior de Irapuato y al comité de Verano de la Ciencia de la Región Centro por las facilidades y el apoyo otorgado para la realización de la estancia de verano, así como al CONACYT y al Dr. Felipe Guadalupe Carrillo Landell y la Dra. Dora Alicia Álvarez Medina por su dedicación a la investigación y la accesibilidad que mostraron para la realización de este proyecto.

REFERENCIAS

[1] Ali, S. O., Khan, F. A., Galindo-Campos, M. A., & Yélamos, J. (2016). Understanding specific functions of PARP-2: new lessons for cancer therapy. *American journal of cancer research*, *6*(9), 1842–1863.

[2] Arce, C., Bargalló, E., Villaseñor, Y., Gamboa, C., Lara, F., Pérez, V., & Villarreal, P. (2011). Cáncer de mama. Instituto Nacional de Cancerología.

[3] Cárdenas-Sánchez, J., Bargalló-Rocha, E., Erazo-Valle, A., Chacón, A. P., Valero-Castillo, V., & Pérez-Sánchez, V. (2015). Consenso Mexicano sobre diagnóstico y tratamiento del cáncer mamario. *Gaceta Mexicana de Oncología*, *14*(Supl 2), 2-55.

[4] Kim, H., & Ronai, Z. A. (2020). PRMT5 function and targeting in cancer. *Cell stress*, *4*(8), 199–215.

[5] Moghadamtousi, S. Z., Fadaeinasab, M., Nikzad, S., Mohan, G., Ali, H. M., & Kadir, H. A. (2015). Annona muricata (Annonaceae): A Review of Its Traditional Uses, Isolated Acetogenins and Biological Activities. International journal of molecular sciences, 16(7), 15625–15658.

[6] Prabhu, L., Chen, L., Wei, H., Demir, Z., Safa, A., Zeng, L., Amaro, R. E., O'Neil, B. H., Zhang, Z. Y., & Lu, T. (2017). Development of an AlphaLISA high throughput technique to screen for small molecule inhibitors targeting protein arginine methyltransferases. Molecular BioSystems, 13(12), 2509–2520. https://doi.org/10.1039/c7mb00391a

[7] Stopa, Nicole & Krebs, Jocelyn & Shechter, David. (2015). The PRMT5 arginine methyltransferase: Many roles in development, cancer and beyond. Cellular and molecular life sciences : CMLS. 72. 10.1007/s00018-015-1847-9.

[8] Tabrez, S., Hoque, M., Suhail, M., Khan, M. I., Zughaibi, T. A., & Khan, A. U. (2022). Identification of anticancer bioactive compounds derived from Ficus sp. by targeting Poly[ADP-ribose]polymerase 1 (PARP-1). Journal of King Saud University - Science, 34(5), 102079. https://doi.org/10.1016/j.jksus.2022.102079

[9] Vasil'eva, I., Moor, N., Anarbaev, R., Kutuzov, M., & Lavrik, O. (2021). Functional Roles of PARP2 in Assembling Protein-Protein Complexes Involved in Base Excision DNA Repair. *International journal of molecular sciences*, *22*(9), 4679.

PREPARACIÓN Y EVALUACIÓN DE LA VACUNA CONTRA LA ENFERMEDAD HEMORRÁGICA VIRAL DEL CONEJO TIPO 2 (EHVC-2)

Jessica Paola Agraz Ramírez
Benemérita Universidad Autónoma de Aguascalientes
Av. Universidad #940, Ciudad Universitaria, C. P. 20100, Aguascalientes, Ags, México
jessica.armz00@gmail.com

Juan Joel Mosqueda Gualito
Universidad Autónoma de Querétaro – Facultad de Ciencias Naturales – Campus Aeropuerto
Carr. A Chichimequillas s/n, C.P. 76140, Querétaro, Qro, México.
joel.mosqueda@uaq.mx

Resumen — Se preparó y evaluó una vacuna contra la enfermedad hemorrágica viral del conejo tipo 2 (EHVC-2) utilizando la proteína VP60 quimérica recombinante. Se evaluaron con dos diferentes propuestas de adyuvantes, Adju-Phos y Rehydragel y su comparación con el adyuvante Montanide. Para su preparación se realizó el cálculo de cada componente para la generación de las vacunas, Adju-Phos, Adju-Phos-Proteína quimérica recombinante, Rehydragel, Rehydragel-Proteína quimérica recombinante, Montanide-Proteína quimérica recombinante, proteína quimérica recombinante individual. Se inocularon 20 conejos distribuidos en 5 grupos de 4 integrantes en cada uno se tomaron muestras de sangre de la vena auricular para obtener el suero. La inmunización se llevó a cabo en dos dosis, días 0 y 21.

Palabras clave — EVHC-2, proteína quimérica recombinante, inmunización.

Abstract — A vaccine against rabbit viral haemorrhagic disease type 2 (EHVC-2) using recombinant chimeric VP60 protein was prepared and evaluated. They were evaluated with two different adjuvant proposals, Adju-Phos and Rehydragel, and their comparison with the Montanide adjuvant. For its preparation, the calculation of each component for the generation of the vaccines, Adju-Phos, Adju-Phos-recombinant chimeric protein, Rehydragel, Rehydragel-recombinant chimeric protein, Montanide-recombinant chimeric protein, individual recombinant chimeric protein, was performed. 20 rabbits distributed in 5 groups of 4 members were inoculated, in each one blood samples were taken from the auricular vein to obtain the serum. Immunization was carried out in two doses, days 0 and 21.

Keywords — VEHC-2, recombinant chimeric protein, immunization.

I. INTRODUCCIÓN

La Cunicultura en México tiene una importancia significativa como actividad ganadera ya que aporta un complemento no sólo a la dieta si no a los ingresos de muchas familias en el media rural y urbano. [1] La enfermedad hemorrágica del conejo es una enfermedad viral muy contagiosa y en la mayoría de los casos fatal que afecta conejos domésticos y silvestres. Es causada por el virus de la enfermedad hemorrágica del conejo (VEHC), que pertenece al género *Lagovirus*, familia *Caliciviridae*. La replicación viral es citoplasmática, la entrada en la célula huésped se logra mediante la unión a los receptores del huésped, lo que media la endocitosis. La replicación sigue el modelo de replicación de virus de ARN de cadena positiva. La transcripción de virus de ARN de cadena positiva es el método de transcripción, permitiendo el sangrado, ya que los factores de coagulación y las plaquetas se agotan. El 22 de enero de 1989 la comisión México-estadounidense para la prevención de la fiebre aftosa y otras enfermedades exóticas de los animales, recibe una primera

referencia sobre un caso descrito como de alta mortalidad en conejos en el Municipio de Ecatepec, Estado de México, al Norte de la Ciudad de México. [2-3]

Para el diagnóstico del virus de la enfermedad hemorrágico del conejo (VEHC) se debe de recolectar muestras de sangre y fluidos corporales, hemoaglutinación es la prueba de rutina para el diagnóstico de la enfermedad, PCR-TR para detectar el ARN viral, microscopia electrónica, anticuerpos monoclonales, inmunotinción y Western Blot; También se tienen los diagnósticos diferenciales, en los cuales se emplea la pasteurelosis séptica, envenenamiento, agotamiento por calor y otras enfermedades con sepsis que causen CID. Entre las lesiones características se observa necrosis del hígado y esplenomegalia. Hígado degenerado, patrón lobular marcado, mucosa traqueal hiperémica, líquido espumoso, y pulmones edematosos y congestionados. Presencia de sangre coagulada en los vasos sanguíneos. Los animales que sobreviven pueden permanecer infecciosos hasta por un mes. [4-5]

II. MARCO TEÓRICO (OPCIONAL)

Vacunas existentes

Eravac es una vacuna veterinaria que se utiliza en conejos para reducir la mortalidad causada por la enfermedad hemorrágica del conejo (EHC), una enfermedad que suele ser mortal y está causada por una nueva variante del virus de la EHC, denominada virus EHC tipo 2. Se presenta en forma de inyección y solo se podrá dispensar con receta médica. La vacuna se administra a conejos a partir de los 30 días de edad en una única inyección subcutánea en la pared torácica lateral. La protección comienza una semana después de la vacunación y dura doce meses. Los conejos deben volver a vacunarse un año después de la vacunación. [6] La Comisión México-Estados Unidos para la Prevención de la Fiebre Aftosa y otras Enfermedades Exóticas de los Animales (CPA) en colaboración con la Productora Nacional de Biológicos Veterinarios (PRONABIVE), desarrollaron el título viral: Mínimo 1280 UHA/ mL. VEHC-2-BIVE es la primera y única vacuna para conejos autorizada y administrada por la Secretaría de Agricultura para la prevención de la enfermedad hemorrágica del conejo tipo-2 para conejos silvestres y de compañía con inmunidad anual. [7]

Proteínas recombinantes para la creación de vacunas

Las proteínas recombinantes, también llamadas proteínas quiméricas o proteínas heterólogas, son aquellas que se obtienen al expresar un gen clonado en una especie o una línea celular distinta a la célula original. El ADN recombinante da lugar a la proteína recombinante que interesa obtener. Un tipo de proteínas recombinantes son las proteínas de fusión, originadas al unir artificialmente dos o más genes que darán lugar a una única proteína suma de las dos anteriores. [8]

III. MATERIALES Y MÉTODOS

La extracción de la proteína quimérica recombinante del VHC (VP60) de *E. coli BL21-A1* implementado consta de 5 etapas, para lograr obtener la mayor cantidad de proteína quimérica recombinante del VHC (VP60).

a) En la primera etapa se requiere del zonificado de bacterias, siendo un proceso que consiste en la rotura de la membrana celular mediante ultrasonidos; Permitiendo la liberación de todo el contenido celular de estas, permitiendo que nuestra proteína quimérica recombinante del VHC (VP60) en el medio.

b) Posteriormente se realiza una cromatografía de afinidad a níquel (IMAC). La proteína quimérica recombinante del VHC (VP60) posee de una cola de histidinas ubicadas en el extremo N-terminal de la proteína. El uso de este tipo de “colas” de histidina permite su unión específica a una matriz o fase estacionaria que contiene grupos quelantes de Ni2+, el cual forma un complejo de coordinación entre los componentes de la fase estacionaria y el grupo imidazol de los residuos de la cola de histidinas.

c) Para la tercera etapa se empleó una diálisis, este nos permitió separar las moléculas en una solución por la diferencia en sus índices de difusión o presión osmótica a través de una membrana semipermeable en tubos Eppendorf modificados, todo fue irradiado por UV por 15 minutos, exceptuando la proteína. A cada tubo Eppendorf con membrana se le adicionó la proteína y se depositó en el vaso de precipitado con 400 mL de solución de inicio, y cada 30 minutos se realizaron recambios, para permitir la salida de la urea y dejar únicamente nuestra proteína de interés.

d) Para la verificación de que después de la cromatografía se obtuvo únicamente la proteína quimérica recombinante del VHC (VP60), y que la diálisis permitió la salida de toda la urea dejándola pura, se realizó una electroforesis, ya que esta técnica permite la separación de moléculas según la movilidad de estas en un campo eléctrico a través de una matriz porosa.

e) Finalmente, después de corroborar que la proteína quimérica recombinante del VHC (VP60) está presente y de forma pura, se realiza un Bradford, el cual es una técnica colorimétrica utilizada para la cuantificación de proteínas, permitiéndo saber que concentración de proteína existe en cada pozo de la placa de 96 pozos que se empleó.

Para la dosificación de la proteína quimérica recombinante del VHC (VP60) de *E. coli BL21-A1* se realizó el cálculo de cada componente para la generación de las vacunas, Adju-Phos, Adju-Phos-Proteína quimérica recombinante del VHC (VP60), Rehydragel, Rehydragel-Proteína quimérica recombinante del VHC (VP60), Montanide-Proteína quimérica recombinante del VHC (VP60), proteína quimérica recombinante del VHC (VP60). Posteriormente se debe realizar las ELISA indirecta, técnica de inmunoensayo en la cual un antígeno inmovilizado se detecta mediante un anticuerpo primario y que a su vez es detectado por un anticuerpo secundario, estos deben de realizarse con sangre preinmune, primera inmunización y segunda inmunización.

Para finalizar se empleó una inmunofluorescencia indirecta, haciendo uso de dos anticuerpos; el anticuerpo primario que reconoce y se une a la molécula diana, mientras

que el secundario que es el que se encuentra marcado con el fluorocromo, reconoce al primario y se une a él; Para esto se emplearon como diana cultivos de eritrocitos no infectados (control negativo) y eritrocitos infectados con *B. bigemina*; La sangre se centrifugo por 2800 gravedades (5500rpm) por 5 minutos, se resuspendió y se eliminó el suero, posteriormente se realizó un frotis dejándose secar por 20 minutos en campana y se fijaron en una solución acetona 90% y metanol 10% por una hora a -20°C, se dejó secar en campana, se lavaron con PBS Tween-20 al 0.2%, y se colocaron 200 µL de los diferentes anticuerpos primarios a una dilución 1:20, proteína tumoral controlada por traducción 2 (TCTP-2), proteína tumoral controlada por traducción 5 (TCTP-5), Enolasa, RAP-1, adyuvante del suero post-inmune, suero preinmune, anticuerpo monoclonal de ratón sin dilución, y se dejaron incubar por 30 minutos a 37°C, se continuó con 10 lavados, para el anticuerpo secundario, anticuerpo anti-IgG de conejo y anticuerpo anti-IgG de ratón acoplado con Alexa-488 (Thermo Scientific) y se le adicionó el compuesto Dapi, en una dilución 1:200, se incubaron por 30 minutos a 37°C, se usó un montaje con cubreobjetos, y se analizaron en un microscopio de fluorescencia.

IV. RESULTADOS

Con la finalidad de verificar si la extracción de proteína fue suficiente, sin contaminantes o degradaciones, se emplearon las electroforesis y Bradford, haciendo uso de gráficas que nos indiquen si estas son estadísticamente relevantes para su uso en la inmunización. Una de las pruebas es la electroforesis en la cual se observa el marcador de peso molecular, las diferentes fracciones empleadas en la dosificación, los resultados se muestran en la figura 1, donde se ilustran las 5 electroforesis empleadas, en donde todas poseen de lado izquierdo el marcador de peso molecular; a) Electroforesis inicial para la toma de fracciones de interés, b) electroforesis de la fracción uno, c) electroforesis de la fracción dos, d) electroforesis de la fracción tres, e) electroforesis de la fracción cuatro.

La electroforesis de proteínas es una técnica de laboratorio que permite la separación de las proteínas de acuerdo con sus características físicas y al método utilizado, por ello podemos observar en la figura 1a todas las fracciones que se tienen, y con ello elegir las que mas porcentaje de proteína tengan, las cuales fueron la fracción 1, 2, 3 y 4, de las cuales las fracciones 1 y 2 se emplearon para la generación de la dosificación para la primera inmunización, mientras que la 3 y 4 para la dosificación de la segunda inmunización. La electroforesis en gel de poliacrilamida con duodecil sulfato de sodio (SDS-PAGE); A pesar de las limitaciones que presenta la electroforesis en 2D hacia proteínas de membrana, esta técnica sigue siendo ampliamente utilizada en proteómica debido a la economía del proceso y a que los procesos de análisis de las proteínas en el gel por espectroscopia de masas son simples y baratos. Sin embargo, la razón principal de la popularidad de esta técnica se encuentra en su reproducibilidad y su robustez, así como en la facilidad de sus análisis cuantitativos [8]

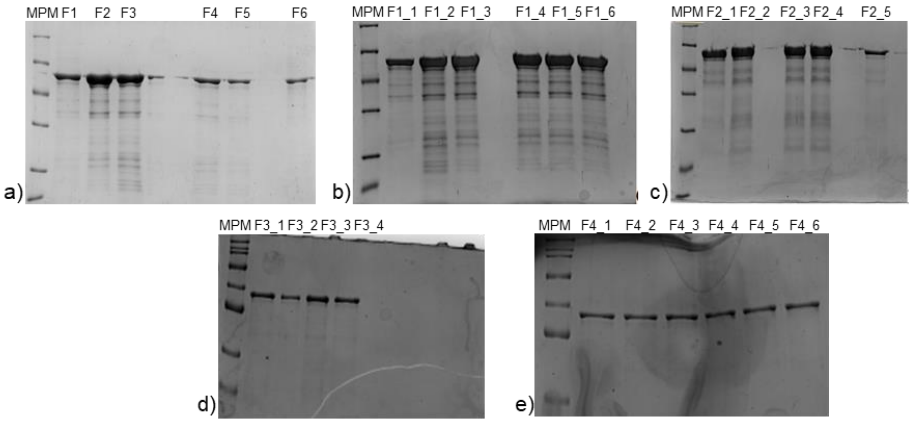
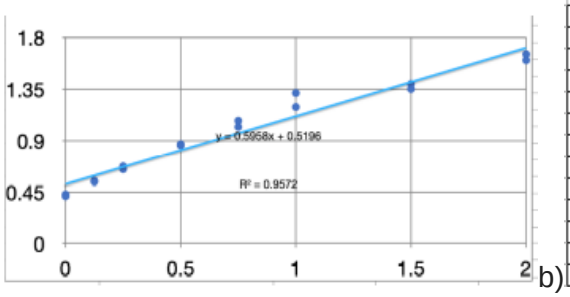


Figura 1. Electroforesis. Fracciones usadas para el análisis de Bradford y su uso en la dosificación de vacunas. A) Fracciones 1, 2, 3, 4, 5, 6. B) Fracción 1. C) Fracción 2. D) Fracción 3. E) Fracción 4.

Para la cuantificación de la concentración de la proteína, en relación de las fracciones empleadas, se realizó el Bradford, haciendo uso de estándares de concentración de BSA por duplicado leídos a 595nm, observado en la tabla 1, con base a los estándares se realizó una gráfica que nos indica si es estadísticamente aceptable, teniendo una R^2 de 0.9572; es una medida estadística que representa la proporción de la varianza de una variable dependiente que se explica por una o varias variables independientes en un modelo de regresión. Mientras que la conexión aclara la calidad de la conexión entre una variable autónoma y una variable dependiente, el R-cuadrado revela hasta qué punto la fluctuación de una variable aclara la diferencia de la variable subsiguiente. En esta línea, en el caso de que el R2 de un modelo sea 0,50, en ese punto, aproximadamente el 50% de la variedad observada puede ser aclarada por las fuentes de información del modelo. La ecuación de la recta es de *y=0.5958x+0.5196* esta fórmula es la que nos ayudará a obtener la concentración de las diferentes fracciones. [9] (Figura 2)

[BSA]	0	0	0.125	0.125	0.25	0.25	0.5	0.5	0.75	0.75	1	1	1.5	1.5	2	2
Absorbancia (595 nm)	0.432	0.417	0.548	0.539	0.674	0.648	0.871	0.86	1.022	1.076	1.196	1.318	1.397	1.353	1.604	1.656

Tabla 1. Bradford. Estándares de concentración de BSA a una absorbancia de 595 nm.



a)

Fracción	Absorbancia	Concentración	Proteina 60 mg.
F1 -2	0.6865	0.280127559583753	214.188136608748
F1- 3	0.953	0.727425310506882	82.4826949700046
F1-5	0.865	0.579724739845586	103.49739432542
F1-6	0.945	0.713997985901309	84.0338504936531
F1-7	0.9175	0.667841557569654	89.8416687609953
F2-1	0.8425	0.541960389392414	110.709197894085
F2-2	0.838	0.534407519301779	112.273869346734
F2-4	0.73	0.353138637126553	169.904942965779
F2 - 5	0.7685	0.41775763679087	143.623945359582
F2-7	0.572	0.0879489761664989	682.213740458015
F2-3	0.4285	-0.152903658945955	-392.403951701427
F1-4	0.4435	-0.127727425310507	-469.750328515111
F2-6	0.459	-0.10171198388721	-589.900990099013

b)

Figura 2. Análisis del Bradford. A) Gráfica de regresión lineal, *y=0.5958x+0.5196*, R^2=0.9572. B) Despeje de x de la formula de regresión lineal, obtención de concentración de proteína en cada fracción.

Para la realización de la dosificación de los diferentes adyuvantes, adyuvantes-proteína y proteína; Para los adyuvantes a base de aluminio se agregó el Adyuvante a un beaker estéril, posteriormente se adicionó la proteína para completar los 60 µg y el restante fue completado con agua inyectable estéril, se modificó el pH a 7. Para el adyuvante Montanide, se tiene la información que el 70% de la solución de la vacuna debe ser adyuvante y el resto proteína con PBS estéril, para esto se requirió un homogeneizador mecánico, permitiéndonos tener un tamaño menor a 5 µm, observado en la figura 3.

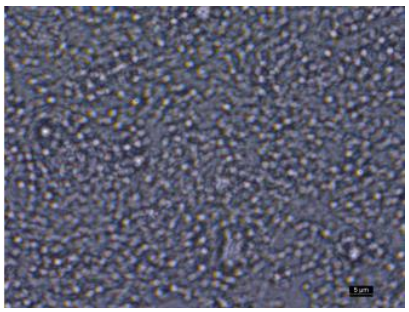


Figura 3. Montanide-Proteína. 110 minutos de homogeneizar mecánicamente, obteniendo tamaño menor a 5 µm, óptimo para la inmunización.

La generación de inmunofluorescencias indirectas permitió observar al parásito *B. bigemina* el cual se encuentra dentro de los eritrocitos en un estadio de merozoito, dos parásitos en un eritrocito, permitiéndonos observar con Dapi su núcleo azul, y con Alexa-488 su citoplasma en el caso de Enolasa, TCTP-2, mientras que en el RAP-1 con Alexa-488 se observan las estructuras denominadas roptrias. [10] (Figura 4)

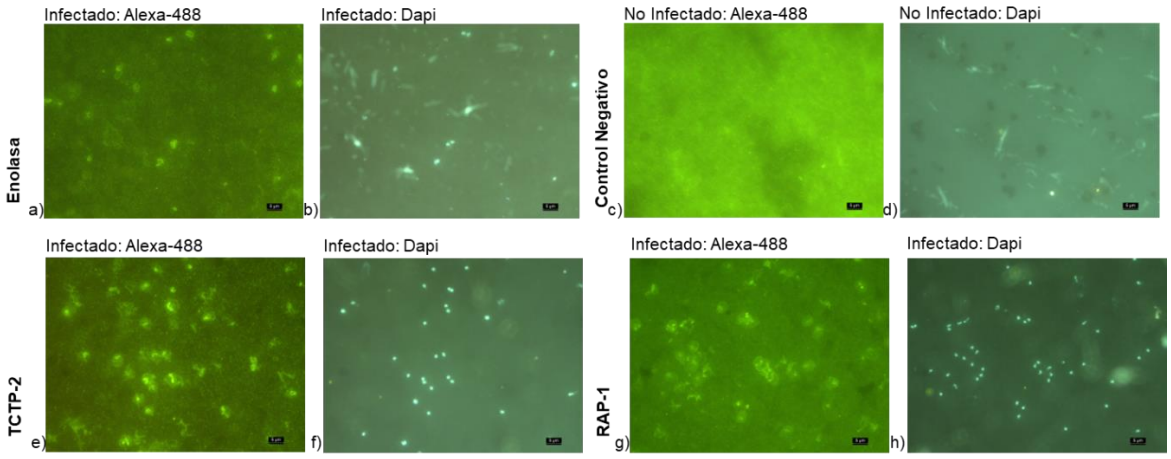


Figura 4. Inmunofluorescencia. Enolasa, TCTP-2, RAP-1 y control negativo, con Alexa-488 y Dapi.

V. CONCLUSIONES

Se logró desarrollar y evaluar la calendarización y creación de una vacuna contra el virus hemorrágico del conejo (VP60), con una proteína quimérica recombinante del VHC, con dos diferentes propuestas de adyuvantes, Adju-Phos y Rehydragel, en 5 grupos de 4

integrantes, Adju-Phos, Adju-Phos-Proteína quimérica recombinante del VHC, Rehydragel, Rehydragel-Proteína quimérica recombinante del VHC, Montanide-Proteína quimérica recombinante del VHC, proteína quimérica recombinante del VHC.

Se comprendió la importancia del uso de diferentes técnicas como lo son la cromatografía, diálisis, electroforesis y Bradford para la obtención de proteína purificada y medición cuantitativa de la concentración de la proteína de interés en cada fracción existente.

Se comprendió que las IFI es una técnica de tamizado inicial que, de acuerdo con los sustratos utilizados permite identificar los antígenos y sus componentes celulares reconocidos por los anticuerpos presentes en los sueros de los pacientes con presencia del patógeno *B. bigemina*.

VI. AGRADECIMIENTOS

Gracias a mi universidad, Benemérita Universidad Autónoma de Aguascalientes, por haberme impulsado y apoyado a formar parte del 24° Verano de Ciencia de la Región Centro, así como mi familia y amigos que siempre me apoyaron, a la Universidad Autónoma de Querétaro y al doctor Juan Joel Mosqueda Gualito por permitirme ser parte del proyecto y ayudarme a mejorar mis conocimientos prácticos y teóricos; y finalmente a mis compañeros de verano que me apoyaron de forma directa o indirecta, Gerardo Pérez, Irvin Rufino y Ana Rivera.

REFERENCIAS

[1] A. E. Espinosa, C. Soto, P. Brunett, M. Márquez. “Impacto socioeconómico de la producción familiar de carne de conejo de la zona sur oriente del Estado de México,” La ganadería ante el agotamiento de los paradigmas dominantes, Vol. I, pp. 569, 2011.
[2] S. Asgari, J. R. Hardy, R. G. Sinclair, B. D. Cooke. “Field evidence for mechanical transmission of rabbit haemorrhagic disease virus (RHDV),” By flies (Diptera: Calliphoridae) among wild rabbits in Australia. Vol. 54, pp. 123-32, 1998.
[3] D. Luque, J. M. González, J. Gómez-Blanco. "La inserción de epítopos en el interruptor molecular N-terminal de la proteína de la cápside T=3 del virus de la enfermedad hemorrágica del conejo conduce a cápsides T=4 más grandes.” Revista de Virología. Vol. 86 (12), pp. 6470-6480, 2012.
[4] J. Henning, J. Meers, P. R. Davies, R. S. Morris. “Survival of rabbit haemorrhagic disease virus (RHDV) in the environment.” Epidemiol Infect. Vol. 133, pp. 719-730, 2005.
[5] D. Chasey. “Rabbit haemorrhagic disease: the new scourge of Oryctolagus cuniculus.” Lab Anim. Vol. 31, pp. 33-44, 1997.
[6] European Medicines Agency. *Eravac*, *Vacuna contra la enfermedad hemorrágica del conejo, inactivada*. EMA/563874/2016. Reproduction is authorised provided the source is acknowledged, 2020.
[7] Productora Nacional de Biológicos Veterinarios. Vacuna monovalente inactivada contra el virus de la enfermedad hemorrágica de los conejos tipo 2 (CPA-01426-20). Ciudad de México, 2021.
[8] E. Bergon. “Utilidad de la electroforesis de las proteínas séricas en el laboratorio clínico.” Rev Diagn Biol. Vol. 47, pp. 10-18, 1998.
[9] G. C. Canavos. *Probabilidad y Estadística. Aplicaciones y Métodos*. Ed.: Mc Graw Hill. 1988.
[10] L. A. Aarden, E. R. Groot, T. E. Felkamp. “Immunology of DNA III. Crithidia luciliaea sample substrate for the detection of anti-ds DNA with immunofluorescence techniques.” Ann NY Acad Sci. Vol. 254, pp. 505–15, 1985.

DETERMINACIÓN DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE PROBETAS DE PLA, FABRICADAS POR MODELADO DE DEPOSICIÓN

Juan Luis Soto Cardoso
Ingeniería en Sistemas Automotrices, ITSUR
Av. Educación Superior No. 2000, Col. Benito Juárez
C.P 38982, Uriangato Gto.
t16120164@alumnos.itsur.edu.mx

Mariano Braulio Sánchez
Ingeniería en Sistemas Automotrices, ITSUR
Av. Educación Superior No. 2000, Col. Benito Juárez
C.P 38982, Uriangato Gto.
m.braulio@itsur.edu.mx

Resumen — Muestras de PLA fueron diseñadas en SolidWorks de acuerdo a la norma ASTM D638, las probetas fueron impresas mediante modelado por depositación con un porcentaje de porosidad aparente del 1%, controlando los parámetros de velocidad de depositación y ancho de extrusión principalmente, los resultados obtenidos en tensión, flexión y compresión fueron de 8.9 MPa, 52 MPa de flexión y 78 MPa respectivamente, de acuerdo a las gráficas de esfuerzo deformación se pudo observar que el material falla de forma catastrófica después de alcanzar su resistencia máxima, tal comportamiento es característico de un material fragil, resultados preliminares mediante simulación en ANSYS muestra una buena correlación con respecto al comportamiento experimental observado.

Palabras clave — PLA, comportamiento mecánico, esfuerzo deformación

Abstract — PLA samples were designed in SolidWorks according to the ASTM D638 standard, the specimens were printed by deposition modeling with an apparent porosity percentage of 1%, controlling the parameters of deposition speed and extrusion width mainly, the results obtained in tension, bending and compression were 8.9 MPa, bending 52 MPa and 78 MPa respectively, according to the stress-strain graphs it was observed that the material fails catastrophically after reaching its maximum resistance, such behavior is characteristic of a fragile material, preliminary results by simulation in ANSYS shows a good correlation with respect to the observed experimental behavior.

Keywords — PLA, mechanical behavior, stress-strain.

I. INTRODUCCIÓN

Las tecnologías de Manufactura Aditiva pueden ser utilizadas para fabricar partes personalizadas y con geometrías complejas. Debido a que no requieren el desarrollo de herramentales, los costos de desarrollo y fabricación de componentes mediante AM pueden reducirse considerablemente. El Modelado por Deposición Fundida (FDM, por sus siglas en inglés) es una de las técnicas AM más utilizadas debido a su bajo costo de equipo, materiales y mantenimiento [1]. En dicho proceso, un filamento termoplástico es calentado hasta alcanzar un estado semilíquido. Una vez calentado, el filamento es extruido mediante una boquilla a una plataforma que se encuentra a una temperatura elevada para depositar una capa de la sección transversal de la pieza. En el proceso FDM se deposita un hilo de polímero fundido formando sucesivas capas de filamentos cruzados entre sí formando diferentes patrones. Éste y otros métodos de manufactura aditiva han pasado de ser procedimientos de prototipado rápido a un proceso de fabricación que permite obtener piezas funcionales. Para lograr esto es necesario predecir el comportamiento mecánico de

las partes considerando las propiedades mecánicas de la materia prima y el efecto de los parámetros del proceso [2].

En la literatura se reportan diferentes aplicaciones de la manufactura aditiva empleando como elemento principal al PLA (Ácido Poliláctico). Shady et col. [3] estudiaron el comportamiento físico, mecánico y químico así como los factores que afectan la degradabilidad del PLA versus otros polímeros y el estudio de las técnicas y estrategias para el mejoramiento de las propiedades del PLA incluyendo componente y mezcla de plastificantes, así como la adición de agentes de nucleación. J. Antonio et col.[4] estudiaron la orientación de la Depositación del filamento PLA en las propiedades mecánicas, los resultados muestran que la orientación es el parámetro de mayor impacto en las propiedades de las piezas fabricadas, seguido del ancho y espesor del filamento, así como la velocidad de impresión. Por otra parte Mohamed et col [5] evaluaron las propiedades mecánicas de resistencia a la tensión y flexión mediante tres puntos, los parámetros del proceso fueron la velocidad de impresión, el ángulo de depositación y la temperatura del extrusor, el objetivo principal de su estudio fue el análisis mecánico para la fabricación de piezas de equipo médico con la finalidad de hacer frente a la pandemia que afecta a todo el mundo.

El propósito del presente trabajo es estudiar el comportamiento del PLA mediante pruebas de tensión, compresión y flexión, empleando una máquina de ensayos universales ETM-100KN, y la relación con el comportamiento esperado mediante análisis de elemento finito en ANSYS.

II. MARCO TEÓRICO

El ácido poliláctico (PLA), es un polímero permanente e inodoro, claro y brillante como el poliestireno; el PLA se puede formular para ser rígido o flexible y puede ser copolimerizado con otros materiales lográndose obtener con diversas características mecánicas. Las propiedades mecánicas de un material, nos permiten apreciar el comportamiento del material, al realizar ensayos mecánicos, como son la resistencia a la tracción, impacto, cizallamiento, etc. Entre estas propiedades, el PLA tiene mejor módulo de elasticidad, resistencia a tracción y flexión que el PP, PS y PE, sin embargo, la elongación a la rotura y resistencia al impacto están limitadas en comparación con el PE, PP y PET [34], [40]. Así mismo, un PLA semicristalino, tendrá mejores propiedades mecánicas que un polímero amorfo, debido a que las regiones cristalinas ordenadas, actúan como centros de alta densidad de enlaces covalentes [6].

Propiedades físicas.

Las propiedades físicas son importantes, para ello se deben tener en cuenta las dimensiones, requisitos de tamaño y peso para una pieza o producto deseado. Por ejemplo, si lo usa un cirujano debe ser los suficientemente liviano para manejarlo con precisión, ya que la implementación del material también se vuelve mucho más fácil y menos peligroso cuando es liviano [7]. En el caso de la industria automotriz y aeronáutica la densidad es un parámetro muy importante ya que valores elevados de densidad implica altos costos de fabricación y la implementación de piezas muy pesadas tienen un impacto negativo en el

consumo de combustible y por lo tanto en la contaminación ambiental, la tabla 1 presenta las propiedades más importantes del ácido poliláctico.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

El material empleado en el presente trabajo fue PLA marca Kardenal Premium, debido a que es uno de los materiales más utilizados en el proceso de manufactura aditiva por depositación. Las probetas empleando SolidWorks de acuerdo a la norma ASTM D638 [8], eligiéndose el tipo I como se muestra en la figura 1.

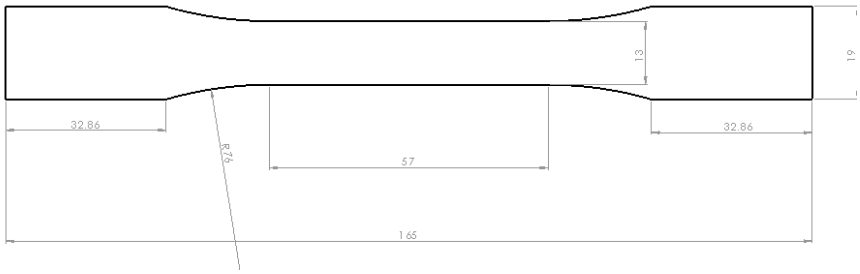


Fig. 1. Probeta tipo I

Las probetas fueron fabricadas empleando una impresora 3D makerbot, se fabricaron 4 probetas para cada ensayo realizado, dando un total de 9 probetas 3 de tensión, 3 de flexión y 3 de compresión. La tabla 1 muestra los parámetros de impresión empleados, en todos los casos el porcentaje de relleno fue del 100%.

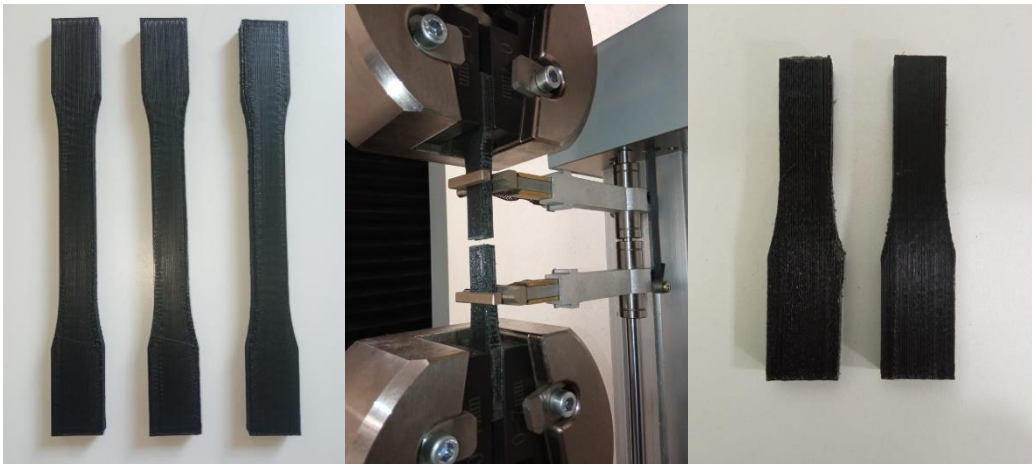
Tabla 1. Parámetros del proceso de impresión para la fabricación de las probetas.

Propiedad	Valor	Unidad
Velocidad de deposición	40	mm/s
Ancho de la extrusión de relleno	0.10	mm
Diámetro del filamento	1.17	mm
Tiempo de calentamiento de la mesa	5	min
Temperatura de fusión	215	°C

Las dimensiones de cada una de las probetas fueron validadas utilizando un vernier Mitutoyo, se verificó el peso de cada probeta, para ello se empleó una balanza analítica (0.001mg) obteniendo valores promedio de 29.26gr, 10.69gr y 4.63gr para probetas de tensión, flexión y compresión respectivamente con una desviación estándar de 0.5%, lo cual indica una buena repetitividad y manifiesta un buen control en los parámetros de fabricación.

Pruebas Mecánicas

Los ensayos de tensión, compresión y flexión se llevaron a cabo a temperatura ambiente en una máquina de ensayos universales marca Jinan Marstext modelo ETM-100kN, la velocidad de avance fue de 5 mm/min de acuerdo a la norma ASTM D638.



a) b) c)

Fig. 2. a) muestra las probetas fabricadas, b) colocación de la probeta en la máquina de ensayos universales y c) probetas después de la prueba realizada

III. RESULTADOS Y ANÁLISIS

Se realizaron ensayos de tensión, compresión y flexión para 9 probetas, 3 de cada una de las pruebas, obteniendo un comportamiento similar en cada uno de los casos, la figura 3 muestra las gráficas para cada ensayo. De acuerdo a la literatura [9], [10], en la gráfica esfuerzo deformación es posible observar una pendiente prolongada que nos permite identificar el módulo de elasticidad, el punto máximo se representa la resistencia máxima a la tensión, podemos observar un comportamiento muy similar en cada caso, dando un valor de 8.3 MPa aprox, de acuerdo a la gráfica mostrada existe un comportamiento inicialmente elástico lineal, seguido de una zona de transición a una región plástica de endurecimiento hasta un esfuerzo máximo de tensión, por último, podemos observar un ablandamiento acompañado de una deformación elástica, para después ocurrir la falla de forma catastrófica. La resistencia a la compresión (figura 3b) se caracteriza por la máxima carga que puede soportar la muestras hasta que exista un derrumbe interno causado por el rompimiento de los enlaces existentes, para tal caso la resistencia obtenida fue de 80 MPa, posterior a ello se observa una disminución en la carga, para después incrementar sustancialmente, dicho incremento se relaciona con la compactación de toda la pieza, más no con la resistencia a la compresión, para la resistencia a la flexión se empleó la técnica de 3 puntos obteniendo como resultado una resistencia de 52 MPa, de acuerdo a lo observado podemos determinar que el comportamiento es característico de un material frágil, el cuál presenta una falla de forma catastrófica tal como se observa en la figura 3c. Los resultados obtenidos varían un poco a los reportados en la literatura [2], [7], [11], pero

es debido a que en este tipo de manufactura aditiva depende de muchos factores que las máquinas de impresión pueden variar durante el proceso.

Comportamiento mecánico

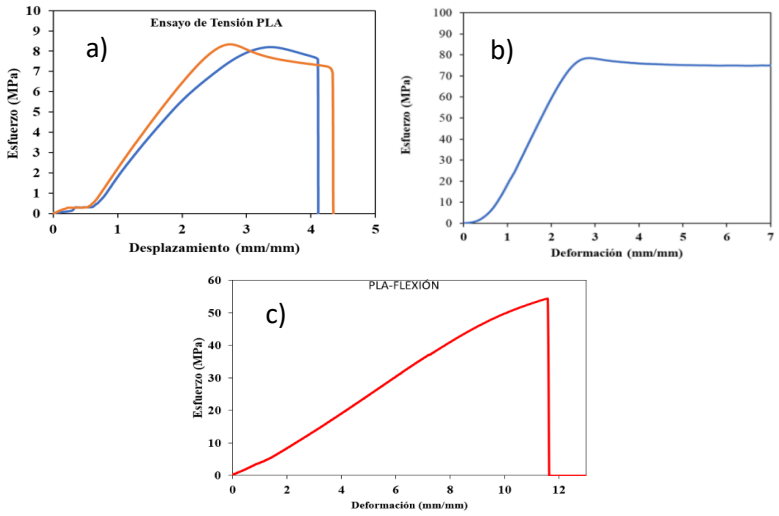
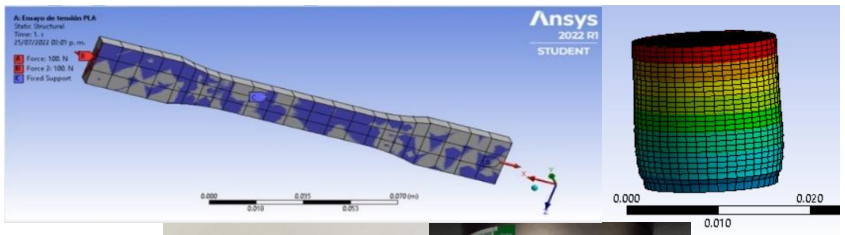


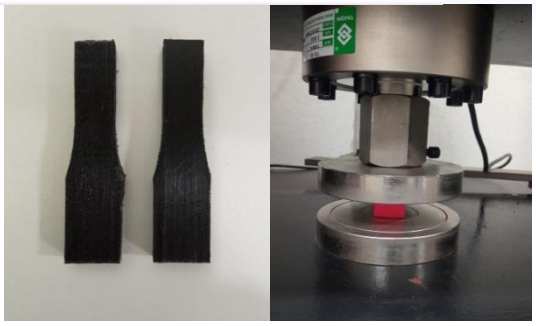
Fig. 3. a) ensayo de tensión, b) ensayo de compresión y c) ensayo de flexión

La figura 4, muestra el comportamiento preliminar de las muestras sometidas a tensión y compresión, de acuerdo a lo observado la concentración de esfuerzos ocurre en la parte central de la probeta, ocasionando la ruptura de la misma en la parte centra como se puede observar en la figura 2c, este comportamiento es muy similar al obtenido por S. Anand Kumar [12], la figura 4b, muestra la concentración de esfuerzos y colapsamiento de la muestra en la parte central de la muestra, dando como resultado un valor de 78 MPa aproximadamente.

a)



b)



c) d)

Fig. 4. Resultados preliminares de a) ensayo de tensión ANSYS, b) ensayo de compresión en ANSYS, c) y d) comportamiento experimental

IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Se determino de forma exitosa el comportamiento de las probetas impresas de PLA en la máquina de ensayos universales dando como resultado una resistencia máxima a la tensión de 8.9 MPa, 52 MPa de flexión y 78 MPa de compresión, los resultados preliminares observados en la simulación mediante ANSYS, muestras una similitud al comportamiento experimental obtenido al ensayar las probetas de PLA, como trabajo a futuro se profundizará en variar el porcentaje de porosidad de las muestras y el efecto de la misma en el comportamiento mecánico.

V. RECONOCIMIENTOS (O AGRADECIMIENTOS)

Principalmente al Instituto Tecnológico Superior del Sur de Guanajuato por las facilidades otorgadas para la realización del proyecto, al departamento de investigación de la institución y a la coordinación de Ingeniería en Sistemas Automotrices por la confianza y guía durante la realización del proyecto.

REFERENCIAS

[1] S. Noemi, C. Ávila, H. I. M. Castillo, D. F. De Lange, and G. Mejía, “Tema A2b Manufactura : Manufactura Aditiva ‘ Comportamiento estructural de probetas de PLA fabricadas por el proceso de Modelado por Deposición Fundida (FDM),’” *Memorias Del Xxvi Congr. Int. Anu. La Somim*, p. 9, 2020.

[2] M. Velasco Peña, J. Rodríguez Suárez, and D. Restrepo Ardila, “Caracterización de propiedades mecánicas de piezas en ABS en función de parámetros de proceso de manufactura aditiva FDM,” *Xxi Congr. Nac. Ing. Mecánica*, vol. 11, no. November 2016, pp. 716–722, 2016, [Online]. Available: https://www.researchgate.net/publication/312937308%0ACaracterización

[3] S. Farah, D. G. Anderson, and R. Langer, “Physical and mechanical properties of PLA, and their functions in widespread applications — A comprehensive review,” *Adv. Drug Deliv. Rev.*, vol. 107, pp. 367–392, 2016, doi: 10.1016/j.addr.2016.06.012.

[4] J. A. Travieso-Rodriguez, R. Jerez-Mesa, J. Llumà, O. Traver-Ramos, G. Gomez-Gras, and J. J. Roa Rovira, “Mechanical Properties of 3D-Printing Polylactic Acid Parts subjected to Bending Stress and Fatigue Testing,” *Materials (Basel).*, vol. 12, no. 23, p. 3859, 2019, doi: 10.3390/ma12233859.

[5] M. Abouelmajd, A. Bahlaoui, I. Arroub, M. Lagache, and S. Belhouideg, “Mechanical Characterization of PLA Used in Manufacturing of 3D Printed Medical Equipment for COVID-19 Pandemic,” *2020 IEEE 2nd Int. Conf. Electron. Control. Optim. Comput. Sci. ICECOCS 2020*, 2020, doi: 10.1109/ICECOCS50124.2020.9314444.

[6] A. Gire Quispe, “UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTÍN DE AREQUIPA,” Universidad NAcional de San Agustin de Arequipa, 2019.

[7] S. M. Mirkhalaf and M. Fagerström, “The mechanical behavior of polylactic acid (PLA) films: fabrication, experiments and modelling,” *Mech. Time-Dependent Mater.*, vol. 25, no. 2, pp. 119–131, 2021, doi: 10.1007/s11043-019-09429-w.

[8] A. International, “D638, Standard test method for tensile properties of plastics,” *ASTM Int.*, no. C, pp. 1–16, 2013, doi: 10.1520/D0638-10.1.

[9] A. Donald R, *The Science and Engineering of Materials*, Sixth Edit. Stamford, 2011.

[10] J. William D. Callister and D. G. Rethwisch, *Materials Science and Engineering an Introduction*, Eighth Edi. Wiley, 2010.

[11] W. Guo, J. Hou, M. Wan, L. Fu, T. Lin, and P. He, “Microstructural evolution, mechanical properties, and FEM analysis of the residual stress of sapphire joints brazed with a novel borate glass,” *Ceram. Int.*, vol. 47, no. 5, pp. 6699–6710, 2021, doi: 10.1016/j.ceramint.2020.11.010.

[12] S. Anand Kumar and Y. Shivraj Narayan, *Tensile testing and evaluation of 3D-printed PLA specimens as per ASTM D638 type IV standard*, no. January 2019. Springer Singapore, 2019. doi: 10.1007/978-981-13-2718-6_9.

COMPARACIÓN ENTRE LOS RESULTADOS EXPERIMENTALES DEL ENSAYO DE TENSIÓN Y LA SIMULACIÓN MEDIANTE ANSYS.

José Manuel Vera Vega
Instituto Tecnológico Superior del sur de Guanajuato.
Ing. Sistemas Automotrices.
Av. Educación Superior No. 2000 Col. Benito Juárez, Uriangato Gto. C.P. 38980
T16120163@alumnos.itsur.edu.mx

Mariano Braulio Sánchez
Instituto Tecnológico Superior del sur de Guanajuato.
Ing. Sistemas Automotrices.
Av. Educación Superior No. 2000 Col. Benito Juárez, Uriangato Gto. C.P. 38980
m.braulio@itsur.edu.mx

Resumen — En este trabajo se presenta la comparación entre los resultados experimentales de los ensayos de tensión realizados por la máquina de ensayos universales y el software de simulación CAE multifásico para análisis y simulación por elementos finitos ANSYS. Se realizo el diseño de las probetas por medio del software de diseño asistido por computadora Solid Works para posteriormente imprimirlas en la impresora 3D Makerbot. El material elegido para las probetas fue ácido poliláctico (PLA), ya teniendo las probetas físicamente se sometieron a ensayos de tensión en la máquina de ensayos universales ETM – 100KN, por otra parte, las probetas diseñadas en Solid Works fueron sometidas a un ensayo de tensión mediante el software de simulación ANSYS, ambos métodos de ensayos fueron hechos bajo la norma ASTM – D638. Los resultados obtenidos de ambos ensayos se analizaron y se plasmaron en tablas comparativas.

Palabras clave — Tensión, ensayo de tensión, simulación, PLA.

Abstract — In this work, the comparison between the experimental results of the stress tests carried out by the universal testing machine and the CAE Multiphysics simulation software for analysis and simulation by Ansys finite elements is presented. The design of the specimens was carried out using the Solid Works computer-aided design software to later print them on the Makerbot 3D printer. The material chosen for the specimens was polylactic acid (PLA), and having the specimens physically, they were subjected to stress tests in the universal testing machine ETM – 100KN, on the other hand, the specimens designed in Solid Works were subjected to a stress test using the Ansys simulation software, both test methods were done under the ASTM – D638 standard. The results obtained from both tests were analyzed and reflected in comparative tables.

Keywords — Tension, tension test, simulation, PLA.

I. INTRODUCCIÓN

Con el rápido avance y crecimiento de la tecnología, los softwares de simulación son una herramienta importante en el diseño de piezas. El software de simulación CAE multifásico para análisis y simulación por elementos finitos ANSYS, contiene un programa llamado ANSYS Mechanical Structural, Profesional, el cual nos permite resolver situaciones muy particulares en diseño mecánico como elementos estructurales lineares, no lineares y análisis dinámico. Con este módulo se puede evaluar el comportamiento, asignar materiales y resolver ecuaciones. ANSYS nos permite resolver análisis térmicos, acoplamientos físicos que involucren acústica, elementos piezoeléctricos e interacción térmica con eléctrica. ANSYS Mechanical es una solución puntual de análisis de alto desempeño que puede usarse como plataforma de solución [1].

Para nuestros intereses particulares el software ANSYS fue usado para simular un ensayo de tensión bajo la normativa ASTM – D638 para el ácido poliláctico (PLA) [2]. Este

material tiene diversas aplicaciones en nuestra vida diaria, se deriva de materias primas naturales y renovables, como el maíz, y pertenece a los poliésteres como un polímero sintético. El filamento PLA es uno de los materiales de impresión 3D más populares y utilizados, es muy fácil de imprimir en comparación con otros materiales, lo que lo convierte en el filamento ideal para la fabricación aditiva. Además de esto, el PLA se ve a menudo como un material más sostenible y más seguro que otros materiales [3].

Con este ensayo podremos conocer la resistencia del material, el esfuerzo máximo antes de la fractura, la deformación total, esfuerzo de Von Misses y las cargas máximas permitidas. Para poder corroborar la información arrojada por el ensayo realizado en el software ANSYS se imprimirán las probetas en la impresora 3D makerbot, con la finalidad de poder realizar el ensayo de tensión en la máquina de ensayos universales ETM – 100KN, una vez obtenidos los resultados se analizaron y se compararon los resultados obtenidos por el software ANSYS.

II. MARCO TEÓRICO

El PLA (ácido poliláctico), también llamado ácido poliláctico, se deriva de materias primas naturales y renovables, como el maíz, y pertenece a los poliésteres como un polímero sintético. El almidón (glucosa) se extrae de las plantas y se convierte en dextrosa mediante la adición de enzimas. Esto es fermentado por microorganismos en ácido láctico, que a su vez se convierte en polilactida. La polimerización se produce con cadenas moleculares, similares en sus propiedades a los polímeros a base de petróleo [3].

Tabla 7. Propiedades físicas del PLA. [4]

Propiedad	Unidad	Valor
Densidad	g/cm^3	1,23
Resistencia a tracción	MPa	3309 (Alta)
Resistencia a la flexión	MPa	385
Temperatura de deformación	°C	55 (baja)

Tabla 8. Propiedades de impresión PLA [5].

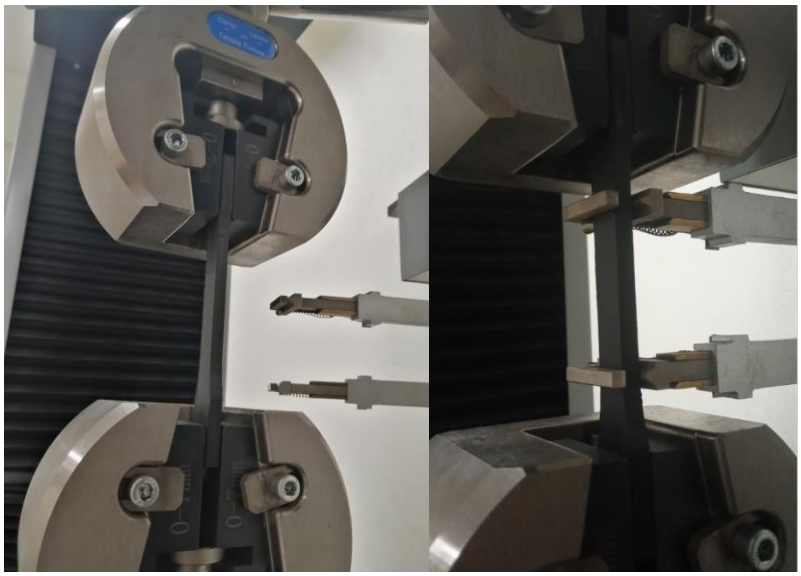
Propiedad	PLA
Facilidad de impresión	Muy alta
Temperatura de extrusión	200-240 (ºC)
Temperatura de cama caliente	0-40 (ºC)
Potencia del ventilador	100%

El filamento PLA ha adquirido gran aceptación dentro de la fabricación aditiva debido a sus orígenes a base de productos renovables. Además de ser el preferido para las personas que dan sus primeros pasos dentro de la industria 3D ya que es muy fácil imprimir con él. Este material considerado polímero semicristiano tiene una temperatura de fusión de 180 ºC, algo relativamente bajo si se compara con el filamento de ABS que puede ascender hasta los 260 ºC, lo que permite que al imprimir con PLA no sea necesaria la utilización de

una bandeja de impresión calefactada, y no es tampoco necesaria la cámara cerrada. El único inconveniente es que el filamento PLA tiene mayor viscosidad lo que puede atascar el cabezal de impresión si no se tiene mucho cuidado [6].

III. METODOLOGÍA

El diseño de las probetas para los ensayos de tensión, se realizó en el software SolidWorks siguiendo la geometría estandarizada por la norma ASTM D638 [7]. El total de piezas impresas fueron 5 probetas para el ensayo de tensión en la impresora 3D makerbot bajo los parámetros de impresión calidad seleccionados para dicho proceso fueron: Alta, espesor de la capa; 0.10 mm, numero de capas: 2, 100% solido, a una temperatura de fusión de filamento de 215°C. Se sometieron las probetas al ensayo de tensión en la máquina de ensayos universales (ETM-100KN) con una velocidad de 5 mm/min todos los ensayos se efectuaron a temperatura ambiente. En la figura 1 se muestra la probeta colocada correctamente en las mordazas de la máquina de ensayos universales antes de colocarle los extensómetros y la figura 1b muestra la colocación de los extensómetros para poder medir la deformación en el material durante la prueba. La finalidad del presente trabajo fue hacer la comparación entre la parte experimental y simulada de las piezas de PLA, por lo tanto, se empleó en el software ANSYS en la modalidad de análisis dinámico con una velocidad de 5mm/min, y un deslizamiento de 20 mm con un mayado de 2 mm.



a) b)

Figura 13. a) Probeta colocada correctamente en las mordazas de la máquina de ensayos universales para el ensayo de tensión, b) colocación de los extensómetros

IV. RESULTADOS

Diseño de la geometría de la probeta de PLA basada en la norma ASTM D638 en el software Solid Works.

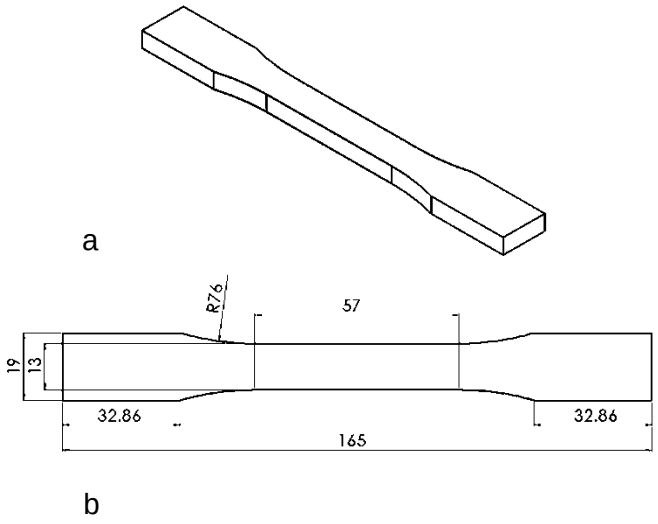


Figura 14. a) Vista isométrica de la probeta. b) Vista superior de la probeta con dimensiones de acuerdo a la norma ASTM D638.

Ensayo de tensión realizado en el software ANSYS.

En la figura 3 podemos observar el esfuerzo equivalente máximo donde podemos observar una consentración de esfuerzos en la seccíon central de la probeta con un esfuerzo equivalente máximo de 5.0888e8 Pa, siendo la zona mayormente afectada, en los extremos de la probeta se obtuvo un esfuerzo equivalente minimo de 1.6816e8 Pa ya que se encuentra sujetados por las mordazas de la maquina siendo la zona de menor afectación por el ensayo.

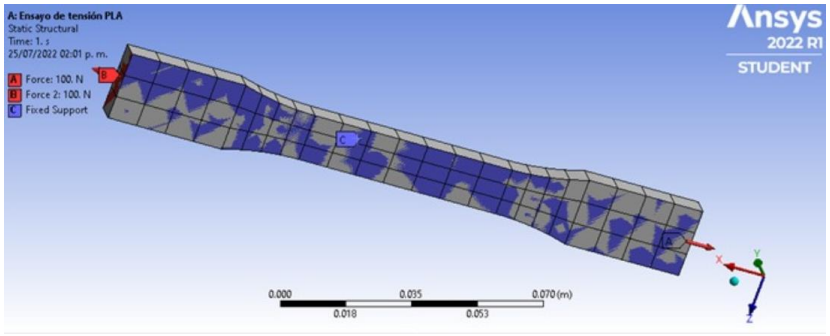


Figura 15. Visualización del esfuerzo equivalente obtenido del ensayo de tensión del material PLA.

Ensayo de tensión realizado en la maquina de ensayos universales ETM – 100KN.

En la figura 4 se muestran las probetas después de haber sido sometidas al ensayo de tensión donde podemos observar que todas llegaron a la falla (fractura) del material bajo la acción de una fuerza, presentando una deformación plástica irreversible.

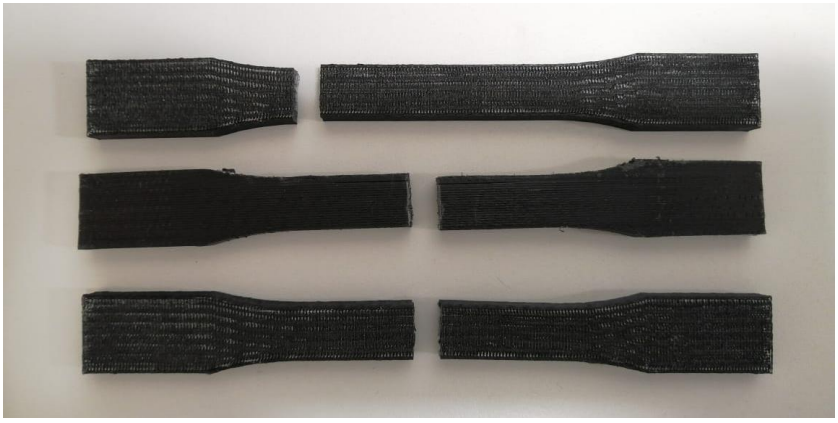


Figura 16. Probetas fracturadas después del ensayo de tensión.

En la figura 5 tenemos la gráfica Esfuerzo-Deformación obtenida de la comparación entre los resultados obtenidos de la probeta 1 y 2 y sus respectivos ensayos de tensión donde podemos observar que en ambos ensayos se obtuvo un esfuerzo máximo de 8 MPa como lo vimos en el ensayo realizado en el software ANSYS, de ambos ensayos el material tuvo una deformación plástica irreversible. En la probeta número 1 representada por la línea de color naranja la fractura se presentó en la sección izquierda de la probeta, tal y como sucedió en el ensayo realizado en el software ANSYS donde se presentó el esfuerzo máximo del material, podemos ver como el desplazamiento aumenta proporcionalmente a la carga, y al entrar en la zona de cedencia, no tiene un endurecimiento por deformación si no que rápidamente llega a la fractura, mientras la probeta número 2 representada por la línea azul tiene un desplazamiento con más curvatura respecto a la carga y al entrar en la zona de cedencia es mucho más corto el desplazamiento al llegar a la fractura, la cual se presentó en la sección central de la probeta, sección donde el ensayo realizado en el software ANSYS presento la mayor concentración de esfuerzos.

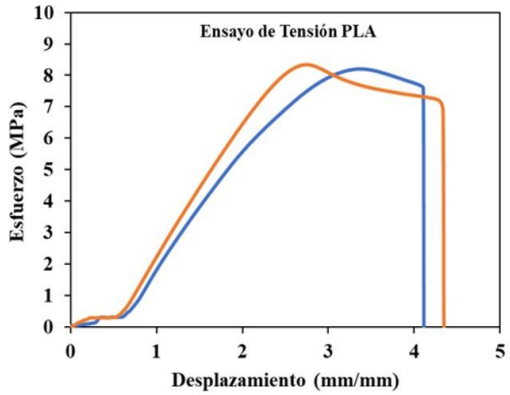


Figura 17. Gráfica Esfuerzo-Deformación donde se comparan 2 probetas ensayadas en la máquina de ensayos universales.

Los resultados obtenidos en ambos ensayos presentaron ciertas similitudes con los ensayos realizados para el articulo Elastic Asymmetry of PLA Material in FDM-Printed Parts: Considerations Concerning Experimental Characterisation for Use in Numerical Simulations [8] donde obtuvieron las siguientes propiedades mecánicas de tracción: Modulo de Young: 2346.7 MPa, resistencia a la tracción: 29.82 MPa, elongación: 0.021 (mm/mm) y coeficiente de Poisson: 0.38. Los cálculos posteriores siguiendo las recomendaciones de la norma ASTM – D638, la falla de tracción de la probeta se presentó en la sección central de la geometría con la diferencia de que la fractura del material no fue uniforme como en nuestros ensayos, presento irregularidades, esto pudo deberse a la calidad de su material. Su grafica Esfuerzo - Deformación los llevo a la conclusión de que el ácido poliláctico es un material frágil, tal y como los resultados de nuestras pruebas.

V. CONCLUSIONES

Los resultados que arrojo el software ANSYS con los resultados obtenidos de los ensayos realizados en la máquina de ensayos universales siguiendo los parámetros de la norma ASTM D638 presentan una gran similitud, ya que en el esfuerzo máximo en ambos métodos de ensayo están en un rango de 8 Pa, la concentración de esfuerzos y el punto de fractura sucede en la misma sección de la probeta, el esfuerzo min de 0 Pa dio lugar en ambos extremos de la probeta siendo la zona con menor afectación. La deformación total de la probeta antes de la fractura producida por un desplazamiento de 20 mm, produjo en el extremo derecho de la probeta una deformación plastica irreversible con un valor total de 0.01817. El ácido poliláctico (PLA) es un material frágil ya que carece de ductilidad, esto pudimos comprobarlo en nuestra grafica Esfuerzo-Deformación ya que una vez que la curva llega a su punto más alto comienza a descender hasta llegar a la fractura, no sufre de una gran deformación, o de un endurecimiento por deformación.

VI. RECONOCIMIENTOS

Agradezco a la coordinación de la investigación y a la coordinación de Ingeniería en Sistemas Automotrices del Instituto Tecnológico Superior del Sur de Guanajuato

REFERENCIAS

[1] Navarro y Soler, “Ansys Software de Simulación,” 2022.

[2] ZwickRoell, “ASTM D638 ,” *Propiedades de tracción plásticos* , 2022.

[3] Lucia C. 3D Natives, “PLA,” Jul. 2019.

[4] F. T. Pla, “Ficha técnica materiales”.

[5] Mexpolimeros, “PLA | Acido Poliláctico,” *Polímeros termoplásticos, elastómeros y aditivos*, 2021.

[6] L. S. C., A. R. de S., and F. A. A., “Ácido Poliláctico (PLA): Propiedades y Aplicaciones,” *Ing. Y Compet.*, vol. 5, no. 1, pp. 16–26, Jun. 2011, doi: 10.25100/iyc.v5i1.2301.

[7] A. International, “D638, Standard test method for tensile properties of plastics,” *ASTM Int.*, no. C, pp. 1–16, 2013, doi: 10.1520/D0638-10.1.

[8] M. M. Pastor-Artigues, F. Roure-Fernández, X. Ayneto-Gubert, J. Bonada-Bo, E. Pérez-Guindal, and I. Buj-Corral, “Elastic asymmetry of PLA material in FDM-printed parts: Considerations concerning experimental characterisation for use in numerical simulations,” *Materials (Basel).*, vol. 13, no. 1, pp. 1–25, 2020, doi: 10.3390/ma13010015.

ANÁLISIS DE CONSUMOS Y MÉTODO RUSS & SMALL DEL PROCESO DE CORTE PARA DISEÑO DE ALGORITMO

Petra Elizabeth Jiménez Oroz
Instituto Tecnológico Superior de Purísima del Rincón
Blvd. Del valle #2301
LRS181101013@purisima.tecnm.mx

Dr. Armando Mares Castro
Instituto Tecnológico Superior de Purísima del Rincón
Blvd. Del valle #2301
armando.mc@purisima.tecnm.mx

Resumen — En el departamento de corte de la empresa c-libre se analizó el proceso de corte de las piezas para la fabricación del calzado, ya que se tiene un gran desperdicio de materia prima, el cual, ha causado problemas de producción, así como atraso en los pedidos del cliente y pérdidas económicas en la empresa. Se realizaron diagramas de flujo del proceso, así como un vsm actual de la empresa con la finalidad de analizar y comprender todo el proceso y poder aplicar la técnica russ & small para optimizar el desperdicio de la materia prima mediante un algoritmo de programación.

Palabras clave — Diagramas de flujo, vsm,russ & small, optimizar, desperdicio.

Abstract — In the cutting department of the company c-libre the process of cutting the pieces for the manufacture of footwear was analyzed, since there is a great waste of raw material, which has caused production problems, as well as delay in customer orders and economic losses in the company. Flow diagrams of the process were made, as well as a current vsm of the company to analyze and understand the entire process and to be able to apply the russ & small technique to optimize the waste of the raw material through a programming algorithm.

Keywords — Flowcharts, vsm, russ & small, optimize, waste.

I. INTRODUCCIÓN

Una de las principales actividades que se realiza en la región es la elaboración de calzado, para ello se realizan una secuencia de actividades para su fabricación, una de las más importantes durante el proceso es el área de corte ya que en este se obtienen las piezas con las que se inicia la elaboración del calzado, consumiendo la materia prima más costosa de todo el producto que son los materiales sintéticos.

Uno de los principales problemas que enfrentan estas empresas es el desperdicio de estos materiales, causando pérdidas económicas. Tener el consumo exacto del material necesario para la fabricación del calzado es indispensable, ya que con este dato se inicia el proceso de fabricación del producto, es por ello por lo que se realizaran acomodos de las piezas mediante la técnica de russ & small, con la finalidad de poder eliminar y/o disminuir notablemente los desperdicios de materia prima que existen en esta área.

Uno de los objetivos principales de este proyecto de investigación es poder optimizar los recursos y procesos de la elaboración del producto, además hacer que el departamento sea más eficiente y eficaz. Mejorar la productividad y ahorrar recursos económicos.

II. MARCO TEÓRICO

Diagrama de flujo

Los diagramas de flujo son muy utilizados en cualquier industria ya que es una herramienta que explica de manera grafica el procedimiento que se debe de seguir para elaborar cualquier producto.

En la actualidad los diagramas de flujo son considerados en la mayoría de las empresas como uno de los principales instrumentos en la realización de cualquier método o sistema, ya que ayudan a tener una mejor comprensión de los procesos.

Un diagrama de flujo es una representación gráfica que desglosa un proceso en cualquier tipo de actividad a desarrollarse tanto en empresas industriales o de servicios y en sus departamentos, secciones u áreas de su estructura organizacional, según Manene [1]. López menciona que el diagrama de flujo reproduce el curso del proceso en forma abstracta. Incluye los nombres de los productos de partida y finales escritos mediante la simbología correspondiente a cada etapa de proceso [2]. Por otra parte, según Quintana comentan que los diagramas de flujo poseen símbolos que permiten estructurar la solución de un problema de manera grafica [3]. Manene menciona que un diagrama de flujo es la representación gráfica del flujo o secuencia de rutinas simples. Tiene la ventaja de indicar la secuencia del proceso en cuestión, las unidades involucradas y los responsables de su ejecución, es decir, viene a ser la representación simbólica o pictórica de un procedimiento administrativo [1]. Para la elaboración de los diagramas de flujo se deben de conocer los símbolos de esta herramienta, con el objetivo de estructurar el diagrama de forma correcta, los símbolos que constituyen esta herramienta son los siguientes:

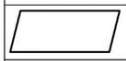
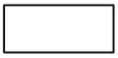
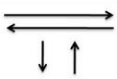
SÍMBOLO	NOMBRE	ACCIÓN
	Terminal	Representa el inicio o el fin del diagrama de flujo.
	Entrada y salida	Representa los datos de entrada y los de salida.
	Decisión	Representa las comparaciones de dos o mas valores, tiene dos salidas de información falso o verdadero
	Proceso	Indica todas las acciones o cálculos que se ejecutaran con los datos de entrada u otros obtenidos.
	Líneas de flujo de información	Indican el sentido de la información obtenida y su uso posterior en algún proceso subsiguiente.
	Conector	Este símbolo permite identificar la continuación de la información si el diagrama es muy extenso.

Fig. 12: Simbología del diagrama de flujo.

Value Stream Mapping (VSM)

Una de las herramientas más utilizadas en Lean Manufacturing es el Value Stream Mapping (VSM) ya que es una herramienta que ayuda a identificar áreas de oportunidad durante el proceso de elaboración de cualquier producto, y así mismo poder realizar mejoras con la finalidad de ser más productivo el proceso.

Según Paredes manifiestan que la aplicación de la herramienta VSM permite reconocer las relaciones subyacentes dentro de los procesos, que propone un ideal funcionamiento minimizando los desperdicios en los procesos, fortaleciendo aquellas actividades que den un valor agregado [4].

Russ & small

Este método consiste en hacer uso de un sistema de acomode de piezas que conforman un zapato ya sea en el material de Piel o de Forro y es el más utilizado en la actualidad por las empresas manufactureras de calzado. Este método ayuda a calcular el mínimo de consumo tanto de Piel como para Forro. El primer estudio sistemático de los factores que afectan las tolerancias en el decimetraje fue hecho por Russ y Small y publicado en 1922. Su trabajo fue más tarde desarrollado y complementado por Wyngate Kelley, quien publicó datos adicionales en 1930 y desde entonces un gran número de personas en el mundo le han dado considerable atención [5].

III. MATERIALES Y MÉTODOS

Para poder elaborar y diseñar nuestro Value Stream Mapping, se ejecutarán las siguientes actividades:

Recolección de datos: en esta primera etapa se realizó una visita a la empresa

para analizar las actividades que se realizan para la elaboración del calzado. Posteriormente se analizó el área de corte y de todos los departamentos anteriores que se relacionaban con este departamento.

En esta área se identificó que la máquina que se utiliza para el corte de piezas es la maquina clicken Fig 2. También se identificó con ayuda de los operarios, administración e ingeniería los factores críticos que influyen durante el proceso de corte del calzado. Además, se realizó el análisis del porcentaje de desperdicio del material, así como el estiramiento del sintético y de las piezas del calzado (la flecha roja indica el estiramiento de la pieza), como se muestra en la Fig. 3.

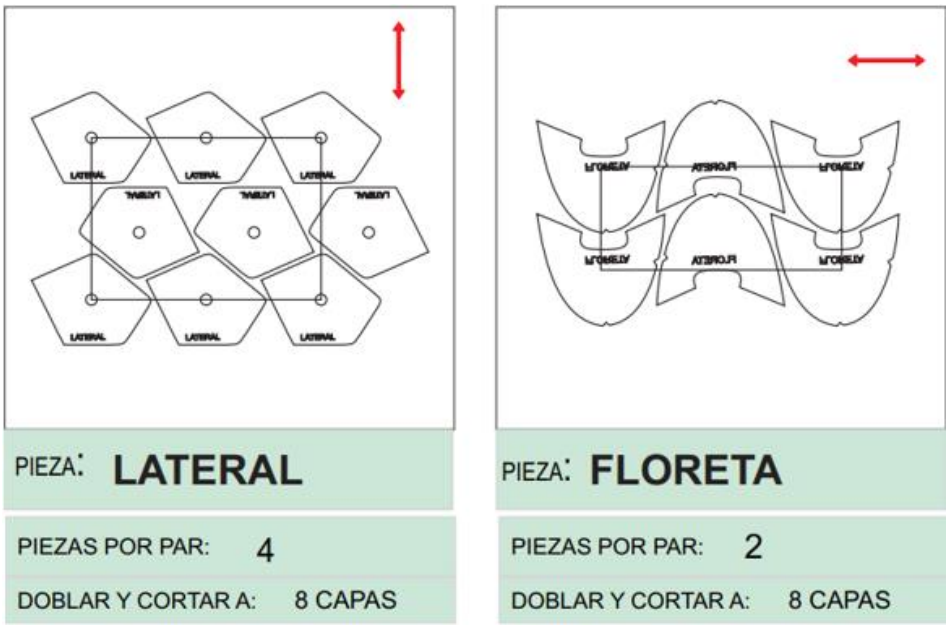


Fig.3 Estiramiento de las piezas

Elaboración del diagrama de flujo primer y segundo nivel: se desarrolló un diagrama de flujo de primer nivel para comprender todas las áreas relacionadas con el departamento de corte. Posteriormente se realizó un diagrama de segundo nivel en donde se especificó más a detalle el área de compras, recepción de materia prima y corte, en esta se plasmó información relevante, así como las restricciones que se deben de considerar durante el proceso de corte.

Realización del VSM actual de la empresa: las actividades que se desarrollaron para esta herramienta fue determinar el tiempo disponible de cada departamento, para este primer paso se recopilo información como los días que se elaboran a la semana y/o al mes, también el horario de la semana incluyendo las horas de almuerzo y comida. También se calculó el tiempo de ciclo de cada departamento, otro punto importante fue calcular la demanda de nuestro cliente, como datos de los proveedores y el cálculo talk time.

IV. RESULTADO

Diagrama primer nivel

Como se puede observar el diagrama de primer nivel que se desarrolló muestra todas las actividades anteriores del proceso de corte que son necesarias para su ejecución.

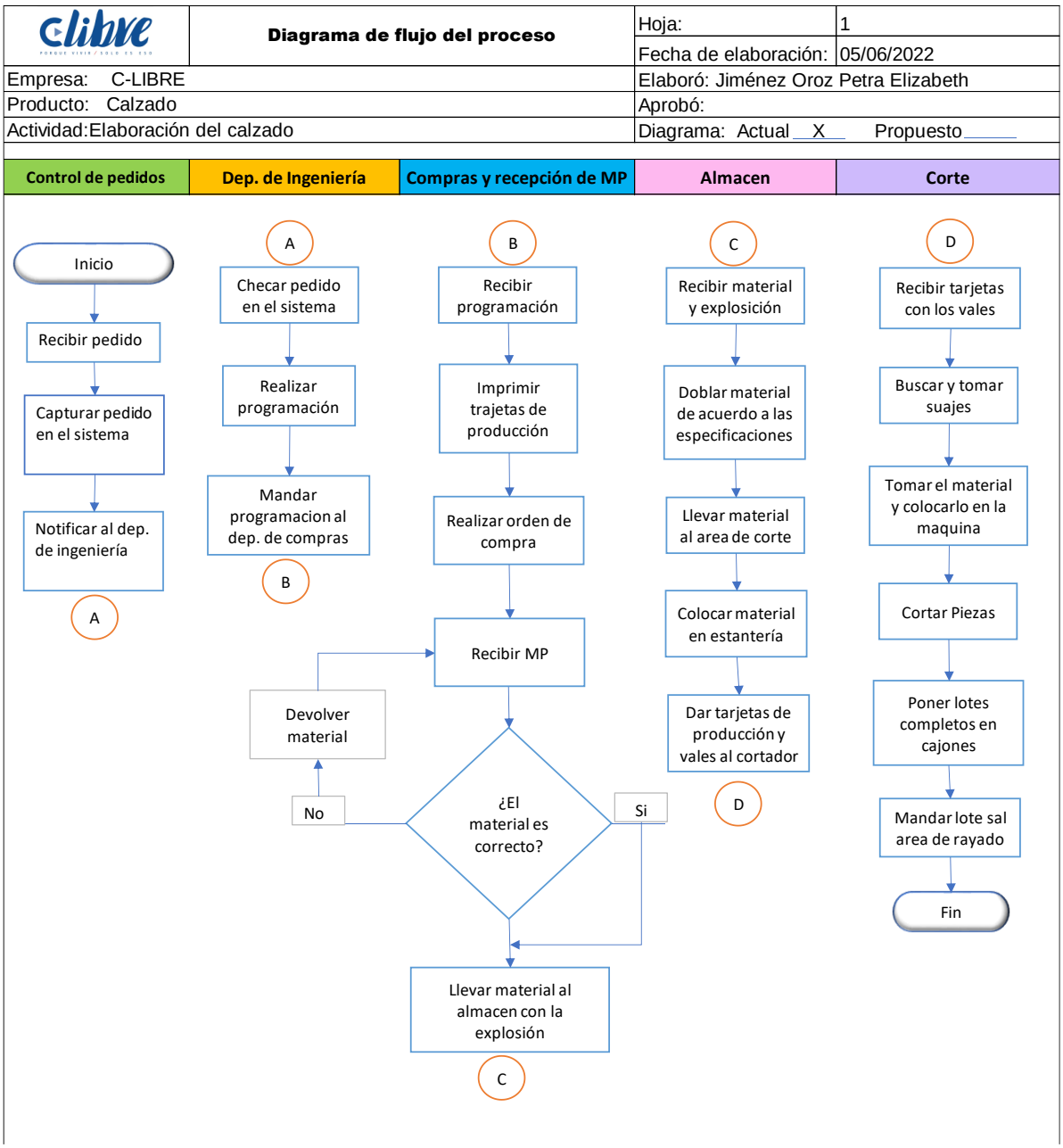


Fig. 4 Diagrama de flujo general de los departamentos involucrados en corte.

Diagrama de flujo segundo nivel

Como se visualiza en el diagrama aquí principalmente se recolectaron datos con todas las restricciones que se deben de considerar para la recepción y dobles del material sintético.

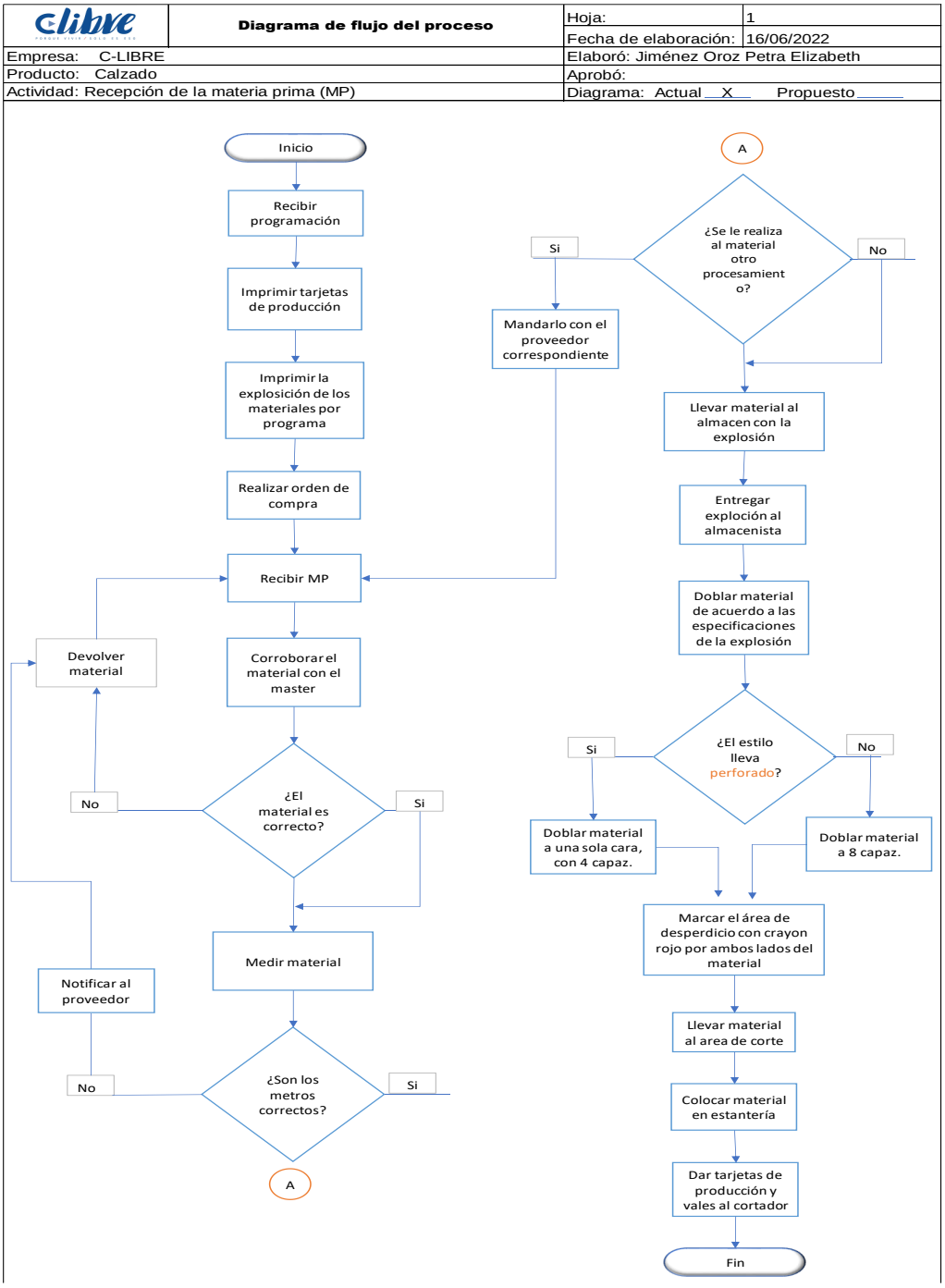


Fig. 5 Diagrama de flujo del proceso de almacén

Diagrama de flujo segundo nivel

Diagrama de flujo del proceso de corte: aquí se desarrolló un análisis de las actividades que realiza el cortador para cortar las piezas de calzado.

C-LIBRE	**Diagrama de flujo del proceso**	Hoja:	1
		Fecha de elaboración:	16/06/2022
Empresa: C-LIBRE		Elaboró: Jiménez Oroz Petra Elizabeth	
Producto: Calzado		Aprobó:	
		Diagrama: Actual __X__	Propuesto _____

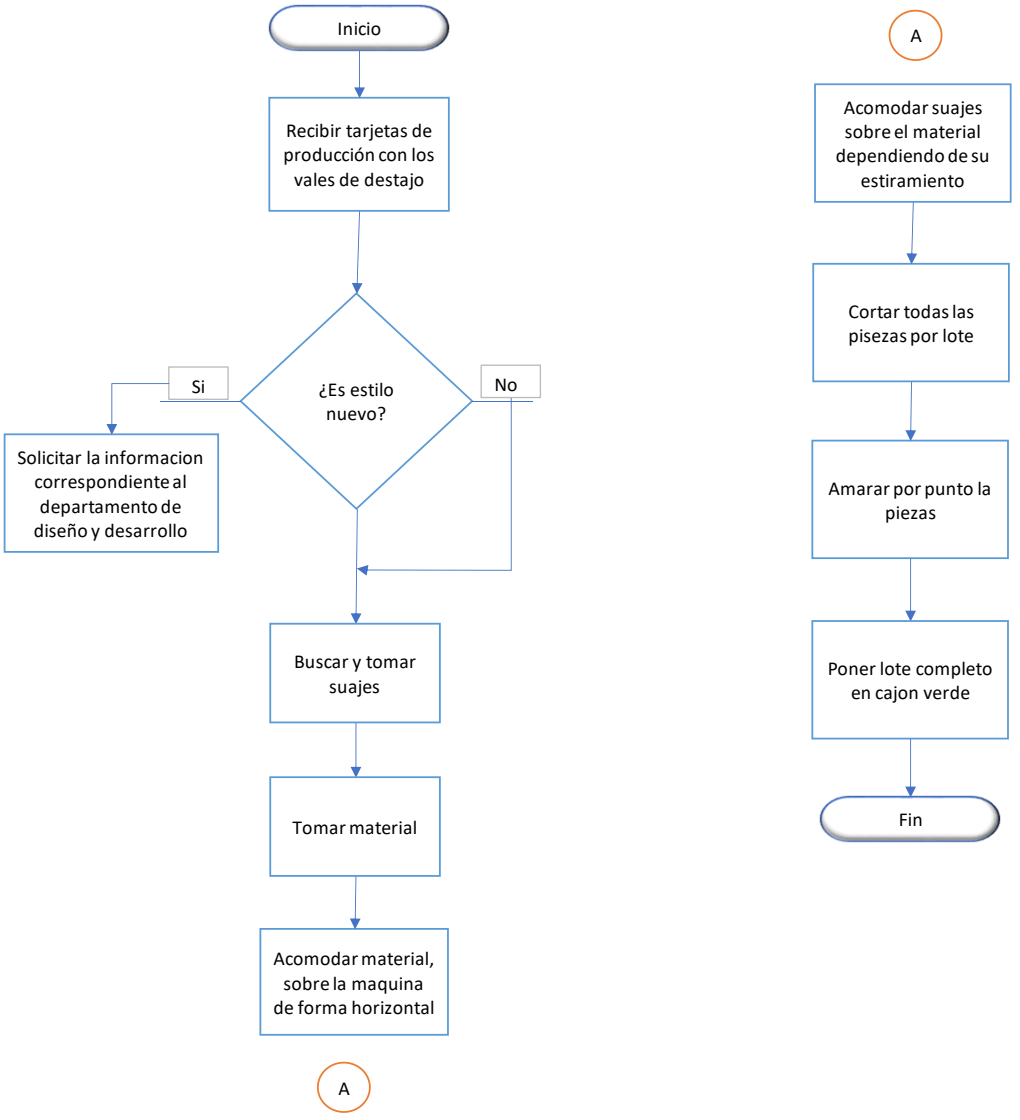


Fig. 6 Diagrama del proceso de corte

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Al analizar todo la información que re recolecto durante este proceso de investigación, se puede concluir que en la empresa hay áreas de oportunidad que pueden mejorarse, una de ellas es el desperdicio que se genera en el área de corte, con el diseño del algoritmo se pretende que este desperdicio disminuya notablemente, otro de los puntos que se puede considerar es realizar la aplicación de las 5´s para mejorar y aprovechar el espacio que dispone la empresa, también es importante llevar un mejor control en el área de almacén al momento de pedir los materiales, es importante que se anticipe por lo menos una semana para tener el material completo al momento de cortar las piezas, también creo conveniente que se deben realizar pruebas pilo antes de cortar los modelos nuevos para comprobar que el consumo se exacto y no haya faltantes.

VII. RECONOCIMIENTOS (O AGRADECIMIENTOS)

Quiero brindar mi reconocimiento principalmente a la empresa c-libre por permitirme realizar este proyecto de investigación en su empresa, al instituto tecnológico superior de purísima del Rincón por brindarnos el apoyo de realizar estos proyectos de investigación y al Dr. Armando Mares por permitirme formar parte de este proyecto de investigación y brindarme su apoyo en las dudas que surgieron durante este proceso.

REFERENCIAS

[1] Manene, L. (22 de 09 de 2018). *Los diagramas de flujo: su definición, objetivo, ventajas, elaboración, fases, reglas y ejemplos de aplicación*. Obtenido de https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/60656037/Los_diagramas20190920-8696-u4r0qz-with-cover-page-v2.pdf?Expires=1657085403&Signature=YP5nGcuJO9VgqauwQ-AwNl4qMcC46~r34GnPVbbsPMeGEFpaGEXERqViB9oop~yHhvJcP4uyb5rUoI32a6lSlNNBGarNXd1JMe6MPL2ueBgQUwgMwu3XRNtJnE.

[2]López, N. M. (2016). *DIAGRAMAS DE PROCESO*. Obtenido de: https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/36303849/DIAGRAMAS_DE_PROCESO_alumnos-with-cover-page-v2.pdf?Expires=1657094636&Signature=JRJgOrPa3Rpsh1zi4agSPSpQ6H-QytzAzKJyJXFqtDMs8YI5IHJ5fg3t9VcOivX~GMk8iaBjBqSVc4JHfci6fBHVViZDWl4wfnXD~cYLuzlFRyMf1vhRqMoKi-bvf0X.

[3] Quintana, D., Mercado Borja, R. D. C., Ruíz Payares, M. P., & Torres Coronado, R. (2020). Representación gráfica de los procesos: flujograma o diagrama de flujo. Disponible en: https://repositorio.unicordoba.edu.co/handle/ucordoba/3824.

[4] PAREDES, Andrés. Aplicación de la herramienta Value Stream Mapping a una empresa embaladora de productos de vidrio. Entramado [en línea]. 2017, 13, 262-277 [Fecha de consulta: 6 de mayo de 2020]. Disponible en: https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=265452747020 ISSN: 1900-380.

[5] M.F., R. (20 de 06 de 2013). *METODO RUSS & SMALL*. Obtenido de https://metodo-rush-small.pdf

ANÁLISIS DE PROCESOS EN PRUEBAS DE LABORATORIO PARA LA OPTIMIZACIÓN DE PROPIEDADES ANTIFÚNGICAS

Mireya Medina Ramírez
Instituto tecnológico superior de Purísima delRincón
Blvd. del Valle #2301, Guardarrayas, Purísimadel Rincón, Gto.
C.P. 36413
Lrs18110202@purisima.tecnm.mx

Dr. Armando Mares Castro
Instituto tecnológico superior de Purísima delRincón
Blvd. del Valle #2301, Guardarrayas, Purísima del Rincón, Gto.
C.P. 36413
Armando.mc@purisima.tecnm.mx

Resumen **—.** El trabajo de estandarización es utilizado para todo proceso, en este proyectose llevó a cabo el objetivo de desarrollar la estabilidad del proceso en pruebas de laboratoriopara obtener un nivel consistente de capacidad.

Desde que se comenzó con las pruebas, cada día se realizaron bitácoras para el registro decada actividad, partiendo así a identificar las áreas de oportunidad que se presentaron duranteel proceso mismo, de igual manera aprovechando para documentar puntos clave. Esperamosa terminar el proceso para conocerlo y después a examinamos cada operación para lograr su estabilidad y evitar que se haga de manera diferente, para así hacerlo de la misma formasiempre y llegar a la estandarización de nuestro proceso.

Palabras clave —Estabilidad, Procesos, Estandarización.

Abstract — The standardization work is used for all processes, in this project the objective ofdeveloping the stability of the process in laboratory tests to obtain a consistent level of capacity was carried out.

Since the tests began, every day logs were made to record each activity, thus starting to identify the areas of opportunity that arose during the process itself, in the same way taking the opportunity to document key points. We wait until the process is finished to find out aboutit and then we examine each operation to achieve stability and prevent it from being done differently, in order to always do it the same way and reach the standardization of our process.

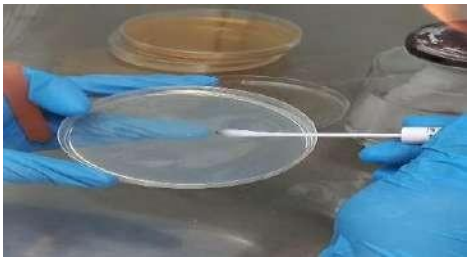
Keywords —. Stability, Processes, Standardization.

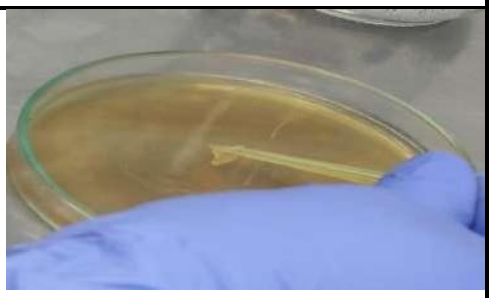
I. INTRODUCCIÓN

En el siguiente trabajo se pretende realizar un proceso estandarizado por mediode las pruebas viables necesarias para comprobar que el hongo Trichophyton Rubrum no tenga inhibición en el material de PU, esto para producir plantillas con la concentración de poliuretano adecuada. Como se sabe el PU es un material plástico, moderno que se puede acomodar a todas las necesidades, ya que sus características cambian según la proporción y cantidad de suscomponentes son de gran utilidad las muestras diferentes que se tienen con concentracionesaltas y bajas.

Este proceso se es viable ya que el hongo se cultivó desde cero, y se tuvo interacción con el directamente a las pruebas que se realizaron para la inoculación de estas mismas.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

FICHA TÉCNICA 1		
Proceso:	Preparación del Cultivo Madre	
Materiales:	Hongo Trichophyton Rubrum Medio de PDA Medio de Sabouraud Kanamicina 10 Cajas petri Agua destilada esteril puntas para micropipeta Tubos de vidrio Esparcidor Asas Micropipeta de 20 200 µl Incubadora a 26°C	

FICHA TÉCNICA 2		
Proceso	Obtención de subcultivos	
Materiales	Medios de cultivo madre con mayor biomasa de crecimiento 10 cajas petri Medio de PDA Medio de sabouraud Kanamicina Micropipeta Esparcidor Sacabocados Incubadora a 26°C	

FICHA TÉCNICA 3		
Proceso	Tinción para identificación microscópica del hongo	
Materiales	Azul de algodon lactofenol Técnica impronta Crecimiento del hongo Porta objetos Cubre objetos Cinta adhesiva microscopio	

FICHA TÉCNICA 4		
PROCESO:	Muestras de PU	
MATERIAL	Muestra: Blanco, Tamaño: N/A, Concentración: N/A.	
	Muestra: 6, Tamaño: Grande, Concentración: Alta.	
	Muestra: 12, Tamaño: Grande, Concentración: Baja.	
	Muestra: 34, Tamaño: Chico, Concentración: Alta.	
	Muestra: 40, Tamaño: Chico, Concentración: Baja.	
	Navajas tipo Bisturí	
	Uniformidad del corte	
	50mm X 50mm	
	Lavado con etanol del 96%	
	Temperatura ambiente	
	Luz UV	

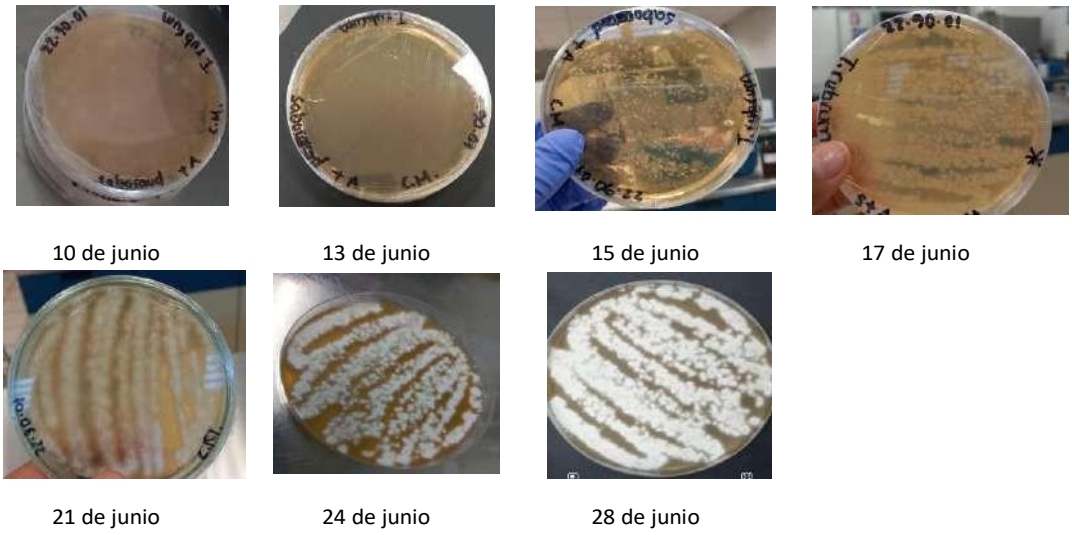
FICHA TÉCNICA 5		
Proceso	Obtención de solución de solución de esporas	
Materiales	Agua esteril	
	agitador	
	gasas	
	embudo	
	tubos de vidrio	
	medios de cultivo madre	

FICHA TÉCNICA 6		
Proceso	Prueba de viabilidad	
Material	Papel filtro de 25 x 25 mm	
	medios de sales nutritivas	
	kanamicina	
	suspension de esporas	

FICHA TÉCNICA 7		
Proceso	Inoculación de pruebas de PU en medios de sales nutritivas	
Material	medios de sales nutritivas triplicado de cada muestra de PU solución de esporas kanamicina micropipeta puntas incubadora a 26°C	

III. RESULTADOS

El crecimiento del cultivo madre en Sabouraud (Figura 1) se visualizó así, desde el día de la inoculación hasta su punto de crecimiento más alto.

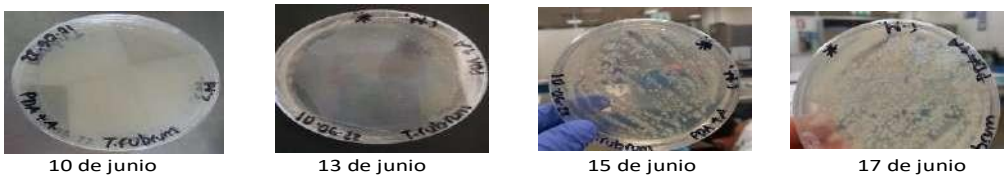


10 de junio | 13 de junio | 15 de junio | 17 de junio

21 de junio | 24 de junio | 28 de junio

Figura 1. Crecimiento cultivo madre Sabouraud

El crecimiento del cultivo madre en PDA (Figura 2) se visualizó así, desde el día de la inoculación hasta su punto de crecimiento más alto.

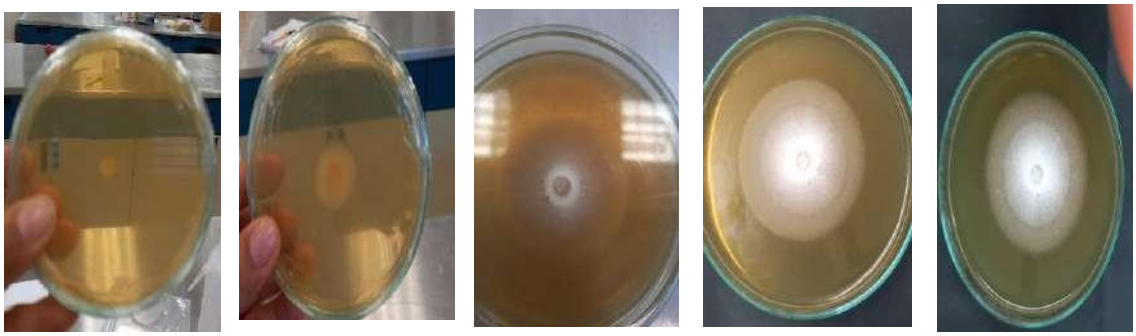


10 de junio | 13 de junio | 15 de junio | 17 de junio

21 de junio 24 de junio 28 de junio

Figura 2. Crecimiento cultivo madre PDA

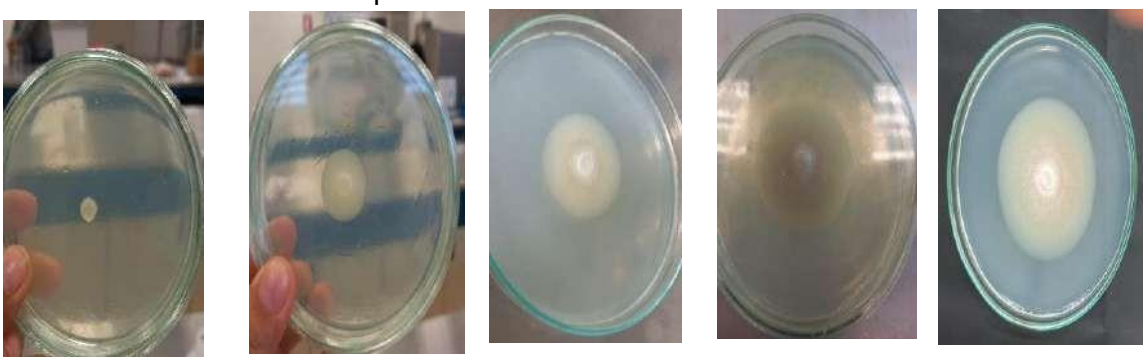
El crecimiento del subcultivo madre en Sabouraud (Figura 3), se observa el halo de inhibición desde el día de cultivación hasta su punto de crecimiento más alto.



17 de junio 21 de junio 24 de junio 27 de junio 29 de junio

Figura 3. Halo de inhibición de subcultivo sabouraud

El crecimiento del subcultivo madre en PDA (Figura 4), se observa el halo de inhibición desde el día de cultivación hasta su punto de crecimiento más alto.



17 de junio 21de junio 24 de junio 27 de junio 29 de junio

Figura 4. Halo de inhibición de subcultivo PDA

Las fotografías se empezaron a tomar el día 27 de junio de 2022, dentro de la campana laminar, con una fotografía con luz a cada muestra de PU, y una fotografía sin luz a cada muestra de PU, esto para observar mejor su desarrollo del crecimiento de la inoculación del hongo.

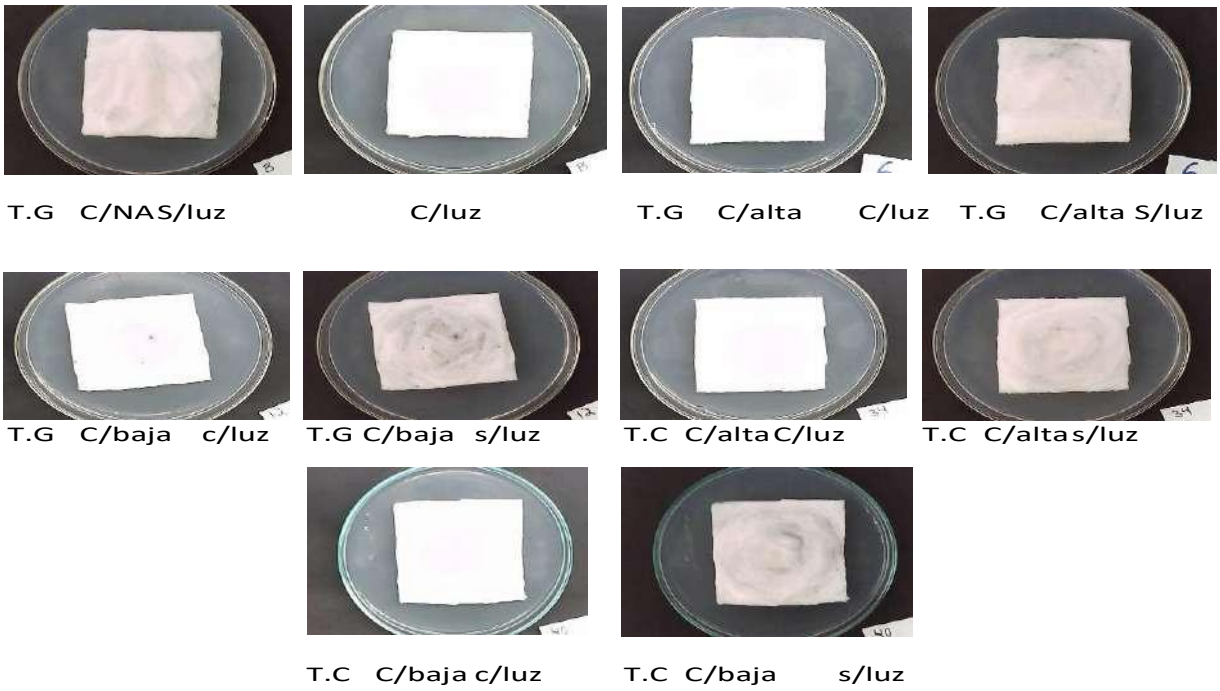


Figura 5. Inoculación 27 de junio 2022

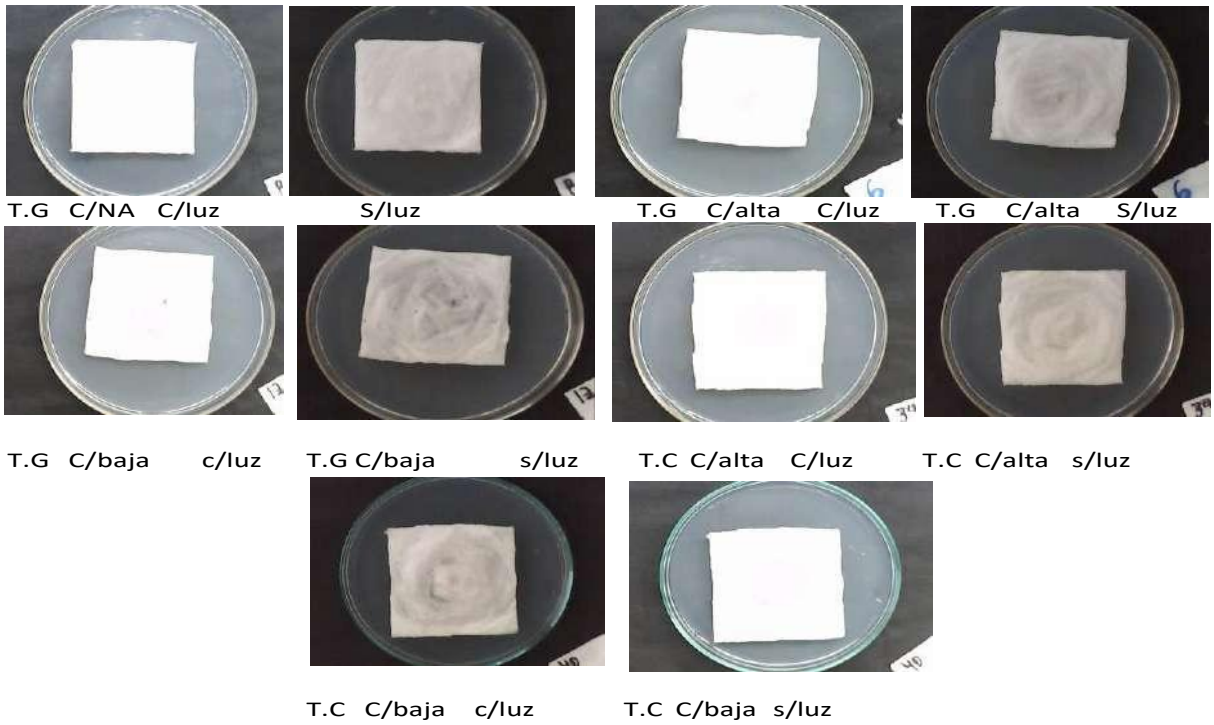


Figura 11. Inoculación 05 de julio de 2022

IV. DISCUSIÓN (O ANÁLISIS DE RESULTADOS)

El crecimiento del hongo en el medio de sales nutritivas fue lento, ya que, al paso de los 15 días de la inoculación, el avistamiento frente al lente de la cámara fue muy tenue, aunque su esparcimiento por el medio crecía de manera que se pensaba que invadiría nuestra muestra de PU, pero no fue así.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Durante el crecimiento del cultivo del hongo, se notó un excelente desarrollo de vida, ya quetodo se manejó de acuerdo a la norma ya antes mencionada, el cual fue punto clave para las muestras de inoculación.

Para futuras pruebas es necesario decir que 5 semanas de tiempo para este proyecto nofueron las suficientes ya que este proceso es demasiado largo y el crecimiento del hongose lleva su respectivo tiempo, para proseguir con las pruebas que se pretenden analizar.

VI. RECONOCIMIENTOS (O AGRADECIMIENTOS)

Gracias al Doctor Armando Mares Castro por haberme considerado para este proyecto ypor darme el apoyo y la confianza que me brindó durante el desarrollo de este proyecto.

Gracias a mi compañera Lizeth Esmeralda Ramírez Villanueva por haber compartido suexperiencia y conocimientos conmigo, y por haber sido parte fundamental para el desarrollo de este proyecto.

BIBLIOGRAFÍA

[1] ASTM INTERNATIONAL. (01 de JUNIO de 2015). *STANDARD PRACTICE FOR DERTERMINING RESISTANCE OF SYNTHETIC*. Obtenido de https://www.astm.org/

[2] *CIENTIFICA HYT COMERCIALIZADORA*. ((n.d) Fecha de Consulta 03 de julio de 2022). Obtenido de Laleyenda disponible en https://www.cientificahyt.mx/categoria/microbiologia/cajas-petri/

[3] *Esterilización (microbiologia)- Definición*. ((n.d) Fecha de consulta 02 de julio de 2022). Obtenido deDisponible en https://salud.ccm.net/faq/17784-esterilizacion-microbiologia-definicion

[4] Microbiologics Inc. (14 de mayo de 2021). Instructivo de uso. KWIK-STIK Plus.

[5] Cepero, M. C. (2012). Biología de hongos. Bogotá, Colombia: Universidad de los Andes. Recuperado de https://elibro.net/es/ereader/bibliotecpurisima/69414?page=214.

[6] Socconini Pérez Gómez, L. V. (2019). *Lean Manufacturing: paso a paso.*. Marge Books. https://elibro.net/es/lc/bibliotecpurisima/titulos/117567

SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE DATOS EN LA MEDICIÓN/CALIBRACIÓN DE TERMÓMETROS INFRARROJOS.

Heber Isidro Morales Lugo
Universidad Politécnica de Querétaro
Carretera Estatal 420 s/n. El Marqués, Qro.
019030419@upq.edu.mx

Víctor Martínez Fuentes
Universidad Politécnica de Querétaro
Carretera Estatal 420 s/n. El Marqués, Qro.
victor.martinez@upq.mx

Resumen — En este trabajo se muestra la adquisición de datos de sensores de temperatura y distancia que serán de utilidad para la corrección de la temperatura de un banco de prueba para la calibración de termómetros de radiación. Se desarrolla un sistema para la medición de la distancia al blanco, la temperatura de radiación de las paredes y la medición de la distancia a las paredes. Se muestran los parámetros de programación para la adquisición de señal de los sensores.

Palabras clave — Adquisición de datos, sensores, termómetros infrarrojos.

Abstract — On this work is shown the acquisition of data from temperature and distance sensors that will be used for correcting the temperature of a test bench for the calibration of radiation thermometers. A system for the measurement of the distance to the target, the radiation temperature of the walls and the measurement of the distance to the walls is developed. The programming parameters for the signal acquisition of the sensors are shown.

Keywords — Data Acquisition, sensors, infrared thermometers.

I. INTRODUCCIÓN

Tanto en los procesos térmicos de la industria automotriz como de la industria en general, para el uso correcto de los termómetros infrarrojos, especialmente en temperaturas menores a 250 °C, se requiere conocer y determinar los factores que afectan la medición de la temperatura por medios infrarrojos tales como: emisividad de la fuente de radiación, ajuste de emisividad del termómetro infrarrojo, temperatura de la fuente de radiación T_s, temperatura de los alrededores T_w, y la temperatura propia del detector T_d.

Considerando lo anterior, la propuesta del presente proyecto es crear un sistema automático que pueda determinar la temperatura de los alrededores y una aproximación a la temperatura del detector. Ambas temperaturas se pueden conocer a través de sensores de temperatura: uno de contacto para aproximar la temperatura del detector y otro infrarrojo para determinar la temperatura de los alrededores. Particularmente, para la determinación de la temperatura de los alrededores se utilizará un sistema de escaneo con un barrido de 180° que abarque el factor de vista de la fuente de radiación cuya temperatura se ha de medir. El sistema ha de dar una indicación de ambas temperaturas, en particular la temperatura de los alrededores que será ponderada conforme al área escaneada, por lo que el sistema ha de contener los sensores de distancia hacia los alrededores para determinar el área de visión del sensor infrarrojo dado que se conocen los ángulos de visión

II. MARCO TEÓRICO

Con el desarrollo de la ciencia materiales en la creación de sensores térmicos de radiación y el avance de dispositivos electrónicos digitales, ahora resulta muy accesible comprar, incluso en la tlapalería más cercana, un termómetro infrarrojo económico.

Sin embargo, a pesar de su disponibilidad, los termómetros infrarrojos (TIR) son instrumentos que, para dar una temperatura correcta, dependen de muchas condiciones tanto internas como externas. Para ello se usa el modelo de medición de un termómetro infrarrojo (*MSL Technical Guide 22)*

El modelo de medición de un termómetro infrarrojo es el siguiente *(Machin 2021):*

La temperatura de la fuente es representada mediante la evaluación de T_s. El efecto de la radiación de los alrededores y que es reflejada es representada por la evaluación de $S(T_w)$. Los efectos de la fuente de emisividad son representados por la evaluación de ε_s

$$S(T_{med}) = S(T_s) + \frac{(1-\varepsilon_{instr})}{\varepsilon_{instr}}[S(T_w) - S(T_d)] + \frac{(\varepsilon_s - \varepsilon_{instr})}{\varepsilon_{instr}}[S(T_s) - S(T_w)]$$

Donde:

$S(T)$ = Implementación de la ecuación de Sakuma-Hattori

ε_s = emisividad de la superficie

ε_{instr} = ajuste de emisividad del instrumento

T_{med} = temperatura de lectura del termómetro infrarrojo

T_s = temperatura de radiación esperada de la fuente de radiación térmica

T_w = Temperatura de radiación reflejada (paredes)

T_d =Detector de temperatura

Este modelo considera que las paredes (alrededores) tienen una misma temperatura, pero esta hipótesis previa no se cumple en todos los casos en donde el operador, ventanas, puertas, y otras fuentes térmicas están a otras temperaturas y emiten radiación térmica hacia la superficie del blanco a medir. Para este caso se usará el método de factor de vista (Holman, 2010) para ponderar las contribuciones térmicas de cada fuente. Para ello se requiere conocer temperaturas y áreas de las superficies radiantes de fondo.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

Se desarrolló un sistema de adquisición de datos para algunos de los sensores que a continuación se mencionan. Para su elaboración se tomó en cuenta el uso de un microcontrolador PIC 16F887, una pantalla de LCD, un sensor de temperatura infrarrojo MLX90614, así como un sensor láser de distancia tipo LIDAR VL53L0X, estos últimos en su versión modular, adicionalmente se usó el software LabView©, PIC C Compiler© y Programador Master Prog© para carga el programa microcontrolador (puede usarse otro compilador y dispositivos para cargar el programa al PIC).

1) Se procedió a elaborar un programa en PIC C Compiler© que pudiera establecer una comunicación con los sensores MLX90614 y el VL53L0X. Donde se destacan únicamente las funciones para la obtención de los resultados de las mediciones de los sensores debido a que estos usan un protocolo de comunicación conocido como I^2C. Ver figura 1 y 2.

2) Se tuvo en cuenta, para el sensor MLX90614, que los valores que se deseaban obtener son la temperatura del objeto que se encuentra dentro del alcance del sensor, así como la temperatura ambiente bajo la que se encuentra el sensor. De este modo es posible la adquisición de dos valores de temperatura de un mismo sensor con la finalidad de tener más datos sobre el ambiente donde se está llevando a cabo la medición de temperatura y así poder estimar un aproximado que permita determinar la temperatura real del objeto procurando descartar la radiación de calor de agentes externos.

3) Para el sensor VL53L0X se tuvo en consideración un único valor de retorno con la finalidad de ser un factor más que intervenga en la ecuación para determinar con mayor exactitud la medición de la temperatura.

```
float lectura_laser(unsigned char address)
{
     unsigned char CRC = 0;
     unsigned char tmp1 = 0;
     unsigned long tmp2 = 0;
     unsigned long long tempk = 0;
     float d = 0;

     i2c_start();
     if(i2c_write(0xB4) == 0)
      {
          i2c_write(address);
          i2c_start();
          i2c_write(0xB5);

          dis1 = i2c_read(1);

      }
      i2c_stop();
     d=dis1*0.485;
     return d;
}
```

Imagen 1. Función para la lectura del sensor de distancia.

```
float read_thermo(unsigned char address)
{
     unsigned char tmp1 = 0;
     unsigned long tmp2 = 0;
     unsigned long long tempk = 0;
     float t = 0;

     i2c_start();
     if(i2c_write(0xB4) == 0)
      {
          i2c_write(address);
          i2c_start();
          i2c_write(0xB5);

          tmp1 = i2c_read(1);
          tmp2 = i2c_read(1);

      }
      i2c_stop();

      tempk = ((tmp2 << 8) + tmp1);

      if(tempk <= 32650)
     {
       t=((tempk*0.02) - 273.0);
     }

     return t;
}
```

Imagen 2. Función para la lectura del sensor de temperatura.

4) La implementación de los elementos sensores se realizó, de manera física, de la siguiente manera:

   - Procurar una base donde el sensor de temperatura pueda mantenerse fijo, al mismo tiempo que se procure que no existan objetos que se interpongan en la medición de la temperatura.
   - Debajo del sensor de temperatura o arriba) se instaló el sensor de distancia, de este modo se procura la obtención de la distancia real entre el objeto y el sensor de temperatura para poder ser utilizado en una ecuación.
   - La base donde están colocados los sensores deberá ser movible con la finalidad de que se pueda estudiar y analizar el efecto de la distancia sobre la medición de la temperatura de un objeto aleatorio.
   - Se debe considerar el uso de un objeto con una temperatura conocida, una placa o cama caliente, por ejemplo.
   - Acorde a una distancia definida, con la activación de un servomotor, se procederá a tomar lecturas de la medición de temperatura de los objetos que se encuentran en un alcance angular de 180° con la finalidad de tener datos de temperatura sobre los objetos que tienen una influencia en la temperatura real del objeto al momento de medirlo.

Para ejemplificar de mejor manera la estructura del proyecto, a continuación, se presenta un diagrama de bloques del mismo donde se muestran los alcances que se buscan como objetivo. Ver esquema 1.

Esquema 1. Diagrama de bloques del esquema del sistema desarrollado.

IV. RESULTADOS

Se diseñó un programa que logra establecer una comunicación adecuada con los sensores de temperatura y láser de tal modo que es posible tener una visualización a través de una pantalla LCD, de tal modo es posible analizar los datos de manera visual a fin de establecer relaciones empíricas entre la temperatura medida como la distancia a la que se está tomando la medición. El ejemplo más claro es la medición de la propia temperatura corporal del usuario, pues a ciertos valores de distancia, corresponderá una lectura de temperatura distinta.

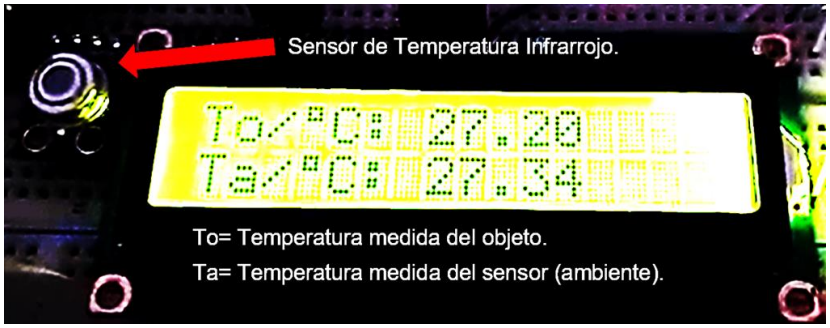


Imagen 3. Conexión y prueba del sensor de temperatura.

Del mismo modo, se plantearon las bases, dentro del código de programación, para exportar los valores a través de comunicación serial a una interfaz en el software Labview con la finalidad de que pudiera exportarse a un archivo con formato CSV y se exportan a la Nube.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Se logró obtener un sistema definido por una lógica de programación que permitió obtener la automatización en la toma de lecturas de la temperatura dados por el sensor infrarrojo. De este modo, se permite la elaboración de un banco de pruebas que tenga en consideración las variables de la temperatura (de distintos objetos) como la distancia a la que se encuentran a fin de poder encontrar una relación e influencia de los factores que intervienen en el sistema.

VI. RECONOCIMIENTOS

Expreso mi impoluto agradecimiento a la Universidad Politécnica de Querétaro, así como al Verano de la Ciencia Regional, por brindar las facilidades y apoyos para la realización de la estancia. Al Dr. Víctor Martínez Fuentes por todo el apoyo y confianza durante el periodo de la estancia.

REFERENCIAS

Holman, J. P. (2010). Radiation Heat Transfer. In *Heat Transfer* (10th ed., pp. 379–461). McGraw-Hill.

Machin, G. (2021). *CCT Task Group for Body Temperature Measurement (CCT-TG-NCTh-BTM)*. CCT-BIP. https://www.bipm.org/en/committees/cc/cct/wg/cct-tg-ncth-btm

MSL Technical Guide 22 Calibration of Low-Temperature Infrared Thermometers. (n.d.). http://msl.irl.cri.nz

DESARROLLO DE EQUIPO PARA MEDIR RPM EN MOTORES ELÉCTRICOS.

Alejandro Manzo Juárez
Instituto Tecnológico Superior del Guanajuato del
Ingeniería Electrónica

Av. Educación Superior No. 2000.
Col Benito Juárez, Uriangato GTO.
Alemj333@gmail.com

José Eli Eduardo González Duran
Instituto Tecnológico Superior del Sur de Guanajuato
Coordinador de la carrera de Ingeniería Electrónica
Av. Educación Superior No. 2000.
Col Benito Juárez, Uriangato GTO.

Rodrigo Anguiano Palemrin
Instituto Tecnológico Superior del Sur de Guanajuato
Ingeniería Electrónica

Av. Educación Superior No. 2000.
Col Benito Juárez, Uriangato GTO.
Je.gonzalez@itsur.edu.mx

Resumen _ En este Trabajo se presenta el diseño, desarrollo e implementación de un sistema de monitoreo, obtención y medición de las RPM presentes en un motor Eléctrico Trifásico mediante el uso de sondas de corriente conectadas a un osciloscopio Tektronix 2022B con comunicación a PC y mediante el uso del software Labview de National Instruments se realiza el procesamiento de señales obtenidas desde la interfaz del osciloscopio, asi como la adquisición desde el software de Tektronix la cual es compartida con labview mediante el uso de una comunicación creada a partir del uso de la librería Tektronix disponible desde la página oficial de National Instruments y la visualización desde un display elaborado en el panel frontal de Labview.

Palabras clave –velocidad angular, motor eléctrico, Labview, DAQ, Tektronix.

Abstract _ This work presents the design, development and implementation of a system for monitoring, obtaining and measuring the RPM present in a Three-Phase Electric motor through the use of current probes connected to a Tektronix 2022B oscilloscope with communication to PC and through the use of the National Instruments Labview software, the processing of signals obtained from the oscilloscope interface is carried out, as well as the acquisition from the Tektronix software, which is shared with Labview through the use of a communication created from the use of the Tektronix library available from the official page of National Instruments and the visualization from a display elaborated in the front panel of Labview.

Keywords –angular velocity, electric motor, Labview, DAQ, Tektronix.

I. INTRODUCCIÓN

En el uso de procesos automatizados mediante el uso de motores eléctricos es fundamental llevar un seguimiento de las condiciones en las cuales se encuentran los distintos motores para que se encuentre operando en óptimas condiciones y poder prevenir fallas en el mismo que pudieran causar inconvenientes en la maquinaria o procesos en los que son utilizados.

En el presente trabajo se desarrolló una interfaz que permite la visualización, la adquisición, procesamiento de la velocidad angular de un motor eléctrico, se implementaron diferentes sondas para monitorear las RPM de un motor eléctrico.

Mediante el uso de una sonda de corriente y un osciloscopio TEKTRONIX modelo 2022B se estará realizando la adquisición de: la forma, amplitud, y frecuencia de la corriente

consumida por una fase del motor eléctrico con lo cual se deduce las RPM y la potencia consumida donde la información se transmite del osciloscopio a la PC por un cable USB.

El Software de LABVIEW permitirá procesar los datos y crear una interfaz visible para el usuario.

II. MARCO TEÓRICO

Antecedentes:

Nelson Cotrina, Viany Salinas, Roger Estacio realizaron prueba de eficiencia de RPM en un despulpador de frutas cuya investigación se publicó en la revista de ingeniería e innovación [1].

En 2016 Julián Franco diseña e implementa un controlador electrónico de RPM para un turbocompresor moderno presente en un auto actual [2].

En 2010 denis Chávez Pérez diseño un instrumento para la medición de rpm, sentido de giro y posicionamiento de un eje en una maquina eléctrica [3].

Lorena Ruiz, ivan Suarez elaboran un dispositivo de variación de la velocidad de un motor trifásico de medio HP mediante el uso de un inversor trifásico un driver de protección y un módulo SPWM [4].

En 2002 Guzmán Díaz, Arsenio Barbón y Javier Gómez publican un libro donde explican como variar las RPM de un motor eléctrico bajo el título:" variación de la velocidad de los motores eléctricos" [5].

El 15 de junio de 2011 alexander Cespedes y Felipe Hernández desarrollaron un indicador digital para la lectura de RPM con el objetivo de mejorar el aprendizaje de pilotos de aeronaves asi como de estudiantes [6].

Metodología

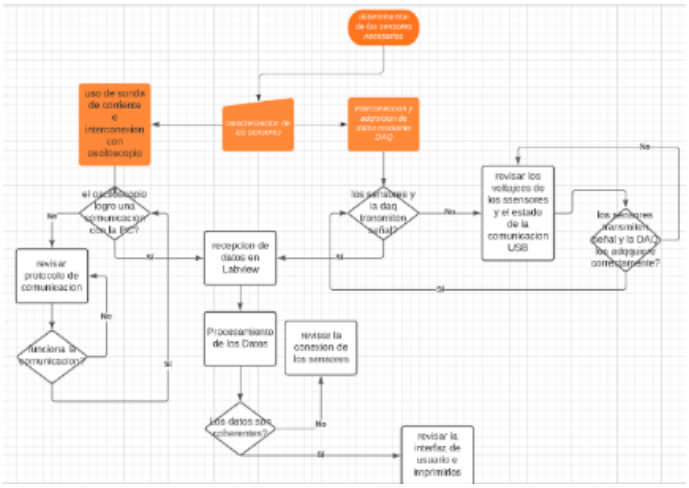


Figura 1 Diagrama de Flujo

En la figura 1 se muestra el procedimiento utilizado para llevar a cabo el ensamble de la comunicación PC-osciloscopio, recepción, transmisión y procesamiento de las señales a través de Labview.

Dentro de las instalaciones del ITSUR, en el laboratorio de automatización se trabajó en la investigación y búsqueda de dispositivos a utilizar los cuales son: sonda de Corriente, osciloscopio, PC, cable USB tipo B.

Una vez conseguidas todas las herramientas de trabajo se procedió a la caracterización mediante el uso de sus Hojas de datos siguiendo como guía de actuación el diagrama mostrado en la Figura 1. Por consiguiente, se pasó a la corroboración de adquisición de señal de corriente desde una fase del motor al osciloscopio la cual se muestra en la figura 2.

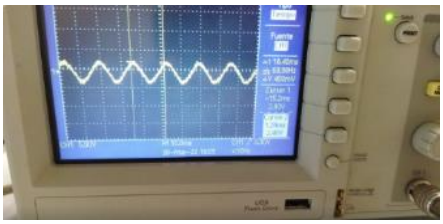


Figura 2 : señal obtenida en el osciloscopio a traves de la sonda de corriente colocada en la primera fase del motor

Para la corroboración de las magnitudes se hace uso de un multímetro de pinza en la primera fase, al ser una programación estructurada mediante uso de LABVIEW se propuso la interconectividad Osciloscopio-LABVIEW para ello se descargaron los controladores del osciloscopio, así como la librería de uso de LABVIEW.

Se presentó un problema de compatibilidad entre la versión instalada en la PC (versión LABVIEW 2017) y la versión de la librería descargada (Tektronix 2016) por lo cual se descargó la versión compatible más resiente (LABVIEW 2021) y se hizo uso de las licencias escolares para su activación completa.

Una vez conectado el osciloscopio y descargado el driver Tektronix, así como descargado la librería para LABVIEW desde la página oficial de National Instruments se agrega la librería a la carpeta de LabVIEW versión 2021.

En el diagrama de bloques se coloca un ciclo *while* en el cual se colocará a la entrada el visa de Tektronix, el cual determina con cual dispositivo se va a establecer la conectividad de LABVIEW.

Posteriormente se utiliza el configurador de canal en el cual se indicara cuál se va a utilizar en este caso el canal 1, luego se utiliza un configurador de dimensiones en el cual establece la amplitud de corriente mostrada por el osciloscopio así como el periodo de tiempo muestreado, cabe destacar que debe de configurase al doble de la frecuencia deseada la señal de salida entregada por el *sub VI* de canal es nuestra señal de la sonda la cual se hace pasar por un filtro pasa altas a 10 Hz debido a que esa es la frecuencia menor de

operación del driver después se utiliza un filtro pasa bajas el cual se establece en 60 que es la frecuencia de línea a la señal resultante.

Para corroborar que las frecuencias de ruido se han reducido se hace una separación de señales, la primera pasa por un analizador de frecuencias que muestra el espectro electromagnético incidente en la línea , en paralelo se muestra la señal filtrada después de los filtros, a esta señal resultante se le aplica un comparador de voltaje el cual en respuesta a los picos de voltaje da una señal cuadrada la cual al estar con menos oscilaciones se le aplica un analizador de frecuencia primaria para indicar con ello la frecuencia de salida del driver.

(1) $$\text{RPM} = \frac{120 * \text{frecuencia de incidencia en el motor}}{\text{numero de polos}}$$

A la respuesta se le aplica una multiplicación de 120 y una división de 2 esto debido a que la fórmula de determinación de revoluciones RPM en un motor trifásico la cual se muestra en la ecuación 1. Radica en 120 entre el número de polos presentes en el motor por la frecuencia entregada por el driver el valor en RPM se muestra mediante el uso de gauge y un indicador numérico como se muestra en la Figura 3.

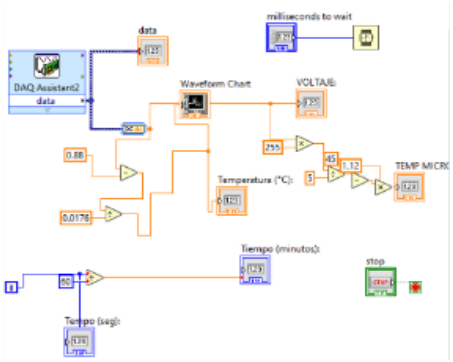


Figura 3 conexiones osciloscopio LABVIEW

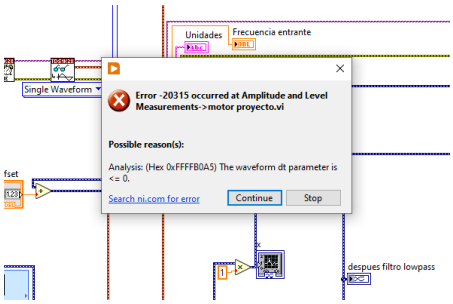
En este punto se presentaron problemas tanto de conectividad como de comunicación enlistando a continuación los principales:

-error de primera derivada, la señal entrante en ningún punto pasa por 0 se muestra en Figura 4 error de derivada.

-conexión fallida, el tiempo de respuesta de TEKTRONIX 2020 ha sobrepasado el límite.

-error de amplitud cambie la configuración máxima.

-error de lapso de tiempo, no se detecta ninguna señal periódica.



Figuran 4 errores de derivada

Una vez solucionados los errores de comunicación se procedió al filtrado de la señal entrante para eliminar el ruido de la señal para lo cual se utilizó un filtro pasa altas de límite inferior de 10Hz (debido a que la frecuencia del motor mínima es de 10 Hz) y un filtro pasa bajas cuyo límite superior está en 60 Hz (frecuencia de línea) con ello el resto del espectro es el que conforma el rango de operación del motor, El motor girara a 600 RPM y a 60 HZ a 3600 RPM como se muestra en la Figura 5,Lo anterior se verifico mediante el uso de un Tacómetro.

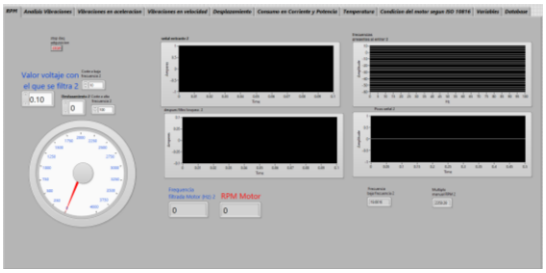


Figura 5 Interfaz de usuario RPM

A la señal de X se muestra directamente en un *CHART* que es la misma de la de corriente de incidencia del motor (posterior al driver).

Para compactar el diseño y reducir costos se pasó a sustituir el osciloscopio y la sonda de corriente por un sensor de corriente como se ve en la Figura 6, el cual se caracterizó por tener una respuesta de 1mA/A, para conectarlo se utilizó la DAQ USB 6011 en la cual se utilizó una resistencia de 1000 ohmios y se verifico con un multímetro lo entregado con lo mostrado en el *VI*.

Figura 6 modificaciones de osciloscopio por sensor

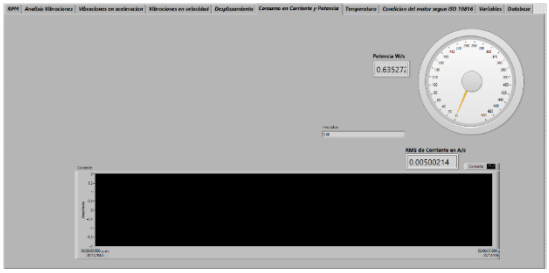


Figura 7 interfaz de consumo de corriente y de Potencia

III. RESULTADOS

En la Figura 8 se aprecia la interfaz de usuario final se muestran desde una sola ventana.

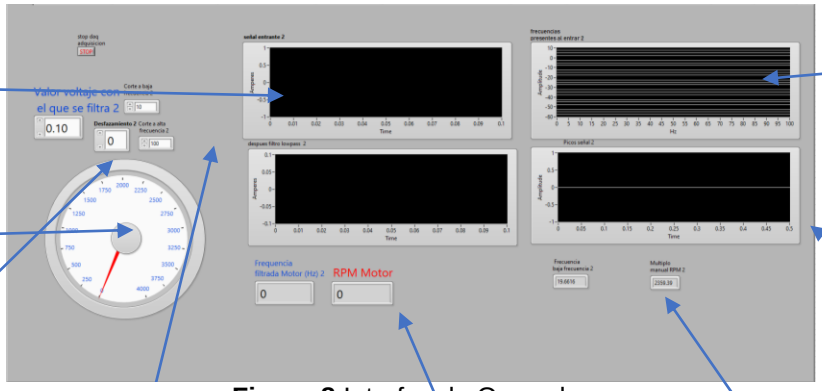


Figura 8 Interfaz de Operador

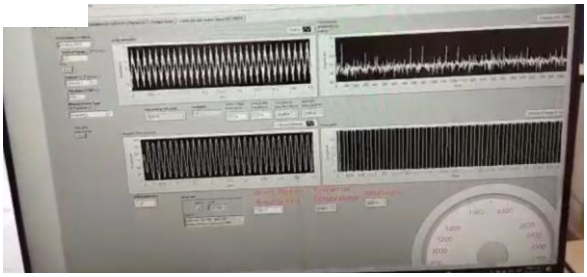


Figura 9 interfaz de operador en funcionamiento

IV. CONCLUSIONES

Se desarrolló un equipo para medir las RPM en cualquier motor eléctrico usando un sensor de corriente, mediante el uso de Labview junto una DAQ para adquirir, procesar y visualizar la frecuencia, magnitud de una fase en el motor.

En caso de colocar una carga al motor, las RPM del eje de salida tienen un pequeño desfasamiento con la velocidad teórica del motor.

A mayor carga se le coloque al motor el tiempo en que tarda en alcanzar las RPM de operación se incrementa.

Por el aumento de la carga el motor intenta compensar esa deficiencia de potencia aumentando el consumo de corriente por lo cual debido al efecto Joule la temperatura del mismo aumenta en mayor medida lo cual daña las terminales del motor asi como su embobinado.

Entre más pronto alcance el motor su velocidad de operación su consumo de corriente será menor.

Se diseño un segundo sistema aparte del original el cual en lugar de una sonda de corriente acoplada a un osciloscopio utiliza un sensor de corriente conectado a una DAQ.

REFERENCIAS

[1] m. v. s. c. r. e. l. Ronny Nelson cotrina escobal, «evaluacion de las revoluciones por minuto (RPM) en el metodo de centrifugacion para la construccion de una despulpadora de frutas,» *revista de ingenieria e innovacion,* vol. 1, nº 3, 2020.

[2] j. f. gil, «Diseño e implementación de un controlador electrónico por presión de admisión y revoluciones por minuto, para un turbocompresor de geometría variable,» Pereira : Universidad Tecnológica de Pereira, Pereira , 2016.

[3] d. a. c. perez, «Aplicación de un transductor óptico en la medición de velocidad y posición de una maquina eléctrica rotativa,» 2010.

[4] L. L. S. C. I. L. Ruiz Ovalle, *Variador de Velocidad para Motor Trifasico con Microcontrolador PSoC e Interfaz Grafica,* bogota, 2016.

[5] a. b. j. g. guzman diaz, variacion de la elocidad de los motores lectrico, oviedo: universiddad de oviedo, 2002.

[6] c. t. d. h. hernandez, «indicador de revoluciones ppor minuto digital,» *tecnoesufa,* vol. 15, 2011.

IMPLEMENTACIÓN DE CIRCUITOS ELECTRONICOS FLEXIBLES DE MICROALAMBRE Y POLIDIMETILSILOXANO

Leonardo Nathaniel Cardoso González
Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico Superior de Irapuato, carretera Irapuato-Silao km 12.5, 36821 Irapuato, Gto
Lis17111246@irapuato.tecnm.mx

Javier Gustavo Cabal Velarde
Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico Superior de Irapuato, carretera Irapuato-Silao km 12.5, 36821 Irapuato, Gto
javier.cv@irapuato.tecnm.mx

Resumen — En el presenta documento se reporta la realización de un circuito flexible basado en tecnología de montaje superficial, la cual, fue conectada con micro alambre de cobre para su posterior encapsulado en silicón transparente (PDMS) en busca de dotar al circuito de las características mecánicas propias de los polímeros flexibles.

Palabras clave — Nanotecnología , Circuitos, Polidimetilsiloxano.

Abstract — This document reports the realization of a flexible circuit based on surface mount technology, which was connected with micro copper wire for subsequent encapsulation in transparent silicone (PDMS) in search of providing the circuit with the mechanical characteristics of flexible polymers.

Keywords — Nanotechnology, Circuits, Polydimethylsiloxane.

I. INTRODUCCIÓN

El avance que ha tenido la ciencia de materiales en las últimas dos décadas ha hecho posible dotar de características muy interesantes a los circuitos integrados que normalmente están basados en tecnologías rígidas.

Obleas de transistores impresos por medio de litografía en matrices poliméricas flexibles, comprimibles y estirables [1], sensores de presión basados en membranas de polímeros conductores flexibles [2], cintas ultradelgadas de" piel electrónica" que se usan para el monitoreo de salud [3] y pantallas flexibles basadas en polímeros conductores transparentes, han dejado de ser solo ideas para discusión y han pasado a ser una realidad en desarrollo.

La electrónica se ha implementado desde su origen en muchos ámbitos del desarrollo tecnológico, haciendo más sencillas las tareas del hombre en la medida que los dispositivos electrónicos evolucionan. Una de las limitaciones importantes que tiene la circuitería electrónica, es la rigidez mecánica a la que están sometidos los circuitos, debido a la naturaleza solida de los materiales donde se montan los componentes de los que están fabricados los circuitos.

El reto de la realización de este proyecto radica en dotar de características mecánicas flexibles a circuitos electrónicos que acostumbran montarse en tarjetas solidas fabricadas generalmente de resinas de fibra de vidrio reforzada, cerámica, plástico, teflón o polímeros como la baquelita.

II. MARCO TEÓRICO

Los polímeros son un tipo particular de macromolécula, que se caracteriza por tener una unidad que se repite a lo largo de la molécula y estas pequeñas moléculas que se combinan mediante un proceso químico llamado polimerización, forman polímeros denominados monómeros.

La longitud de la cadena del polímero viene determinada por el número de unidad constitucional repetitiva (ucr) que se repiten en la cadena. Esto se llama grado de polimerización (X), y su peso molecular viene dado por el peso de la unidad constitucional repetitiva multiplicado por el grado de polimerización. En un determinado polímero, si todas las unidades estructurales son idénticas este se llama homopolímero, pero si este procede de dos o más monómeros recibe el nombre de copolímero [9]. Los polímeros suelen tener un papel fundamental en la vida cotidiana: plásticos, cauchos y adhesivos empapan el dia a dia en un sin fin de aplicaciones.

Los materiales se pueden clasificar de acuerdo con su composición físico–química y su estructura atómica en: metales, cerámicos y polímeros; estos últimos, los polímeros, se producen tanto de forma natural (celulosa, seda, lana, etc.), así como de forma artificial (nailon, metacrilato, poliestireno, etc.). Actualmente, con excepción del caucho natural, prácticamente todos los materiales poliméricos que se emplean en ingeniería son de tipo sintético, esto significa que se elaboran por medio de procesamientos químicos, aplicando métodos de moldeo y solidificación [9,10,11].

Los polímeros son materiales que están compuestos por cadenas moleculares unidas mediante enlaces covalentes de una o más unidades repetitivas denominadas monómeros (molécula de bajo peso molecular); en algunos casos la repetición es lineal, similar a una cadena compuesta por eslabones, en otros casos son ramificados o interconectados en forma de retículos tridimensionales [12,13].

III. MATERIALES Y MÉTODOS

Reactivos utilizados:

- Polidimetilsiloxano Sylgard 184
- Agente de curado de PDMS Sylgard 184

Material de laboratorio utilizado:

- Probeta graduada de plástico de 3ml
- Báscula
- Vaso de precipitado de 20ml
- Desecador

Material electrónico utilizado:

- Amplificador operacional LM386 de montaje superficial
- Led azul de montaje superficial
- Micro alambre de cobre
- Cautín
- Soldadura estaño/plomo (60/40)
- Resistores y capacitores de montaje superficial de valores varios

MÉTODO PARA LA PREPARACIÓN DE UNA MUESTRA DE PDMS:

A) Pesado:

El Polidimetilsiloxano se obtiene de la interacción química de dos componentes: un monómero o base y un agente entrecruzador o de curado. Para su preparación se vertieron en un vaso de precipitado de 20ml limpio una parte de catalizador por diez partes de monómero. La cantidad de monómero depende directamente del molde donde se llevará a cabo el curado del polímero o en otras palabras, del tamaño deseado en la muestra de sustrato.
Para este caso se usaron dos muestras de 8gr de monómero con 0.8gr de catalizador, una muestra como sustrato base y otra muestra para encapsular sobre esta el circuito de montaje superficial.

B) Mezclado:

Se hace a mano con una palilla metálica en el vaso de precipitado de 20 ml donde se pesaron diez partes de monómero por una de catalizador y se vierte en el molde de acetato limpio donde se llevará a cabo el curado de la muestra.

C) Degasado:

Es necesario extraer de la muestra el aire que pudo contaminar de burbujas la muestra al momento de mezclar el monómero y el catalizador. Para esto se introduce la muestra de PDMS ya en el molde donde se llevará a cabo el curado en un desecador durante 10 min.

D) Curado:

La reacción de curado se puede llevar a cabo desde temperaturas menores a la temperatura ambiente o hasta 150°C si el molde lo permite la mezcla puede introducirse al horno y curarse a 100°C durante 10 min.

CIRCUITO DE MONTAJE SUPERFICIAL

Para la realización del circuito se eligió una topología de oscilador de señal cuadrada propuesta en la hoja de datos del amplificador operacional LM386 como se muestra en la Figura 1.

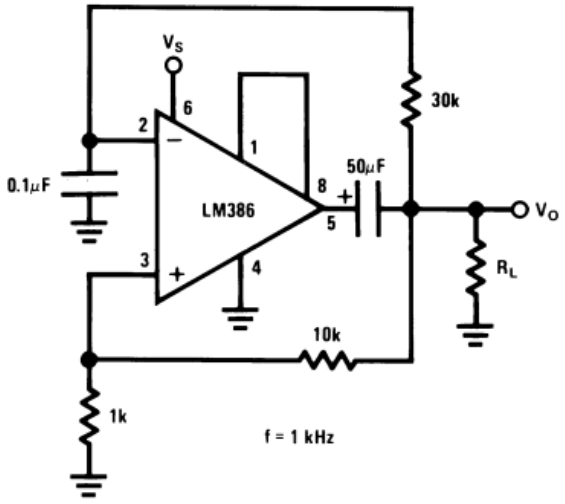


Fig 1: Diagrama propuesto para circuito oscilador de onda cuadrada.

En función de los componentes disponibles se diseño un oscilador cuya frecuencia de oscilación fuera perceptible por el ojo humano y se soldaron los componentes con micro alambre de cobre como se puede apreciar en la Figura 2:

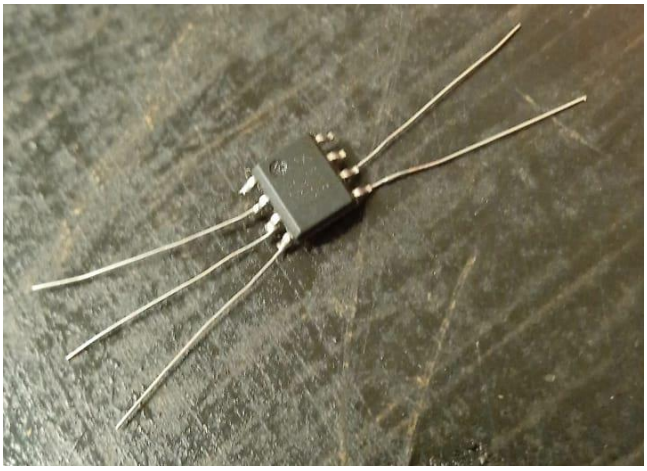


Fig 2: Amplificador operacional LM386 con micro alambre soldado a sus terminales.

III. RESULTADOS

Después de ensamblar y probar el circuito oscilador de montaje superficial, se procedió a encapsularlo en Polidimetilsiloxano.

Para esto se utilizó un molde hecho a base de una hoja de acetato recortada y ensamblada como un prisma rectangular a la que se vertieron 8gr de monómero con sus respectivos 0.8gr de catalizador, se le extrajo el aire a la muestra con el desecador y se pasó por un horno a 80°C durante 10 minutos.

Posteriormente se colocó el circuito sobre ese sustrato previamente curado y se repitió el proceso:

Se vertieron 8gr más de monómero con 0.8gr de catalizador previamente mezclados y degasados sobre el sustrato previamente curado que tenia el circuito de montaje superficial encima y se pasó por un horno a 80°C durante 10 min para acelerar el proceso de curado.

En la Figura 3 se puede apreciar el circuito encapsulado:

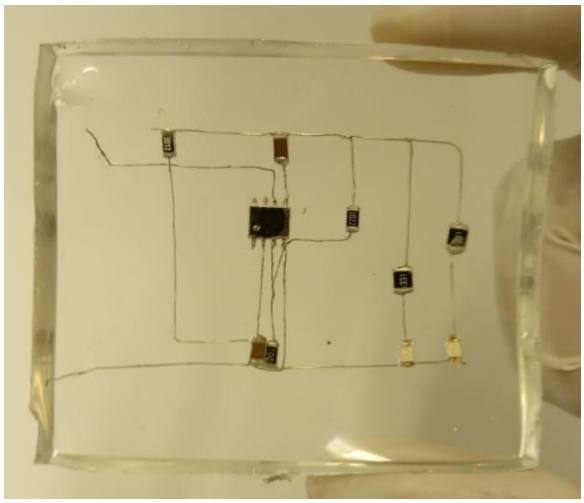


Fig 3: Circuito de montaje superficial encapsulado en PDMS.

Como el circuito se encapsulo con 3mm de PDMS sobre un sustrato de 3mm de grosor, el grosor final del circuito encapsulado es de 6mm, 5cm de largo y 3cm de ancho.

Posteriormente se procedió a probar el funcionamiento del circuito encapsulado como se puede observar en la Figura 4:

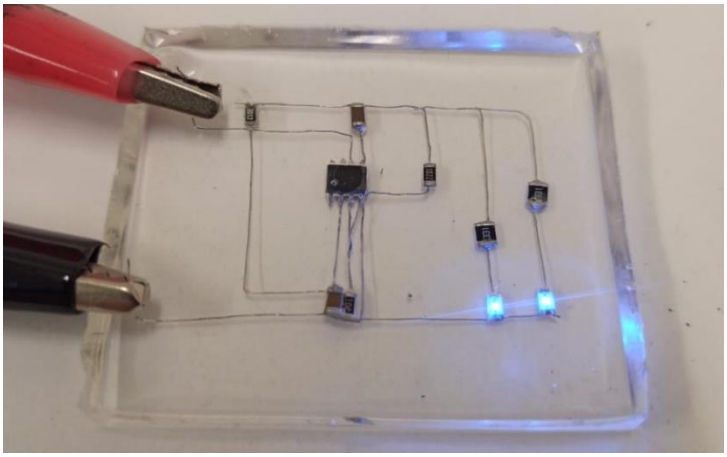


Fig 4: Prueba de funcionamiento del circuito encapsulado en PDMS.

Por último, se sometió el circuito a deformaciones mecánicas para observar si se producía algún cambio en su funcionamiento, lo cuál no produjo problema alguno en el comportamiento normal del circuito como se observa en las Figura 5:

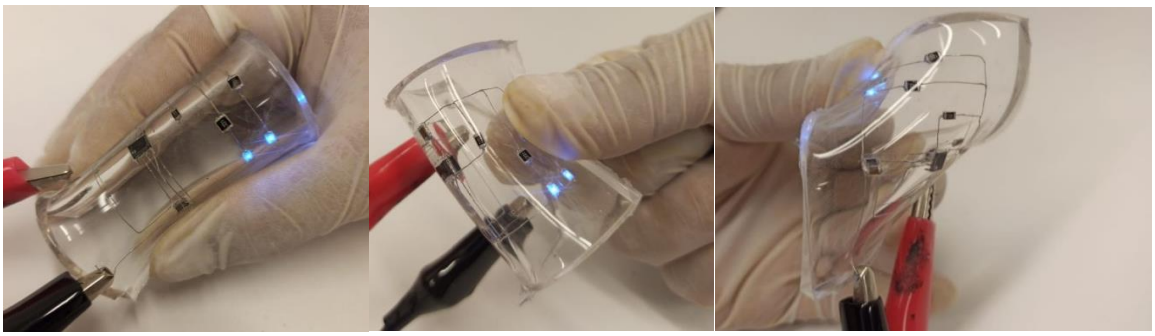


Fig 5: Pruebas de funcionamiento del circuito encapsulado en PDMS ante deformaciones mecánicas.

IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Las caracteristicas mecánicas del circuito son prácticamente las de la muestra de silicón, comportándose debidamente a pesar de las deformaciones mecánicas aplicadas durante las pruebas. Se espera proponer nuevos métodos para la realización de circuitos flexibles basados en tecnologías como la pulverización catódica para realizar deposiciones de partículas conductoras sobre sustratos flexibles como el PDMS. Este tipo de circuitos podría tener impacto en la creación de aplicaciones biomédicas para circuitos electrónicos implantables dentro del cuerpo humano debido a la biocompatibilidad del polímero.

V. AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer al Laboratorio de Micro y Nanotecnologias del Instituto Tecnológico Superior de Irapuato por el apoyo para la realización de este proyecto.

REFERENCIAS

[1] Dae-Hyeong Kim, Jong-Hyun Ahn, Won Mook Choi Hoon-Sik Kim, Tae-Ho Kim,Jizhou Song, Yonggang Y. Huang, Zhuangjian Liu, Chun Lu,John A. Rogers,(2008) "Stretchable and Foldable Silicon Integrated Circuits"

[2] Rodrigo Miguel Ojeda Mota,(2010),"Preparación de membranas conductoras y diseño de contactos eléctricos para la fabricación de un sensor de presión"

[3] John A. Rogers and Yonggang Huang,(2009),A curvy, stretchy future for electronics

[4] Davisd Juárez Varón, Rafael Balart Gimeno, Santiago Ferrándiz Bou, David García Sanoguera,(2012),“Study, analisys and classification of thermoplastic elastomers”

[5] Josimar Marquez Garcia,(2018),Caracterización de un compuesto polimérico al modificar sus parámetros de síntesis para generar elementos refractivos sintonizables

[7] Pablo Bullido Alonso,(2015),Construcción y caracterización de condensadores flexibles en base a nanopartículas metálicas\medskip

[8] Cristina Martínez Pérez,(2013),“ Preparación y caracterización de pelicuas flexibles compuestas por micro-nano partículas de polimeros conductores incorporados en una matriz elastomérica de poli(estireno-etileno/butileno-estireno)"\medskip

[9] López, F., [Fundamentos de Polímeros], Escuela Venezolana para la Enseñanza de la Química, Venezuela, 1–55, (2004).

[10] Callister, W., [Introducción ciencia e ingeniera de los materiales], Editorial Willey, Estados Unidos, 524–563, (2009).

[11] Askeland, D., Pradeep, P. and Wendelin J., [Ciencia e ingeniería de materiales], Editorial Thomson, Estados Unidos, 10–634, (2014).

[12] Montes, J., Cuevas, F. and Cintas, J., [Ciencia e ingeniera de los materiales], Paraninfo, España, 1–126, (2014).

[13] López, F., [Fundamentos de Polímeros], Escuela Venezolana para la Enseñanza de la Química, Venezuela, 1–55, (2004).

[14] Greenwood, N. and Earnshaw, A., [Chemistry of the elements], Butterworth Heinemann, segunda edición, Reino Unido, 361–366, (2014).

[15]Raimond B. Seymour, Charles E. Carraher, Jr, [Introducción a la química de los polímeros],Editorial Reverté, (1995).

[16]Wunderlich, B.,Thermal Analysis of Polymeric Materials. Springer Ebook Collection / Chemistry and Materials Science 2005-2008. Springer. (2005).

[17]Francisco López Serrano Ramos ,Mendizábal Mijares Eduardo,Ortega Gudiño Pedro, Introducción a la ciencia de los polímeros, Universidad de Guadalajara, (2015).

PRUEBAS EXPERIMENTALES DE UN MOTOR DE CICLO OTTO CON SOBREALIMENTADOR ELÉCTRICO

Valeria Martínez Vidales
Instituto Tecnológico Superior de Abasolo
Cuitzeo de 401 Cuitzeo de los Naranjos 36976,
Los Naranjos, Abasolo, Gto.
AS19110171@tecabasolo.edu.mx

Vicente Daniel Muñoz Carpio
Instituto Tecnológico Superior de Abasolo
Cuitzeo de 401 Cuitzeo de los Naranjos 36976,
Los Naranjos, Abasolo, Gto
vicente.mc@abasolo.tecnm.mx

Resumen — El presente escrito describe el proceso experimental del comportamiento de un sistema electrificado de sobrealimentación para aumentar la eficiencia de los motores de combustión interna. Se diseño a partir un turbocompresor del cual se pudo recuperar la carcasa y el impulsor, está compuesto de: la flecha, el plato de acople de la carcasa del compresor, el cuerpo del sistema y las abrazaderas que fijan al motor de CD las cuales fueron modificadas .Dicho motor se utilizó con el motivo de impulsar el compresor mediante el uso de una fuente de poder a diferentes voltajes para obtener la presión así como también la potencia consumida en función de la demanda del motor de combustión interna.

Palabras clave — sobrealimentación, compresor eléctrico, caracterización.

Abstract — This paper describes the experimental process of the behavior of an electrified supercharging system to increase the efficiency of internal combustion engines. It was designed from a turbocharger of which it was possible to recover the compressor housing and the impeller, it is composed of: the shaft, the coupling plate of the compressor casing, the body of the system and the clamps that fix the DC motor. This motor was used to drive the compressor by using a power source at different voltages to obtain the pressure as well as the power consumed depending on the demand of the internal combustion engine.

Keywords — supercharger, electric compressor, characterization.

I. INTRODUCCIÓN

El ciclo Otto es uno de los ciclos termodinámicos más comunes que describe el funcionamiento de un motor de pistón de encendido por chispa de vehículos ligeros (Connor, N., 2020). Para aumentar la eficiencia de los motores se implementa la sobrealimentación, ya que permite el aumento de la densidad del aire de admisión por medio de un aumento de presión mediante un turbocompresor, su principal ventaja es el aumento de potencia sin necesidad de cambiar la cilindrada, características constructivas, ni las líneas de fabricación del motor.

El turbocompresor contribuye a la recuperación de energía, ya que usa como medio propulsor los gases de escape del motor.

Los fabricantes de automóviles han podido diseñar y utilizar motores de menor tamaño y mayor eficiencia, fenómeno conocido como downsizing, que tienen como objetivo conseguir bloques más ligeros, menos emisiones contaminantes y un consumo más reducido. En este ramo se han desarrollado los turbos eléctricos de Borgwaner y Garrett con condiciones más eficientes que el turbo tradicional.

Turbo eléctrico de Borgwaner cuenta con un motor eléctrico que sirve como soporte al compresor, permitiéndolo funcionar en dos etapas diferentes, lo que supone un mayor rango de operación (BorgWarner, s.f).

Turbo eléctrico de Garrett incorpora un pequeño motor eléctrico colocado entre el compresor y la turbina. Se alimenta gracias a un sistema microhíbrido que permite al turbo girar hasta una velocidad de 170.000 revoluciones por minuto (Abuelsamid Sam 2019).

Por lo tanto, en el Instituto Tecnológico Superior de Abasolo (ITESA) se está trabajando en tecnologías que permitan hacer más eficientes los motores de combustión interna, tal es el caso del proyecto de titulación de Becerra Hdez, H.D. y Martinez Vazquez, S. (2022) que a partir de un turbo se pudieron utilizar elementos como la carcasa y el impulsor del compresor para con ellos realizar una nueva estructura conformada por: una flecha, en esta será posible acoplar el impulsor y la flecha del motor, el cuerpo, que es la pieza que permite la unión completa de las piezas entre sí para formar la estructura, plato de acoplamiento, que garantiza el ensamble de la carcasa con el cuerpo y abrazadera en forma de T que permite sostener del motor.

Es por esto que el objetivo del proyecto del verano regional es la caracterización del compresor eléctrico desarrollado por Bacerra Hernández y Martínez Vazquez, mediante pruebas experimentales que permiten conocer el comportamiento de las variables de RPM, presión estática y potencia eléctrica consumida en relación del voltaje aplicado por una fuente de poder.

II. METODOLOGÍA

El proyecto se desarrolló en tres estabas las cuales son:

- **Pruebas preliminares**

Se realizaron una serie de pruebas preliminares del funcionamiento del turbo, con ello se pudo observar que el prototipo tenía una alta vibración, por lo que fue necesario hacer modificaciones en la estructura (se muestra en la Figura 1. A) una de ellas se realizó en la abrazadera, ya que al momento de accionar el motor con la vibración generada aflojaba los tornillos que lo sostienen, optando por agregar dos resortes que permiten reducir la vibración; también se hizo un ajuste de acople entre la flecha y el motor para que estén alineados entre sí y con ello reducir el esfuerzo del motor.

Una vez realizadas estas modificaciones (ver Figura 1. B) se procedió a seccionar los instrumentos de medición necesarios para las pruebas experimentales.

A B

***Figura 1**. A-Turbo original. B-Turbo modificado*

Manómetro en forma de U, mostrado en la figura 2, mismo que fue llenado con alcohol etílico, ya que este líquido fue escogido debido a la baja densidad que presenta (789 kg/m^3) en relación con la del agua (997 kg/m^3). Debido a que se tiene una mayor sensibilidad.

Figura 2. Conexión entre el manómetro y el turbo

Vernier: se usó para realizar la medición de la diferencia de alturas (h) observada en el manómetro como lo muestra la Figura 3-A.

Tacómetro digital: mide la velocidad de rotación del eje del motor (Figura 3-B).

A B

Figura 3. A-Medición de diferencia de alturas. B-Medición de RPM

Fuente de poder (Keithley 2230-30-1), (Figura 4-A): se usó para la alimentación del motor mediante una conexión en paralelo ver figura 4-B de modo que la fuente pudiera entregar un mayor amperaje ya que sus condiciones de funcionamiento se reducen a 1.5A por canal sin embargo a voltajes altos el motor ocupa un amperaje mayor.

A B

Figura 4. A-Fuente de poder Keithley 2230-30-1. B-Conexión en paralelo

- **Pruebas experimentales**

Se establecieron las condiciones para las pruebas, para lo que se realizaron un total de 500 pruebas a distintos voltajes, con voltajes de entre los 3V a 12V con un incremento de 1V, teniendo entonces 50 pruebas por cada voltaje establecido; ordenando la ejecución de las pruebas de manera aleatoria, siendo los parámetros medidos: la velocidad (RPM), la corriente (I) y la diferencia de alturas (h).

1. Con los datos capturados, se procede a hacer el uso del criterio conocido como Chauvenet que ayuda a evaluar si un dato experimental de un conjunto de datos es probable que sea un valor atípico, el procedimiento de este criterio usado en este proyecto es:
2. Por cada conjunto de datos a analizar se obtiene la media aritmética $(\bar{X})$
3. Se calcula la desviación estándar (σ)
4. Se obtiene el valor de K (2.57), este valor fue obtenido a partir de una tabla estipulada por el método que es dependiente del número de repeticiones (Ortega Calderón, GA. (2017)).
5. Un valor n que es definido por el número de datos (50 datos)
6. Después de tener estos valores se procede a calcular un valor mínimo y valor máximo para conocer el rango en el que estos valores deben encontrarse

$$\text{Valor mínimo: } X_{Min} = \bar{X} - K(n)\sigma$$

$$\text{Valor máximo: } X_{Max} = \bar{X} + K\ (n)\sigma$$

7. Al obtener estos valores se identifica el valor fuera del rango establecido en el paso anterior, al identificar cada valor atípico es sustituido por el valor de la media obtenida.
8. El proceso se repite el número de veces necesario hasta que el conjunto de datos seleccionado se encuentre completamente limpio de valores atípicos, cabe destacar que como se van cambiando los valores la media es actualizada.

- **Análisis de datos**

En esta última etapa, después de obtener las mediciones en las pruebas experimentales y se encuentren limpios de valores atípicos se procede a calcular los parámetros de presión (P) y la potencia (W).

Para evaluar la presión se usó la fórmula de la presión estática:

$$P = (\rho\ x\ g\ x\ h)\ /\ 1000$$

Donde ρ es la densidad del alcohol en kg/m^3, *g* es la gravedad del entorno (Abasolo Gto) y *h* la diferencia de altura del manómetro. Para evaluara *g* se usó la formula del patrón de gravimetría del Centro Nacional de Metrología (2016).

$$g = GE * (1 + b1 * sen\ (2L) - b2 * sen\ (2L))$$

En la que GE, b1 y b2 son constantes de la ecuación, con valores de 9.780818 m/s^2, 0.0053024 y 0.0000058 respectivamente. Sustituyendo valores obtenemos una gravedad de 9.8 m/s^2. La potencia consumida (W) es calculada a partir de la fórmula de potencia eléctrica $(W = corriente * voltaje)$.

Ahora, con todos estos datos obtenidos se realizaron regresiones a los datos experimentales para poder observar el comportamiento en relación de dos variables (voltaje-RPM, Voltaje-presión y voltaje-W) para con ello obtener la ecuación representativa para cada gráfico, la línea de tendencia y el valor de R2.

III. RESULTADOS:

Mediante la regresión del banco de datos se obtuvieron las gráficas de la Figura 5, donde se pueden observar los comportamientos entre dos variables dadas.

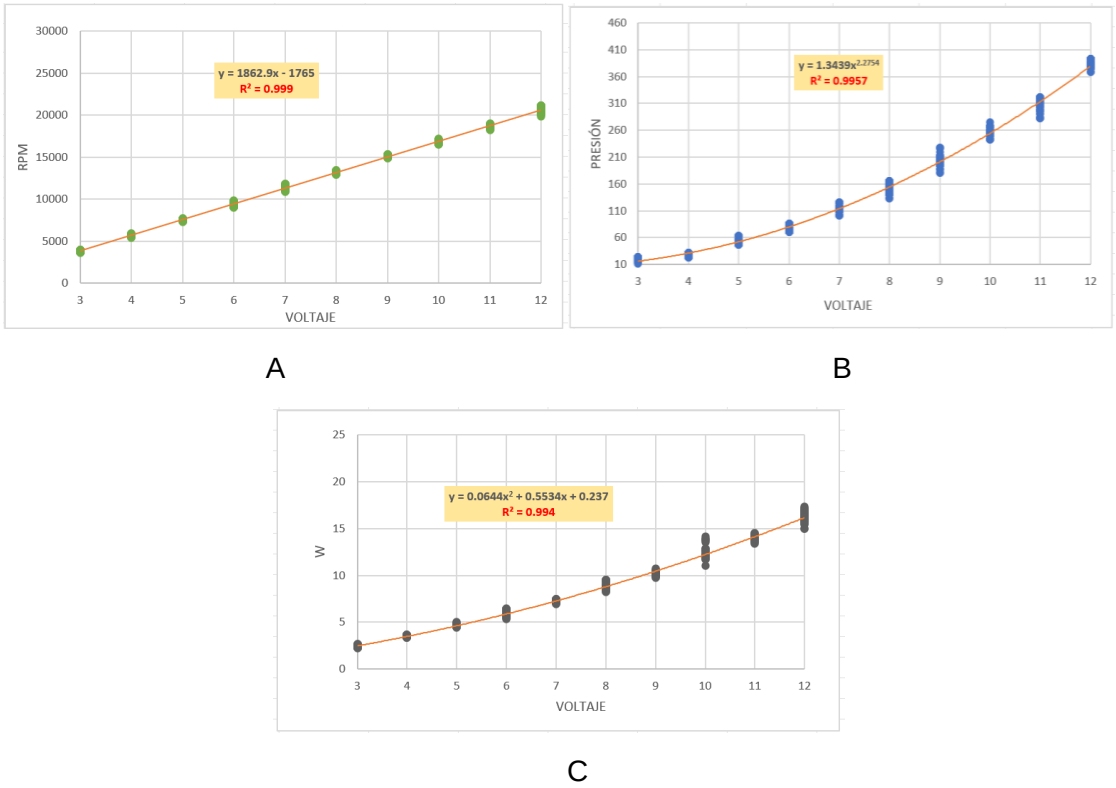


Figura 5. A-Relación Voltaje-RPM. B-Voltaje-presión. C-Voltaje-W

En la Figura 5-A se observa la relación entre las variables de Voltaje y RPM, donde los registros de las RPM fueron dados a partir de los 3000 y 22000, además esta grafica muestra una ecuación resultante del comportamiento lineal a través de la línea de tendencia que pasa por el conjunto de datos, con un valor de R2 de 0.999, que indica el grado de relación existente entre las dos variables y cuanto más cercano sea a 1 significa que hay una correlación de ajuste a los datos casi perfecta. Ambas variables tienden a

incrementarse juntas, siendo que a mayor voltaje entregado por la fuente de poder las RPM irán creciendo.

En la gráfica de la Figura 5-B se puede apreciar el comportamiento de las variables de voltaje y presión estática, con una línea de tendencia de tipo polinómica y un valor de R2 de 0.9957

En la Figura 5-C se encuentra representada la relación entre las variables de voltaje y W (potencia consumida), con una línea de tendencia que pasa por los datos de tipo potencial, con un valor de R2 dado por 0.994.

IV. CONCLUSIONES

En el proyecto se efectuaron pruebas experimentales a un compresor eléctrico para obtener los valores de parámetros como la presión estática y la potencia consumida; estos comportamientos fueron analizados por medio de gráficas de esta manera se observaron que los resultados obtenidos fueron satisfactorios, ya que al ir aumentando los niveles de voltaje los valores para los parámetros antes mencionados fueron ascendentes conforme incrementaba el voltaje aplicado, por lo que se puede establecer la hipótesis que un motor de combustión interna puede ser capaz de ofrecer un mejor rendimiento haciendo uso del compresor eléctrico analizado en este proyecto, aunque para esta demostración si se desea tener mayores RPM y por ende mayor presión estática y rendimiento es necesario instalar un motor con mayor capacidad.

Se lograron los resultados esperados ya que los valores de los parámetros de la presión estática, potencia consumida y RPM fueron analizados experimentalmente y gráficamente, las cuales concordaron conforme se aumenta el voltaje, el resultado de los parámetros mencionados fueron incrementando de tal forma que se puede suponer que la eficiencia de un motor con sobrealimentación con el compresor eléctrico será superior a la eficiencia de un sistema sin sobrealimentación. Si se desea tener mayor presión será necesario instarle un motor al turbocompresor con mayor potencia para que este a su vez tenga un mayor aumento en los RPM y presión desarrollada.

V. RECONOCIMIENTOS

Expresamos nuestro agradecimiento de manera particular al Instituto Tecnológico Superior de Abasolo (ITESA) por las facilidades y el apoyo otorgado para la realización de la estancia de verano regional.

REFERENCIAS

[1] Abuelsamid Sam (2019). Garrett electric turbochargers headed to production in 2021. Forbes. https://www.forbes.com/sites/samabuelsamid/2019/10/17/garrett-electric-turbochargers-headed-to-production-in-2021/?sh=3a390dad180a

[2] Becerra Hdez, HD. Martinez Vazquez, S. (2022). Nueva configuración de sobrealimentación a un motor de cuatro tiempos. Tesis de licenciatura. Instituto Tecnológico superior de Abasolo

[3] BorgWarner (s.f). Electric Boosting Technologies. BorgWarner. https://www.borgwarner.com/technologies/electric-boosting-technologies

[4] *Centro Nacional de Metrología (2016) Nuevo patrón de gravimetría en el CENAM*. Gobierno de México. https://www.gob.mx/cenam/prensa/nuevo-patron-de-gravimetria-en-el-cenam?idiom=es

[5] Connor, N. (2020). *Qué es el ciclo de Otto - Motor de Otto - Definición*. Thermal Engineering. https://www.thermal-engineering.org/es/que-es-el-ciclo-de-otto-motor-de-otto-definicion/

[6] Ortega Calderón, GA. (2017). Estudio experimental de las fuerzas hidrodinámicas que actúan en una pila de puente rectangular de acuerdo al ángulo de incidencia al flujo. Tesis. Escuela Politécnica Nacional.

SÍNTESIS DE PELÍCULAS DELGADAS DE SIO_2 CON EXTRACTOS ORGÁNICOS.

José Dolores Gpe. García Rodríguez
Universidad Autónoma de Querétaro
Facultad de Química-Centro Universitario
Cerro de las Campanas s/n
C.P.76010, Santiago de Querétaro, Querétaro
jgarcia130@alumnos.ua.mx

Gerardo Ortega Zarzosa
Universidad Autónoma de San Luis Potosí
Facultad de Ciencias
Av. Parque Chapultepec 1570
C.P. 78210, San Luis, San Luis Potosí
gortega@fciencias.uaslp.mx

Resumen — El presente trabajo muestra la determinación de una serie de condiciones físicas y químicas, en la síntesis mediante sol-gel de películas delgadas de SiO_2 con extracto orgánico de madera banak, por medio de la técnica dip coating (recubrimiento por inmersión), para un posterior análisis microestructural y por espectroscopia infrarroja. Lo anterior, con el objetivo de decidir cuál de las series de condiciones usadas es la más adecuada para producción de películas delgadas, sentando las bases de un posterior trabajo dedicado a la caracterización de dichas películas.

Palabras clave — películas delgadas, sol-gel, recubrimiento por inmersión.

Abstract — The present work shows the determination of a series of physical and chemical conditions, in the sol-gel synthesis of SiO_2 thin films with organic extracts, by means of the dip coating technique, for further microstructural analysis. The foregoing, with the aim of deciding which of the series of conditions used is the most suitable for the production of thin films, laying the foundations for a subsequent work dedicated to the characterization of said films.

Keywords — thin films, sol gel process, dip coating.

I. INTRODUCCIÓN

A lo largo de la historia de la humanidad se han resuelto desafíos que se han presentado como consecuencia del descubrimiento y desarrollo de nuevos materiales. Estos materiales, por lo general, fueron creados para satisfacer necesidades específicas, expandiendo posteriormente su uso para otras aplicaciones [1].

La ciencia de los materiales es el área que se encarga de estudiar qué relación tiene la materia a nivel atómico con respecto a su comportamiento a escala macroscópica. La ingeniería de materiales busca aprovechar los conocimientos generados por la ciencia de materiales para obtener un material con estructura propiedades deseadas [2].

El estudio del dióxido de silicio (SiO_2) ha sido de gran relevancia en investigaciones científicas debido a sus excelentes propiedades. Es posible encontrar varias formas o estructuras cristalinas distintas del SiO_2 (cuarzo, cristobalita, coesita, tridimita y koetita). La forma no cristalina (amorfa) de esta estructura es conocida como vidrio silicato o SiO_2 vítreo.

La estructura vítrea del SiO_2 ha destacado en importantes indagaciones debido a la dificultad para preparar vidrios macizos por problemas en la cocción, como son la hinchazón y la fractura. Su preparación se lleva a cabo mediante el proceso sol-gel, y aunque existen otras técnicas de preparación tradicionales, este proceso es mayormente elegido debido a las grandes ventajas que presenta, como es la preparación y obtención de materiales vitreos y transparentes a temperaturas y tiempos más cortos que un vidrio convencional [3].

La evolución de la estructura del vidrio silicato desde su preparación hasta la formación de vidrio sobresale por los datos arrojados sobre sus características. El proceso sol-gel va desde la evolución de un sol, donde existen diversas partículas individuales que interactúan débilmente entre sí, hasta un gel que se convierte en una molécula continua que ocupa todo el volumen donde unidades tetraédricas se enredan entre ellas, formando cadenas y finalmente ramas, gracias a las cuales se observa la gelación [4].

II. MARCO TEÓRICO

Proceso sol-gel

El método sol-gel es una ruta química en la cual se lleva a cabo la síntesis de redes poliméricas inorgánicas de óxidos metálicos a través de reacciones químicas de hidrólisis y condensación de precursores moleculares [5, 6].

Ebelman y Graham observaron que la hidrólisis del ortosilicato de tetraetilo, $Si(OC_2H_5)_4$ (TEOS), bajo ciertas condiciones producía SiO_2 en forma de un material similar al vidrio [7]. Este método fue desarrollado como una alternativa tecnológica para la preparación de vidrios y cerámicos a temperaturas considerablemente bajas, por lo cual es clasificado dentro de los procedimientos suaves de síntesis de materiales basados en óxidos metálicos [8].

Mediante esta técnica es posible la fabricación de materiales cerámicos y vidrios en gran variedad de formas, tales como películas delgadas, monolitos, fibras, polvos de gran pureza, aerogeles porosos, compósitos, etc.

La ruta química de este proceso inicia con la síntesis de una suspensión coloidal de partículas sólidas o cúmulos en un líquido (sol) y la hidrólisis de este para formar un material sólido lleno de solvente (gel). El solvente es extraído del gel simplemente dejándolo reposar a temperatura ambiente durante un periodo de tiempo llamado envejecimiento, durante el cual el gel se encoge, expulsando el solvente y agua residual. Una vez que el compuesto es secado y sometido a tratamiento térmico, el gel se convierte en un cerámico denso o vidrio [9].

Un sistema generado mediante la técnica sol-gel y que ha sido ampliamente estudiado es aquel que tiene como ingredientes principales agua, etanol y ortosilicato de tetraetilo [10].

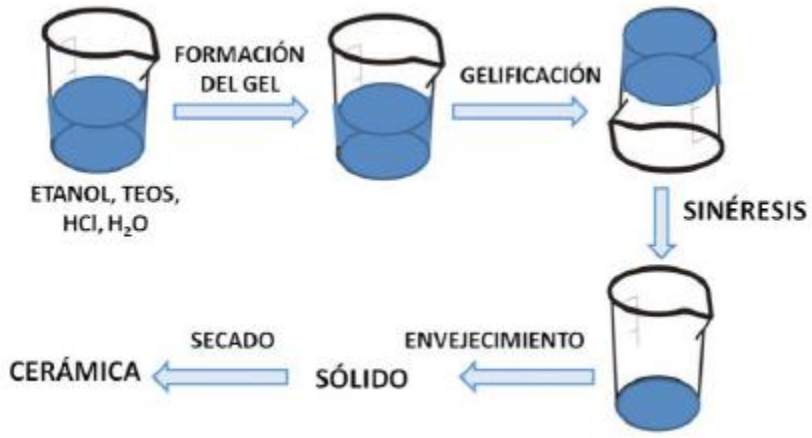


Fig. 1. Etapas del proceso sol-gel

Recubrimiento por inmersión

Es una forma usual de crear películas delgadas en actividades de investigación. Las capas delgadas son aplicadas sobre un sustrato plano o cilíndrico según el método.

En un proceso continuo, estos pasos se ejecutan uno luego del otro en forma directa

- Inmersión: El sustrato es metido dentro de la solución del material de recubrimiento a una velocidad la cual no influye en el espesor de la película.
- Deposición: La capa delgada se deposita en el sustrato mientras es extraído de la solución. La extracción se realiza a una velocidad constante. La velocidad determina el espesor de la capa del recubrimiento [11].

II. MATERIALES Y MÉTODOS

Como se menciona en la sección anterior el método sol-gel es un proceso químico que consta de las siguientes etapas: preparación de los reactivos, mezclado eficiente, maduración de la reacción y por último al material sintetizado se le aplican una serie de tratamientos para obtener el producto deseado.

Todos los productos químicos utilizados para fabricar el compuesto híbrido eran de grado reactivo analítico y se utilizaron directamente sin purificación adicional. Como reactivos se utilizaron agua desionizada, tetraetilortosilicato (Sigma-Aldrich, 98 %) y alcohol etílico (Sigma-Aldrich).

Asimismo, se emplearon trozos de madera banak obtenidos de la región central de México para extraer los componentes de la madera. A continuación, se dejaron 5 g de madera de banak sin suciedad y sin ser sometido a ningún tratamiento en 60 mL de alcohol etílico con agitación moderada a temperatura ambiente. Después de dos días, la solución se volvió café, lo que indica que el alcohol etílico logró la extracción de los componentes de

la madera. Luego, se utilizó el método sol-gel para incrustar los componentes de madera de banak en la matriz de sílica. Las proporciones molares de agua y alcóxido se determinaron experimentalmente para asegurar la reacción de hidrólisis y obtener una estructura de sílice amorfa [12].

En este caso, las mejores relaciones molares de etanol, TEOS y agua a TEOS fueron 4:1:1, respectivamente.

Posteriormente, se mezclaron 10 ml de TEOS y 40 mL de alcohol etílico con el extracto de banak agitación constante durante 15 min. Luego, se vertieron lentamente 10 mL de agua desionizada sobre la mezcla de TEOS / alcohol etílico con agitación constante durante 30min (Figura 3). Finalmente, el gel se dejó envejecer por 24 horas para posteriormente elaborar las películas delgadas sobre sustrato de vidrio previamente lavado y secado.

Se elaboraron 4 series de películas, en donde la variación existía en el porcentaje de extracto que se agregaba junto con el etanol. Las series de películas se formaron como se muestra en la tabla 1.

Tabla 1. Composición extracto/etanol de series de películas.

Serie	Extracto (mL)	Etanol (mL)
1	10	30
2	20	20
3	30	10
4	40	0

Las películas delgadas se hicieron por el método dip coating (Figura 2), formadas por 5 capas cada una, es decir, se sumergía el sustrato en el sol-gel, se retiraba a velocidad constante de 0.2397 mm/s, se dejaba secar y el proceso se repetía 4 veces más. Finalmente se realizaba un tratamiento térmico a las películas a una temperatura de 450°C por una hora. El fin de elaborar estas películas es caracterizar el material hibrido depositado sobre el sustrato, sin embargo, por austeridad en el laboratorio no se contaba con espectrofotómetro, ni algún otro equipo, por lo que solo se observaron las películas al microscopio con un objetivo máximo de 30X.

Los residuos de sol-gel se dejaron secar en condiciones ambientales, con el objetivo de generar sílice seca que contuviera el extracto de madera de banak, molerlo finamente y calcinarlo en intervalos de 100-1000°C, obteniendo distintas muestras por cada temperatura de calcinación.

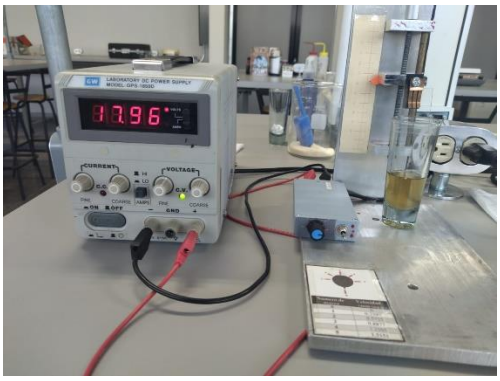
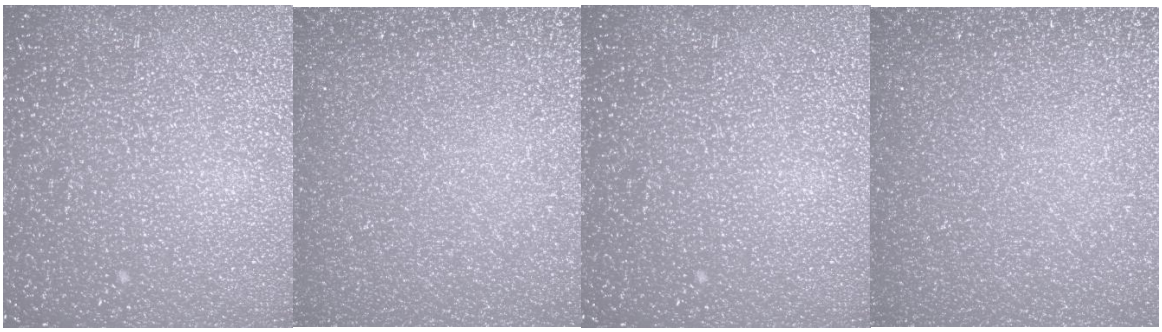


Fig. 2. Elaboración de películas delgadas por el método dip coating.

Fig. 3. Elaboración de sol-gel.

III. RESULTADOS

Como se menciona en la sección anterior y debido a la ausencia de equipos para poder caracterizar las películas delgadas de SiO_2 con extracto de madera banak, solo observamos al microscopio las películas elaboradas, con el máximo aumento disponible (30X). La figura 4 corresponden a una película de cada una de las series elaboradas como se menciona en la tabla 1.



a) b) c) d)

Fig. 4. Película observada al microscopio. a) serie 1, b) serie 2, c) serie 3 y d) serie 4

IV. DISCUSIÓN

En la sección IV se observa la figura 4, en donde se aprecia que no hay ninguna diferencia significativa en la microestructura formada sobre el sustrato, por lo que la cantidad de extracto usada en la elaboración del sol-gel no modifica ni altera la estructura cristalina del SiO_2.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Se elaboraron 4 series de películas delgadas de SiO2 con extracto de madera banak, con la única diferencia era la variación de composición porcentual del extracto orgánico, al observar al microscopio se identificó que no hubo variación significativa en la estructura cristalina de SiO_2 depositada sobre el sustrato. El presente trabajo sienta las bases para posibles colaboraciones y poder lograr caracterizar el material hibrido formado. Se sugiere trabajar con espectroscopia infrarroja, rayos X, UV-VIS, SEM, TEM, Raman y con pruebas fotocatalíticas.

VI. RECONOCIMIENTOS

Expreso mi agradecimiento primeramente al doctor Gerardo Ortega Zarzosa por brindarme su apoyo y compartir su conocimiento, a la UASLP por permitirme trabajar en las instalaciones de la Facultad de Física, a la UAQ y a su FQ por las facilidades y el apoyo económico otorgado para la realización de la estancia de verano.

REFERENCIAS

[1] Dávila, J. L., Galeas, S., Guerrero, V. H., Pontón, P., Rosas, N. M., Sotomayor, V., & Valdivieso, C. (2011). Nuevos materiales: aplicaciones estructurales e industriales.

[2] Askeland, D. R., Fulay, P. P., & Wright, W. J. (2017). *Ciencia e ingeniería de materiales*. CENGAGE learning.

[3] Amador, F. G. (2020). Síntesis y Caracterización de Nanopartículas de Dióxido de Silicio carboxiladas superficialmente para Aplicaciones Biomedicas.

[4] Guel, E., Análisis estructural y propiedades de fluorescencia de una matriz de silica con extractos de Brosimum Rubescens.Tesis. San Luis Potosí, SLP, 2021.

[5] J. R. Martínez, J. Formación y caracterización de materiales vítreos preparados por la técnica sol-gel. Revista Mexicana de Física, 45, (5),472-79. 1999.

[6] Alejandra, G. T. (2002). Síntesis de aerogeles con secado a presión. Chihuahua, Chihuahua, México.

[7] R.K. Iler, (Wiley, New York, 1979), The Chemistry of Silica.

[8] F. Ruiz, J. R. Martínez, J. González-Hernández y J. F. Pérez-Robles. Vidrios SiO_2 nanocompuestos preparados por sol-gel: revisión. Sociedad Mexicana de Ciencia de Superficies y de Vacío, (2002),

[9] Martínez, F. R. (2000). Vidrios SiO_2 nanocompuestos preparados por sol-gel: revisión. Sociedad Mexicana de Ciencia de Superficies y de Vacío, 1-16.

[10] Klein LC, Sol-Gel Optical Materials. Annual Review of Materials Science, 23 437-52. 1993.

[11] L. Yang, Fabrication and characterization of microlasers by the sol-gel method. PhD thesis, California Institute of Technology, 2005.

[12] Lugo, G., Análisis espectrografico de extracto de maple vía método sol-gel. Tesis. San Luis Potosí, SLP, 2022.

PRUEBAS EXPERIMENTALES DE UN MOTOR DE CICLO OTTO CON SOBREALIMENTADOR ELÉCTRICO

Sarahí Soledad Mendez Delgado
Instituto Tecnológico Superior de Abasolo
Cuitzeo de 401 Cuitzeo de los Naranjos 36976,
Los Naranjos, Abasolo, Gto.
AS19110043@tecabasolo.edu.mx

Vicente Daniel Muñoz Carpio
Instituto Tecnológico Superior de Abasolo
Cuitzeo de 401 Cuitzeo de los Naranjos 36976,
Los Naranjos, Abasolo, Gto
vicente.mc@abasolo.tecnm.mx

Resumen — El presente escrito describe el proceso experimental del comportamiento de un sistema electrificado de sobrealimentación para aumentar la eficiencia de los motores de combustión interna. Se diseño a partir un turbocompresor del cual se pudo recuperar la carcasa y el impulsor, está compuesto de: la flecha, el plato de acople de la carcasa del compresor, el cuerpo del sistema y las abrazaderas que fijan al motor de CD las cuales fueron modificadas .Dicho motor se utilizó con el motivo de impulsar el compresor mediante el uso de una fuente de poder a diferentes voltajes para obtener la presión así como también la potencia consumida en función de la demanda del motor de combustión interna.

Palabras clave — sobrealimentación, compresor eléctrico, caracterización.

Abstract — This paper describes the experimental process of the behavior of an electrified supercharging system to increase the efficiency of internal combustion engines. It was designed from a turbocharger of which it was possible to recover the compressor housing and the impeller, it is composed of: the shaft, the coupling plate of the compressor casing, the body of the system and the clamps that fix the DC motor. This motor was used to drive the compressor by using a power source at different voltages to obtain the pressure as well as the power consumed depending on the demand of the internal combustion engine.

Keywords — supercharger, electric compressor, characterization.

I. INTRODUCCIÓN

El ciclo Otto es uno de los ciclos termodinámicos más comunes que describe el funcionamiento de un motor de pistón de encendido por chispa de vehículos ligeros (Connor, N., 2020). Para aumentar la eficiencia de los motores se implementa la sobrealimentación, ya que permite el aumento de la densidad del aire de admisión por medio de un aumento de presión mediante un turbocompresor, su principal ventaja es el aumento de potencia sin necesidad de cambiar la cilindrada, características constructivas, ni las líneas de fabricación del motor.

El turbocompresor contribuye a la recuperación de energía, ya que usa como medio propulsor los gases de escape del motor.

Los fabricantes de automóviles han podido diseñar y utilizar motores de menor tamaño y mayor eficiencia, fenómeno conocido como downsizing, que tienen como objetivo conseguir bloques más ligeros, menos emisiones contaminantes y un

consumo más reducido. En este ramo se han desarrollado los turbos eléctricos de Borgwaner y Garrett con condiciones más eficientes que el turbo tradicional.

Turbo eléctrico de Borgwaner cuenta con un motor eléctrico que sirve como soporte al compresor, permitiéndolo funcionar en dos etapas diferentes, lo que supone un mayor rango de operación (BorgWarner, s.f).

Turbo eléctrico de Garrett incorpora un pequeño motor eléctrico colocado entre el compresor y la turbina. Se alimenta gracias a un sistema microhíbrido que permite al turbo girar hasta una velocidad de 170.000 revoluciones por minuto (Abuelsamid Sam 2019).

Por lo tanto, en el Instituto Tecnológico Superior de Abasolo (ITESA) se está trabajando en tecnologías que permitan hacer más eficientes los motores de combustión interna, tal es el caso del proyecto de titulación de Becerra Hdez, H.D. y Martinez Vazquez, S. (2022) que a partir de un turbo se pudieron utilizar elementos como la carcasa y el impulsor del compresor para con ellos realizar una nueva estructura conformada por: una flecha, en esta será posible acoplar el impulsor y la flecha del motor, el cuerpo, que es la pieza que permite la unión completa de las piezas entre sí para formar la estructura, plato de acoplamiento, que garantiza el ensamble de la carcasa con el cuerpo y abrazadera en forma de T que permite sostener del motor.

Es por esto que el objetivo del proyecto del verano regional es la caracterización del compresor eléctrico desarrollado por Bacerra Hernández y Martínez Vazquez, mediante pruebas experimentales que permiten conocer el comportamiento de las variables de RPM, presión estática y potencia eléctrica consumida en relación del voltaje aplicado por una fuente de poder.

II. METODOLOGÍA

El proyecto se desarrolló en tres estabas las cuales son:

- **Pruebas preliminares**

Se realizaron una serie de pruebas preliminares del funcionamiento del turbo, con ello se pudo observar que el prototipo tenía una alta vibración, por lo que fue necesario hacer modificaciones en la estructura (se muestra en la Figura 1. A) una de ellas se realizó en la abrazadera, ya que al momento de accionar el motor con la vibración generada aflojaba los tornillos que lo sostienen, optando por agregar dos resortes que permiten reducir la vibración; también se hizo un ajuste de acople entre la flecha y el motor para que estén alineados entre sí y con ello reducir el esfuerzo del motor.

Una vez realizadas estas modificaciones (ver Figura 1. B) se procedió a seccionar los instrumentos de medición necesarios para las pruebas experimentales.

A B

Figura 1. A-Turbo original. B-Turbo modificado

Manómetro en forma de U, mostrado en la figura 2, mismo que fue llenado con alcohol etílico, ya que este líquido fue escogido debido a la baja densidad que presenta (789 kg/m^3) en relación con la del agua (997 kg/m^3). Debido a que se tiene una mayor sensibilidad.

Figura 2. Conexión entre el manómetro y el turbo

Vernier: se usó para realizar la medición de la diferencia de alturas (h) observada en el manómetro como lo muestra la Figura 3-A.

Tacómetro digital: mide la velocidad de rotación del eje del motor (Figura 3-B).

A B

Figura 3. A-Medición de diferencia de alturas. B-Medición de RPM

Fuente de poder (Keithley 2230-30-1), (Figura 4-A): se usó para la alimentación del motor mediante una conexión en paralelo ver figura 4-B de modo que la fuente pudiera entregar un mayor amperaje ya que sus condiciones de funcionamiento se reducen a 1.5A por canal sin embargo a voltajes altos el motor ocupa un amperaje mayor.

A B

Figura 4. A-Fuente de poder Keithley 2230-30-1. B-Conexión en paralelo

- **Pruebas experimentales**

Se establecieron las condiciones para las pruebas, para lo que se realizaron un total de 500 pruebas a distintos voltajes, con voltajes de entre los 3V a 12V con un incremento de 1V, teniendo entonces 50 pruebas por cada voltaje establecido; ordenando la ejecución de las pruebas de manera aleatoria, siendo los parámetros medidos: la velocidad (RPM), la corriente (I) y la diferencia de alturas (h).

9. Con los datos capturados, se procede a hacer el uso del criterio conocido como Chauvenet que ayuda a evaluar si un dato experimental de un conjunto de datos es probable que sea un valor atípico, el procedimiento de este criterio usado en este proyecto es:
10. Por cada conjunto de datos a analizar se obtiene la media aritmética $(\bar{X})$
11. Se calcula la desviación estándar (σ)
12. Se obtiene el valor de K (2.57), este valor fue obtenido a partir de una tabla estipulada por el método que es dependiente del número de repeticiones (Ortega Calderón, GA. (2017)).
13. Un valor n que es definido por el número de datos (50 datos)
14. Después de tener estos valores se procede a calcular un valor mínimo y valor máximo para conocer el rango en el que estos valores deben encontrarse

$$\text{Valor mínimo: } X_{Min} = \bar{X} - K(n)\sigma$$

$$\text{Valor máximo: } X_{Max} = \bar{X} + K\ (n)\sigma$$

15. Al obtener estos valores se identifica el valor fuera del rango establecido en el paso anterior, al identificar cada valor atípico es sustituido por el valor de la media obtenida.
16. El proceso se repite el número de veces necesario hasta que el conjunto de datos seleccionado se encuentre completamente limpio de valores atípicos, cabe destacar que como se van cambiando los valores la media es actualizada.

- **Análisis de datos**

En esta última etapa, después de obtener las mediciones en las pruebas experimentales y se encuentren limpios de valores atípicos se procede a calcular los parámetros de presión (P) y la potencia (W).

Para evaluar la presión se usó la fórmula de la presión estática:

$$P = (\rho \; x \; g \; x \; h) \; / \; 1000$$

Donde ρ es la densidad del alcohol en kg/m^3, *g* es la gravedad del entorno (Abasolo Gto) y *h* la diferencia de altura del manómetro. Para evaluara *g* se usó la formula del patrón de gravimetría del Centro Nacional de Metrología (2016).

$$g = GE * (1 + b1 * sen\,(2L) - b2 * sen\,(2L))$$

En la que GE, b1 y b2 son constantes de la ecuación, con valores de 9.780818 m/s^2, 0.0053024 y 0.0000058 respectivamente. Sustituyendo valores obtenemos una gravedad de 9.8 m/s^2. La potencia consumida (W) es calculada a partir de la fórmula de potencia eléctrica $(W = corriente * voltaje)$.

Ahora, con todos estos datos obtenidos se realizaron regresiones a los datos experimentales para poder observar el comportamiento en relación de dos variables (voltaje-RPM, Voltaje-presión y voltaje-W) para con ello obtener la ecuación representativa para cada gráfico, la línea de tendencia y el valor de R2.

III. RESULTADOS:

Mediante la regresión del banco de datos se obtuvieron las gráficas de la Figura 5, donde se pueden observar los comportamientos entre dos variables dadas.

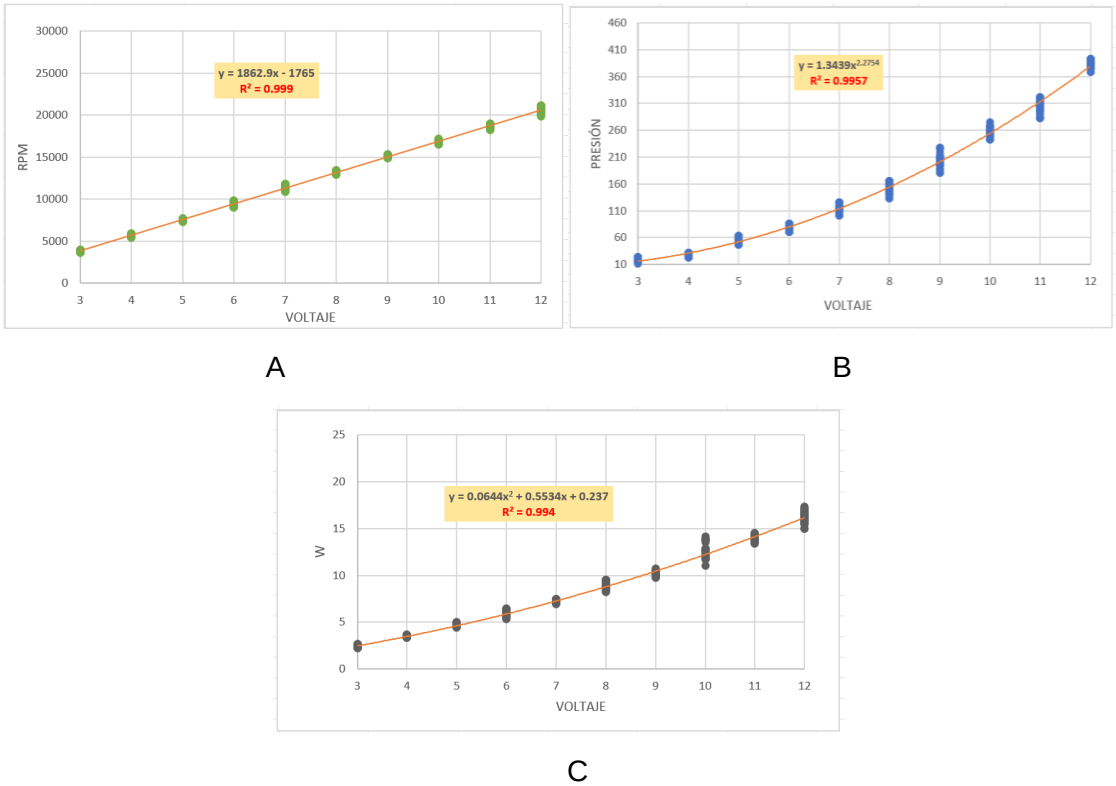


Figura 5. A-Relación Voltaje-RPM. B-Voltaje-presión. C-Voltaje-W

En la Figura 5-A se observa la relación entre las variables de Voltaje y RPM, donde los registros de las RPM fueron dados a partir de los 3000 y 22000, además esta grafica muestra una ecuación resultante del comportamiento lineal a través de la línea de tendencia que pasa por el conjunto de datos, con un valor de R2 de 0.999, que indica el grado de relación existente entre las dos variables y cuanto más cercano sea a 1 significa que hay una correlación de ajuste a los datos casi perfecta. Ambas variables tienden a incrementarse juntas, siendo que a mayor voltaje entregado por la fuente de poder las RPM irán creciendo.

En la gráfica de la Figura 5-B se puede apreciar el comportamiento de las variables de voltaje y presión estática, con una línea de tendencia de tipo polinómica y un valor de R2 de 0.9957

En la Figura 5-C se encuentra representada la relación entre las variables de voltaje y W (potencia consumida), con una línea de tendencia que pasa por los datos de tipo potencial, con un valor de R2 dado por 0.994.

IV. CONCLUSIONES

En el proyecto se efectuaron pruebas experimentales a un compresor eléctrico para obtener los valores de parámetros como la presión estática y la potencia consumida; estos comportamientos fueron analizados por medio de gráficas de esta manera se observaron que los resultados obtenidos fueron satisfactorios, ya que al ir aumentando los niveles de voltaje los valores para los parámetros antes mencionados fueron ascendentes conforme incrementaba el voltaje aplicado, por lo que se puede establecer la hipótesis que un motor de combustión interna puede ser capaz de ofrecer un mejor rendimiento haciendo uso del compresor eléctrico analizado en este proyecto, aunque para esta demostración si se desea tener mayores RPM y por ende mayor presión estática y rendimiento es necesario instalar un motor con mayor capacidad.

Se lograron los resultados esperados ya que los valores de los parámetros de la presión estática, potencia consumida y RPM fueron analizados experimentalmente y gráficamente, las cuales concordaron conforme se aumenta el voltaje, el resultado de los parámetros mencionados fueron incrementando de tal forma que se puede suponer que la eficiencia de un motor con sobrealimentación con el compresor eléctrico será superior a la eficiencia de un sistema sin sobrealimentación. Si se desea tener mayor presión será necesario instarle un motor al turbocompresor con mayor potencia para que este a su vez tenga un mayor aumento en los RPM y presión desarrollada.

V. RECONOCIMIENTOS

Expresamos nuestro agradecimiento de manera particular al Instituto Tecnológico Superior de Abasolo (ITESA) por las facilidades y el apoyo otorgado para la realización de la estancia de verano regional.

REFERENCIAS

[1] Abuelsamid Sam (2019). Garrett electric turbochargers headed to production in 2021. Forbes. https://www.forbes.com/sites/samabuelsamid/2019/10/17/garrett-electric-turbochargers-headed-to-production-in-2021/?sh=3a390dad180a

[2] Becerra Hdez, HD. Martinez Vazquez, S. (2022). Nueva configuración de sobrealimentación a un motor de cuatro tiempos. Tesis de licenciatura. Instituto Tecnológico superior de Abasolo

[3] BorgWarner (s.f). Electric Boosting Technologies. BorgWarner. https://www.borgwarner.com/technologies/electric-boosting-technologies

[4] *Centro Nacional de Metrología (2016) Nuevo patrón de gravimetría en el CENAM*. Gobierno de México. https://www.gob.mx/cenam/prensa/nuevo-patron-de-gravimetria-en-el-cenam?idiom=es

[5] Connor, N. (2020). *Qué es el ciclo de Otto - Motor de Otto - Definición*. Thermal Engineering. https://www.thermal-engineering.org/es/que-es-el-ciclo-de-otto-motor-de-otto-definicion/

[6] Ortega Calderón, GA. (2017). Estudio experimental de las fuerzas hidrodinámicas que actúan en una pila de puente rectangular de acuerdo al ángulo de incidencia al flujo. Tesis. Escuela Politécnica Nacional.

DISEÑO DE INFRAESTRUCTURA DE VIRTUALIZACIÓN EN LA NUBE

Francisco Javier Mireles Villafaña
Tecnológico Nacional de México/ITS de Irapuato
Irapuato-Silao km 12.5 El Copal C.P. 36821
Irapuato, Gto.
LIS18110443@irapuato.tecnm.mx

Dennise Ivonne Gallardo Alvarez
Tecnológico Nacional de México/ITS de Irapuato
Irapuato-Silao km 12.5 El Copal C.P. 36821
Irapuato, Gto.
dennise.ga@irapuato.tecnm.mx

Resumen — En este trabajo se presenta la instalación y configuración de una infraestructura de virtualización en la nube, para esto se llevó a cabo una investigación de las diversas plataformas de cómputo en la nube existentes y se optó por la implementación en la plataforma de software libre "apache cloudstack", esta plataforma permite la creación de un clúster de máquinas virtuales utilizando los recursos de un servidor configurado en una red, todo esto con el fin de dar una alternativa para solventar el problema de los alumnos de no contar con un equipo con características específicas para el desarrollo de sus proyectos. Dado que es una propuesta de prototipo, éste debe ser puesto a prueba para demostrar su funcionamiento.

Palabras clave — cómputo en la nube, virtualización, hipervisor.

Abstract — In this work we present the installation and configuration of a virtualization infrastructure in the cloud, for this we investigated various platforms and chose the implementation on the Apache cloudstack platform, this platform allows us to carry out the use of a cluster of virtual machines using the resources of a server configured on a network, all this in order to provide an alternative to solve the problem of students not having a team with specific characteristics for the development of their projects. Since it is a prototype proposal, it must be tested to demonstrate its operation.

Keywords — cloud computing, virtualization, hypervisor.

I. INTRODUCCIÓN

La presente investigación se centra al estudio e instalación de una plataforma de virtualización en la nube, con el fin de diseñar una infraestructura tipo clúster. Se optó por la plataforma apache cloudstack, ya que esta plataforma cuenta con soporte de virtualización de sistemas operativos tipo escritorio, desde un servidor remoto, además de contar con una interfaz agradable para el usuario. Dicha plataforma es instalada en un SO de código abierto Linux. Esta plataforma y la mayoría de los recursos que se han utilizado son de código abierto, por lo que no es necesario contar con licencias ni pagar alguna cantidad de dinero para hacer uso de ella.

La necesidad de implementar esta plataforma surge de un problema muy común en el Instituto Tecnológico Superior de Irapuato, específicamente en la carrera de sistemas computacionales, puesto que en algunas de las materias impartidas en esta carrera es necesario trabajar con diferentes sistemas operativos, por lo tanto, los estudiantes tienen que trabajar con software de virtualización que requiere una gran cantidad de recursos de sus computadoras personales, esto aunado a que en repetidas ocasiones surge la necesidad de utilizar más de dos sistemas operativos de manera simultánea, da como

resultado que los alumnos presenten problemas durante el desarrollo de sus prácticas. La problemática escala tomando en consideración que la mayoría de los estudiantes no cuentan con un equipo de cómputo óptimo para desarrollar estas actividades y la posibilidad de obtener un equipo de “alta gama” se dificulta por el alto costo.

II. MARCO TEÓRICO

Definición de conceptos básicos

Cómputo en la nube

La computación en la nube es la entrega de recursos informáticos, incluido el almacenamiento, el poder de procesamiento, las bases de datos, las redes, el análisis, la inteligencia artificial y las aplicaciones de software, a través de Internet (la nube). Al subcontratar estos recursos, las empresas pueden acceder a los activos computacionales que necesitan, cuando los necesitan, sin necesidad de comprar y mantener una infraestructura de TI física en las instalaciones. Esto proporciona recursos flexibles, una innovación más rápida y economías de escala (Atlassian, s.f.).

Virtualización

La virtualización crea un entorno informático simulado, o virtual, en lugar de un entorno físico. A menudo, incluye versiones de hardware, sistemas operativos, dispositivos de almacenamiento, etc., generadas por un equipo. Esto permite a las organizaciones particionar un equipo o servidor físico en varias máquinas virtuales. Cada máquina virtual puede interactuar de forma independiente y ejecutar sistemas operativos o aplicaciones diferentes mientras comparten los recursos de una sola máquina host (Microsoft, s.f.).

Hipervisor

Un hipervisor, conocido también como monitor de máquinas virtuales, es un proceso que crea y ejecuta máquinas virtuales. Un hipervisor permite que un ordenador host preste soporte a varias máquinas virtuales invitadas mediante el uso compartido virtual de sus recursos, como la memoria y el procesamiento (vmware, s.f.).

III. METODOLOGÍA

Para virtualizar un sistema de cualquier tipo es necesario instalar un hipervisor en un anfitrión, este gestionará los recursos disponibles para distribuirlos en las máquinas virtuales, de forma que cada máquina virtual tenga su propia memoria RAM, CPU, disco duro, recursos de red, etc. En cada una de estas máquinas se puede instalar el propio sistema operativo y sus aplicaciones independientes.

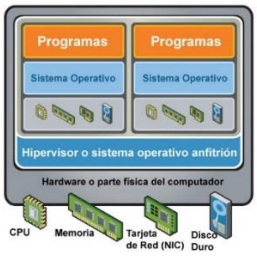


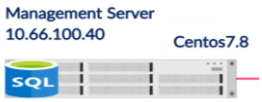
FIG.13 funcionamiento máquina virtual

Las plataformas de infraestructura como servicio ofrecen la posibilidad de crear una nube privada y dentro de estas existen plataformas que permiten la virtualización, tal es el caso de apache cloudstack que mediante el conjunto de servidores ofrece un clúster de virtualización confiable.

Las redes de virtualización de cloudstack funcionan de la siguiente manera:

Servidor Management:

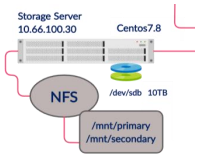
El servidor management se encarga de administrar todas las operaciones de la red, funge como un controlador y nodo maestro en el cual se encuentran tanto la base de datos y la interfaz de usuario, véase en figura 2.



14FIG.2 servidor management

Servidor NFS:

En este servidor se configuran dos espacios de almacenamiento. En el primero se almacenarán las imágenes iso, templates(plantillas) y snapshots(puntos de restauración) de las máquinas virtuales; en el segundo espacio se almacenará el directorio raíz(root) y sistemas de archivos de las máquinas virtuales(figura 3).



15FIG.3 servidor de almacenamiento NFS

Servidor Hyper-v

El servidor o los servidores de hyper-v (depende del administrador) es en donde se instalará el sistema de hipervisor (el motor de virtualización) como se pude observar en la figura 4

puede ser uno o más hipervisores de cualquiera de las opciones soportadas ya sea kvm, vmware, vsphere, etc.

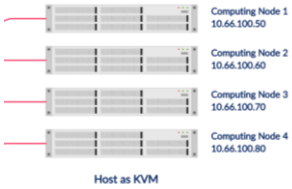


FIG.4 Host de hipervisor

Conexión:

Los servidores están conectados mediante una red local utilizando el servicio ssh(secure shell) para comunicarse entre sí, las máquinas virtuales creadas dentro del clúster estarán conectadas mediante una vlan(red virtual de área local) creada por el mismo management server. A continuación, se muestra de manera grafica en la figura 5

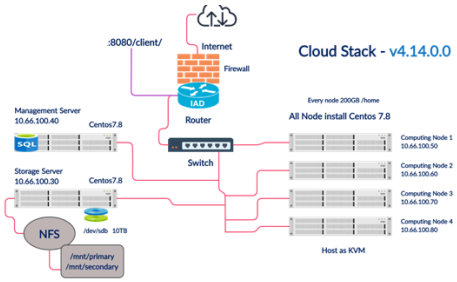


FIG.5 topología de infraestructura

Administrador/cliente

La administración del sistema funciona mediante la creación de “Zonas” las cuales guardan en su interior al almacenamiento secundario y varios pod, a su vez, los pod pueden tener dentro varios clústeres (servidores hiper-v y redes virtuales), siendo así que se puedan tener varios entornos de trabajo con diferentes tipos de virtualización sin que interfieran entre sí. Véase “ilustración 6”

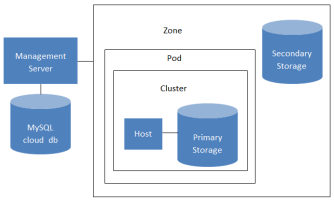


FIG.6 diagrama “componentes de una zona"

IV. RESULTADOS

Para comprobar el funcionamiento de cloudstack se realizaron múltiples pruebas instalándolo y configurándolo en diferentes entornos de virtualización, por falta de recursos se optó por instalar esta infraestructura en tres servidores Ubuntu server 20.04 de manera

virtual, utilizando el software VirtualBox dentro de una computadora personal tipo laptop perteneciente a los investigadores como se muestra en la figura 7.

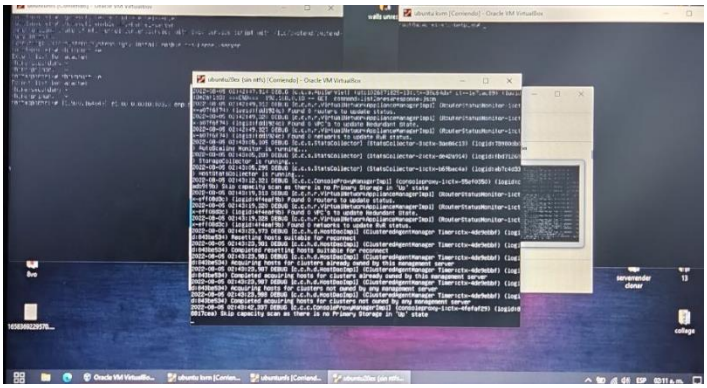


FIG.7 máquinas virtuales utilizadas

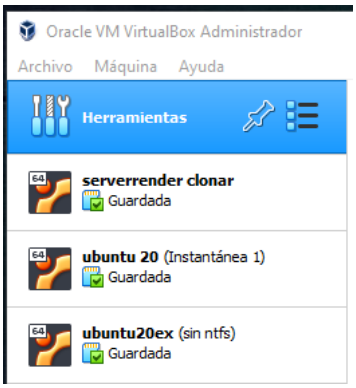
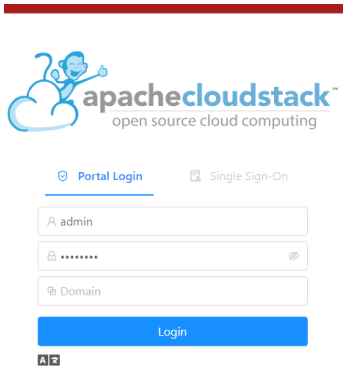


FIG. 8 servidores en funcionamiento

En estas máquinas virtuales se instaló un servidor management, un servidor NFS estándar y un hipervisor KVM (virtualizador ya incluido en linux) puesto que es el que menos recursos demanda. En la figura 8 se pueden observar los servidores en funcionamiento.

Una vez instalados y configurados los servidores se procedió a configurar desde un cliente (otra laptop en la que no se instaló nada) (figura 9)

Desde el cliente se creó una zona, un pod y un clúster, sin embargo, no se logró vincular el hipervisor, al parecer debido a una falla del ssh al configurarse para ser usado sin contraseña como se muestra en la figura 10.



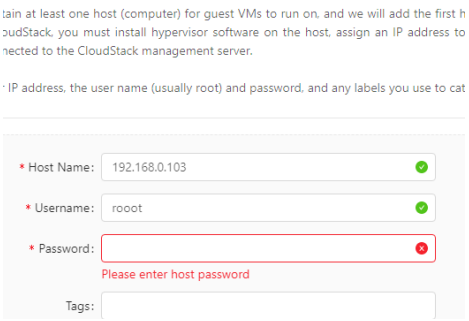


FIG.9 interfaz cloudstack FIG.10 error de vinculación

La solución sería instalar otro servidor hiper-v, pero por cuestiones de tiempo y falta de recursos en los equipos de trabajo no fue posible instalar otro servidor hipervisor que no sea KVM puesto que los otros hipervisores consumen muchos más recursos.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En este proyecto se propuso y se creó una infraestructura de máquinas virtuales en la nube con la finalidad de dar una alternativa de solución a la falta de recursos en los equipos de estudiantes universitarios de la carrera de ingeniería en sistemas, pese a las limitaciones a las cuales nos enfrentamos, se pudo demostrar que la infraestructura funciona y puede ser implementada a gran escala por alguna institución puesto que cuenta con una interface fácil de manejar, tanto para el administrador como para los usuarios y sobre todo ofrece bastante seguridad. Como recomendaciones se sugiere que se tomen en cuenta los requerimientos de hardware necesarios para una infraestructura como esta.

IV. RECONOCIMIENTOS (O AGRADECIMIENTOS)

Expreso mi agradecimiento al Instituto Tecnológico Superior de Irapuato y a la Ing. Dennise Ivonne Gallardo Álvarez por las facilidades y el apoyo otorgado para la realización de esta estancia de verano.

REFERENCIAS

[1] Atlassian. (s.f.). *Atlassian.com*. Obtenido de https://www.atlassian.com/es/microservices/cloud-computing
[2] corporation, I. (s.f.). *IBM corporation*. Obtenido de https://www.ibm.com/docs/es/aix/7.1?topic=management-network-file-system
[3] IBM. (s.f.). *ibm.com*. Obtenido de nfs: https://www.ibm.com/docs/es/aix/7.1?topic=management-network-file-system
[4] IONOS. (s.f.). *ionos.es*. Obtenido de que es un servidor: https://www.ionos.es/digitalguide/servidores/know-how/que-es-un-servidor-un-concepto-dos-definiciones/
[5] Microsoft. (s.f.). *Azure*. Obtenido de que es virtualizacion: https://azure.microsoft.com/es-es/resources/cloud-computing-dictionary/what-is-virtualization/
[6] vmware. (s.f.). *vmware, inc*.

DISEÑO DE INFRAESTRUCTURA DE VIRTUALIZACIÓN EN LA NUBE.

Oscar Duarte Almanza
Instituto Tecnológico Superior de Irapuato
Irapuato-Silao km 12.5 El Copal, 36821 Irapuato, Gto.
LIS18110443@irapuato.tecnm.mx

Dennise Ivonne Gallardo Álvarez
Instituto Tecnológico Superior de Irapuato
Irapuato-Silao km 12.5 El Copal, 36821 Irapuato, Gto.
dennise.ga@irapuato.tecnm.mx

Resumen — En este trabajo se presenta la instalación y configuración de una infraestructura de virtualización en la nube, para esto se investigaron diversas plataformas y se optó por cloudstack, esta plataforma permite llevar a cabo el uso de máquinas virtuales, utilizando los recursos de un servidor designado, gracias a esto se puede solventar el problema de no contar con un equipo con características especiales para esta tarea. Dado a que es una propuesta de prototipo éste es probado con algunas máquinas virtuales para demostrar su funcionamiento.
Palabras clave — virtualización, cloudstack, máquina virtual, servidor.

Abstract — In this work, the installation and configuration of a virtualization infrastructure in the cloud is presented, for this, various platforms were investigated and cloudstack was chosen, this platform allows the use of virtual machines, using the resources of a designated server, Thanks to this, the problem of not having a team with special characteristics for this task can be solved. Since it is a prototype proposal, it is tested with some virtual machines to demonstrate its operation.
Keywords — virtualization, cloudstack, virtual machine, server.

I. INTRODUCCIÓN

La presente investigación se refiere al estudio e instalación de una plataforma de cómputo en la nube, con el fin de diseñar una infraestructura de virtualización. Se seleccionó la plataforma apache cloudstack, ya que esta plataforma a diferencia de muchas otras cuenta con soporte de virtualización de sistemas operativos tipo escritorio desde un servidor remoto, además de una interface agradable para el usuario. Dicha plataforma fue instalada en un SO de código abierto. Esta plataforma y la mayoría de los recursos que se han utilizado son de código abierto por lo que no es necesario contar con licencias ni pagar alguna cantidad de dinero para poder hacer uso de esta.

La decisión de crear el prototipo de esta plataforma es porque se detecta una problemática muy común en el Instituto Tecnológico Superior de Irapuato en la carrera de sistemas computacionales. Algunas de las materias de esta carrera son muy prácticas por lo tanto los estudiantes tienen que trabajar con software que requiere gran cantidad de recursos de una computadora, también, en repetidas ocasiones surge la necesidad de utilizar más de dos máquinas virtuales, el problema aquí es que la mayoría de los estudiantes no cuenta con un equipo de cómputo óptimo para desarrollar estas actividades y actualmente el costo de un equipo con características de gama alta es muy elevado.

II. MARCO TEÓRICO

Cómputo en la nube

La computación en la nube es la entrega de recursos informáticos, incluido el almacenamiento, el poder de procesamiento, las bases de datos, las redes, el análisis, la inteligencia artificial y las aplicaciones de software, a través de Internet (la nube). Al subcontratar estos recursos, las empresas pueden acceder a los activos computacionales que necesitan, cuando los necesitan, sin necesidad de comprar y mantener una infraestructura de TI física en las instalaciones. Esto proporciona recursos flexibles, una innovación más rápida y economías de escala (Atlassian, s.f.).

Virtualización

La virtualización crea un entorno informático simulado, o virtual, en lugar de un entorno físico. A menudo, incluye versiones de hardware, sistemas operativos, dispositivos de almacenamiento, etc., generadas por un equipo. Esto permite a las organizaciones particionar un equipo o servidor físico en varias máquinas virtuales. Cada máquina virtual puede interactuar de forma independiente y ejecutar sistemas operativos o aplicaciones diferentes mientras comparten los recursos de una sola máquina host (Microsoft, s.f.).

Hipervisor

Un hipervisor, conocido también como monitor de máquinas virtuales, es un proceso que crea y ejecuta máquinas virtuales. Un hipervisor permite que un ordenador host preste soporte a varias máquinas virtuales invitadas mediante el uso compartido virtual de sus recursos, como la memoria y el procesamiento (vmware, s.f.).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

Para virtualizar un sistema de cualquier tipo es necesario instalar un hipervisor en un host, el cual se encarga de gestionar los recursos disponibles para distribuirlos en las máquinas virtuales que este albergue, de forma que cada máquina virtual tenga su propia memoria RAM, CPU, disco duro, recursos de red, etc. Como se puede observar en la Figura 1, en cada una de estas máquinas se puede instalar el propio sistema operativo y sus aplicaciones independientes como si estas fueran maquinas físicas.

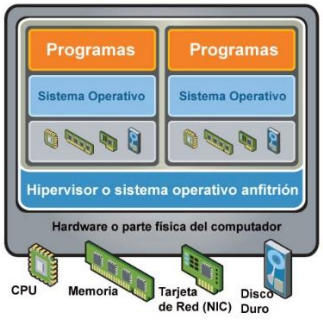


Fig. 1. Funcionamiento de máquina virtual

Las plataformas de infraestructura como servicio (IaaS) ofrecen la posibilidad de crear una nube privada y dentro de esta una plataforma que permita la virtualización, tal es el caso de apache cloudstack que mediante el trabajo en conjunto de servidores ofrece un clúster de virtualización confiable.

Las redes de virtualización de cloudstack funcionan de la siguiente manera:

Servidor Management

El servidor management es el encargado de administrar todas las acciones de la red, funge como un gestor y nodo maestro en el cual se encuentran tanto la base de datos y la interfaz de usuario.

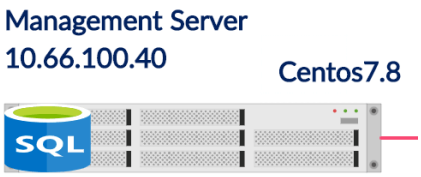


Fig. 2. Servidor management

Servidor NFS

En este servidor se configuran dos espacios de almacenamiento, en el primero se almacenarán las imágenes iso, templates(plantillas) y snapshots (puntos de restauración) de las máquinas virtuales; en el segundo espacio se almacenará el directorio raíz(root) y sistemas de archivos de las máquinas virtuales.

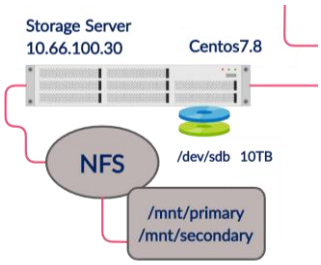


Fig. 3. Servidor de almacenamiento NFS

Servidor Hyper-v

El servidor o los servidores de hyper-v (depende del administrador) es en donde se instalará el sistema de hipervisor (el motor de virtualización) el cual puede ser cualquiera de las opciones soportadas ya sea kvm, vmware, vsphere, etc.

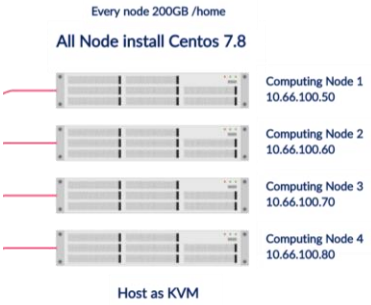


Fig. 4. Host de hipervisor

Conexión

Los servidores están conectados mediante una red local utilizando el servicio ssh(secure shell) que les permite tener una comunicación segura entre sí. A su vez las máquinas virtuales creadas dentro del clúster estarán conectadas mediante una vlan(red virtual de área local) creada por el mismo management server.

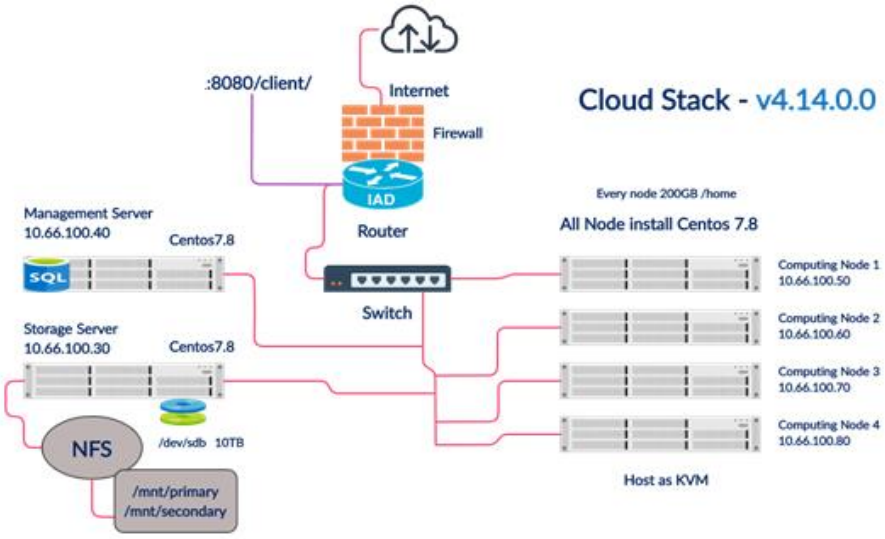


Fig. 5. Topología de la infraestructura

Administrador/cliente

La administración del sistema funciona mediante la creación de “Zonas” las cuales guardan en su interior al almacenamiento secundario y varios pod, a su vez los pod pueden tener dentro varios clúster (servidores hiper-v y redes virtuales) siendo así que se puedan tener varios entornos de trabajo con diferentes tipos de virtualización sin que interfieran entre sí.

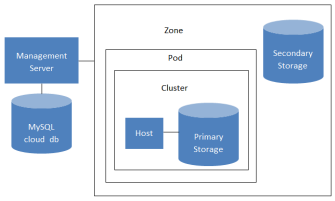


Fig. 6. Diagrama de componentes de una zona

IV. RESULTADOS

Para comprobar el funcionamiento de cloudstack se llevaron a cabo múltiples pruebas instalándolo y configurándolo en diferentes entornos de virtualización, por falta de recursos se optó por instalar la infraestructura en tres servidores Ubuntu server 20.04 de manera virtual, utilizando el software VirtualBox dentro de una computadora laptop perteneciente a los investigadores.

En estas máquinas virtuales se instaló un servidor management, un servidor NFS estándar y un hipervisor KVM (virtualizador ya incluido en linux) puesto que es el que menos recursos demanda.

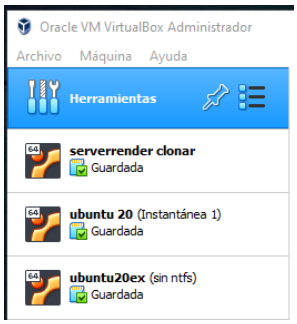


Fig. 7. Máquinas virtuales

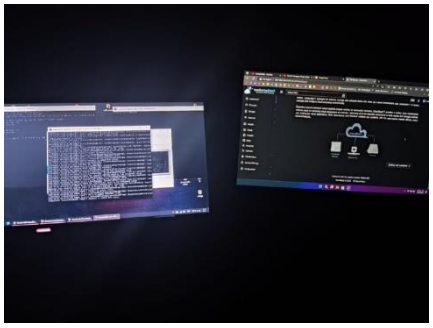


Fig. 8. Servidores en funcionamiento

V. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Una vez instalados y configurados los servidores se procedió a configurar desde un cliente el cual accedió mediante un enlace con el que accede a la interface gráfica.

Desde el cliente se pudo configurar una zona, un pod y un clúster, sin embargo, no se logró agregar el host del hipervisor, al parecer debido a una falla con el protocolo ssh al intentar ser configurado para ser usado sin contraseña.

Fig. 9. Interfaz cloudstack

La solución es instalar otro servidor de hipervisor, pero por cuestiones de tiempo y falta de recursos en los equipos utilizados para el proyecto no fue posible instalar otro servidor hipervisor que no sea KVM puesto que los otros hipervisores consumen muchos más recursos y el intentarlo podría ser riesgoso para los equipos.

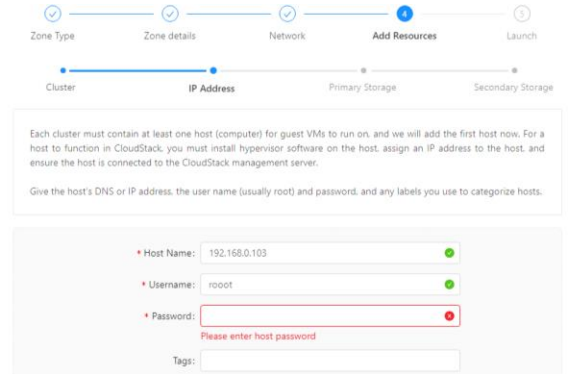


Fig. 10. Error de vinculación

VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En este proyecto se presenta la propuesta y experimentación en la creación de una infraestructura de nube privada de máquinas virtuales, con la finalidad de dar una posible solución a la problemática de falta de recursos en los equipos de los alumnos del instituto. Se logró demostrar el funcionamiento de la nube privada, así como el cumplimiento de algunas expectativas que se tenían al inicio del proyecto.

Como recomendaciones se sugiere que tomen en consideración los recursos necesarios para la instalación de infraestructuras como esta, además de contar con el conocimiento previo del funcionamiento de las tecnologías utilizadas.

VII. AGRADECIMIENTOS

Expreso mi agradecimiento al Instituto Tecnológico Superior de Irapuato y a la Ing. Dennise Ivonne Gallardo Álvarez por las facilidades y el apoyo otorgado para la realización de esta estancia de verano.

REFERENCIAS

[1] Atlassian. (s.f.). *Atlassian.com*. Obtenido de https://www.atlassian.com/es/microservices/cloud-computing
[2] corporation, I. (s.f.). *IBM corporation*. Obtenido de https://www.ibm.com/docs/es/aix/7.1?topic=management-network-file-system
[3] IBM. (s.f.). *ibm.com*. Obtenido de nfs: https://www.ibm.com/docs/es/aix/7.1?topic=management-network-file-system
[4] IONOS. (s.f.). *ionos.es*. Obtenido de que es un servidor: https://www.ionos.es/digitalguide/servidores/know-how/que-es-un-servidor-un-concepto-dos-definiciones/
[5] Microsoft. (s.f.). *Azure*. Obtenido de que es virtualizacion: https://azure.microsoft.com/es-es/resources/cloud-computing-dictionary/what-is-virtualization/
[6] vmware. (s.f.). *vmware, inc*.

DISEÑO IOT DE INVERNADERO PARA EL CONTROL DE VARIABLES

Alan Cortes Ruiz
Instituto Tecnológico Superior de purisima del rincon
Division de Sistemas Automotrices
Blvd del valle 2301, Guardarrayas
CP 36475 Purisima del Rincon
lrs18110337@purisima.tecnm.mx

Resumen — En la actualidad el tema de optimización en recursos naturales es una preocupación que compete a diferentes ´áreas de la ciencia. En específico en lo que son los invernaderos o también conocidos como GreenHouse han sido una tendencia en la ´ultima década. Tanto tendencias de invernaderos en casa como a gran escala son de interés en la comunidad científica. En este trabajo con el objetivo de adaptar una metodología de control de invernaderos que pueda ser usado en un contexto local y regional se propuso un diseño basado en IoT y Técnicas de IA. Nuestra investigación tuvo como parte de los objetivos la investigación de diferentes diseños de invernaderos, diseños de riego, estudio de diferentes sensores y técnicas de IA. Primero se hizo un modelo a escala y posteriormente se tiene proyectado aplicarlo a una escala en el Instituto Tecnológico Superior de Purísima del Rincón (ITSPR). En este trabajo reportamos la metodología desempeñada y los resultados obtenidos del diseño propuesto.

Palabras clave — IoT, Cloud Computing, Automatización, Aplicaciones de la IA, GreenHouse

Abstract — One of the main topics of optimization in natural resources is related to the responsibility of different areas of science. Specifically, greenhouses have been a trend in the last decade. Both home and largescale greenhouse trends are of interest in the scientific community. In this work, a proposal of a model for a greenhouse control methodology that can be used in a local and regional context, and a design based on IoT and AI techniques were proposed. Our research had as part of the objectives the investigation of different greenhouse designs, irrigation designs, and study of different sensors, and AI techniques. First, a scale model was made, and later it is planned to apply it to a scale at the Instituto Tecnológico Superior de Purísima del Rincón (ITSPR). In this paper we report the methodology used and the results obtained from the proposed design.

Keywords — IoT, Cloud Computing,Automation, artificial intelligence application, GreenHouse

I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad el tema de optimización en recursos naturales es una preocupación que compete a diferentes ´áreas de la ciencia. Por lo general, las ´áreas que se dedican a la agricultura plantean modelos a prueba y error de como aprovechar diferentes recursos como el agua. Una forma de coadyuvar en la medición y solución de este tipo de problemas es generar un simulador de invernadero que permita controlar las variables y además tenga la capacidad de escalamiento para medir un entorno real.

Los ambientes inteligentes, han crecido en popularidad en los ´últimos a˜nos [1], [2], [3]. De manera particular, la industria de los invernaderos y agricultura (Greenhouse conocido en ingles) ha ganado popularidad debido a su habilidad de producir vegetales frescos de manera muy rápida y a gran escala. De acuerdo con la ONAA (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación), la agricultura es una de las actividades que se busca sea sostenible, sustentable y con mayor productividad [4].

El tener invernaderos implica que diferentes expertos estén involucrados de manera activa para tengan un correcto funcionamiento. Lo anterior debido a que el invernadero necesita de ajustes de parámetros con valores ´óptimos y esto permita la producción de alimentos. Por lo tanto, un invernadero que sea capaz de simular o controlar las variables puede mejorar la producción de los alimentos y el costo de estos.

La primera problemática a la que nos enfrentamos en la optimización de los recursos para los invernaderos es el tener una correcta medición de todos los factores influyentes, posteriormente un monitoreo y finalmente un control. En este sentido, la parte de monitoreo y control se puede apoyar fuertemente en las nuevas tecnologías de Internet de las Cosas (IoT) e Inteligencia Artificial (IA). Es sumamente importante que a partir de una medición de datos se pueda continuar con un tratamiento adecuado de la información y generar una clasificación.

En el estado del arte son pocas las bases de datos publicas relacionadas a cultivo de plantas que puedan dar una guía para el tratamiento de estos problemas.

Es por eso por lo que la medición y monitoreo depende de la infraestructura y de las plantas que se tengan en el invernadero, por lo tanto, la solución de estos también.

En este caso, dado que se pretende que el diseño del invernadero pueda contener diferentes especies de plantas, por lo cual es necesario considerar el incluir cada una como una clase diferente. En primera aproximación se necesita un sistema que recolecte los datos y los almacene en una base de datos.

Posteriormente, la parte que es de nuestro interés es el generar o identificar estados o patrones dentro de la información obtenida, es decir, hacer un análisis de datos. Ya que diferentes especies de plantas convivirán dentro de un mismo entorno que se desea este controlado. Una vez caracterizado el entorno e identificando (en clases), podemos hacer en una etapa posterior hace una clasificación y predicción de los ajustes en el invernadero. Es por lo anterior que se vio en la necesidad de aplicar una técnica de agrupamiento no supervisado, para identificar esos grupos y hacer posteriormente los ajustes adecuados para el correcto funcionamiento del ambiente. Como limitante nuestro proyecto es el buscar como generar escenarios en los cuales se optimicen los recursos como el agua.

En este trabajo mostramos un prototipo de un modelo basado en Inteligencia Artificial e Internet de las cosas que permite controlar el sistema de riego para un invernadero. Nuestra propuesta contiene diferentes etapas relacionadas al diseño, monitoreo, agrupación, clasificación y control.

En primera instancia y como parte de este trabajo de investigación se creo un modelo a escala que nos permitió probar el sistema con las técnicas de inteligencia artificial. Posteriormente considerando una infraestructura perteneciente al Instituto Tecnológico Superior de Purísima del Rincón (ITSPR), se hará una adaptación con la base de datos e interfaces electrónicas. Finalmente, las diferentes variables se guardaron en una base de datos que sera el insumo primero de una etapa de clasificación no supervisada con el K-

means y posteriormente se podrá predecir los valores adecuados para mantener el invernadero en ´optimas condiciones.

II. MARCO TEÓRICO

Algunos conceptos básicos para la compresión de los Invernaderos con Iot los veremos de forma breve a continuación.

Invernadero

De acuerdo con [16] establece que: un invernadero esta constituido por una estructura metálica o de plástico, la cual se le cubre con materiales translucidos para obtener la suficiente luminosidad en su interior. Un ejemplo de lo anterior se puede observar en la figura 1.

Imagen 1 *Invernadero.*

Riego por aspersión

De acuerdo con [17] existen dos tipos de riego por aspersión:

1. Sistemas estacionarios que permanecen en la misma posición mientras dura el riego. Es decir, se basan en un sistema el cual simula la forma de lluvia intensa en el cultivo y tiene por objetivo que se infiltre el agua en un punto donde debe caer. Este tipo de sistema requiere de una red que distribuya el agua y llegue con suficiente presión a cada aspersor para que realicen su función adecuada.
2. Sistemas mecanizados que se desplazan mientras aplican el agua de riego. El movimiento de estos sistemas es de forma circular y necesitan de una toma de corriente eléctrica para poder funcionar.

Las ventajas y desventajas de los sistemas de riego son:

- Son capaces de cubrir grandes distancias de terreno con bajos costos.
- Se adaptan al tipo de parcela.
- La vida ´útil es mucho mayor a la de otros sistemas.
- La instalación de este sistema es mucho más compleja.
- Incrementa la aparición de maleza.
- La mano de obra es mas elevada.

Riego por goteo

De acuerdo con [2] establece que el sistema de goteo permite la óptima aplicación de agua en las distintas zonas áridas del sistema agrícola. Esto generando humedad en el suelo directamente donde se aplicó el agua atraves de la red de tubería y emisores.
Este sistema puede requerir una aplicación por vía de 2 a 3 veces, de acuerdo con [2] se recomienda para cultivos sembrados en hilera ya sea de ciclo anual.

Ventajas:

- Permite un crecimiento adecuado del sistema de raíces.
- Permite la aplicación de fertilizantes en el agua de riego
- Disminuye el gasto de agua
- Se adapta a terrenos rocosos o con pendientes.

Desventajas:

- sistema de goteo puede taparse si no se filtra el agua correctamente • Los costos de instalación y diseño son elevados.

Imagen 2 *Riego por goteo.*

Temperatura

De acuerdo con [1] para la mayoría de los culticos la temperatura que deben mantener un rango entre los 20° durante la luz del día y 7° por la noche. En caso de un acenso mayor al rango se deben abrir las puertas y ventanas para que descienda la temperatura.

Humedad

Conforma a [1], la humedad relativa que debe existir en la mayoría de las plantas debe oscilar entre 455 y 60%. Al tener una humedad superior favorecerá la aparición de plagas de insectos y hongos, por lo que es de suma importancia mantener el rango establecido.

Aireación

Como ya se había mencionado por [1], en caso de sobre temperatura en el invernadero las puertas y ventanas se debe considerar para conseguir descender ese aumento de temperatura y conseguir la correcta ventilación para el cultivo.

Las puertas y ventanas del invernadero pueden ser forradas con telas mosqueteras para evitar el acceso de insectos. En caso de que la temperatura no reduzca una vez abriendo las puertas y ventanas, la instalación de ventiladores será una manera de ajar la temperatura, en caso de que la temperatura baje decimado como en temporada de invierno se pueden instalar un calefactor para mantener el rango adecuado de temperatura.

Sensor de temperatura DHT11

El DHT11 esta compuesto por un sensor de humedad y temperatura con una señal digital de salida ofrece una alta fiabilidad y una excelente estabilidad a largo plazo [19]. Se compone de un sensor tipo NTC el cual presenta un rango de temperatura que va desde los (0°C a 50°C). Para poner a funcionar el sensor DHT11 es necesario realizar las conexiones, debido a que es un sensor sencillo solo cuenta con cuatro pines donde uno es de voltaje V/cc, otro es de señal E/S, un pin N/C que no se conecta y un GND que es la conexión a tierra.

La salida del sensor DHT11 debe ser conectada a las entradas digitales de la placa Arduino y de acuerdo con el código de programación se pueden analizar los datos con los cuales se establecerán acciones como activar un sistema de ventilación para reducir el aumento de temperatura.

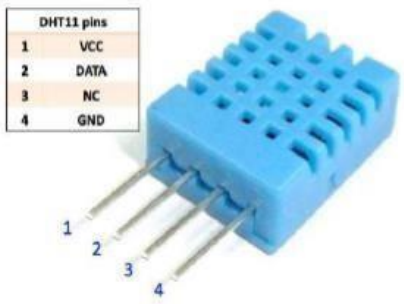


Imagen 3 *Sensor DHT11.*

Sensor de humedad de suelo YL69

De acuerdo con [20] dicho sensor tiene la capacidad de medir la humedad del suelo. Lo anterior se hace midiendo la tensión entre dos terminales que permiten el paso de corriente de acuerdo con la resistencia del suelo. Cuando la tierra reduce o aumenta la humedad que exista en ella, el sensor comienza a detectar la diferencia de capacitancia por lo que manda cada valor censado como dato a la salida. Para poder analizar los valores obtenidos por el sensor es necesario conectar la salida del sensor a las entradas analógicas o digitales de la placa Arduino ya que con el código de programación se podrá apreciar las mediciones censadas y poder establecer funciones como la activación del riego a partir de los rangos requeridos por cada cultivo.

.

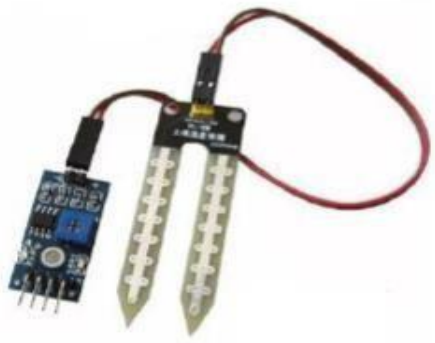


Imagen 4 Sensor YL69.

Sistema de control Automatizado mediante IoT

De acuerdo con diversas investigaciones presentadas[27], [28], los factores esenciales en la climatología y la ecología van a definir las características de ciertas zonas y holgura para los cultivos en el invernadero de forma económica.

El primer factor que es primordial para el desarrollo ´optimo del invernadero, es la reducción de los cambios de temperatura ambiental. El nivel térmico no es un problema trivial de resolver, ya que depende de las plantas y el clima del lugar. El crecimiento junto con el metabolismo en las plantas se le atribuyen generalmente a la temperatura a la que se encuentre dentro del invernadero, ya que no hay tejido o proceso fisiológico que no este influenciado.

De acuerdo con Araque et al. [29] es importante considerar la humedad del substrato y de la atmosfera para la climatización de un invernadero. Los sistemas de riego y la humidificación de la atmosfera se diseñan ad-hoc sobre los requerimientos de las especies cultivadas, así como también sobre las condiciones del clima del invernadero.

De acuerdo con [30] la ventilación natural es el proceso en donde se produce el intercambio entre el aire interior de una estructura y el aire exterior. Lo anterior debido a las diferencias de presión que determinan que el aire entre o salga y eso se provoca mediante dos fuerzas motoras que son la fuerza de gravedad y el efecto del viento exterior.

III. METODOLOGÍA

En nuestra propuesta consta de dos componentes importantes hoy en día en la industria 4.0 que son el internet de las cosas (IoT) y las técnicas de aprendizaje. De forma general nuestra metodología de diseño del sistema inteligente es el siguiente:

Requerimientos. En esta etapa se realizó el diseño de un prototipo a escala para probar el modelo de IoT y poder determinar que las variables de temperatura y humedad fueran controladas de forma adecuada.

Diseño. El diseño de nuestro sistema consta de cinco capas o elementos, dicho diseño se muestra en la figura 2 (fuente elaboración propia). La parte de interfaz de usuario es en la cual el usuario puede ver las variables de humedad y temperatura del invernadero a distancia. La segunda es la parte de inteligencia artificial u optimización, la cual se va ajustando a cada uno de los elementos o plantas dentro del invernadero de acuerdo con la información recolectada. La tercera y cuarta parte es el manejo de los dispositivos inalámbricos en el servidor en este caso seria el Oracle y el Gateway. Finalmente, cada uno de los dispositivos que denominaremos “agentes” controlaran un conjunto de sensores en red.

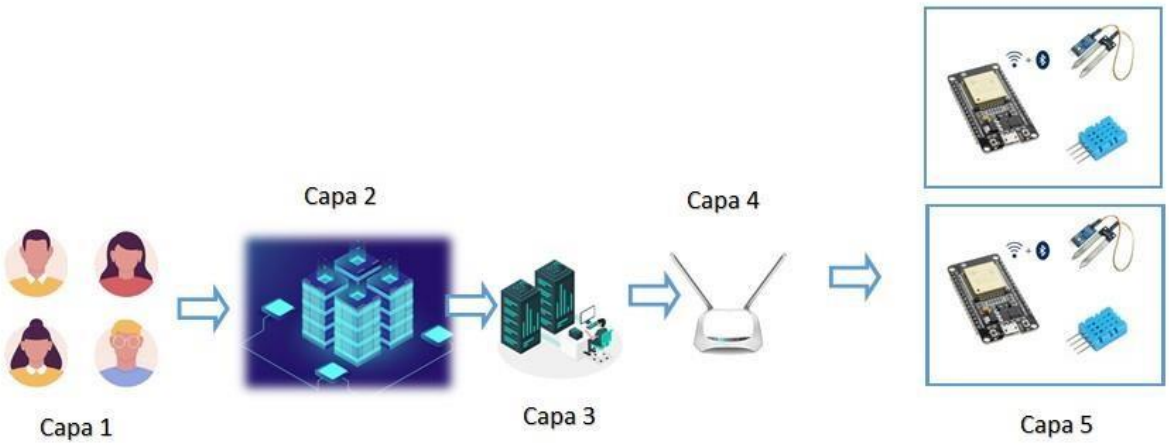


Imagen 5 *Modelo del invernadero IoT.*

1. **Implementación**. El armado del Invernadero se puede ver en la figura , el cual implico una fase de rediseño al invernadero existente en el tecnológico pues en ella se moverá de lugar la estructura, se remplazaran algunos tubos PTR y se colocaran de nuevo los hules del invernadero.

2. **Verificación**. De acuerdo con la programación y al montaje de los componentes del circuito, se obtuvo como resultado el correcto funcionamiento del sistema dado que los sensores censan de manera correcta las variables (humedad, temperatura) permitiendo que los motores tanto el de la bomba de agua como el del ventilador realicen su función establecida mediante la programación.

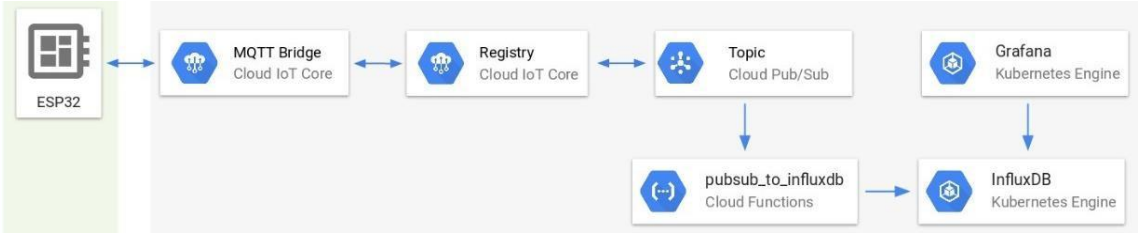


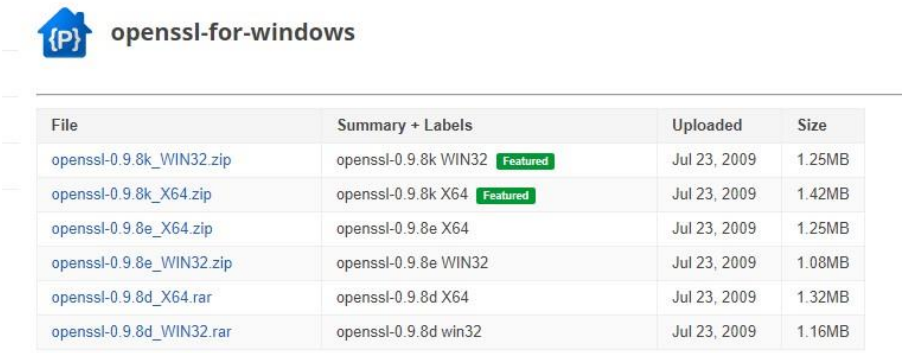
Imagen 6 *Configuracion de la plataforma google clouds.*

2.1 Para el comienzo de la verificación comenzamos a realizar un registro en Google clouds, esto para tener donde almacenar los datos donde nuestros agentes estarán enviando los datos censados.

Imagen 7 *Google Cloud es una plataforma que ha reunido todas las aplicaciones de desarrollo web que Google estaba ofreciendo por separado.*

2.2 Hicimos pruebas con el código en el cmd de la pc:
openssl ecparam -genkey -name prime256v1 -noout -out esp32-device.pem
openssl ec -in esp32-device.pem -pubout -out esp32-device-public.pem

2.3 Como no funcionaba buscamos en la web Google code.



openssl-for-windows

File	Summary + Labels	Uploaded	Size
openssl-0.9.8k_WIN32.zip	openssl-0.9.8k WIN32 Featured	Jul 23, 2009	1.25MB
openssl-0.9.8k_X64.zip	openssl-0.9.8k X64 Featured	Jul 23, 2009	1.42MB
openssl-0.9.8e_X64.zip	openssl-0.9.8e X64	Jul 23, 2009	1.25MB
openssl-0.9.8e_WIN32.zip	openssl-0.9.8e WIN32	Jul 23, 2009	1.08MB
openssl-0.9.8d_X64.rar	openssl-0.9.8d X64	Jul 23, 2009	1.32MB
openssl-0.9.8d_WIN32.rar	openssl-0.9.8d win32	Jul 23, 2009	1.16MB

Imagen 8 *Descargamos los dos primeros archivos.*

2.4 Una vez descargados los archivos abrimos WIN32 y creamos una carpeta en el disco C con el nombre Open SSL y pegamos los archivos dentro.
2.5 Abrimos el archivo open ssl y colocamos el código del paso 4.2, esto para crear una llave privada y una publica por cada dispositivo en nuestro proyecto.

```
OpenSSL> ec -in esp32-device.pem -noout -text
read EC key
Private-Key: (256 bit)
priv:
    00:8f:15:80:9b:db:e8:31:39:3f:cf:fb:12:3c:61:
    25:70:52:60:6d:60:b9:a0:9b:75:f3:ca:a0:6c:5c:
    ce:1f:8c
pub:
    04:36:c3:dd:70:3a:82:d9:5b:97:8e:4b:24:bf:16:
    17:cb:63:38:ed:70:d7:71:db:2f:1d:bb:c7:8e:2f:
    26:8c:91:28:e2:3f:fc:7a:5c:1f:8d:11:d9:be:73:
    18:5e:13:0d:20:dd:60:19:0b:61:b8:bb:1a:32:87:
    4f:1e:ff:a8:65
ASN1 OID: prime256v1
OpenSSL> cat esp32-device.pem
openssl:Error: 'cat' is an invalid command.
```

esp32-device-public: Bloc de notas

Archivo Edición Formato Ver Ayuda

```
-----BEGIN PUBLIC KEY-----
MFkwEwYHKoZIzj0CAQYIKoZIzj0DAQcDQgAENsPdcDqC2VuXjkskvxYXy2M47XDX
cdsvHbvHji8mjJEo4j/8elwfjRHZvnMYXhMNIN1gGQthuLsaModPHv+oZQ==
-----END PUBLIC KEY-----
```

Imagen 9 *Llave publica y llave privada.*

2.6 Una vez hecho lo anterior nos regresamos a la plataforma Google cloud y anclamos.

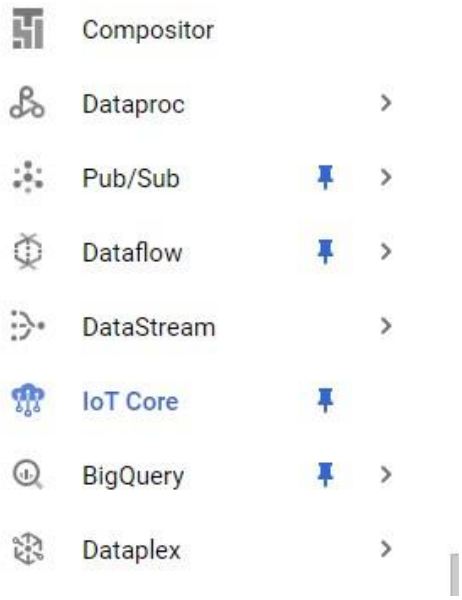


Imagen 10

2.7. Entramos a IoT core y creamos id.

Imagen 11 *Nombre invernadero*

2.8 creamos un proyecto y un tema.

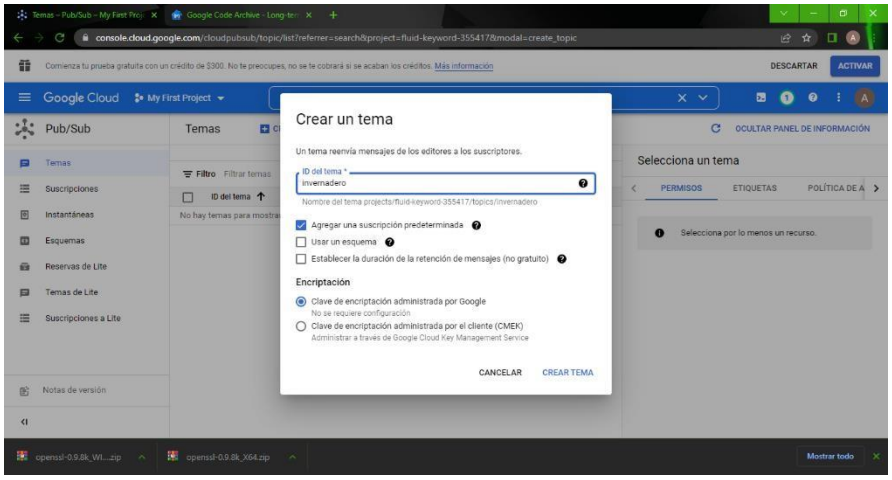


Imagen 12

1. Con lo anterior queda la primera parte de la configuración de la nube donde se guardarán los datos que registrarán los sensores.

2. Después vamos a la pestaña IoT Core de la plataforma para crear un Id de dispositivo.

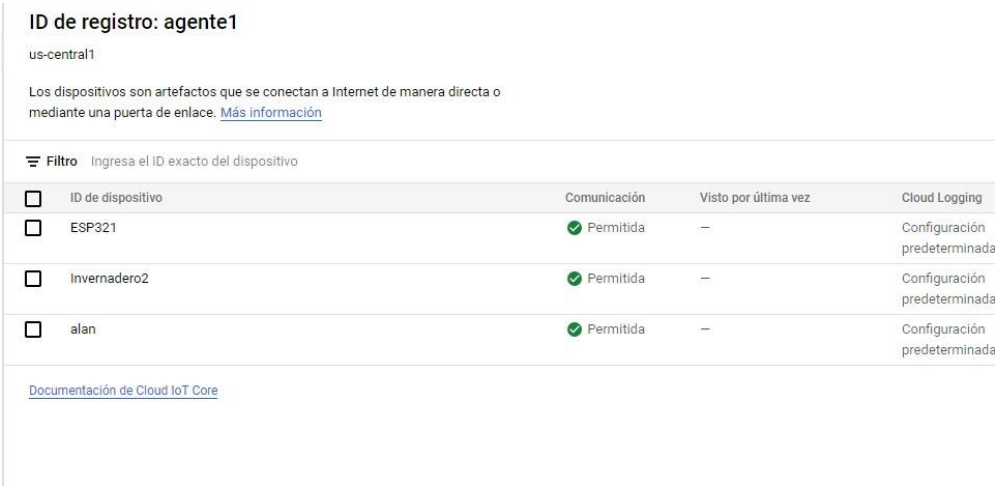


Imagen 13 *Llevamos 3 registros.*

3. Se desliza hasta abajo y se coloca la llave publica creada paso 4.5.

4. Ponemos la clave y damos clic en crear.

Imagen 14

5. Esto se hace con cada ESP32 que vamos a utilizar.

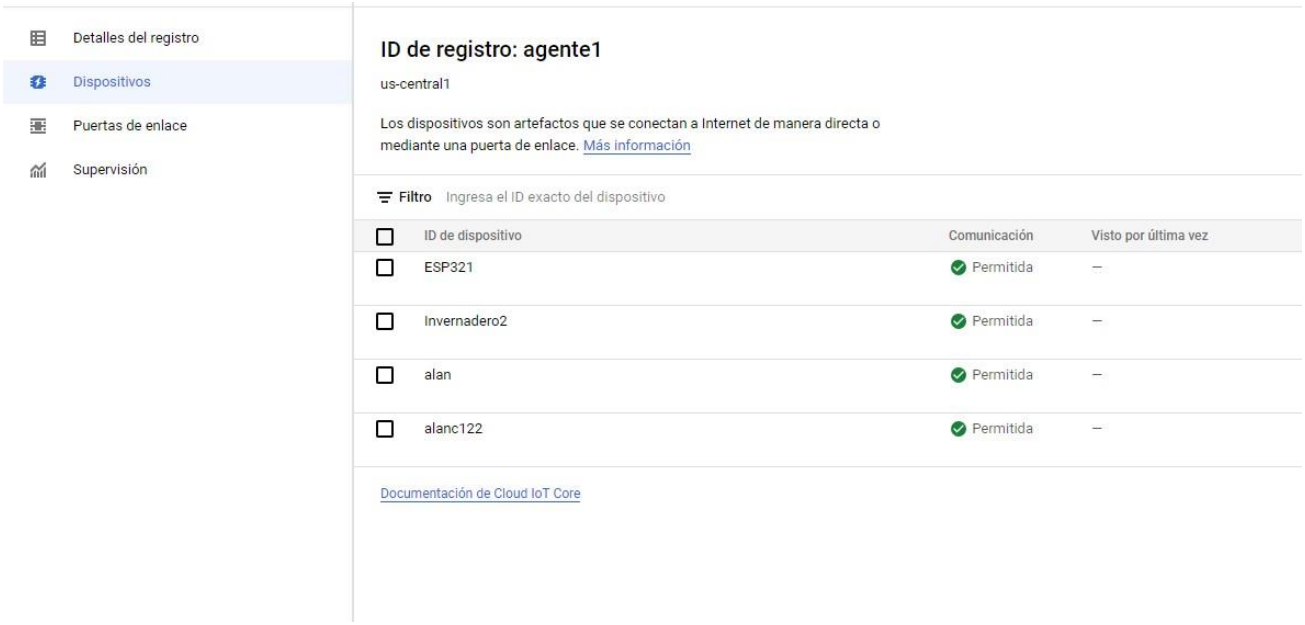


Imagen 15 *En este caso llevamos 4 registros.*

III. RESULTADOS

Como resultado hicimos una prueba con un programa de Arduino y este vinculo los resultados a la plataforma en tiempo real.

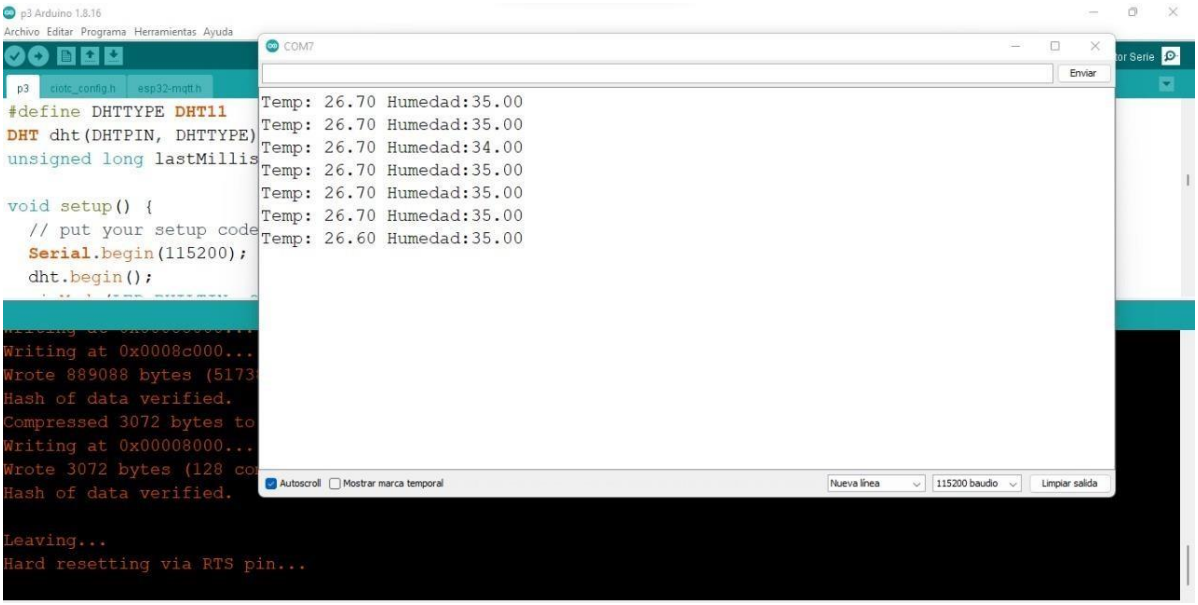


Imagen 16 *Datos censados en tiempo real.*

Dentro del código tuvimos cuidado de poner correctamente la llave privada y publica en tanto en el programa Arduino como en la plataforma.

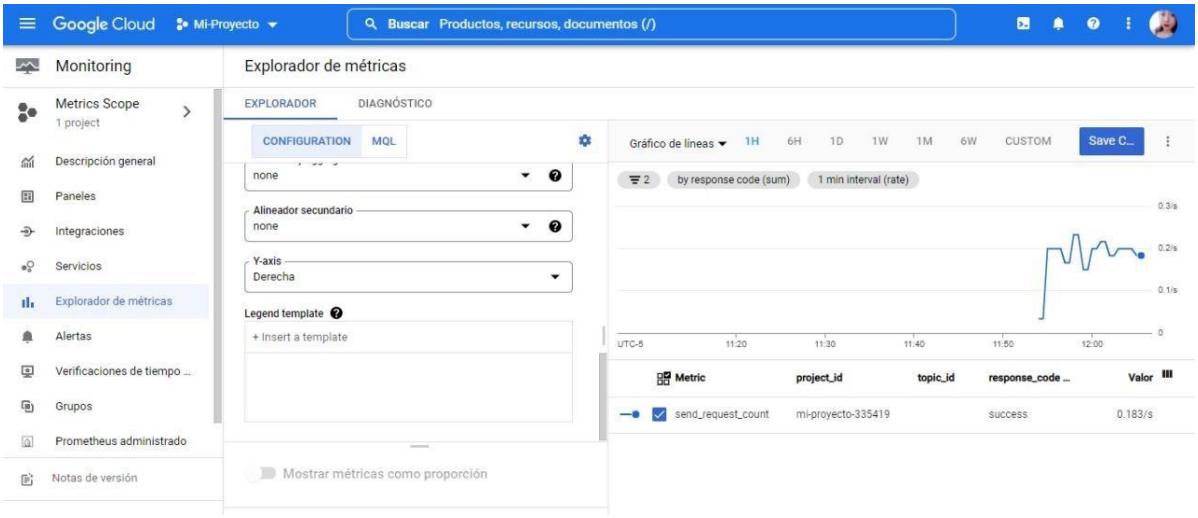


Imagen 17 *Datos registrados en tiempo real.*

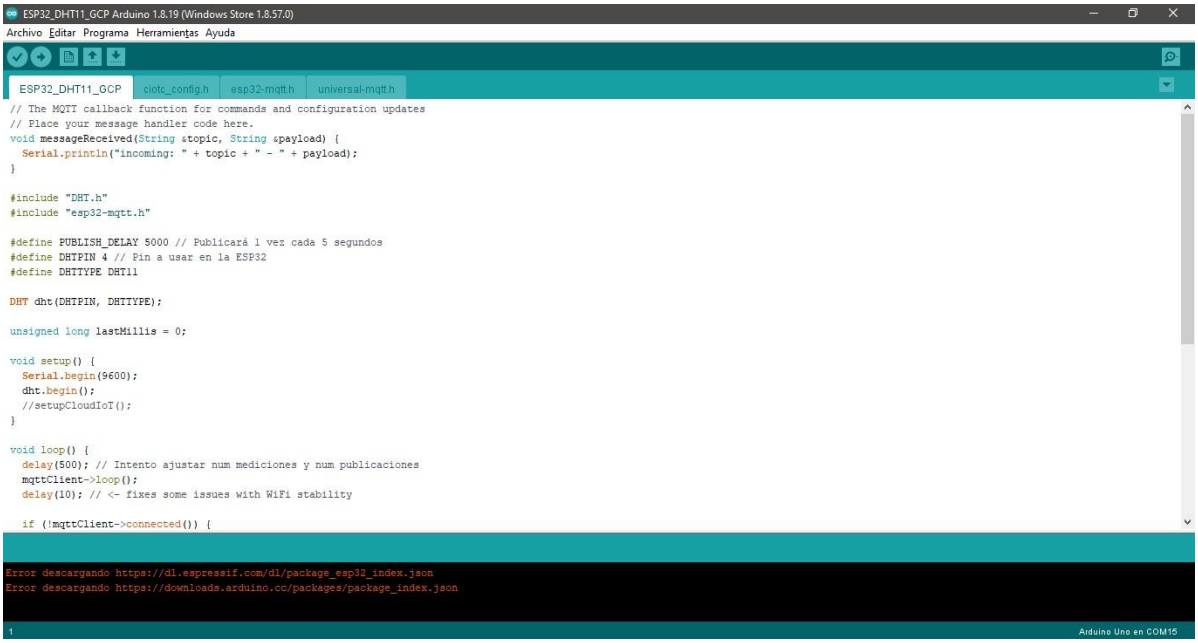


Imagen 18 *Fragmento de codigo del programa arduino.*

IV. CONCLUSIONES

La incorporación de dispositivos tecnológicos hace controlar remotamente el funcionamiento de sensores y actuadores lo cual ayuda a optimizar mejor el ambiente operacional de plantas y obtener mayor rendimiento.

También nos fue de mucha ayuda comprender cual seria la estructura adecuada, pues al momento de realizarla reciclamos muchos materiales existentes del invernadero anterior y con un poco de ingenio pudimos reducir costos.

V. RECONOCIMIENTOS

Expreso mi agradecimiento a la Universidad Autónoma de Querétaro, al CONACyT y al Instituto Tecnológico Superior de Purísima Del Rincón por las facilidades y el apoyo otorgado para la realización de la estancia de verano.

REFERENCIAS

[1] J. S. Raj and J. V. Ananthi, “Automation using iot in greenhouse environment,” Journal of Information Technology, vol. 1, no. 01, pp. 38–47, 2019.

[2] F. Jamil, M. Ibrahim, I. Ullah, S. Kim, H. K. Kahng, and D.-H. Kim, “Optimal smart contract for autonomous greenhouse environment based on iot blockchain network in agriculture,” Computers and Electronics in Agriculture, vol. 192, p. 106573, 2022.

[3] C. Maraveas and T. Bartzanas, “Application of internet of things (iot) for optimized greenhouse environments,” AgriEngineering, vol. 3, no. 4, pp. 954–970, 2021.

[4] Food and Agriculture Organization of the United Nations, “https://www.fao.org/urban-foodagenda/en/,” 22 de Febrero de 2022.

[5] M. A. Akka, s and R. Sokullu, “An iot-based greenhouse monitoring system with micaz motes,” Procedia computer science, vol. 113, pp. 603–608, 2017.

[6] M. Ayaz, M. Ammad-Uddin, Z. Sharif, A. Mansour, and E.-H. M. Aggoune, “Internet-of-things (iot)based smart agriculture: Toward making the fields talk,” IEEE access, vol. 7, pp. 129551–129583, 2019.

[7] A. A. Guijarro-Rodr´ıguez, L. J. C. Torres, D. K. Preciado-Maila, and B. N. Z. Manzur, “Sistema de riego automatizado con arduino,” Sistema, vol. 39, no. 37, p. 27, 2018.

[8] M. Danita, B. Mathew, N. Shereen, N. Sharon, and J. J. Paul, “Iot based automated greenhouse monitoring system,” in 2018 Second International Conference on Intelligent Computing and Control Systems (ICICCS), pp. 1933–1937, IEEE, 2018.

[9] M. Mohammed, A. Azmi, Z. Zakaria, M. Tajuddin, Z. Isa, and S. Azmi, “Iot based monitoring and environment control system for indoor cultivation of oyster mushroom,” in Journal of Physics: Conference Series, vol. 1019, p. 012053, IOP Publishing, 2018.

[10] M. S. Farooq, S. Riaz, A. Abid, T. Umer, and Y. B. Zikria, “Role of iot technology in agriculture: A systematic literature review,” Electronics, vol. 9, no. 2, p. 319, 2020.

[11] K. Nosirov, S. Begmatov, M. Arabboev, T. Kuchkorov, J. Chedjou, K. Kyamakya, P. De Silva, and K. Abhiram, “The greenhouse control based-vision and sensors,” in Developments of Artificial Intelligence Technologies in Computation and Robotics: Proceedings of the 14th International FLINS Conference (FLINS 2020), pp. 1514–1523, World Scientific, 2020.

[12] Z. Tafa, F. Ramadani, and B. Cakolli, “The design of a zigbee-based greenhouse monitoring system,” in 2018 7th Mediterranean Conference on Embedded Computing (MECO), pp. 1–4, IEEE, 2018.

[13] H. Ibrahim, N. Mostafa, H. Halawa, M. Elsalamouny, R. Daoud, H. Amer, Y. Adel, A. Shaarawi, A. Khattab, and H. ElSayed, “A layered iot architecture for greenhouse monitoring and remote control,” SN Applied Sciences, vol. 1, no. 3, pp. 1–12, 2019.

[14] I. Ardiansah, N. Bafdal, E. Suryadi, and A. Bono, “Greenhouse monitoring and automation using arduino: a review on precision farming and internet of things (iot),” International Journal on Advanced Science, Engineering and Information Technology, vol. 10, no. 2, pp. 703–709, 2020.

[15] A. F. Subahi and K. E. Bouazza, “An intelligent iot-based system design for controlling and monitoring greenhouse temperature,” IEEE Access, vol. 8, pp. 125488– 125500, 2020.

[16] F. V. B. Alvarez, “importancia de un invernadero,” Temas Agrarios, vol. 17, no. 2, pp. 18–29, 2012.
[17] L. P. B. P. N. d. R. Ministerio de Agricultura, Ganadera y Desarrollo Rural, “Ventajas y desventajas del riego por aspersión.,” Investigación Aplicada, no. 17, 2002.
[18] C. E. V. Hernández, D. M. Mora, and L. A. S. Gaspariano, “Tinkercad como alternativa para aprender conceptos b´asicos de electr´onica,” RD-ICUAP, vol. 7, no. 20, pp. 133–139, 2021.
[19] W. Gay, “Dht11 sensor,” in Advanced Raspberry Pi, pp. 399–418, Springer, 2018.
[20] S. Adla, N. K. Rai, S. H. Karumanchi, S. Tripathi, M. Disse, and S. Pande, “Laboratory calibration and performance evaluation of low-cost capacitive and very low-cost resistive soil moisture sensors,” Sensors, vol. 20, no. 2, p. 363, 2020.
[21] G. Hamerly and C. Elkan, “Learning the k in k-means,” Advances in neural information processing systems, vol. 16, 2003.
[22] S. El Khediri, W. Fakhet, T. Moulahi, R. Khan, A. Thaljaoui, and A. Kachouri, “Improved node localization using k-means clustering for wireless sensor networks,” Computer Science Review, vol. 37, p. 100284, 2020.
[23] A. Likas, N. Vlassis, and J. J. Verbeek, “The global k-means clustering algorithm,” Pattern recognition, vol. 36, no. 2, pp. 451–461, 2003.
[24] G. Tzortzis and A. Likas, “The minmax k-means clustering algorithm,” Pattern recognition, vol. 47, no. 7, pp. 2505–2516, 2014.
[25] X. He, D. Cai, Y. Shao, H. Bao, and J. Han, “Laplacian regularized Gaussian mixture model for data clustering,” IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering, vol. 23, no. 9, pp. 1406– 1418, 2010.
[26] T. Kurita, “Principal component analysis (pca),” Computer Vision: A Reference Guide, pp. 1–4, 2019.
[27] E. A. Hernández Sánchez et al., “Diseño e implementación de un invernadero inteligente a escala con dimensionamiento fotovoltaico para su posible sostenimiento eléctrico,” B.S. tesis, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, 2021.
[28] J. P´erez Monsalve, “Un invernadero inteligente para optimizar los cultivos,” Revista Universidad EAFIT, vol. 54, no. 173, pp. 136–139, 2019.
[29] D. S. G. Araque, M. C. V. Sarmiento, J. P. C. Gómez, et al., “Caracterización de temperatura y humedad de suelos agricolas,” Letras Con Ciencia Tecnológica, pp. 24–31, 2017.
[30] H. O. D´ıaz Sarmiento and O. F. Solano Rojas, “Diseño y simulación del control climático para un invernadero y base de datos de registro,” 2006.

DISEÑO DE UNA INTERFAZ PARA PROCESAMIENTO DE IMÁGENES EN EL ENTORNO DE MATLAB

Juan Ángel Alexis López Pérez.
Instituto Tecnológico Superior de Abasolo
Coordinación de Ingeniería Mecatrónica
Blvd. Cuitzeo de los naranjos
C.P. 36970, Abasolo, Guanajuato.
Juan_Angel_Alexis@outlook.com

Mónica Elizabeth García Zúñiga
Instituto Tecnológico Superior de Abasolo
Coordinación Ingeniería Mecatrónica
Blvd. Cuitzeo de los naranjos.
C.P. 36970, Abasolo, Guanajuato.
monica.gz@abasolo.tecnm.mx

Resumen — En el presente trabajo se desarrolló e implementó una interfaz gráfica realizada en el entorno del software MATLAB, dicha interfaz es la primera parte de un proyecto donde se pretende detectar a partir del procesamiento de imágenes, incendios forestales de manera oportuna ,en la interfaz se realizó la programación de 4 filtros, que fueron seleccionados de acuerdo a sus características para detectar errores y ciertos colores que resaltan al aplicar el filtro, mismos que son importantes para la detección del fuego y el humo cuando ocurre un incendio forestal, al analizar la aplicación de los cuatro filtros, se determinó que dos de estos; escala de grises y speckle son los más adecuados para este proyecto.

Palabras clave — Interfaz gráfica, Procesamiento de imágenes, Incendio forestal .

Abstract — The following project was developed using the MATLAB software environment and consisted of implementing a graphical interface. The project's purpose was to aid in the detection of forest fires. The graphical interface (GUI), was programmed utilizing 4 different image filters which were selected according to their characteristics in order to detect errors as well as making certain colors stand out when applying the filter. The process of applying image filters was crucial to detect the different colors between fire and smoke when a forest fire first occurs. During the execution of the project, the two main colors that helped determine whether a fire was taking place were grayscale and speckle and thus were the most suitable for this project.

Keywords — Graphical interface, Image processing, Forest fire.

I. INTRODUCCIÓN

Aproximadamente en México ocurrieron 7,377 incendios en 2021, lo que provocó la pérdida de grandes áreas de bosque, causando daños irreparables y un impacto ambiental significativo. Su efecto es devastador, por lo que debe reducirse a gran escala, de lo contrario se perderán muchas especies animales que viven en estos hábitats y se contaminará el planeta generando grandes cantidades de dióxido de carbono en nuestra atmósfera si no se abordan estos problemas lo antes posible.

En los últimos años la tecnología ha avanzado mucho y esta puede ser utilizada para prevenir y mitigar los efectos de los incendios forestales. De esta forma nació la idea de implementar una interfaz gráfica, mediante el procesamiento de imágenes y la aplicación de filtros, que detectara la señal de humo o fuego. Gracias a esta herramienta se puede emitir una alerta temprana que indique donde se está iniciando el fuego, actuando de forma oportuna y evitando así daños a los ecosistemas.

Para este proyecto se utilizó el software MATLAB es una plataforma que proporciona un gran número de funciones matemáticas simples y avanzadas, la gran mayoría de funciones son parte del núcleo de MATLAB y su código no es visible, el resto de las funciones se encuentran en archivos .m y su código está disponible para versiones actualizadas uno de los mayores beneficios del software es que tiene la posibilidad de diseñar una interfaz como tal con ayuda de la GUI. [1,2]

II. MARCO TEÓRICO

MATLAB

MATLAB es una plataforma de programación y cálculo numérico utilizada por millones de ingenieros y científicos para analizar datos, desarrollar algoritmos y crear modelos. En el entorno de MATLAB, encontramos la herramienta GUI, donde se pueden crear interfaces graficas o también manejar otros dispositivos, esto derivado de la programación adecuada para cada proyecto. La GUI puede utilizar elementos como graficas o también imágenes esto para que se nos facilite los trabajos a realizar. [3]

Interfaz gráfica GUI

La GUI es una interfaz entre la persona y la máquina. El objetivo de esta interfaz gráfica es representar el código de un sistema de la forma más clara posible para el usuario para simplificarle las tareas diarias. Para esto, son muy importantes los iconos y las imágenes, ya que solo estos permiten una aplicación universal e independiente del texto. La GUI es una interfaz de usuario que permite a los usuarios comunicarse con el ordenador. Suele estar basada en la interacción a través del ratón y el teclado (aunque el control a través de gestos es cada vez más común): al mover el ratón, el puntero se desplaza en la pantalla. La señal del dispositivo se transmite al ordenador, que luego la traduce en un movimiento equivalente en la pantalla. [4]

Procesamiento de imágenes

El procesamiento de imágenes tiene como objetivo mejorar el aspecto de las imágenes y hacer más evidentes en ellas ciertos detalles que se desean hacer notar. La imagen puede haber sido generada de muchas maneras, por ejemplo, fotográficamente, o electrónicamente, por medio de monitores de televisión. El procesamiento de las imágenes se puede en general hacer por medio de métodos ópticos, o bien por medio de métodos digitales, en una computadora. [5]

Incendio forestal

Es la propagación libre y no programada del fuego sobre la vegetación en los bosques, selvas, zonas áridas y semiáridas. El combustible es el factor principal que determina la magnitud de este. [6]

III. METODOLOGÍA

Para la creación de la interfaz gráfica en el entorno de MATLAB, dentro de la ventana de comandos se escribe la palabra guide, al realizar esta acción se abre otra pestaña como se muestra en Fig 1., donde seleccionamos la opción Blank GUI (Default) y seleccionamos OK, posteriormente se abrirá un nuevo documento en blanco para realizar el diseño de la interfaz.

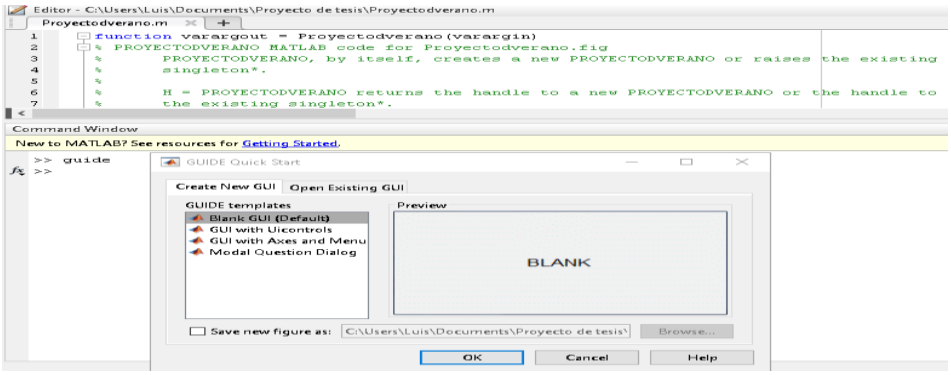


Fig. 1. Acceso a GUI.

En la Fig.2, se observa que la interfaz consta de dos bloques Axes, donde el primer rectángulo sirve para visualizar la imagen cargada sin aplicar los filtros y el segundo Axes muestra la imagen filtrada, se agregaron los 4 Button, donde cada uno corresponde a un filtro: Sal y pimienta, escala de grises, Sobel, y speckle. Además, se agregaron otros 3 Button, uno para dar la indicación de cargar la imagen, otro con la información correspondiente al proyecto y otro para salir del programa.

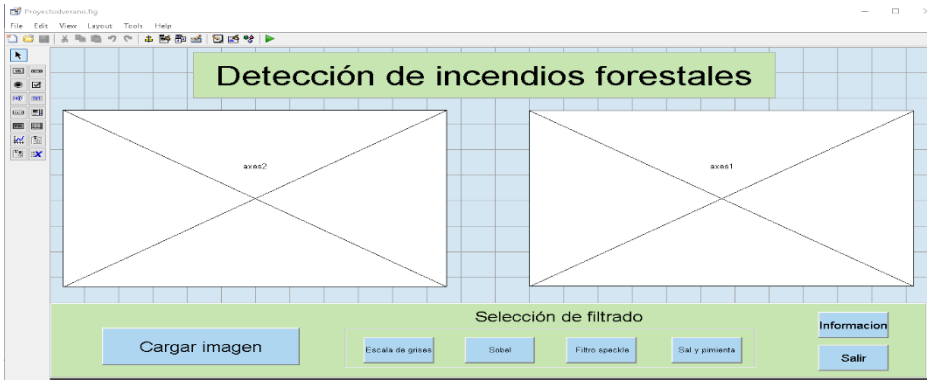


Fig. 2. Interfaz finalizada.

La interfaz finalizada es mostrada en la Fig.2, el funcionamiento de la misma se explica a continuación cada Button tiene codificación propia, para su funcionamiento. Para el Button de cargar imagen se usó el comando llamado “uigetfile” que ayuda a visualizar la imagen, para el uso de este comando se especifica que el formato de la imagen debe ser JPG, enseguida se selecciona el tipo de filtro deseado para aplicar a la imagen. Posteriormente en el segundo Axes se muestra la imagen con el filtro aplicado.

IV. RESULTADOS

En la interfaz gráfica se realizó la aplicación de 4 tipos de filtro, mismos que se observan en las figuras mostradas a continuación. En la Fig.3 se observa la aplicación del filtro sobel, donde se logra apreciar solamente zonas obscuras de modo que la aplicación de este filtro no genera las condiciones para detectar la presencia de fuego o humo.

Fig. 3 Filtrado sobel.

La Fig. 4 muestra la aplicación del filtro sal y pimienta, en él que no se ven reflejados cambios significativos, debido al realce de las zonas oscuras, por lo que este filtro es poco útil.

Fig. 4 Filtrado sal y pimienta

La Fig. 5 muestra la aplicación del filtro speckle, donde se observa que hay un contraste importante hay de humo y fuego, se muestra un color naranja intenso que es el fuego y el humo zonas obscuras que se aprecian en la imagen,

Fig. 5 Filtrado speckle.

Por último, la Fig. 6 muestra la aplicación del filtro escala de grises, donde se muestra intensamente humo, que es uno de los parámetros necesarios para la interfaz. Por lo que este filtro será de utilidad para el uso de la interfaz.

Fig. 6 Filtrado a escala de grises.

V. CONCLUSIONES

En este proyecto se desarrolló e implementó una interfaz gráfica en la que mediante procesamiento de imágenes, con la aplicación de diversos filtros, fue posible observar parámetros importantes para la detección de humo y fuego. Los filtros escala de grises y speckle, son los adecuados para la aplicación que se va a dar a la interfaz gráfica, ya que se ve claramente la presencia de fuego y humo.

En esta primera fase del proyecto, se observó que hay varias áreas de mejora, así como que hay otras herramientas que podrían ser útiles para el mismo y que pueden ser proyectos futuros.

V. RECONOCIMIENTOS

Expreso mi agradecimiento al 24 Verano de la ciencia de la Región Centro, al Instituto Tecnológico Superior de Abasolo, a mi familia, a la maestra Mónica García y todas las personas que me apoyaron para la implementación del presente proyecto.

REFERENCIAS

[1] Castillo, M., Pedernera, P., & Pena, E. (2003). Incendios forestales y medio ambiente: una síntesis global. Revista Ambiente y Desarrollo, 9(3), 44-53.

[2] Descripcion del producto MATLAB - MATLAB & Simulink - MathWorks América Latina. (s. f.). Mathworks.

[3] D. Báez López. "MATLAB - El lenguaje del cálculo técnico". MathWorks - Creadores de MATLAB y Simulink - MATLAB y Simulink - MATLAB & Simulink.

[4] P. Corcuera. "Creación de interfaces de usuario con MATLAB

[5] D. Web. "¿Qué es una interfaz gráfica de usuario (GUI)?" IONOS Digitalguide.

[6] Incendios Forestales. (s. f.). Secretaría de Gobernación Coordinación Nacional de Protección Civil Centro Nacional de Prevención de Desastres.

DISEÑO DE UNA INTERFAZ PARA PROCESAMIENTO DE IMÁGENES EN EL ENTORNO DE MATLAB

José Luis Castro Delgado
Instituto Tecnológico Superior de Abasolo
Coordinación Ingeniería Mecatrónica
Blvd. Cuitzeo de los naranjos.
C.P. 36970, Abasolo, Guanajuato.
Jlcastrod1999@gmail.com

Mónica Elizabeth García Zúñiga
Instituto Tecnológico Superior de Abasolo
Coordinación Ingeniería Mecatrónica
Blvd. Cuitzeo de los naranjos.
C.P. 36970, Abasolo, Guanajuato.
monica.gz@abasolo.tecnm.mx

Resumen — En el trabajo siguiente se presenta el desarrollo e implementación de una interfaz gráfica realizada en el entorno del software MATLAB, dicha interfaz es la primera parte de un proyecto donde se pretende detectar a partir del procesamiento de imágenes, incendios forestales de manera oportuna, la interfaz consta de 4 filtros, que se seleccionaron de acuerdo a sus características para detectar errores y ciertos colores que resaltan al aplicar el filtro aspectos importantes para la detección del fuego y el humo cuando ocurre un incendio forestal, al analizar la aplicación de los cuatro filtros, se determinó que dos de estos; escala de grises y speckle son los más adecuados para este proyecto.

Palabras clave — Interfaz gráfica, Procesamiento de imágenes, Incendio forestal .

Abstract — The following work shows the development and implementation of a graphical interface made in the MATLAB software environment. This interface is the first part of a project which aims to detect forest fires in a timely manner utilizing computerized image processing. The interface consists of 4 filters, which were selected according to their characteristics to detect errors and certain colors that depict important aspects of performing fire and smoke detection by applying the filters when a forest fire occurs. While analyzing the application of the four filters, it was determined that two of these; grayscale and speckle are the most suitable for this project.

Keywords — Graphical interface, Image processing, Forest fire.

I. INTRODUCCIÓN

Aproximadamente en México ocurrieron 7,377 incendios en 2021, lo que provocó la pérdida de grandes áreas de bosque, causando daños irreparables y un impacto ambiental significativo. Su efecto es devastador, por lo que debe reducirse a gran escala, de lo contrario se perderán muchas especies animales que viven en estos hábitats y se contaminará el planeta generando grandes cantidades de dióxido de carbono en nuestra atmósfera si no se abordan estos problemas lo antes posible.

En los últimos años la tecnología ha avanzado mucho y esta puede ser utilizada para prevenir y mitigar los efectos de los incendios forestales. De esta forma nació la idea de implementar una interfaz gráfica, mediante el procesamiento de imágenes y la aplicación de filtros, que detectara la señal de humo o fuego. Gracias a esta herramienta se puede emitir una alerta temprana que indique donde se está iniciando el fuego, actuando de forma oportuna y evitando así daños a los ecosistemas.

Para este proyecto se utilizó el software Matlab, que es una plataforma que proporciona un gran número de funciones matemáticas simples y avanzadas, la gran mayoría de funciones

son parte del núcleo de MATLAB y su código no es visible, el resto de las funciones se encuentran en archivos .m y su código está disponible para versiones actualizadas uno de los mayores beneficios del software es que tiene la posibilidad de diseñar una interfaz como tal con ayuda de la GUI. [1,2]

II. MARCO TEÓRICO

MATLAB

MATLAB es una plataforma de programación y cálculo numérico utilizada por millones de ingenieros y científicos para analizar datos, desarrollar algoritmos y crear modelos. [1] En el entorno de Matlab, encontramos la herramienta GUI, donde se pueden crear interfaces graficas o también manejar otros dispositivos, esto derivado de la programación adecuada para cada proyecto. La GUI puede utilizar elementos como graficas o también imágenes esto para que se nos facilite los trabajos a realizar. [1]

Interfaz gráfica GUI

La GUI es una interfaz entre la persona y la máquina. El objetivo de esta interfaz gráfica es representar el código de un sistema de la forma más clara posible para el usuario para simplificarle las tareas diarias. Para esto, son muy importantes los iconos y las imágenes, ya que solo estos permiten una aplicación universal e independiente del texto. La GUI es una interfaz de usuario que permite a los usuarios comunicarse con el ordenador. Suele estar basada en la interacción a través del ratón y el teclado (aunque el control a través de gestos es cada vez más común): al mover el ratón, el puntero se desplaza en la pantalla. La señal del dispositivo se transmite al ordenador, que luego la traduce en un movimiento equivalente en la pantalla. [3]

Procesamiento de imágenes

El procesamiento de imágenes tiene como objetivo mejorar el aspecto de las imágenes y hacer más evidentes en ellas ciertos detalles que se desean hacer notar. La imagen puede haber sido generada de muchas maneras, por ejemplo, fotográficamente, o electrónicamente, por medio de monitores de televisión. El procesamiento de las imágenes se puede en general hacer por medio de métodos ópticos, o bien por medio de métodos digitales, en una computadora. [4,5]

Incendio forestal

Es la propagación libre y no programada del fuego sobre la vegetación en los bosques, selvas, zonas áridas y semiáridas. El combustible es el factor principal que determina la magnitud de este. [6]

III. METODOLOGÍA

Para la creación de la interfaz gráfica en el entorno de Matlab, dentro de la ventana de comandos se escribe la palabra guide, al realizar esta acción se abre otra pestaña como se muestra en Fig 1., donde seleccionamos la opción Blank GUI (Default) y seleccionamos OK, posteriormente se abrirá un nuevo documento en blanco para realizar el diseño de la interfaz.

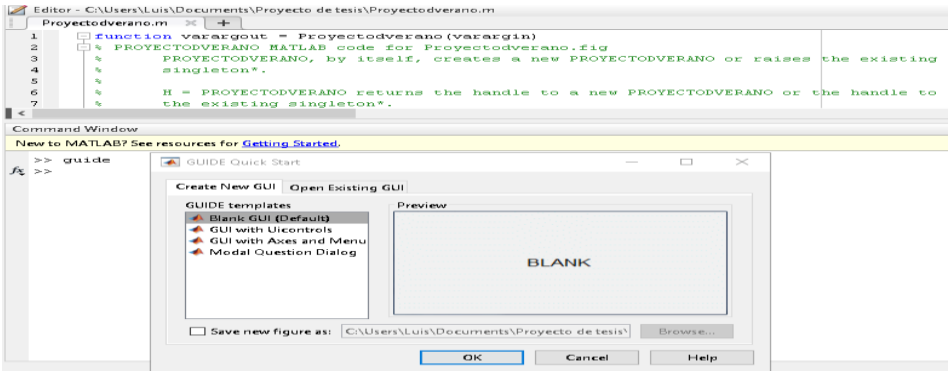


Fig. 1. Acceso a GUI.

En la Fig.2, se observa que la interfaz consta de dos bloques Axes, donde el primer rectángulo sirve para visualizar la imagen cargada sin aplicar los filtros y el segundo Axes muestra la imagen filtrada, se agregaron los 4 Button, donde cada uno corresponde a un filtro: Sal y pimienta, escala de grises, Sobel, y Speckle. Además, se agregaron otros 3 Button, uno para dar la indicación de cargar la imagen, otro con la información correspondiente al proyecto y otro para salir del programa.

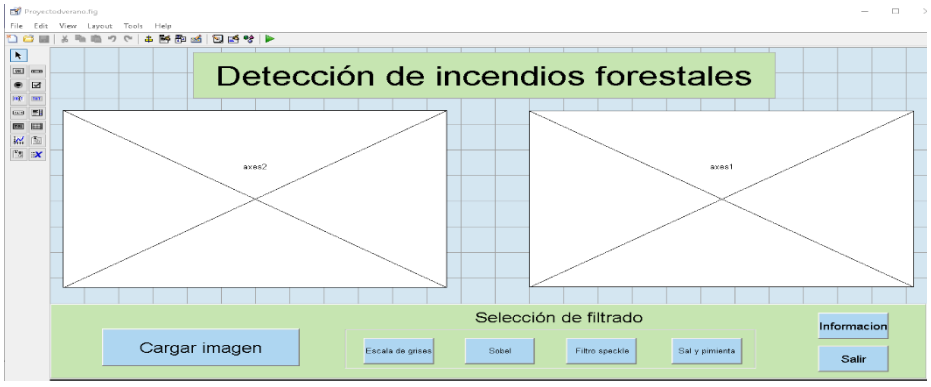


Fig. 2. Interfaz finalizada.

La interfaz finalizada es mostrada en la Fig.2, el funcionamiento de la misma se explica a continuación cada Button tiene codificación propia, para su funcionamiento. Para el Button de cargar imagen se usó el comando llamado “uigetfile” que ayuda a visualizar la imagen, para el uso de este comando se especifica que el formato de la imagen debe ser JPG,

enseguida se selecciona el tipo de filtro deseado para aplicar a la imagen. Posteriormente en el segundo Axes se muestra la imagen con el filtro aplicado.

III. RESULTADOS

En la interfaz gráfica se realizó la aplicación de 4 tipos de filtro, mismos que se observan en las figuras mostradas a continuación. En la Fig.3 se observa la aplicación del filtro sobel, donde se logra apreciar solamente zonas obscuras de modo que la aplicación de este filtro no genera las condiciones para detectar la presencia de fuego o humo.

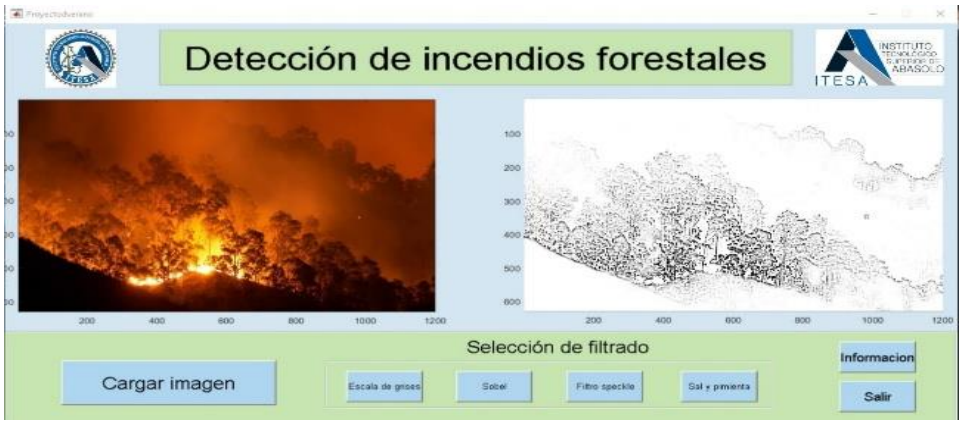


Fig. 3 Filtrado sobel.

La Fig. 4 muestra la aplicación del filtro sal y pimienta, en él que no se ven reflejados cambios significativos, debido al realce de las zonas oscuras, por lo que este filtro es poco útil.

Fig. 4 Filtrado sal y pimienta

La Fig. 5 muestra la aplicación del filtro speckle, donde se observa que hay un contraste importante hay de humo y fuego, se muestra un color naranja intenso que es el fuego y el humo zonas obscuras que se aprecian en la imagen,

Fig. 5 Filtrado speckle.

Por último, la Fig. 6 muestra la aplicación del filtro escala de grises, donde se muestra intensamente humo, que es uno de los parámetros necesarios para la interfaz. Por lo que este filtro será de utilidad para

Fig. 6 Filtrado a escala de grises.

IV. CONCLUSIONES

En este proyecto se desarrolló e implementó una interfaz gráfica en la que, mediante procesamiento de imágenes, con la aplicación de diversos filtros, fue posible observar parámetros importantes para la detección de humo y fuego. Los filtros escala de grises y speckle, son los adecuados para la aplicación que se va a dar a la interfaz gráfica, ya que se ve claramente la presencia de fuego y humo.

En esta primera fase del proyecto, se observó que hay varias áreas de mejora, así como que hay otras herramientas que podrían ser útiles para el mismo y que pueden ser proyectos futuros.

V. RECONOCIMIENTOS

Expreso mi agradecimiento al 24 Verano de la ciencia de la Región Centro, al Instituto Tecnológico Superior de Abasolo, a mi familia, a la maestra Mónica García y todas las personas que me apoyaron para la implementación del presente proyecto.

REFERENCIAS

[1] D. Báez López. "MATLAB - El lenguaje del cálculo técnico". MathWorks - Creadores de MATLAB y Simulink - MATLAB y Simulink - MATLAB & Simulink.

[2] P. Corcuera. "Creación de interfaces de usuario con MATLAB

[3] D. Web. "¿Qué es una interfaz gráfica de usuario (GUI)?" IONOS Digitalguide.

[4] Ceballos, R. (2019). Procesamiento de Imágenes Diagnósticas con Matlab Dassy K. Sánchez J. Wilmar Prada2. Investigación Formativa en Ingeniería, 216.

[5] VI. Procesamiento de imagenes. (s. f.). BiblotecadigitalMX.

[6] Incendios Forestales. (s. f.). Secretaría de Gobernación Coordinación Nacional de Protección Civil Centro Nacional de Prevención de Desastres.

PROGRAMACIÓN PARA REALIZAR PROCESAMIENTO DE IMÁGENES.

Joel Negrete Navarro
Instituto Tecnológico Superior de Abasolo
Cuitzeo de 401 Cuitzeo de los Naranjos 36976
Abasolo, Gto.
as18110491@tecabasolo.edu.mx

Dalyndha Aztatzi Pluma
Instituto Tecnológico Superior de Abasolo
Cuitzeo de 401 Cuitzeo de los Naranjos 36976
Abasolo, Gto.
dalyndha.ap@abasolo.tecnm.mx

Resumen — El procesamiento de imágenes es una herramienta que se emplea en diversas áreas, que van desde aplicaciones médicas hasta la industria automotriz. La implementación adecuada de técnicas y métodos para realizar procesamiento de imágenes impacta en el reconocimiento de imágenes, particularmente cuando se habla de biometría. En este trabajo se implementó la programación en Matlab 2017® para el procesamiento y reconocimiento de imágenes faciales en tiempo real. El desarrollo del código consiste en: 1) Almacenar y procesar una imagen de rostro en posición frontal, la cual será la imagen que comparar. 2) Se realiza la etapa de detección y reconocimiento del rostro en tiempo real con base a la imagen almacenada en la etapa anterior. Se usaron algoritmos de detección de rostros y análisis de componentes principales. Se debe mencionar que, en la etapa de reconocimiento, se realizó una etapa de preprocesamiento para la mejora de los resultados.

Palabras clave — Procesamiento de imágenes, biometría, tiempo real.

Abstract — Image processing is a tool used in various areas, ranging from medical applications to the automotive industry. The proper implementation of techniques and methods to perform image processing impacts image recognition, particularly when it comes to biometrics. In this work, programming was implemented in Matlab 2017® for the processing and recognition of facial images in real time. The development of the code consists of: 1) Store and process a face image in a frontal position, which will be the image to be compared. 2) The face detection and recognition stage is performed in real time based on the image hidden in the previous stage. Face detection algorithms and principal component analysis were used. It should be mentioned that, in the recognition stage, a preprocessing stage was carried out to improve the results.

Keywords — Image processing, real time.

I. INTRODUCCIÓN

La importancia de la biometría tiene su origen en la ventaja que supone su uso en ciertas aplicaciones, de entre las cuales se encuentran: control de acceso a información, sistema, o sitio; identificación civil, controles de vigilancia, identificación criminal, etc. Unas de las principales ventajas de la biometría son la comodidad y seguridad que ésta presenta ante los sistemas tradicionales de acceso, puesto que no haría falta llevar consigo tarjetas de identificación o llaves, preocuparse por el robo o pérdida de éstas, ni recordar contraseñas complicadas. Otra ventaja destacable del uso de la biometría es la identificación de un individuo dentro de un conjunto amplio de personas. Entre los sistemas biométricos se encuentran el reconocimiento de iris, huella dactilar, huella palmar voz, firma escrita, reconocimiento facial, entre otros. Uno de los sistemas biométricos que ha tenido mayor repercusión a lo largo de los años es el reconocimiento facial, y a pesar de que actualmente existen otros métodos de identificación biométrica muy fiables (como el reconocimiento de

huellas dactilares o de iris), éste se sigue siendo un área de investigación activa por su naturaleza amigable.

De forma puntual, el análisis y procesamiento de imágenes se realiza a través de computadoras, debido a la complejidad y el número de cálculos necesarios para realizarlo. La formulación matemática necesaria para su realización esto, data de varios siglos atrás, la posibilidad real de utilizarla de forma cotidiana en la práctica clínica ha sido posible recién en las últimas décadas, gracias al avance en las tecnologías del hardware.

El procesamiento de imágenes ha sido entonces, debido a los requerimientos de hardware tanto para el procesamiento de estas como para la representación de estas en sistemas gráficos complejos. Paralelamente a este desarrollo, la formulación de algoritmos para el procesamiento ha seguido los avances tecnológicos logrando un alto grado de sofisticación y manipulación de imágenes en tiempo casi real.

La variedad actual de técnicas, algoritmos y desarrollos de software y hardware utilizados en el procesamiento de imágenes digitales escapa al alcance de cualquier curso, dada la diversidad de estos. Por lo que en este proyecto se ha programado un código que permita procesar y reconocer imágenes en tiempo real empleando técnicas certeras para este objetivo.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

Material	Cantidad
Computadora, procesador Intel® Core™ i7-9750H CPU @ 2.60 Hz, RAM 16 GB	1
Software Matlab2017 ®	1
Cámara de video Microsoft®	1

III. METODOLOGÍA

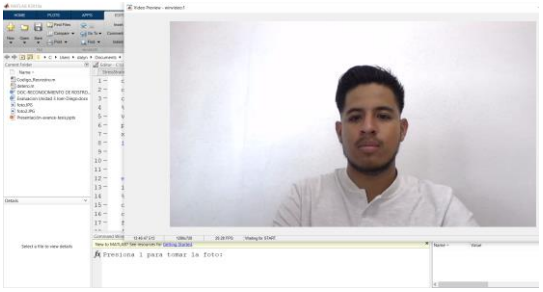
El código implementado es empleado para el reconocimiento facial en tiempo real, para ello se describe a continuación la metodología implementada:

a) Primera etapa: Se genera una imagen de base la cual, será empleada para comparar con las demás imágenes. Es importante mencionar que se deben realizar algunas consideraciones para tomar la imagen, a fin de que el preprocesamiento sea rápido y eficiente. Estas consideraciones son: i) Se debe tomar imagen del rostro de una persona, ii) el fondo de la foto debe ser blanco y iii) buena iluminación.
b) Una vez almacenada la imagen, esta es preprocesada a fin de obtener las características de la imagen y simplificar su procesamiento. Para el preprocesamiento de la imagen, primero la imagen se pasa a una escala de grises y después se recorta el rostro, emulando un polígono alrededor del rostro. Esto permite simplificar la imagen y que el procesamiento sea más rápido.

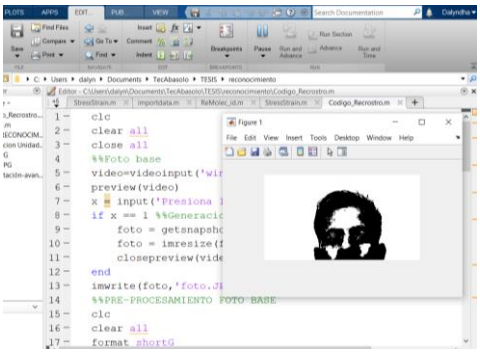
c) Posteriormente, se emplea un filtro 2D, expandiendo los cambios de tonalidad de la imagen contrastadas con el fondo blanco de la imagen.
d) La imagen obtenida en escala de grises expandida es convertida a una imagen binaria, de tal manera que los pixeles que tienen pigmentación más resaltadas se asigna el valor de 1 y a los que la pigmentación es bajo se asigna el valor cero, obtenido un matriz de 1 y 0. Es importante recalcar que el valor 1 solo es sustituido por aquellos pixeles que son más resaltados, formando regiones que definen los rasgos característicos del rostro. Las regiones están definidas como conjuntos de pixeles (o valores) que están unidos entre sí.
e) Las regiones características del rostro son detectadas y cuantificadas, posteriormente se extrae la cantidad de pixeles que hay por región. Esta información es almacenada en la memoria para que después sea comparada.
f) Segunda etapa: Se obtiene una segunda imagen, la cual es comparada con la información obtenida de la imagen base. Sin embargo, previo a comparar, la segunda imagen debe ser preprocesada de la misma forma que la imagen base, por lo que se sigue el mismo procedimiento.
g) Tercera etapa: La información extraída es comparada con base a las regiones obtenidas y si la información es la misma el código manda un mensaje indicando que el rostro pertenece a “Joel Negrete”. De lo contrario, en la ventana de comandos se observará el mensaje “el rostro no pertenece a Joel Negrete”.

IV. RESULTADOS

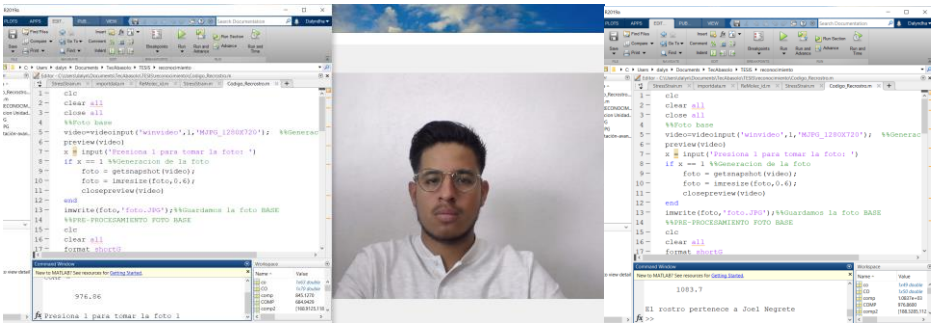
1. Se genera una imagen de base para comparar.



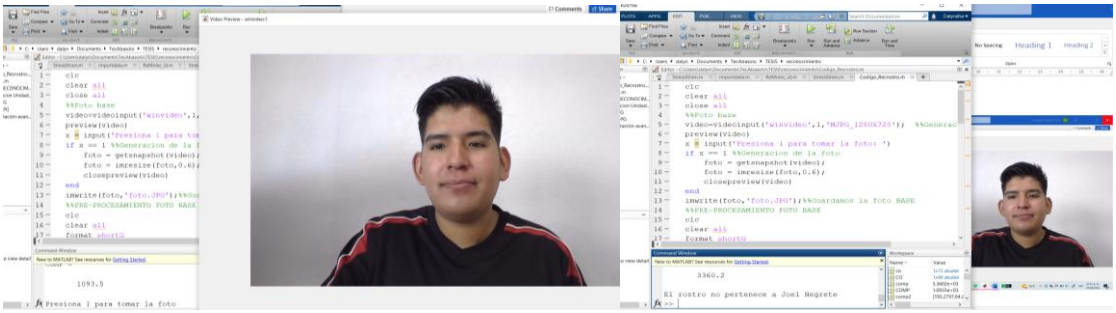
2. Preprocesamiento de imagen. Se obtienen los relieves del rostro para disminuir tiempo de procesamiento de imágenes y se almacena la imagen de base.



3. En la siguiente etapa se toma otra imagen del sujeto, con algunos cambios (por ejemplo, se agregaron lentes) y el código reconoce al rostro. El código fue probado con gorra del sujeto y las regiones características se siguen identificando.



4. Se realizó una proba con otro sujeto para corroborar si el código identificaba el rostro del sujeto 1 y el código arrojó resultados correctos.



IV. DISCUSIÓN (O ANÁLISIS DE RESULTADOS)

El código es capaz de preprocesar la imagen de forma correcta, manteniendo los rasgos característicos del individuo. Esto supone una ventaja, dado que los tiempos de computo son reducidos considerablemente, considerando que un trabajo futuro se creará una base de datos de diversos rostros y probar la confiabilidad de la metodología implementada.
Además, se observa que el código es capaza de identificar al individuo a pesar de agregar algún elemento al rostro, como lentes. Sin embargo, es importante mencionar que se deben realizar más pruebas para comprobar la confiabilidad de éste. Así, en as pruebas se observa como al probar con otro individuo, el código es capaz de identificar que se trata de un rostro diferente al rostro base.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El reconocimiento Facial, es un tema bastante extenso ya que tiene un sinfín de aplicaciones, hoy en día es muy importante la seguridad en nuestros smartphones y la implementación de un bloqueo por reconocimiento facial es una muy buena herramienta

para evitar robo de identidad. claro pudiese tener algunas desventajas, pero perfeccionando nuestro código puede llegar a ser de gran ayuda para el mismo.

VI. RECONOCIMIENTOS (O AGRADECIMIENTOS)

Agradezco principalmente, a mi asesora por su apoyando, asesoría, resolviendo dudas y aportando ideas para su correcto funcionamiento y al Instituto Tecnológico Superior de Abasolo.

REFERENCIAS

[1] Torres, A. D. (1996). Procesamiento digital de imágenes. Perfiles Educativos, (72).

[2] Montes, J. R. (2012). Procesamiento digital de imágenes con MatLAB y SIMULINK. *Sistemas & Telemática*, *10*(21), 77-79.

[3] Laorden Fiter, E. (2012). Descripción, comparación y ejemplos de uso de las funciones de la toolbox de procesado digital de imágenes de MATLAB®.

[4] Wai, C. (2004). Sistema de reconocimiento de patrones visuales basado en técnicas de procesamiento de imágenes y redes neuronales. *Télématique*, *3*(2), 75-99.

[5] Rossius, S. (2013). *Reconocimiento de objetos mediante WebCam en tiempo real* (Doctoral dissertation, Universitat Politècnica de València).

[6] Macas, H. G. R. (2020). Algoritmo de reconocimiento de personas mediante procesamiento digital de imágenes usando MATLAB. *Polo del Conocimiento: Revista científico-profesional*, *5*(8), 1240-1252.Cuellar Ramírez, H. (2016). Detección y reconocimiento de rostros usando MATLAB.

MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AIRE EN AULAS CON SENSORES INTELIGENTES IOT

Archundia Barrera José Manuel
Tecnológico Nacional de México en Celaya
Antonio García Cubas 600, Fovissste
C.P. 38010, Celaya, Gto.
19030997@itcelaya.edu.mx

Juárez Hidalgo Azael
Tecnológico Nacional de México en Celaya
Antonio García Cubas 600, Fovissste
C.P. 38010, Celaya, Gto.
19030564@itcelaya.edu.mx

Malagon Escutia Christopher
Tecnológico Nacional de México en Celaya
Antonio García Cubas 600, Fovissste
C.P. 38010, Celaya, Gto.
18031381@itcelaya.edu.mx

Moreno Meza Juan Giovanni
Instituto Tecnológico Superior del Sur de Guanajuato
Av. Educación Superior No. 2000 Uriangato, Guanajuato, México
t18120122@alumnos.itsur.edu.mx

Resumen — En este artículo se presenta el monitoreo de la calidad de aire en las aulas educativas, las cuales son monitoreadas en tiempo real a la hora de clases, esto con el fin de analizar la calidad de aire y su variación de acuerdo al número de alumnos en el aula para que con la recopilación y análisis de estos datos basarnos y conocer la calidad de aire adecuada para la correcta cantidad de alumnos, acorde a los niveles de salud que debe de haber en los salones. Logramos cumplir este objetivo monitoreando 3 salones con sensores de calidad de aire MQ-135 que conectados en placas ESP8266 comunicadas con ESP-NOW y ThingSpeak nos reportan el monitoreo en tiempo real.

Palabras clave — Calidad de aire, Partes por millos(ppm), internet de las cosas (IOT).

Abstract — This article presents the monitoring of air quality in educational classrooms, which are monitored in real time at class time, in order to analyze air quality and its variation according to the number of students in the classroom so that with the collection and analysis of this data we base ourselves and know the adequate air quality for the correct number of students, according to the levels of health that should be in the classrooms. We achieved this goal by monitoring 3 classrooms with MQ-135 air quality sensors connected to ESP8266 boards wich connected to ESP-NOW and ThingSpeak, thanks to the communication of this configuration and the platform we were able to monitor in real time the classrooms

Keywords — Air quality, Parts per million (ppm), internet of things (IOT).

I. INTRODUCCIÓN

Podemos definir como calidad de aire a la inmisión o valor contaminante que llega a un receptor elevado de la fuente de emisión. La calidad de aire a estado condicionada a través de los años por los cambios climatológicos o los gases contaminantes naturales, pero hoy en día está muy condicionada por la actividad humana como lo son la combustión de los transportes o la calefacción, estos y otros procesos contaminantes contribuyen entusiastamente en el deterioro ambiental lo que ello desenlaza una condición desfavorable para la calidad del aire.

Hablando ahora de un tema de suma importancia y de primera necesidad que es la salud y de primera necesidad que es salud, la contaminación del aire es un importante factor ambiental que influye directamente en la mortalidad derivada de accidentes

cerebrovasculares, canceres de pulmón, neuropatías crónicas y agudas entre ellas al asma.[1]

Hoy en día la calidad del aire de Celaya Gto. Se considera satisfactoria y la contaminación en el aire presenta un riesgo menor, per la sobreexplotación de los recursos naturales y el incremento de las emisiones por el incumplimiento de las normativas nos apuntan a un futuro poco favorable para la calidad del aire.

Otro problema actual que seguimos padeciendo es el aumento de las enfermedades respiratorias a causa de la pandemia derivada por el covid-19 la cual ser más grave en personas expuestas a una mala calidad del aire. Y la buena calidad del aire que se respira en las aulas, oficinas y espacios cerrados y concurridos en general es un factor preocupante para la salud pública.

Con el desarrollo del proyecto “Monitoreo de la Calidad del aire en Aulas con Sensores Inteligentes IOT” queremos monitoreo la calidad del aire en las aulas con los alumnos en ellas para recopilar los datos de la calidad de aire y considerar este factor para definir la cantidad de alumnos adecuada para asegurar la calidad de are correspondiente en los salones y a su vez para brindar las medidas de salud adecuadas con la concentración regularizada de alumnos en los salones.

II. MARCO TEÓRICO

¿Qué es la calidad del aire?

El aire que respiramos está compuesto por distintos elementos químicos, principalmente oxígeno (21%) y nitrógeno (78%), además de otros en pequeñísima medida como argón, ozono, helio, neón e hidrógeno, y distintas combinaciones entre ellos. En el aire también flotan elementos biológicos, como esporas de hongos, polen y bacterias. A estos elementos, que existen de manera natural, se suman algunos gases generados por actividades humanas como el dióxido de nitrógeno (NO_2) o el dióxido de azufre (SO_2), que son producidos por la combustión de los motores de los automóviles o por ciertas industrias. Las concentraciones de estos y otros gases determinan la calidad del aire, un término que se refiere al “grado en el que el aire en un lugar determinado se encuentra libre de contaminantes”, según el diccionario de la Universidad de Oxford.

La sección de materiales y métodos debe ser lo más completa posible, proporcionando la información suficiente para que otros investigadores puedan reproducir el trabajo. Solamente los procedimientos nuevos deben ser descritos con detalle, los métodos de uso general no necesitan ser descritos en detalle. Los procedimientos publicados anteriormente deben ser citados, mencionando las modificaciones importantes de procedimientos ya publicados.

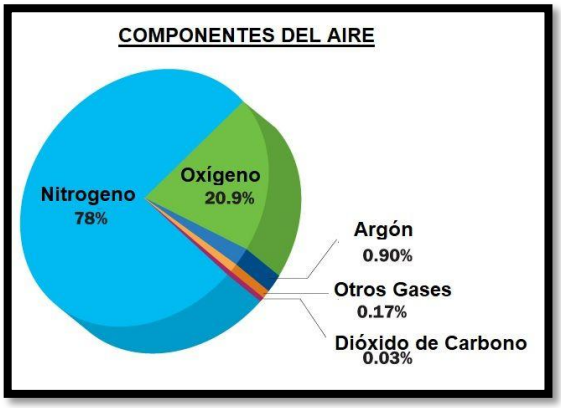


Fig.1. Componentes del aire

Por contaminantes debemos entender “sustancias que en ciertas cantidades implican molestias o riesgos para la salud e las personas y de los demás seres vivos”.

La palabra clave en esta definición es cantidad, pues hay elementos que pueden tener un origen natural pero que en concentraciones elevadas representan un riesgo.

Por ejemplo, en una oficina pequeña, el dióxido de carbono (CO_2) que emitimos los seres humanos al respirar puede alcanzar concentraciones muy altas después de solo una hora de cerrar las ventanas, lo puede generar en las personas cansancio, perdida de concentración y dolor de cabeza.

¿Qué contamina nuestro aire?

La poca visibilidad de lugares lejanos como parte del paisaje es un indicador del deterioro de la calidad del aire. Si vivimos en una ciudad es común identificar la contaminación del aire y asociarla a la actividad industrial, comercial y al uso de vehículos, características propias de una urbe.

Sin embrago, la contaminación del aire no solo tiene su origen en la industrial, en nuestros hogares o por el uso de los vehículos. Los fenómenos naturales que se producen en la superficie o en el interior de la tierra – como el caso de las erupciones volcánicas, que produce emisiones de gases, vapores, polvos y aerosoles, también contribuyen a la contaminación del aire. Por esta razón los contaminantes del aire se pueden clasificar según su origen como naturales y antropogénicos. Los primeros provienen de fuentes naturales y los segundos son aquellos derivados de las actividades del hombre.[3]

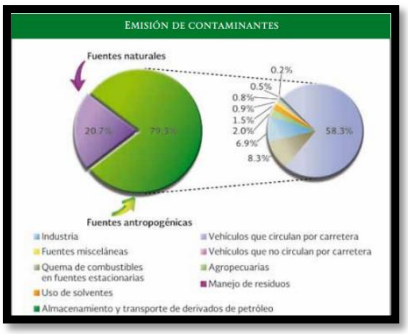


Fig. 2. Semarnat / DGGCARETC, Inventario Nacional de Emisiones, 2008

Calidad del aire en México

Para medir y evaluar el impacto de la contaminación del aire en la población y los recursos naturales, es indispensable contar con sistemas, redes y programas adecuados de medición de la calidad del aire. El establecimiento de Sistemas de Monitoreo de la Calidad del Aire, SMCA, ha permitido que las autoridades ambientales de la mayoría de las grandes ciudades en el mundo enfrenten con éxito la problemática urbana de la contaminación atmosférica. Los SMCA se han convertido en una herramienta que permite conocer, con niveles aceptables de confiabilidad, la calidad del aire con respecto a contaminantes específicos y formular, con base en los datos obtenidos, las estrategias de control y las medidas oportunas y adecuadas para una efectiva gestión ambiental. [4]

Se llevaron a cabo visitas técnicas de diagnóstico para conocer la situación técnica de estaciones de monitoreo de calidad del aire cuyo objetivo es el de encontrar áreas de oportunidad y sugerir acciones para mejorar el funcionamiento de los SMCA. También se realizaron estudios de campo para la identificación de sitios para la instalación de nuevas estaciones de monitoreo de la calidad del aire. Adicionalmente se llevaron estudios de calidad del aire mediante el uso de una unidad móvil de monitoreo, propiedad del INECC. Se realizan auditorías técnicas para evaluar cuantitativamente la calidad de los datos generados por los SMCA. Se proporciona capacitación en materia de operación de equipos y estaciones de monitoreo de la calidad del aire. Finalmente, en los Laboratorios del INECC se llevaron a cabo calibraciones de flujo y de fracción de cantidad de ozono a estándares de transferencia de otras instituciones. [5]

Datos y Cifras

- ✓ La contaminación del aire representa un importante riesgo medioambiental para la salud. Mediante la disminución de los niveles de contaminación del aire los países pueden reducir la carga de morbilidad derivada de accidentes cerebrovasculares, cánceres de pulmón y neumopatías crónicas y agudas, entre ellas el asma.
- ✓ Cuanto más bajos sean los niveles de contaminación del aire mejor será la salud cardiovascular y respiratoria de la población, tanto a largo como a corto plazo.
- ✓ La versión actualizada de 2021 de las directrices de la OMS sobre la calidad del aire ofrece una evaluación de los efectos de la contaminación del aire para la salud, así como de los niveles de contaminación que resultan perjudiciales para esta.
- ✓ En 2019, el 99% de la población mundial vivía en lugares donde no se respetaban las directrices de la OMS sobre la calidad del aire.
- ✓ Según estimaciones de 2016, la contaminación atmosférica en las ciudades y zonas rurales de todo el mundo provoca cada año 4,2 millones de defunciones prematuras.

- ✓ Un 91% de esas defunciones prematuras se producen en países de bajos y medianos ingresos, y las mayores tasas de morbilidad se registran en las regiones de Asia Sudoriental y el Pacífico Occidental de la OMS.
- ✓ La adopción de políticas e inversiones de apoyo al uso de medios de transporte menos contaminantes, la mejora de la eficiencia energética de las viviendas, la generación eléctrica y la industria, y una mejor gestión de los desechos municipales permitirían reducir algunas de las principales fuentes de contaminación del aire en las ciudades.
- ✓ Además de la contaminación del aire exterior, el humo en interiores representa un grave riesgo sanitario para unos 2600 millones de personas que cocinan y calientan sus hogares con combustibles de biomasa y carbón.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

Materiales

- 4 eliminadores.
- 4 placas ESP8266 NodeMCU
- 4 reguladores de voltaje.
- 4 Protoboards.
- 4 sensores de calidad de aire.
- 1 pantalla oled.
- 1 Buzzer.
- Cable para protoboards y jumpers

Placa NodeMCU

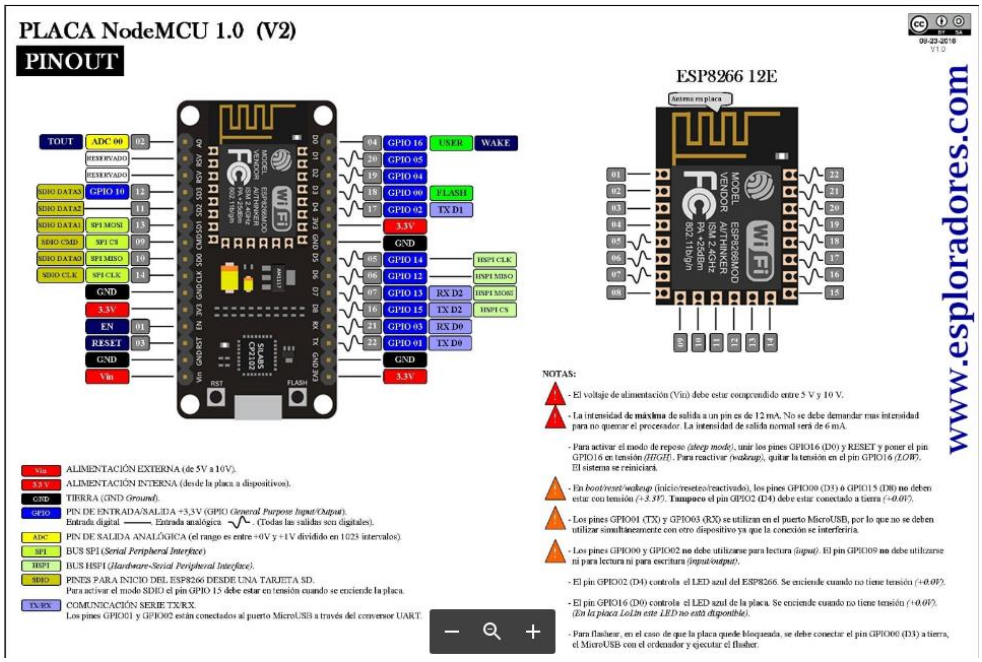


Figura. 3. Especificaciones ESP8266.

.

Primeros pasos con ESP-NOW (ESP8266 NodeMCU con Arduino IDE)

1. **Instalación de Arduino IDE:** Es necesario tener la versión más actualizada de Arduino IDE para el correcto funcionamiento.
2. **Instalado del complemento ESP8266 en su Arduino IDE:**
3. **Conexión de la ESP32 a una red wifi existente.** [8,9]

Sensor DHT11 Temperatura y humedad

El DHT11 es un sensor digital de temperatura y humedad relativa de bajo costo y fácil uso. Integra un sensor capacitivo de humedad y un termistor para medir el aire circundante, y muestra los datos mediante una señal digital en el pin de datos (no posee salida analógica). Utilizado en aplicaciones académicas relacionadas al control automático de temperatura, aire acondicionado, monitoreo ambiental en agricultura y más. [10]

3.1) Especificaciones técnicas

- Voltaje de Operación: 3V - 5V DC
- Rango de medición de temperatura: 0 a 50 °C
- Precisión de medición de temperatura: ±2.0 °C
- Resolución Temperatura: 0.1°C
- Rango de medición de humedad: 20% a 90% RH.
- Precisión de medición de humedad: 5% RH.
- Resolución Humedad: 1% RH
- Tiempo de sensado: 1 seg.
- Interface digital: Single-bus (bidireccional)
- Modelo: DHT11
- Dimensiones: 16*12*5 mm
- Peso: 1 gr.
- Carcasa de plástico celeste

Métodos

Red de comunicación entre las placas ESP8622

Entre las librerías disponibles para la placa de desarrollo ESP8622 se encuentra una con la función de controlar el protocolo de comunicación ESP-NOW que usa la conexión del wifi de las placas sin necesidad de estar conectado a internet.

La red consiste en tres dispositivos que recolectan los datos de los sensores, dos de ellos; los extremos, mandan los datos al dispositivo del centro, luego este último envía los datos recopilados y ordenados a un cuarto dispositivo, el cuál va a procesar las lecturas del CO2,

transformándolos en partes por millón, y finalmente las sube a la plataforma Thingspeak, donde se almacenaran todas las muestras, y posteriormente se bajaran para su análisis.

Se usaron los sensores DHT11 para poder calibrar los sensores de calidad del aire MQ-135 los cuales tenían cálculos que variaban a causa de estos dos factores. Al estar midiendo la temperatura y la humedad al mismo tiempo que realizando las mediciones con el sensor MQ-135 logramos tener un resultado más acertado a lo que se esperaba además de estar muestreando en tiempo real la variación que esta tenía con la temperatura y humedad, de esta manera logramos estabilizar las variaciones de los sensores MQ-135 y así tener valores más acertados.

Calibración de sensor MQ-135

Para la aplicación que requerimos el sensor que es la medición de CO2 necesitamos escalar el valor medido, el problema de esto es que la relación entre la lectura analógica y el valor real no es lineal. Por lo que necesitamos estimar la curva que nos da el datasheet.

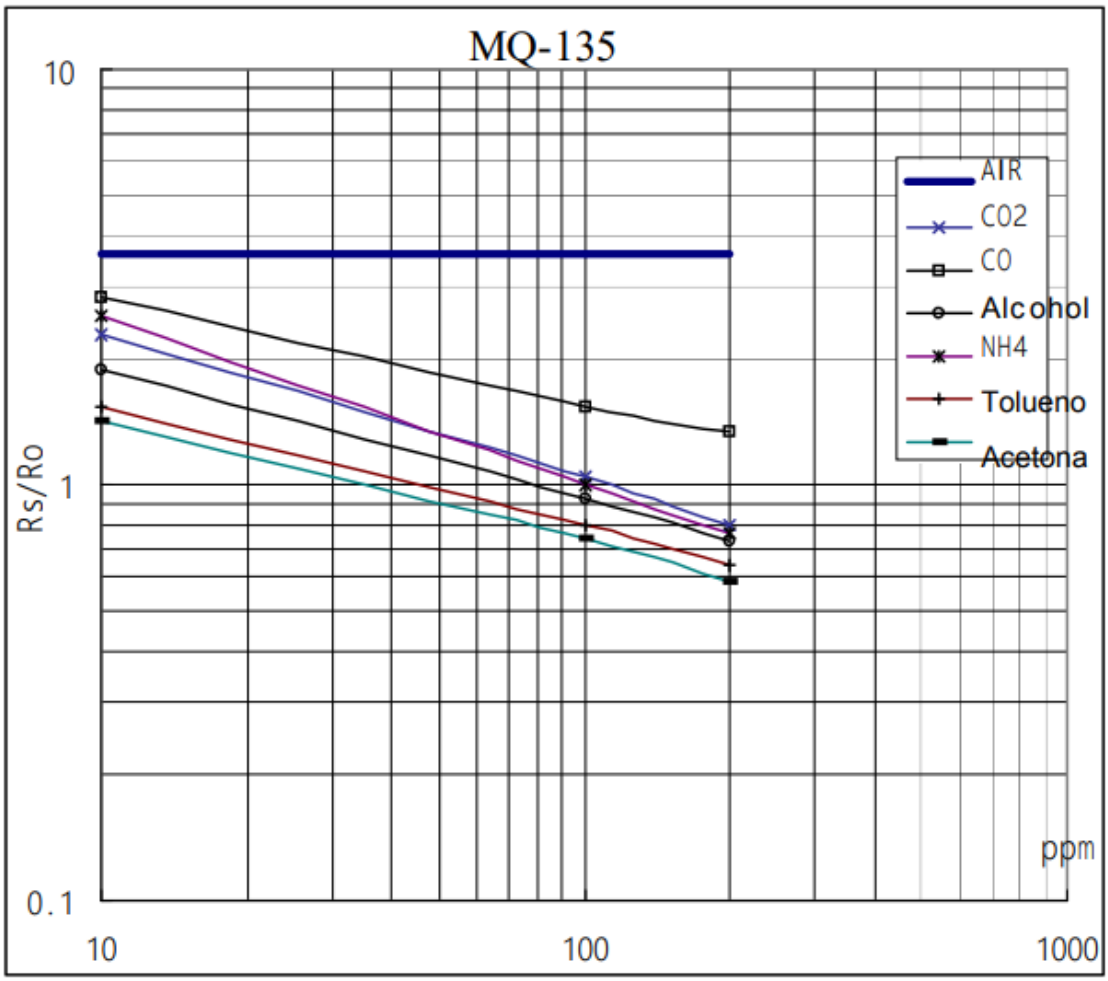


Figura 4. Esto muestra las características típicas de sensibilidad del MQ-135 para varios gases.

Debido a que la curva no nos da las ecuaciones necesarias estimar y por regresión hallar la ecuación, en nuestro caso usaremos un sitio web para marcar los puntos en la imagen y que nos de las coordenadas en este caso será la curva del CO2 después ingresaremos los datos en Excel para obtener la curva y la ecuación la cual nos ayudará a la calibración del sensor.

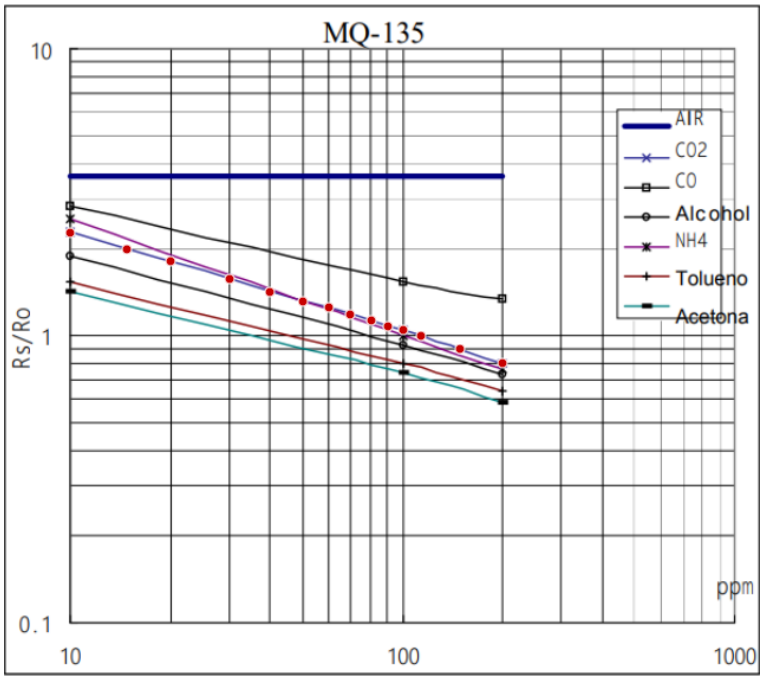


Figura 5. Puntos marcados en WebPlotDigitizer.

Cuando marcamos los puntos en el sitio web para la obtención de los datos en la curva y poder integrarlos en Excel.

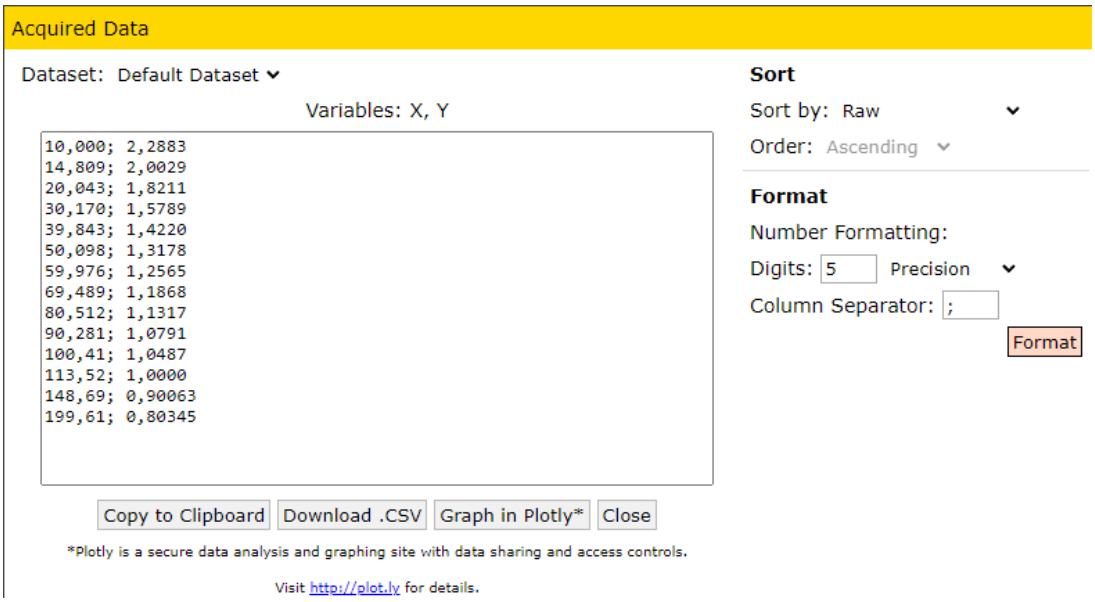


Figura 6. Datos obtenidos.

X	Y
10.00	2.3101
14.81	2.0029
20.04	1.8211
30.17	1.5789
39.84	1.4220
50.10	1.3178
59.98	1.2565
70.06	1.1868
80.51	1.1317
90.28	1.0998
100.41	1.0487
114.45	1.0000
149.91	0.90063
199.61	0.80345

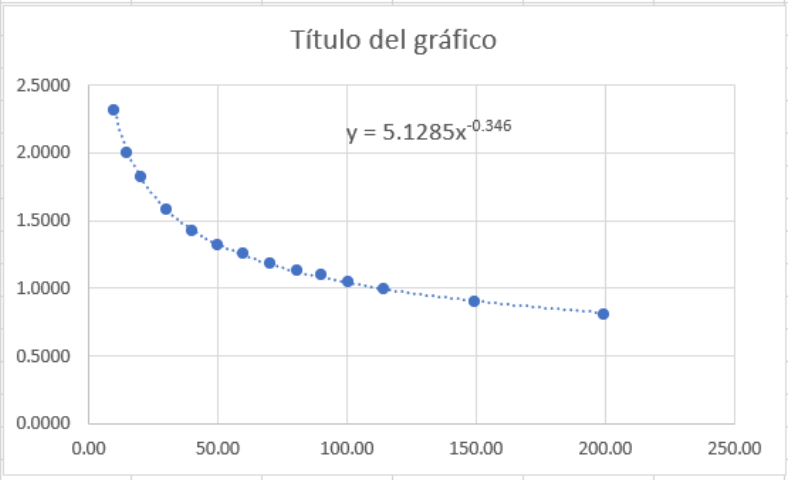


Figura 7. Datos en Excel.

Donde los datos en “x” son las PPM y los “y” son Rs/Ro ahora agregando los datos en Excel obtenemos lo anterior.

Una vez obtenida la curva y la ecuación hay que despejar para obtener la ecuación de Ro y de Rs que son las variables que no sabemos ya que Ro es la resistencia del sensor la cual nos ayuda a la detección de la variable.

La ecuación que entonces obtenemos es.

$$\frac{R_S}{R_O} = 5.1285(PPM)^{-0.346} \quad (1)$$

Despejando para Ro

$$R_o = \frac{R_S}{5.1285(PPM)^{-0.346}} \quad (2)$$

Teniendo en cuenta que para R_S se tiene la siguiente ecuación

$$R_S = 1023\left(\frac{R_L}{ADC}\right) - R_L \quad (3)$$

Donde R_L es la resistencia carga, ADC es el valor medido y Rs es la resistencia del sensor en varias concentraciones de gases.

Ahora despejando de la ecuación 1 para obtener la concentración de CO2 del ambienta en este caso el interior del salón obtenemos lo siguiente.

$$CO2 = \left(\frac{\frac{R_S}{R_O}}{5.1285}\right)^{\frac{1}{-0.346}} \quad (4)$$

Esta ecuación es la que nos dará los valores del sensor para la calidad de aire en interiores.

Se recolectaron muestras en tres aulas por tres días (del 6 al 8 de Julio en un horario de 1 a 7:30 p.m. coincidente con las clases de verano). Las variables que se registraron fueron la temperatura la humedad y la cantidad de personas en los salones. Se planteó una relación entre la cantidad de personas y el dióxido de carbono presente en las aulas.

Por el protocolo de salud debido al Covid-19 los salones tuvieron las ventanas abiertas durante la toma de muestras. Se programaron las tarjetas de desarrollo para que mandaran muestras cada 20 segundos, esto debido a la falta de fiabilidad de la red sujeta a la localización del dispositivo “Gateway” con respecto al resto. La disposición del edificio dificultó la propagación de la señal wifi del celular que brindó acceso a internet durante el muestreo, y de la señal del protocolo de comunicación entre tarjetas (protocolo de comunicación ESP-NOW).

Se consideró un salón en el cual no ingresarán alumnos para una posterior comparación en el comportamiento de las partes por millón de CO2 entre aulas.

IV. RESULTADOS

Los datos se descargaron de la plataforma de Thigspeak y se procedió a graficarlos en programa Excel, se buscaron los paquetes de datos enteros con ayuda de la hora de actualización de la plataforma, los que estaban incompletos se eliminaron.

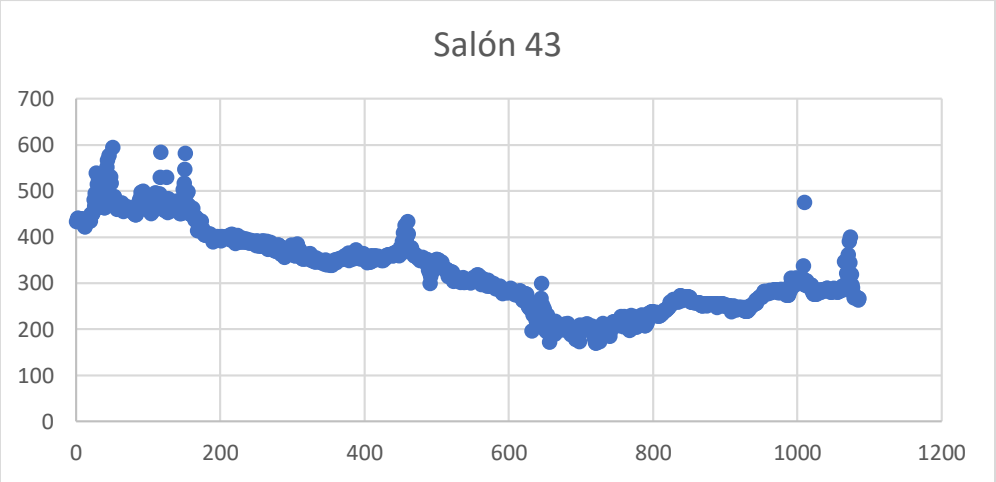


Figura 8. gráfica de los datos recolectados el día 1 en el salón 43.

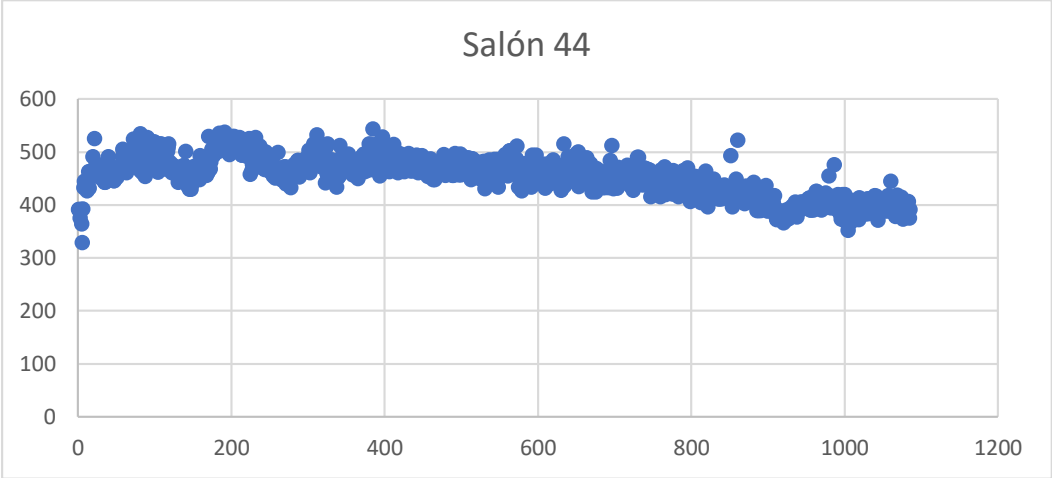


Figura 9 gráfica de los datos recolectados el día 1 en el salón 44.

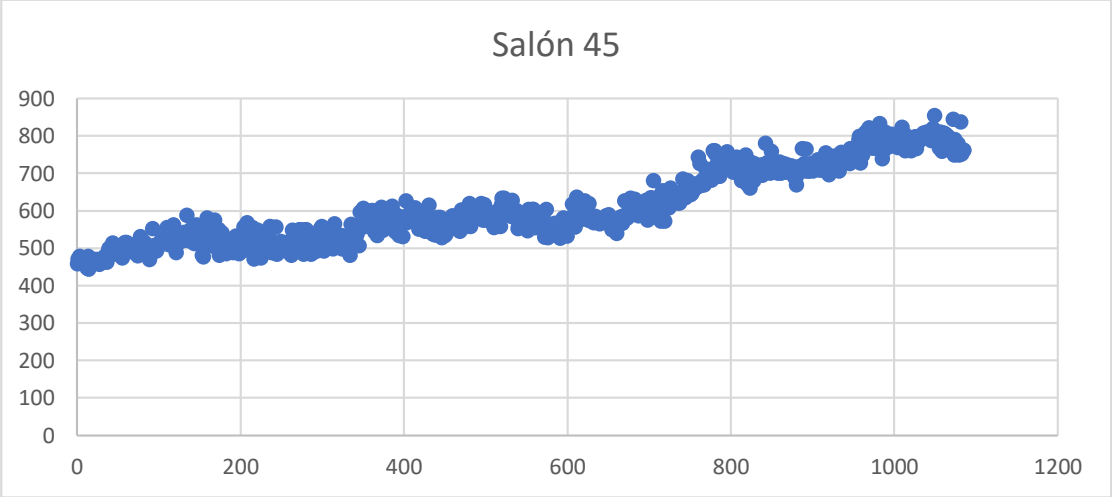


Figura 10. gráfica de los datos recolectados el día 1 en el salón 45.

V. ANÁLISIS DE RESULTADOS (O ANÁLISIS DE RESULTADOS)

Con ayuda del programa de Minitab se hicieron pruebas de normalidad a la temperatura y humedad de cada salón en los 3 días, además se buscaron y descartaron datos atípicos.

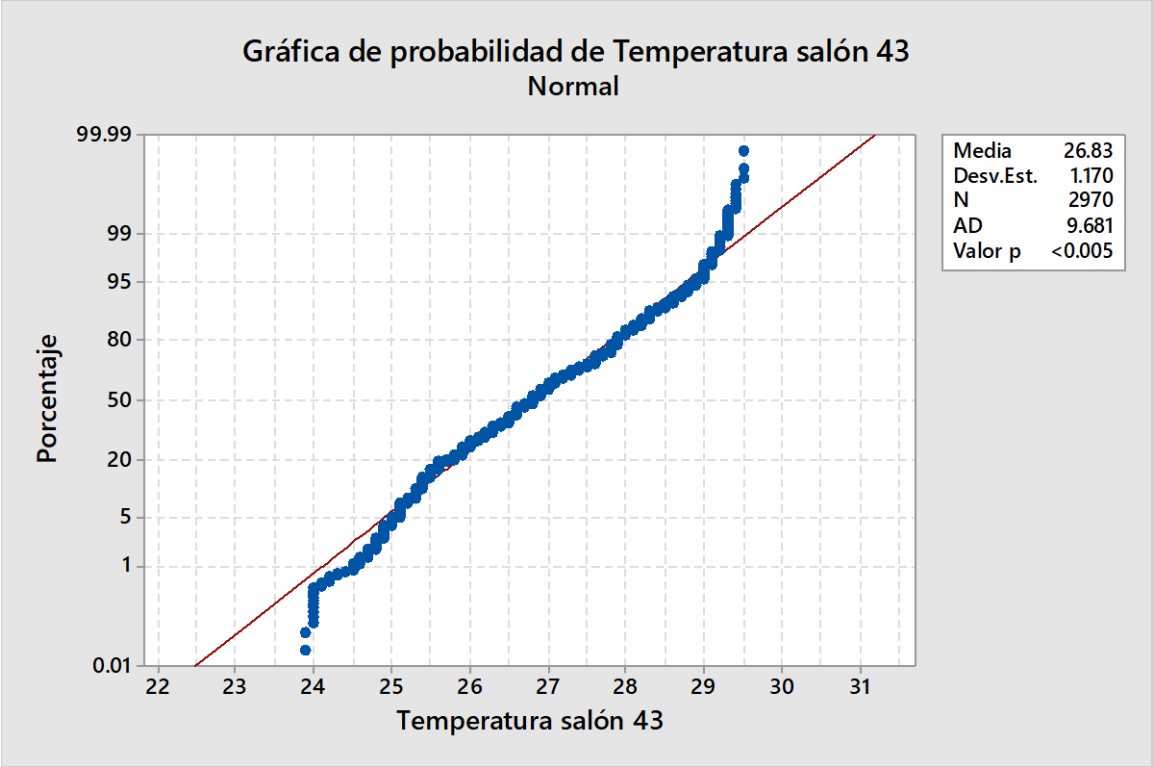


Figura 11. gráfica de la prueba de normalidad.

En la gráfica anterior (Fig.11) se pudo observar que en cada salón la temperatura y la humedad no eran significativamente normales, cada prueba de normalidad mostró un valor p menor a 0.005. Por lo que, se buscó transformar los datos para normalizarlos, se usó la transformación de Box-Cox en el programa Minitab para normalizar los datos.

Una vez se transformaron los resultados se hizo una regresión múltiple para cada salón para modelar el sistema. El análisis de Minitab permite observar si hay relación entre las variables de entrada y la de salida, igualmente entre las variables de entrada, así como cuan confiable es el modelo. El resumen del análisis de muestra a continuación.

Análisis de regresión: salón 44 vs. Temp. del salón , Hum. del salón 4, per. en el salón

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Regresión	3	24029151	8009717	2540.42	0.000
Temp. del salón 44(BOX-COX)	1	54827	54827	17.39	0.000
Hum. del salón 44(BOX-COX)	1	1506449	1506449	477.80	0.000
per. en el salón 44	1	16495729	16495729	5231.91	0.000
Error	2966	9351519	3153		
Falta de ajuste	451	8429862	18691	51.00	0.000
Error puro	2515	921657	366		
Total	2969	33380669			

Resumen del modelo

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
56.1507	71.99%	71.96%	71.90%

Figura 12. Resumen de la regresión múltiple con los datos del salón 44.

Análisis de regresión: salón 43 vs. Temp. del salón , Hum. del salón 4, per. en el salón

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Regresión	3	9454032	3151344	562.62	0.000
Temp. del salón 43(BOX-COX)	1	61803	61803	11.03	0.001
Hum. del salón 43(BOX-COX)	1	1221586	1221586	218.09	0.000
per. en el salón 43	1	7117996	7117996	1270.80	0.000
Error	2966	16613135	5601		
Falta de ajuste	672	15793114	23502	65.75	0.000
Error puro	2294	820022	357		
Total	2969	26067167			

Resumen del modelo

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
74.8411	36.27%	36.20%	36.08%

Figura 13. Resumen de la regresión múltiple con los datos del salón 43.

Análisis de regresión: salón 45 vs. Temp. del salón , Hum. del salón 4, per. en el salón

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Regresión	3	554586	184862	4.69	0.003
Temp. del salón 45(BOX-COX)	1	90354	90354	2.29	0.130
Hum. del salón 45(BOX-COX)	1	265494	265494	6.74	0.009
per. en el salón 45	1	300916	300916	7.64	0.006
Error	2949	116172298	39394		
Falta de ajuste	501	108751468	217069	71.61	0.000
Error puro	2448	7420830	3031		
Total	2952	116726884			

Resumen del modelo

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
198.479	0.48%	0.37%	0.25%

Figura 14. Resumen de la regresión múltiple con los datos del salón 45.

Los valores p en los tres modelos, según el análisis de varianza, sugieren una relación entre el CO2, la humedad, la temperatura y la cantidad de las personas, a excepción del aula 45, la cual presenta un valor p superior a 0.05 para la temperatura. Por otra parte, los valores de R-cuadrada muestran que el ajuste no es bueno, con excepción del ajuste del salón 44, con un 71.99%.

VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El ajuste es malo con los datos del salón 43 y 45, no hay una correlación directa, sin embrago las variables si influyen en la variable de respuesta, se necesita mayor confiabilidad en los datos, por lo que se sugiere otra recolección de datos. Una de las

principales razones puede ser la limitante tecnológica; los sensores pudieron no responder adecuadamente, no son confiables para tomar datos cuantitativos, solo datos categóricos ya que reaccionan ante el CO2, por lo tanto, se deben cambiar los tipos de sensores de CO2, y si es posible, hacer un análisis que compare las lecturas con las de un instrumento de medición certificado.

Es posible que un diferente diseño del experimento pueda obtener mejores resultados. Con menos datos espaciados en el tiempo se pueden capturar menos variaciones en el corto plazo, lo que puede revelar una relación más visible.

La red de comunicación entre placas puede mejorar, se observó que la comunicación con el protocolo ESP-NOW puede establecer un tráfico de datos a más de 20m, sin embrago, si se le agrega una placa con conexión WiFi, el radio de transmisión se acorta. Este último problema se puede arreglar una comunicación alámbrica entre dos placas una con WiFi y otra con la comunicación ESP-NOW. Cabe mencionar que es recomendable tener un respaldo de las muestras en un servidor local y un suministro de energía de emergencia para asegurar su funcionamiento continuo.

REFERENCIAS

[1] Organización Mundial de la Salud (22 de septiembre de 2021)
Contaminación del aire ambiente (exterior) Disponible en: https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health[consultado en junio 2022].
[2] J. P. Mayorga, E. Martínez, P. Neumann y M. Ibarra. (2018) Disponible en: https://www.greenpeace.org/static/planet4-mexico-stateless/2018/11/ff412966-ff412966-aire_que_respiro_ok_emr.pdf[consultado en junio 2022].
[3] SEMARNAT (2013) Calidad del aire: una práctica de vida. Disponible en: https://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/Libros2013/CD001593.pdf [consultado en junio 2022].
[4] J. Víctor Hugo Páramo Figueroa (26 de febrero de 2019) Estado de la Calidad del Aire en México. Disponible en: https://www.gob.mx/inecc/es/articulos/estado-de-la-calidad-del-aire-en-mexico?idiom=es [consultado en junio 2022].
[5] Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (30 de diciembre de 2018) Sistemas de Monitoreo de Calidad del Aire. Disponible en: https://www.gob.mx/inecc/documentos/repositorio-de-documentos-de-smca[consultado en junio 2022].
[6] Tutorial sensores de gas MQ2, MQ3, MQ7 y MQ135. Naylampmechatronics. Disponible en: https://naylampmechatronics.com/blog/42_tutorial-sensores-de-gas-mq2-mq3-mq7-y-mq135.html[consultado en junio 2022].
[7] Technical data mq-135 gas sensor HANWEI ELECTRONICS CO., LTD. Electronicoscaldas. Disponible en: https://www.electronicoscaldas.com/datasheet/MQ-135_Hanwei.pdf[consultado en junio 2022].
[8] Santos y S. Santos, Installing ESP8266 Board in Arduino IDE (Windows, Mac OS X, Linux). Disponible en: https://randomnerdtutorials.com/how-to-install-esp8266-board-arduino-ide/ [consultado en junio 2022].
[9] R. Santos y S. Santos, Getting Started with ESP-NOW (ESP8266 NodeMCU with Arduino IDE). Disponible en: https://randomnerdtutorials.com/esp-now-esp8266-nodemcu-arduino-ide/ [consultado en junio 2022].
[10] Sensor de temperatura y humedad relativa DHT11. Naylampmechatronics. Disponible en: https://naylampmechatronics.com/sensores-temperatura-y-humedad/57-sensor-de-temperatura-y-humedad-relativa-dht11.html [consultado en junio 2022].

COMPARACIÓN ENTRE LOS RESULTADOS EXPERIMENTALES DEL ENSAYO DE TENSIÓN Y LA SIMULACIÓN MEDIANTE ANSYS.

Ariadna Sánchez Ochoa
Instituto Tecnológico Superior del sur de Guanajuato.
Ing. Sistemas Automotrices.
Av. Educación Superior No. 2000 Col. Benito Juárez, Uriangato Gto. C.P. 38980
T17120139@alumnos.itsur.edu.mx

Mariano Braulio Sánchez
Instituto Tecnológico Superior del sur de Guanajuato.
Ing. Sistemas Automotrices.
Av. Educación Superior No. 2000 Col. Benito Juárez, Uriangato Gto. C.P. 38980
m.braulio@itsur.edu.mx

Resumen — En este trabajo se presenta la comparación entre los resultados experimentales de los ensayos de tensión realizados por la máquina de ensayos universales y el software de simulación CAE multifásico para análisis y simulación por elementos finitos ANSYS. Se realizo el diseño de las probetas por medio del software de diseño asistido por computadora Solid Works para posteriormente imprimirlas en la impresora 3D Makerbot. El material elegido para las probetas fue ácido poliláctico (PLA), ya teniendo las probetas físicamente se sometieron a ensayos de tensión en la máquina de ensayos universales ETM – 100KN, por otra parte, las probetas diseñadas en Solid Works fueron sometidas a un ensayo de tensión mediante el software de simulación ANSYS, ambos métodos de ensayos fueron hechos bajo la norma ASTM – D638. Los resultados obtenidos de ambos ensayos se analizaron y se plasmaron en tablas comparativas.

Palabras clave — Tensión, ensayo de tensión, simulación, PLA.

Abstract — In this work, the comparison between the experimental results of the stress tests carried out by the universal testing machine and the CAE Multiphysics simulation software for analysis and simulation by Ansys finite elements is presented. The design of the specimens was carried out using the Solid Works computer-aided design software to later print them on the Makerbot 3D printer. The material chosen for the specimens was polylactic acid (PLA), and having the specimens physically, they were subjected to stress tests in the universal testing machine ETM – 100KN, on the other hand, the specimens designed in Solid Works were subjected to a stress test using the Ansys simulation software, both test methods were done under the ASTM – D638 standard. The results obtained from both tests were analyzed and reflected in comparative tables.

Keywords — Tension, tension test, simulation, PLA.

I. INTRODUCCIÓN

Con el rápido avance y crecimiento de la tecnología, los softwares de simulación son una herramienta importante en el diseño de piezas. El software de simulación CAE multifásico para análisis y simulación por elementos finitos ANSYS, contiene un programa llamado ANSYS Mechanical Structural, Profesional, el cual nos permite resolver situaciones muy particulares en diseño mecánico como elementos estructurales lineares, no lineares y análisis dinámico. Con este módulo se puede evaluar el comportamiento, asignar materiales y resolver ecuaciones. ANSYS nos permite resolver análisis térmicos, acoplamientos físicos que involucren acústica, elementos piezoeléctricos e interacción térmica con eléctrica. ANSYS Mechanical es una solución puntual de análisis de alto desempeño que puede usarse como plataforma de solución [1].

Para nuestros intereses particulares el software ANSYS fue usado para simular un ensayo de tensión bajo la normativa ASTM – D638 para el ácido poliláctico (PLA) [2]. Este

material tiene diversas aplicaciones en nuestra vida diaria, se deriva de materias primas naturales y renovables, como el maíz, y pertenece a los poliésteres como un polímero sintético. El filamento PLA es uno de los materiales de impresión 3D más populares y utilizados, es muy fácil de imprimir en comparación con otros materiales, lo que lo convierte en el filamento ideal para la fabricación aditiva. Además de esto, el PLA se ve a menudo como un material más sostenible y más seguro que otros materiales [3].

Con este ensayo podremos conocer la resistencia del material, el esfuerzo máximo antes de la fractura, la deformación total, esfuerzo de Von Misses y las cargas máximas permitidas. Para poder corroborar la información arrojada por el ensayo realizado en el software ANSYS se imprimirán las probetas en la impresora 3D makerbot, con la finalidad de poder realizar el ensayo de tensión en la máquina de ensayos universales ETM – 100KN, una vez obtenidos los resultados se analizaron y se compararon los resultados obtenidos por el software ANSYS.

II. MARCO TEÓRICO

El PLA (ácido poliláctico), también llamado ácido poliláctico, se deriva de materias primas naturales y renovables, como el maíz, y pertenece a los poliésteres como un polímero sintético. El almidón (glucosa) se extrae de las plantas y se convierte en dextrosa mediante la adición de enzimas. Esto es fermentado por microorganismos en ácido láctico, que a su vez se convierte en polilactida. La polimerización se produce con cadenas moleculares, similares en sus propiedades a los polímeros a base de petróleo [3].

Tabla 9. Propiedades físicas del PLA. [5]

Propiedad	Unidad	Valor
Densidad	g/cm^3	1,23
Resistencia a tracción	MPa	3309 (Alta)
Resistencia a flexión	kg/cm^2	485 (Muy alta)
Resistencia al impacto	KJ/m^2	20 (Muy baja)
Temperatura de deformación	ºC	55 (Baja)
Resistencia UVA y humedad	-	Muy baja
Reciclabilidad	-	Buena
Ópticas	-	Exactitud en el color

Tabla 10. Propiedades de impresión PLA [6].

Propiedad	PLA
Facilidad de impresión	Muy alta
Temperatura de extrusión	200-240 (ºC)
Temperatura de cama caliente	0-40 (ºC)
Potencia del ventilador	100%
Olor al imprimir	Nada
Adhesión entre capas	Media

El filamento PLA ha adquirido gran aceptación dentro de la fabricación aditiva debido a sus orígenes a base de productos renovables. Además de ser el preferido para las personas que dan sus primeros pasos dentro de la industria 3D ya que es muy fácil imprimir con él. Este material considerado polímero semicristiano tiene una temperatura de fusión de 180 ºC, algo relativamente bajo si se compara con el filamento de ABS que puede ascender hasta los 260 ºC, lo que permite que al imprimir con PLA no sea necesaria la utilización de una bandeja de impresión calefactada, y no es tampoco necesaria la cámara cerrada. El único inconveniente es que el filamento PLA tiene mayor viscosidad lo que puede atascar el cabezal de impresión si no se tiene mucho cuidado [7].

III. METODOLOGÍA

Se realizo el diseño de las probetas para los ensayos de tensión en el software Solid Works siguiendo la geometría estandarizada de la norma ASTM D638.Se realizo el ensayo de tensión para un material (PLA) bajo la normativa ASTM D638 en el software ANSYS (análisis dinámico) con una velocidad de 5mm/min, y un deslizamiento de 20 mm con un mayado de 2 mm. Se imprimieron 5 probetas para el ensayo de tensión en la impresora 3D makerbot bajo los parámetros de impresión calidad: Alta, espesor de la capa; 0.10 mm, numero de capas: 2, 100% solido, a una temperatura de fusión de filamento de 215°C. Se sometieron las probetas al ensayo de tensión en la máquina de ensayos universales (ETM-100KN) con una velocidad de 5 mm/min a temperatura ambiente. En la figura 1 se muestra la probeta colocada correctamente en las mordazas de la máquina de ensayos universales antes de colocarle los extensómetros/transductor de deformación los cuales sirven para medir la variación de la extensión de la probeta.

Figura 18. Probeta colocada correctamente en las mordazas de la máquina de ensayos universales para el ensayo de tensión.

IV. RESULTADOS

Diseño de la geometría de la probeta de PLA basada en la norma ASTM D638 en el software Solid Works.

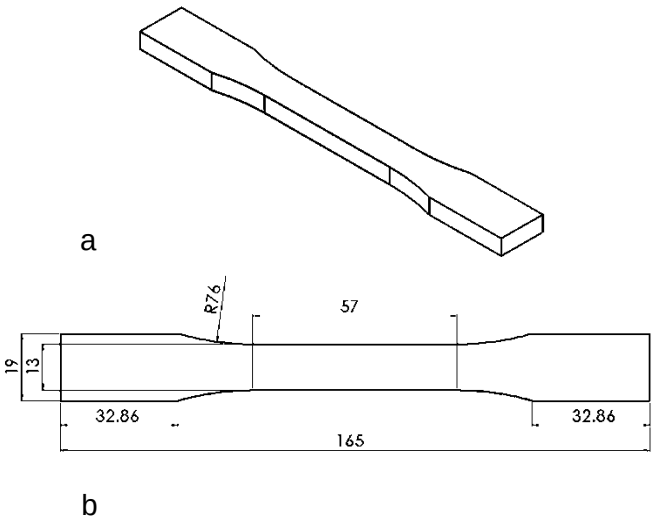


Figura 19. a) Vista isométrica de la probeta. b) Vista superior de la probeta con dimensiones de acuerdo a la norma ASTM D638.

Ensayo de tensión realizado en el software ANSYS.

En la figura 3 podemos observar el esfuerzo equivalente máximo donde podemos observar una consentración de esfuerzos en la seccíon central de la probeta con un esfuerzo equivalente máximo de 5.0888e8 Pa, siendo la zona mayormente afectada, en los extremos de la probeta se obtuvo un esfuerzo equivalente minimo de 1.6816e8 Pa ya que se encuentra sujetados por las mordazas de la maquina siendo la zona de menor afectación por el ensayo.

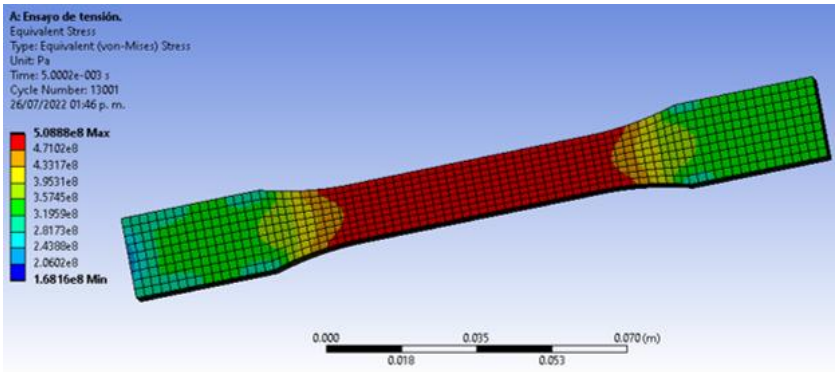


Figura 20. Visualización del esfuerzo equivalente obtenido del ensayo de tensión del material PLA.

Ensayo de tensión realizado en la maquina de ensayos universales ETM – 100KN.

En la figura 4 se muestran las probetas después de haber sido sometidas al ensayo de tensión donde podemos observar que todas llegaron a la falla (fractura) del material bajo la acción de una fuerza, presentando una deformación plástica irreversible.

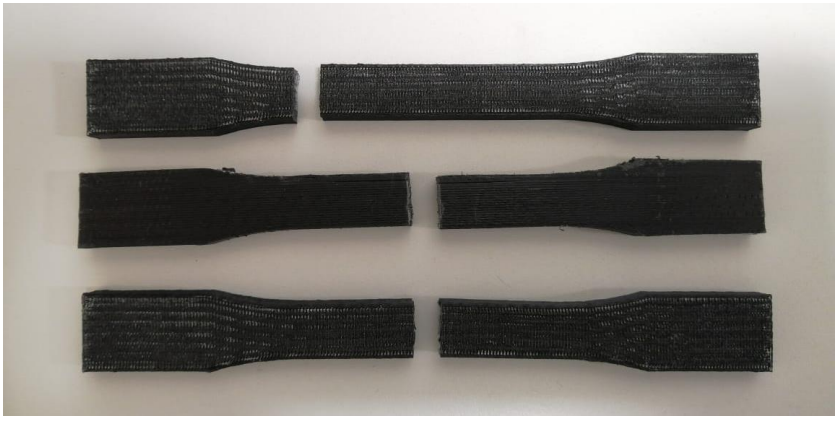


Figura 21. Probetas fracturadas después del ensayo de tensión.

En la figura 5 tenemos la gráfica Esfuerzo-Deformación obtenida de la comparación entre los resultados obtenidos de la probeta 1 y 2 y sus respectivos ensayos de tensión donde podemos observar que en ambos ensayos se obtuvo un esfuerzo máximo de 8 MPa como lo vimos en el ensayo realizado en el software ANSYS, de ambos ensayos el material tuvo una deformación plástica irreversible. En la probeta número 1 representada por la línea de color naranja la fractura se presentó en la sección izquierda de la probeta, tal y como sucedió en el ensayo realizado en el software ANSYS donde se presentó el esfuerzo máximo del material, podemos ver como el desplazamiento aumenta proporcionalmente a la carga, y al entrar en la zona de cedencia, no tiene un endurecimiento por deformación si no que rápidamente llega a la fractura, mientras la probeta número 2 representada por la línea azul tiene un desplazamiento con más curvatura respecto a la carga y al entrar en la zona de cedencia es mucho más corto el desplazamiento al llegar a la fractura, la cual se presentó en la sección central de la probeta, sección donde el ensayo realizado en el software ANSYS presento la mayor concentración de esfuerzos.

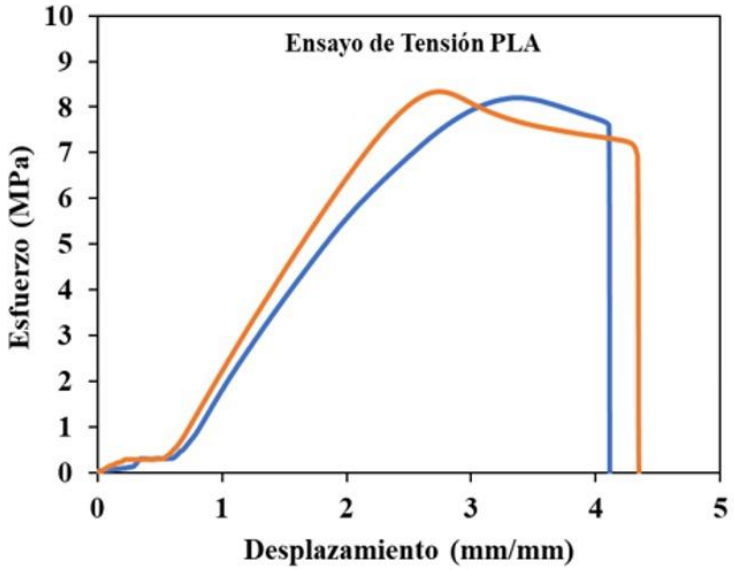


Figura 22. Gráfica Esfuerzo-Deformación donde se comparan 2 probetas ensayadas en la máquina de ensayos universales.

Los resultados obtenidos en ambos ensayos presentaron ciertas similitudes con los ensayos realizados para el articulo Elastic Asymmetry of PLA Material in FDM-Printed Parts: Considerations Concerning Experimental Characterisation for Use in Numerical Simulations [8] donde obtuvieron las siguientes propiedades mecánicas de tracción: Modulo de Young: 2346.7 MPa, resistencia a la tracción: 29.82 MPa, elongación: 0.021 (mm/mm) y coeficiente de Poisson: 0.38. Los cálculos posteriores siguiendo las recomendaciones de la norma ASTM – D638, la falla de tracción de la probeta se presentó en el la sección central de la geometría con la diferencia de que la fractura del material no fue uniforme como en nuestros ensayos, presento irregularidades, esto pudo deberse a la calidad de su material. Su grafica Esfuerzo - Deformación los llevo a la conclusión de que el ácido poliláctico es un material frágil, tal y como los resultados de nuestras pruebas.

V. CONCLUSIONES

Los resultados que arrojo el software ANSYS con los resultados obtenidos de los ensayos realizados en la máquina de ensayos universales siguiendo los parámetros de la norma ASTM D638 presentan una gran similitud, ya que en el esfuerzo máximo en ambos métodos de ensayo están en un rango de 8 Pa, la concentración de esfuerzos y el punto de fractura sucede en la misma sección de la probeta, el esfuerzo min de 0 Pa dio lugar en ambos extremos de la probeta siendo la zona con menor afectación. La deformación total de la probeta antes de la fractura producida por un desplazamiento de 20 mm, produjo en el extremo derecho de la probeta una deformación plastica irreversible con un valor total de 0.01817. El ácido poliláctico (PLA) es un material frágil ya que carece de ductilidad, esto pudimos comprobarlo en nuestra grafica Esfuerzo-Deformación ya que una vez que la curva

llega a su punto más alto comienza a descender hasta llegar a la fractura, no sufre de una gran deformación, o de un endurecimiento por deformación.

VI. RECONOCIMIENTOS

Expreso mi agradecimiento al asesor de mi proyecto, quien confió en mis capacidades para realizar este proyecto, me brindo su apoyo en todo momento y siempre presento la mejor disposición para resolver mis dudas y buscar soluciones a los obstáculos que se fueron presentando en este verano de investigación, al Instituto Tecnológico Superior del Sur de Guanajuato por prestarnos sus instalaciones y equipo necesario para realizar los ensayos y el reporte correspondiente.

REFERENCIAS

[1] Navarro y Soler, “Ansys Software de Simulación,” 2022. https://www.nysplm.com/ansys/ (accessed Jul. 24, 2022).

[2] ZwickRoell, “ASTM D638 ,” *Propiedades de tracción plásticos* , 2022. https://www.zwickroell.com/es/sectores/plasticos/termoplasticos-y-materiales-termoendurecibles/propiedades-de-traccion-astm-d638/ (accessed Aug. 10, 2022).

[3] Lucia C. 3D Natives, “PLA,” Jul. 23, 2019. https://www.3dnatives.com/es/ecologico-realmente-filamento-pla-230720192/# (accessed Jul. 24, 2022).

[4] Aceros Levinson, “Ensayo De Tensión | Aceros Levinson,” 2022. https://www.aceroslevinson.com/2020/07/ensayo-de-tension/ (accessed Jul. 24, 2022).

[5] F. T. Pla, “Ficha técnica materiales.”

[6] Mexpolimeros, “PLA | Acido Poliláctico,” *Polímeros termoplásticos, elastómeros y aditivos*, 2021. https://www.mexpolimeros.com/pla.html (accessed Jul. 26, 2022).

[7] L. S. C., A. R. de S., and F. A. A., “Ácido Poliláctico (PLA): Propiedades y Aplicaciones,” *Ing. Y Compet.*, vol. 5, no. 1, pp. 16–26, Jun. 2011, doi: 10.25100/iyc.v5i1.2301.

[8] M. M. Pastor-Artigues, F. Roure-Fernández, X. Ayneto-Gubert, J. Bonada-Bo, E. Pérez-Guindal, and I. Buj-Corral, “Elastic asymmetry of PLA material in FDM-printed parts: Considerations concerning experimental characterisation for use in numerical simulations,” *Materials (Basel).*, vol. 13, no. 1, pp. 1–25, 2020, doi: 10.3390/ma13010015.

DISEÑO DE UN ROBOT DE DESINFECCIÓN DE ÁREA PARA EL COMBATE DE INFECCIONES PULMONARES.

Jonathan Josué Alvarez Rodríguez
Instituto Tecnologico Superior de Purisima del Rincon
Blvd. del Valle #2301, Guardarrayas, Purísima del Rincón, Gto. C.P. 36413
lrs1811476@purisima.tecnm.mx

Sergio Rodríguez Miranda
Instituto Tecnologico Superior de Purisima del Rincon
Blvd. del Valle #2301, Guardarrayas, Purísima del Rincón, Gto. C.P. 36413
sergio.rm@purisma.tecnm.mx

Resumen — En los últimos tiempos el COVID 19 una enfermedad infecciosa que ataca al sistema respiratorio humano, ha abatido a la humanidad debido a su rápida transmisión de partir de pequeñas partículas de saliva en el aire, este puede permanecer en superficies durante tiempo suficiente para que en lugares de alta concurrencia como hospitales, centros comerciales, industrias y demás, se derive la propagación de el virus causante de la enfermedad. Por estas razones es necesario un dispositivo capas de limpiar área infectadas, Los robots basados en inteligencia artificial y visión por computadora pueden tener un gran impacto en la lucha contra el coronavirus. El sistema propuesto es un robot que es capaz de desinfectar las superficies de las cosas usando lámparas de luz UV-C. La implementación del robot desinfectante UV ayudará a las autoridades sanitarias a reducir la transmisión

Palabras clave — Superficies, inteligencia artificial, visión por computadora, desinfección, Luz UV-C.

Abstract —In recent times, COVID 19, an infectious disease that attacks the human respiratory system, has struck down humanity due to its rapid transmission from small particles of saliva in the air, it can remain on surfaces long enough so that in places of high attendance such as hospitals, shopping centers, industries and others, the spread of the virus that causes the disease is derived. For these reasons, a device capable of cleaning infected areas is necessary. Robots based on artificial intelligence and computer vision can have a great impact in the fight against the coronavirus. The proposed system is a robot that can disinfect the surfaces of things using UV-C light lamps. The implementation of the UV disinfectant robot will help health authorities reduce transmission

Keywords — Surfaces, artificial intelligence, disinfection, UV-C light.

I. INTRODUCCIÓN

A finales del 2019, una infección fuerte que ocasiona problemas respiratorios graves, por un virus hasta entonces desconocido, fue anunciado en Wuhan, una provincia en el país asiático China. La OMS informo en enero de 2020 que el brote fue un coronavirus y llamado así por el COVID-19, el cual rápidamente se transmitió a distintos países, comenzando desde el continente asiático hasta llegar al continente americano, fue categorizado como pandemia por la OMS el 12 de marzo de 2020. Se conoció que el coronavirus permanece en superficies inanimadas e incluso en las partículas del aire, dentro de algunas horas, el cual reacciona a ciertas condiciones ambientales tales como la temperatura, Se puede prevenir evitando el contacto con la superficie que podría contener virus o desinfectando la superficie para eliminar el virus.

II. MARCO TEÓRICO

Las posibilidades de que un limpiador pase por alto algunas de las áreas infectadas aumentan a medida que aumenta el área a limpiar. Es por eso que este método de limpieza no es adecuado para almacenes, centros comerciales y otros lugares. Además, la exposición a algunos de los desinfectantes puede ser peligrosa para el personal.

Un exponente presenta un diseño e implementación de robot de desinfección que logra una tasa de desinfección del 99 por ciento como otros robots similares, pero con un menor costo de fabricación. Usa lámparas UV-C de alta potencia y la movilidad flexible del robot permiten mejorar la limpieza y desinfección ambiental. Los resultados de las pruebas confirmaron la eficiencia de desinfección del Robot UV cuando los microorganismos más comunes y potencialmente dañinos en el quirófano se eliminan en menos tiempo bajo la exposición a los rayos UV. Tal es el caso de otro diseño donde el diseño propuesto es un robot de desinfección basado en luz ultravioleta. La radiación UVC tiene mayor energía en comparación con otros rayos UV. Debido a este hecho, este rayo es más reactivo con el ozono en la atmósfera y no llega al suelo, por lo que no es un problema de riesgo para el cáncer de piel. También se hace una revisión completa del tema y concluye con diferentes ideas sobre la aplicabilidad de sistemas similares a estos en diferentes campos de la industria y doméstico.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

a) Diseño de la parte mecánica- estructural. se harán una lista de requisitos que se contemplaran en el diseño estructural del equipo, así mismo estaremos definiendo las dimensiones y las propiedades dinámicas del prototipo que sean optimas para las labores de desinfección.
b) Diseño de la parte electrónica del prototipo. El prototipo contará con las elementos necesarios para una correcto y optimo funcionamiento, según las dimensiones, necesidades y características de este.
c) Desarrollo del Control Automático basado en inteligencia artificial y visión por computadora. En esta fase se harán el diseño de los algoritmos para la planeación de trayectorias y detección de personas dentro del recinto.
d) Fabricación y validación de prototipo. En esta etapa el prototipo se construye integrando los productos generados en las etapas anteriores. Una vez construido se harán pruebas de laboratorio que confirme su funcionamiento y permitan establecer los parámetros de ajustes necesarios para realizar pruebas en campo dentro de la empresa.

El sistema realizar consistirá en lo siguiente:

1. Prototipo a tamaño escala considerando un tamaño real a 150 cm de altura en este caso consistirá en un modelo de 36 cm en altura considerando la parte de diseño estructural se utilizará acrílico para este.

2. En base al prototipo a escala se considerarán los componentes a utilizar, siendo adecuados mini motores de CD, llantas para proyectos pequeños con un diámetro de 66 mm, rueda loca, puente h l298n, placa de desarrollo Arduino, sensor receptor de infrarrojo para pruebas tempranas, un ordenador reducido Raspberry, sensor Lidiar (Sensor Radial), Cámara web, batería portátil y también tipo AA.
3. Se desarrollará un modelo en el software de modelado 3D Solid Edge, para tomar en cuenta la disposición de cada componente dentro de todo el dispositivo, se ensamblará a partir de un diseño dentado y reforzado con pegamento instantáneo.
4. Continuaremos con el ensamblaje de los motores el cual funciona con un voltaje de 3 a 6 Volts CD, continuaremos con algunas pruebas de control a través de un puente H, Placa Arduino y sus puertos PWM.
5. Una ves completado el punto anterior pasamos a una etapa de pruebas a distancia con un receptor de señal infrarrojo y programando así velocidades y funciones de giro de nuestro modulo.
6. Ya que utilizaremos una conexión con mayor distancia y usaremos la tecnología wifi que abarca gran parte de un recinto, en este punto desarrollaremos una interfase y funciones programados por Python, y aplicado en la Raspberry, y controlando las funciones a través de el software VNC, el cual permite la manipulación a distancia de un ordenador mediante la red wifi.
7. Pruebas de imagen y recepción de datos a través de la cámara web y sensor Lidiar
8. Desarrollo del procesamiento de la información para aplicar las funciones necesarias según sea el caso, tomando en cuanto algunas funciones generales como, esquivar, detener, detectar objetos y personas y activar las lámparas de luz UV-C.
9. Etapa de verificación de funciones y desarrollo de funciones mas completas para el prototipo

III. RESULTADOS

Se genero un modelo 3D en el software de Solid Edge de nuestro diseño estructural, tomando en cuenta las medidas **30 cm de largo**, **36 cm de alto** en el punto mas alto y **15 cm de ancho** las medidas se tomaron en cuenta principalmente por las lámparas UV de formato pequeño que se distribuyen comercialmente para aplicación de cosméticos en las uñas, después de esto se decidió que el sensor Lidiar iría en la parte superior ya que debe tener visión en 360 grados para poder funcionar eficientemente y aprovechar todo su potencial y en la zona frontal iría la cámara para complementar al sensor ya mencionado**.**

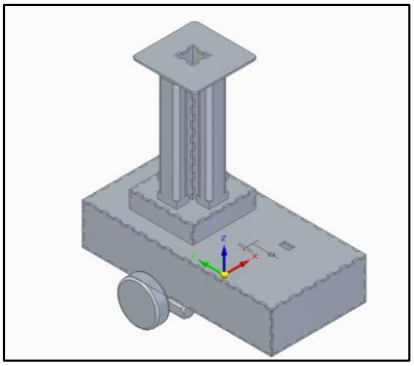


Ilustración 16 *diseño estructural 3D del modelo*

Se pasó este diseño a formato necesario para corte láser, en este caso se utilizó acrílico de 3mm, se tuvo que tomar en cuenta esta medida de 3mm para generar el dentado correcto, y se le hiso hasta 3 revisiones para confirmar el ensamblaje correcto, después de eso se dispuso el boceto en 2D optimizar los espacios lo mejor posible y así evitar lo menor posible de desperdicios del acrílico que disponemos.

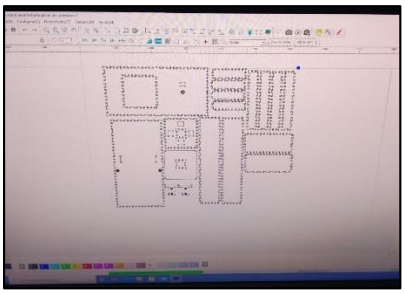


Ilustración 17 *diseño 2D para corte laser*

Se generaron los cortes y se procedió a una prueba de ensamble en la cual todo ensamblo correctamente, se tardo aproximadamente 15 minutos para generar estos cortes, una ves echo se considero retirar completamente el hule azul con el que viene el acrílico, pero decidimos dejarlo ya que le da una vista mas solida.

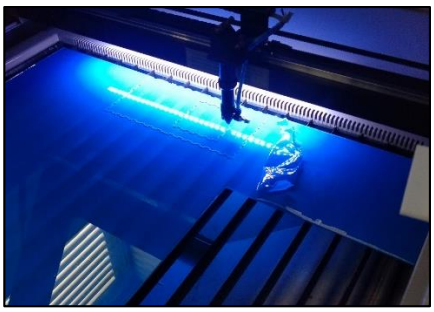
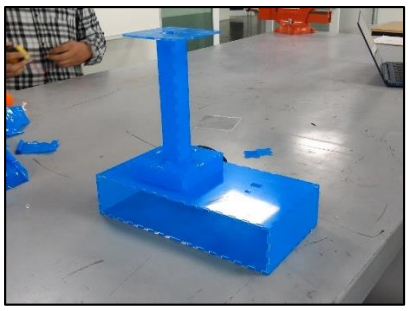
a)  b) 

Ilustración 18 *a) proceso de corte b) presentación de ensamble de piezas*

Se hicieron prueba de ensamble con los motores, cámara, Arduino y puente H l298, para la cámara ubo pequeños problemas de ensamblaje ya que el puerto USB no entraba a través del orificio hecho, así que se tuvo perforar nuevamente con un taladro de mesa y así pudiera entrar fácilmente y que todo que de en orden dentro de la estructura, en el Arduino se utilizaron los pines 6,7,8 y 9 para colocar la señal de los motores, y los pines 5 y 10 como señal PWM, y l para alimentar a los motores se dispuso de 4 pilas AA en serie.

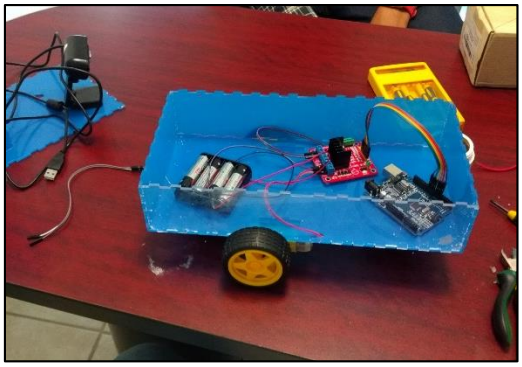


Ilustración 19 *prueba de ensamble de componentes*

Una vez ensamblado, se generó código Arduino para probar los motores, en esta ilustración (5) se hicieron pruebas con un sensor de infrarrojo, el cual generaba movimientos: adelante, atrás, giro izquierda y giro derecha, esta esta funciono para generar el código de movimientos de los motores, si quisiéramos movernos hacia adelante se activan los dos motores en la misma velocidad, y mismo para la reversa pero con las señales invertidas, para los movimientos de derecha se dejó activo únicamente hacia adelante el motor izquierdo, y viceversa para hacer el giro hacia el lado izquierdo.

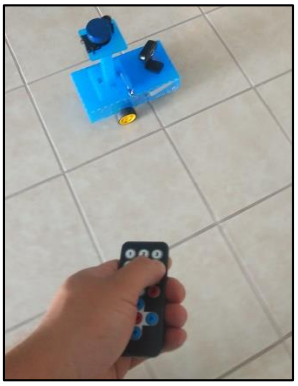


Ilustración 20 *prueba de control a distancia*

Para la conexión vía Wifi se hiso uso del código de programación Python en el cual generamos una interfase gráfica y las funciones para mandar los comandos necesarios a nuestro Arduino atreves del puerto serial.

La base de este código fue proporcionada por el profesor ya que era para un robot cartesiano en este caso, pude analizar el código y en base a eso se hicieron las modificaciones necesarias para que pudiera adaptarse a la necesidad de este proyecto

Ilustración 21 *programa generado en Python*

Se procedió a pasar el código Python a Raspberry el cual controlamos y accedemos a través de programa VNC el cual permite controlarlo a través de un red wifi y permite una conexión sin necesidad de cables, para alimentar la Raspberry y este a su ves la cámara, sensor y Arduino se utilizó una batería externa para cargar celulares y que utilizar un voltaje de 5 V, el cual funciona apropiadamente para este caso.

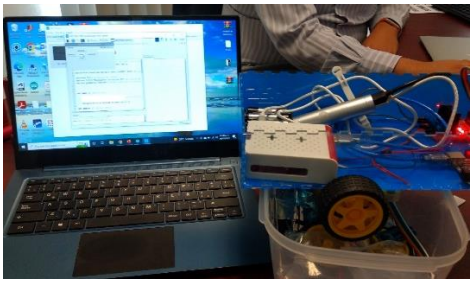


Ilustración 22 *comprobando conexión vía wifi*

Este es el prototipo generado (ilustración 8) el cual ya cuenta con conexión inalámbrica, y recepción de cámara para el procesamiento de información necesaria, y también montado el sensor Lidiar detección del entorno radialmente, se verificaron las funciones de conexión inalámbrica y recepción de imágenes por la cámara web y estos cumplen con su función correctamente, hasta este punto se pude considerar un proyecto en etapa temprana completado satisfactoriamente.

Ilustración 23 Modelo general

IV. DISCUSIÓN (O ANÁLISIS DE RESULTADOS)

Este trabajo desarrollado hasta el momento cuenta la posibilidad de moverse autónomamente, comunicación a distancia, y captación de información a través de cámara y sensor Lidia, los códigos generados funcionan correctamente, aunque queda formular funciones mas avanzadas se concreto un proyecto de etapa temprana con el cual se puede continuar desarrollando pruebas y generando nueva información importante para mejorar el desempeño de este dispositivo

La posibilidad de comenzar con pruebas de exposición de luz ultravioleta queda dentro del camino, sin embargo, apoyándose en variedad de documentos y artículos afines este tema será posible generar información mas detalla para generar un comportamiento optimo del módulo generado

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La posibilidad de comenzar con pruebas de exposición de luz ultravioleta queda dentro del camino, sin embargo, apoyándose en variedad de documentos y artículos afines este tema será posible formar información mas detalla para generar un comportamiento optimo del módulo generado

VII. RECONOCIMIENTOS (O AGRADECIMIENTOS)

Quiero agradecer a mi asesor Sergio Rodríguez por el apoyo brindado todo este verano de la ciencia en el cual aprendí cosas que valen la pena, también al ITESPR por el apoyo brindado, material e instalaciones, y también a los maestros dentro de la institución que me apoyaron con ideas y materiales.

REFERENCIAS

[1] R. Zhang, Y. Li, A. L. Zhang, Y. Wang, and M. J. Molina, “Identifying airborne transmission as the dominant route for the spread of covid19,” Proceedings of the National Academy of Sciences, vol. 117, no. 26, pp. 14857–14863, 2020.

[2] S. W. X. Ong, Y. K. Tan, P. Y. Chia, T. H. Lee, O. T. Ng, M. S. Y. Wong, and K. Marimuthu, “Air, surface environmental, and personal protective equipment contamination by severe acute respiratory syndrome coronavirus 2 (sars-cov-2) from a symptomatic patient,” Jama, vol. 323, no. 16, pp. 1610–1612, 2020.

[3] O. Dumas, R. Varraso, K. M. Boggs, C. Quinot, J.-P. Zock, P. K. Henneberger, F. E. Speizer, N. Le Moual, and C. A. Camargo, “Association of occupational exposure to disinfectants with incidence of chronic obstructive pulmonary disease among us female nurses,” vol. 2, no. 10. American Medical Association, 2019, pp. e1913563e1913563.

[4] Perminov, S., Mikhailovskiy, N., Sedunin, A., Okunevich, I., Kalinov, I., Kurenkov, M., & Tsetserukou, D. (2021, August). Ultrabot: Autonomous mobile robot for indoor uv-c disinfection. In 2021 IEEE 17th International Conference on Automation Science and Engineering (CASE) (pp. 2147-2152). IEEE

[5] McGinn, Conor, et al. "Exploring the applicability of robot-assisted uv disinfection in radiology." Frontiers in Robotics and AI (2021): 193.

FABRICACIÓN DE UNA CELDA SOLAR ORGÁNICA SENSIBILIZADA CON TINTURA DE CAPSAICINA Y CASCARA DE PERSEA AMERICANA.

Victoria Carrillo Corona
Instituto tecnológico superior de Abasolo
Blvd. Cuitzeo de los Naranjos 401
Col. Cuitzeo de los Naranjos C.P 36976
vikicarrilloc@outlook.es

José Sabas Segura
Instituto tecnológico superior de Abasolo
Blvd. Cuitzeo de los Naranjos 401
Col. Cuitzeo de los Naranjos C.P 36976
jose.ss@abasolo.tecnm.mx

Resumen — Este trabajo presenta una alternativa para la sustitución de celdas solares de silicio, buscando dar una solución a los problemas que generan debido a la dificultad de reciclarlas, lo cual es un problema actualmente. Se pretende tener una celda solar orgánica de tipo de Graetzel que proporcione una eficiencia superior de una celda orgánica al adicionar extracto de capsaicina al ser sensibilizada con fragaria, la cual pueda degradarse por acción natural una vez desechada. Se sabe que el 40% de la cantidad de alimento es desechado antes de llegar a su consumidor final debido al mal manejo, una ventaja es el darle un segundo uso los productos desechados, que tengan características necesarias para poder utilizarse como tinte sensibilizador para celdas orgánicas.

Palabras clave — Orgánica, energía renovable, radiación solar.

Abstract — This work presents an alternative for the replacement of silicon solar cells, seeking to provide a solution to the problems they generate due to the difficulty of recycling them, which is currently a problem. It is intended to have a Graetzel-type organic solar cell that provides higher efficiency than an organic cell by adding capsaicin extract when sensitized with fragaria, which can be degraded by natural action once discarded. It is known that 40% of the amount of food is discarded before reaching its final consumer due to poor handling, an advantage is to give the discarded products a second use, which will have the necessary characteristics to be used as a sensitizing dye for organic cells.

Keywords — Organic, renewable energy, solar radiation.

I. INTRODUCCIÓN

Las celdas fotoelectroquímicas o celdas orgánicas sensibilizadas con colorante son el resultado de la combinación de diversas sustancias, cada una de las cuales ejecuta una acción específica dentro del esquema de funcionamiento de la celda para la transformación de la luz solar en electricidad. A pesar de que se han reportado eficiencias de 11 %, la aplicación de esta tecnología ha sido obstaculizado por problemas con la fuga y evaporación de la solución electrolítica (la activación de la celda). Para solventar este problema, recientes esfuerzos en el área de celdas orgánicas sensibilizadas con colorante se enfocan en el remplazo de la solución electrolítica por un material sólido, lo que eliminaría los actuales problemas con el sellado y el poco tiempo de vida [1]. La celda solar Graetzel también conocida como célula solar sensibilizada por colorante (en inglés, dye-sensitized solar cell, DSSC, DSC o DYSC1) produce electricidad mediante un principio foto-electro-químico, cambiando la energía lumínica en energía eléctrica. Son celdas solares de bajo costo pertenecientes a las células solares de películas finas. Esta se conforma de un

semiconductor formado entre un ánodo foto sensible y un electrolito, la celda tiene propiedades bastante atractivas ya que además de ser de bajo costo, es muy fácil de crear, semiflexible, semitransparente o incluso transparente totalmente en aquellas diseñadas últimamente.

Aunque su eficiencia de conversión de energía es menor que la de los paneles solares basados en silicio, estos presentan una mejora en cuestión de precio de fabricación, por lo que se convierte en un mejor candidato de distribución en masa. La celda Graetzel está compuesta por un material semiconductor (TiO_2, dióxido de titanio) pintado por un colorante, un electrólito (solución de Yodo), dos electrodos de vidrio con una capa de conductora y transparente (SnO_2) y un catalizador (grafito o platina). La fragaria es la onceava fruta más producida en México, aunque del grupo de las berries es la principal, con una gran importancia económica para el país, pues una parte de la producción se exporta a los Estados Unidos, donde su consumo ha aumentado en los últimos años, siendo Guanajuato una de las 3 entidades federativas con mayor producción con 97499 toneladas, y la superficie cosechada fue de 1709 hectáreas [3]. La evolución de los Paneles Solares se refiere a las cuatro generaciones, consideradas las más importantes:

Primera generación: Las placas solares fotovoltaicas se basan en dos obleas o láminas con materiales semiconductores. Ambas utilizan unos elementos químicos, denominados (dopantes), que fuerzan a una de las planchas a tener un exceso de electrones (carga negativa, N) y a la otra, a una falta de estos (carga positiva, P). Esta unión P-N genera un campo eléctrico con una barrera de potencial que impide que se trasvasen electrones entre las planchas, el silicio es el material más utilizado para estos paneles fotovoltaicos.

Segunda Generación: Esta se basa en un método de producción epitaxial para crear láminas mucho más flexibles y delgadas que sus predecesoras. Por ello se las denomina de lámina delgada, la eficiencia de estas placas es todavía más baja que las de primera generación, pero sus defensores aseguran que sólo es cuestión de tiempo alcanzarlas e incluso superarlas.

Tercera Generación: Esta aún se encuentra en fase de experimentación, persiguen mejorar aún más los paneles de láminas delgadas. Investigadores y empresas de todo el mundo trabajan en varias tecnologías, como las denominadas de huecos cuánticos, nanotubos de carbono o nanoestructuras de óxido de titanio con colorante (DSSC).

II. MARCO TEÓRICO

El descubrimiento del efecto fotovoltaico (PV) se atribuye comúnmente a Henry Becquerel, un físico francés, quien generó una fotocorriente al iluminar dos electrodos de platino, recubiertos con bromuro o cloruro de plata sumergidos en una solución acuosa. Smith y Adams hicieron los primeros informes de fotoconductividad, en 1873 y 1876, respectivamente, trabajando con selenio. Sin embargo, solo hasta el principio de la década de 1950, los laboratorios Bell comenzaron a aplicar este efecto a través de celdas solares

inorgánicas basadas en Silicio para producir energía eléctrica con una eficiencia del 6 %. Debido a la crisis energética que sufrió el mundo en la década de los 70, se generaron las oportunidades para que el uso de la energía solar entrara en el mercado de energías alternativas al petróleo [4]. El sol es una poderosa fuente de energía, tanto así que la energía recibida en la superficie de la tierra en una hora cubre la demanda energética de todo el año.

El medio para aprovechar esta energía son las celdas solares, las cuales son dispositivos que pueden convertir la radiación solar en energía eléctrica por medio del efecto fotovoltaico. Existen diferentes tipos de celdas solares; las celdas inorgánicas como las basadas en Silicio amorfo (A-Si), Silicio cristalino, CdTe, Cu(In,Ga)Se2, entre otras, y las celdas orgánicas como las celdas solares sensibilizadas por colorantes (DSSC). En 1991, O'Regan y Grätzel obtuvieron una celda solar basada en una película de TiO_2 recubierta de una monocapa de colorante, dicho dispositivo logró un rendimiento de conversión de energía en el rango de 7.1 a 7.9%. De esta manera, se abrió la oportunidad de mejorar este tipo de celdas solares, las cuales tienen una película de colorante, destacadas por su bajo costo de producción y la alta conversión de la luz solar incidente a corriente eléctrica. (O'Regan y col. 1991). [2]

III. MATERIALES Y MÉTODOS

Los siguiente materiales, reactivos y equipos, son importantes en la elaboración del tinte extraído de capsaicina y fragaria, para con ellos construir las celdas orgánicas de tipo Graetzel, siendo un proceso sencillo pero requiere de paciencia y precisión, cada uno de los reactivos es importante desde el NaOH, ya que con este se realiza el tinte tanto de capsaicina o fragaria por lo tanto se considera el más importante, el TiO_2 es la capa que ayuda a mantener la celda con húmedas y que sea capaz de ayudar a los demás materiales a conducir, o bien a que suceda el principio foto-electro-químico, capaz de captar la radiación solar para que sea producida a electricidad con ayuda de las celdas solares orgánicas. Los materiales, equipos y reactivos que se requieren son los siguientes, cinta adhesiva, cristales de 3x3 cm, 1 encendedor, 2 goteros, 1 mortero, 4 pinzas para folder (mariposas), 2 vasos de precipitados, 2 vidrios de reloj, bomba de vacío, multímetro, parrilla de agitación (mosquita), rotovapor, ácido acético (vinagre), agua destilada, alcohol, capsaicina, colorante, tinte (capsaicina y fragaria), detergente liquido o tritón x-100, dióxido de titanio, electrolitos, fragaria, hidróxido de sodio, pastilla de carbón o grafito.

Para la preparación del colorante (tinte de capsaicina o fragaria), se pesó la cantidad de 20 gramos de capsaicina o fragaria y se cortó lo más pequeño posible, para evitar la merma de la materia; se disolvió 0.9 gramos de NaOH (hidróxido de sodio) en 120 ml de agua destilada; Se agrego la capsaicina o fragaria a la solución de NaOH, para ser colocado en una parrilla de agitación, durante 90 minutos, al término de esta se dejó reposar por unos 90 minutos. Una vez finalizado el tiempo de reposo con ayuda de la bomba de vacío se filtró la mezcla. Buscando tener la mezcla con una densidad mayor se colocó en el rotovapor

para retirar el exceso de agua como se muestra en la figura 1. Finalmente se almaceno en un recipiente de vidrio oscuro para evitar radiación.

Figura 24. Destilación de exceso de líquido del tinte.

El siguiente paso fue la preparación de las placas de vidrio, con ayuda de alcohol limpiaron suavemente las placas de vidrio; se localizó el lado conductor de la placa. La preparación de la solución de TiO_2 (Dióxido de titanio), se colocó en un mortero 10 gramos de TiO_2, 15 ml de ácido acético, 2 ml de Triton X-100, se revolvió suavemente y dejo reposar por 15 minutos, el siguiente paso fue reparación y coloración del electrodo negativo, para esto se colocó la solución de TiO_2 que cubre completamente la placa de vidrio del lado conductor, dejo secar para continuar. Con una pipeta coloque 3 ml del tinte capsaicina o fragaria, espero a que seque. Mientras seca el tinte, se procedió a preparar 20 ml de suero casero, sirvió para activar las celdas. Al realizar la Preparación del electrodo positivo, con el objetivo de obtener un color negro en el lado conductor de la placa, se quemó con apoyo de un encendedor, o bien, se disolvió una pastilla de carbón para con ella obtener el color negro deseado. Por último, para el montaje de la célula solar, se agregó suero a la placa que contiene el tinte de capsaicina o fragaria; juntar las dos placas, la parte que se pintó con la parte teñida de negro realizando un pequeño desfase entre ellas, se sujetó con ayuda de una o dos pinzas de folder. Finalmente utilizando un multímetro se observó el funcionamiento de la celda, midiendo la corriente eléctrica y voltaje de esta, como se muestra en la figura 2.

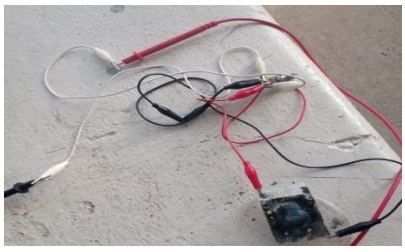


Figura 2. Medición de la corriente y voltaje de la celda orgánica.

IV. RESULTADOS

Con los datos obtenidos de la medición de las celdas solares orgánicas sensibilizadas mediante el tinte de capsaicina y fragaria, se realizaron las siguientes gráficas ilustración 3,

ilustración 4, ilustración 5, ilustración 6, las cuales muestran la curva de un semiconductor, relacionado la corriente y el voltaje. En la figura 3, se observa la curva voltaje-corriente obtenida de la celda sensibilizada mediante fragaria.

En la figura 5, la curva de voltaje-corriente de la celda sensibilizada con tintes de fragaria más capsaicina, en comparación con la ilustración 3 es mejor el resultado obtenido debido a las características que presenta, tal como un pico mas alto, así como un mejor cálculo de la eficiencia. En la figura 4, en la curva de potencia- voltaje se observa un rendimiento poco apreciable es decir es bajo pero destacado al utilizar tinte de fragaria y pueda tener mejoras, y en la figura 6, el rendimiento observado a través de la curva de la celda sensibilizada con tintes de fragaria más capsaicina es mayor.

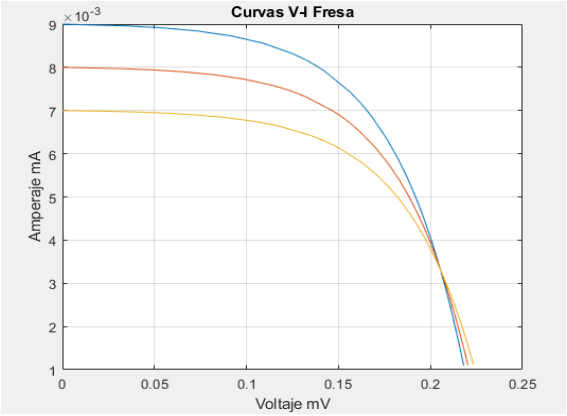


Figura 25. Curva V-I fragaria.

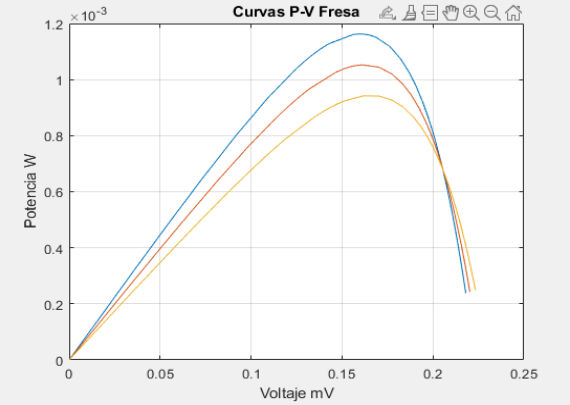


Figura 26. Curva P-V fragaria.

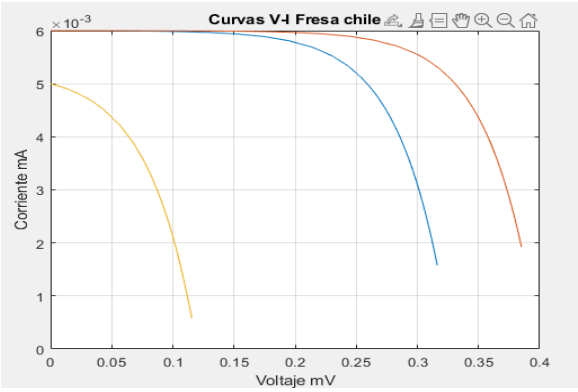


Figura 27. Curva V-I fragaria más capsaicina.

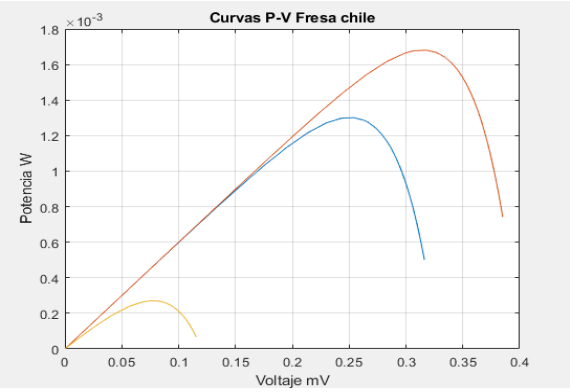


Figura 28. Curva V-P fragaria más capsaicina.

Para calcular el Fill Factor y la eficiencia de la celda, se necesitaron las siguientes ecuaciones:

$$FF = \frac{P_{max}}{V_{oc} * I_{sc}} = \frac{(I_{max} * V_{max})}{V_{oc} * I_{sc}} \qquad (1)$$

El fill factor es igual a la corriente máxima por el voltaje máximo, entre el voltaje de circuito abierto por la corriente de corto circuito. El Fill Factor máximo teórico es 1.

$$\eta_{ec} = \frac{P_{max}}{P_{in}} = \frac{(V_{oc} * I_{sc} * FF)}{I(t) * A_c} \qquad (2)$$

La eficiencia de la celda es igual al voltaje de circuito abierto por la corriente de cortocircuito por el fill factor, entre la radiación solar por el área.

Tabla 11. Resultados de los cálculos del Fill Factor, la potencia máxima y la eficiencia en la celda de fragaria.

Experimento	Área	Voc	Isc	Vmax	Imax	FF	Eficiencia
1	0.00125	0.223	0.009	0.1628	0.007133	0.5786011	0.09290019
2	0.00125	0.226	0.008	0.1611	0.006534	0.58220542	0.08421019
3	0.00125	0.23	0.007	0.1618	0.005823	0.58519342	0.07537291

En la tabla 1, se observa el resultado de calcular el fill factor y la eficiencia de la celda sensibilizada con tinte de fragaria.

Tabla 12. Cálculos del Fill Factor, la potencia máxima y la eficiencia en la celda de fragaria más capsaicina

Experimento	Área	Voc	Isc	Vmax	Imax	FF	Eficiencia
1	0.00125	0.328	0.006	0.254	0.005121	0.66094207	0.10405872
2	0.00125	0.4	0.006	0.3176	0.005293	0.70044033	0.13448454
3	0.00125	0.12	0.005	0.0765	0.00354	0.45135	0.0216648

En la tabla 2, los datos obtenidos del fill factor y eficiencia son mayores, en comparación a los de la tabla 1. Es decir, es mayor la eficiencia al utilizar el tinte de fragaria más capsaicina.

V. CONCLUSIONES

Como se ha podido observar a lo largo del análisis realizado a las celdas solares orgánica sensibilizadas mediante tinte de fragaria y de fragaria más capsaicina, se obtuvo un mayor rendimiento en la celda utilizada con tinte de fragaria más capsaicina, con ello aumento el fil factor y la eficiencia de la celda.

Con esto experimento sé demuestra que la celda orgánica sensibilizada utilizando tinte de fragaria más capsaicina tiene mayor eficiencia, aún está en fase de experimentación por ello es necesario realizar más pruebas, hasta el momento es un tinte comprometedor, sin embargo, es importante mencionar que se debe repetir el experimento en diferentes condiciones para mejorar la eficiencia.

VI. RECONOCIMIENTO

Expreso mi agradecimiento al Instituto tecnológico superior de Abasolo y al Profesor José Sabas Segura por las facilidades y el apoyo otorgado para la realización del verano de investigación.

REFERENCIAS

[1] J. F. Salinas Torres, "Fabricación y estudio de celdas fotovoltaicas basadas en polímeros y moléculas orgánicas", Maestro en Ciencias (Óptica), Centro de Investigaciones en Óptica A. C., León, Gto., 2009. Accedido el 19 de julio de 2022. [En línea]. Disponible: https://cio.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1002/460/1/13667.pdf

[2] C. S. Gaytan Rivera, A. Martínez Luévanos, E. Aguilera-González y C. Pérez Berumen. "Celdas Solares sensibilizadas con colorantes: Factores para mejorar su eficiencia". CienciAcierta. http://www.cienciacierta.uadec.mx/2019/10/04/celdas-solares-sensibilizadas-con-colorantes-factores-para-mejorar-su-eficiencia/ (accedido el 29 de junio de 2022).

[3]"Regiones productoras de fresa en México". ProducePay. Impulsando al Productor, de la Siembra a la Venta. https://es.producepay.com/regiones-productoras-de-fresa-en-mexico/ (accedido el 5 de julio de 2022).

[4] W. Chamorro y S. Urrego Riveros. "Celdas solares orgánicas, una perspectiva haciael futuro". ResearchGate. https://www.researchgate.net/publication/276307925_Celdas_solares_organicas_una_perspectiva_hacia_el_futuro (accedido el 19 de julio de 2022).

[5] S. Energia. "¿En qué consisten las generaciones de los Paneles Solares? | Paneles solares". Paneles Solares en Playa del Carmen Instalación y venta. https://solarenergia.mx/productos/en-que-consisten-las-generaciones-de-los-paneles-solares/ (accedido el 19 de julio de 2022).

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN INVERSOR MULTINIVEL PARA APLICACIONES FOTOVOLTAICAS

Luis Aaron Alonso Arellano
TecNM / Instituto Tecnológico Superior de Irapuato - Campus Irapuato
Silao-Irapuato km 12.5 El Copal, 36821 Irapuato, Guanajuato.
LIS18111625@irapuato.tecnm.mx

Adolfo Rafael López Núñez
TecNM / Instituto Tecnológico Superior de Irapuato - Campus Irapuato
Silao-Irapuato km 12.5 El Copal, 36821 Irapuato, Guanajuato.
adolfo.ln@irapuato.tecnm.mx

Resumen — En este documento se presenta el desarrollo de un convertidor CD/CA el cual cumple con la topología puente H. Del cual se explica el diseño realizado y el funcionamiento como tal. El convertidor está diseñado para ser replicado y posteriormente utilizarse dentro de una topología multinivel en cascada, el cual, comparado con un inversor tradicional de dos niveles, permitirá una mejor calidad de la energía eléctrica convertida.

Palabras clave —Inversor, Inversor Puente H, Inversor multinivel.

Abstract — This document presents the development of a DC/AC converter which complies with the H-bridge topology. Its design and operation as such are explained. The converter is designed to be replicated and subsequently used within a multilevel cascade topology, which, compared to a traditional two-level inverter, will allow a better quality of the electrical energy converted.

Keywords — Inverter, H bridge inverter, multilevel inverter.

I. INTRODUCCIÓN

El inversor es un dispositivo electrónico de potencia que convierte la corriente continua en corriente alterna a la tensión y frecuencia de salida deseadas, dentro de las topologías de los inversores, los inversores multinivel se han convertido hoy en día en un área interesante en el campo de las aplicaciones industriales de electrónica de potencia, los cuales se han implementado en sistemas de energías renovables, en especial en sistemas fotovoltaicos. Los sistemas fotovoltaicos generan corriente eléctrica continua la cual no es compatible con los aparatos electrónicos que generalmente se utilizan, es aquí donde los inversores toman un papel importante, permitiendo la conversión de la corriente directa CD a corriente alterna CA como la que es suministrada por la red eléctrica. De acuerdo con la tensión obtenida de la salida del inversor, esta puede ayudar a mejorar el tiempo de vida de las cargas conectadas a este. En este documento se describe el diseño y la implementación de un inversor multinivel para aplicaciones fotovoltaicas.

II. MARCO TEÓRICO

A. Convertidores CD/CA

Los convertidores CD/CA, también llamados inversores, permiten la conversión de corriente directa CD a corriente alterna CA en los cuales se observarán dos niveles de tensión en la salida del inversor de forma cuadrada. La forma de la onda antes descrita se puede observar en la Figura 1.

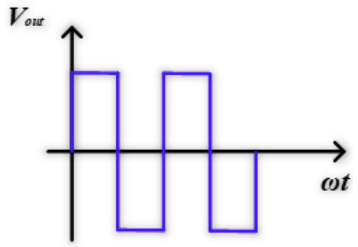


Fig. 1. Forma de onda de la tensión de un inversor.

La idea principal para estos inversores es mejorar la señal de salida y asimilarla a una señal sinusoidal de tensión y de corriente de la salida, utilizando interruptores en serie. Las fuentes de tensión CD principales a las que son aplicadas los inversores son las celdas solares, las celdas de combustible, ultra capacitores entre otras [1]. Dentro de las topologías de los inversores, se encuentra el inversor multinivel, el cual se describe a continuación.

B. Inversores multinivel

Los inversores multinivel han sido un área de interés en aplicaciones industriales de alta potencia. Su mayor aplicación es la interconexión a fuentes de energías renovables, en donde el uso de estos destaca en sistemas fotovoltaicos [2]. El concepto general es utilizar un alto número de dispositivos semiconductores de conmutación para obtener una señal escalonada de tensión, como se muestra en la Figura 2 donde se observa una señal escalonada de color verde.

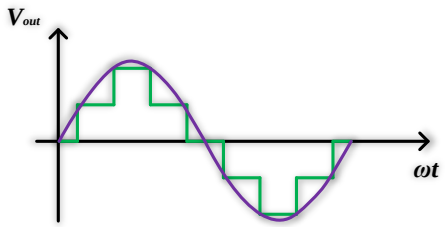


Fig. 2. Onda de la tensión de salida de un inversor multinivel de 5 niveles.

La acción que realiza el inversor multinivel es agregar niveles de tensión continua, creando una forma más suave en la tensión de salida y con ello una distorsión armónica total menor (DAT), la cual es una medida de la similitud entre la forma de onda y su

componente fundamental en este caso una onda sinusoidal [3]. Esto a comparación de los inversores convencionales de solo dos niveles en la tensión de salida [2]. En los inversores multinivel se busca sintetizar una forma de onda mucho más parecida a una señal Sinusoidal, la cual dependerá del número de fuentes de CD disponibles (n).

Entre mayor número de fuentes DC interconectadas se tengan disponibles, se tendrá el aumento de niveles del inversor multinivel y con ello se obtendrá una reducción en la DAT [3],[4]. Existen tres principales topologías de inversores multinivel utilizados en la industria: diodos enclavados, capacitores flotantes y puente H en cascada. En este proyecto se trabajó de manera particular con el inversor multinivel puente H en cascada.

C. Inversores multinivel en cascada

El concepto de inversores multinivel en cascada está basado en la conexión de inversores puente H en serie como se muestra e la Figura 3, este para obtener una señal sinusoidal en la tensión de salida. La señal de salida de tensión dependerá de la fuente a la cual este conectada. El número de niveles en la tensión de salida se puede conocer de acuerdo con el número de fuentes interconectadas en cada inversor para ello se obtiene que 2n+1 cuando n es el número de fuentes CD que están conectadas.

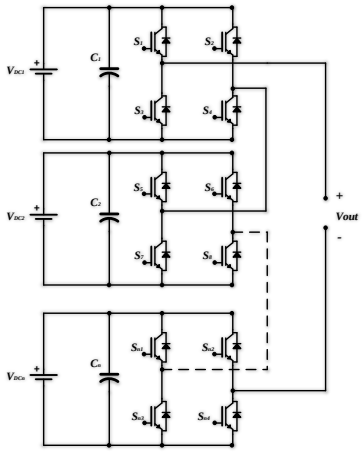


Fig. 3. Inversor multinivel puente H en cascada de n niveles.

III. METODOLOGÍA

Se planteó el diseño de un inversor multinivel puente H en cascada, para el cual cada inversor debe cumplir con las siguientes características:

- Voltaje de entrada: $90V_{CD}$.
- Voltaje de salida: $90V_{CA\ pico}$.
- Tipo de carga: Resistiva de 220Ω.

- Frecuencia de operación: $60\ Hz$.

Los interruptores utilizados fueron dispositivos IGBTs STGW20NC60VD, cuyas sus principales características se observan en la Tabla 1.

Tabla 1. Principales características del STGW20NC60VD.

Parámetros	
Tensión de ruptura de colector-emisor (V_{CES})	$600\ V$
Corriente continua de colector (I_C)	$60\ A$
Tensión de puerta-emisor (V_{GE})	$\pm 20\ V$
máxima tensión disipada (P_D)	$200\ W$

Para el accionamiento de los IGBT del inversor se implementó un circuito que permita el correcto accionamiento de la compuerta de estos. En este caso el circuito diseñado e implementado se basa en el circuito integrado ACPL-3130, el cual es interconectado con la configuración que se observa en la Figura 4.

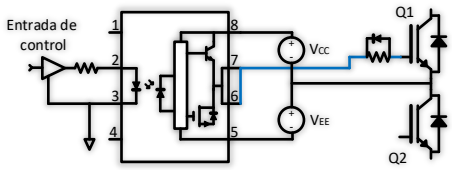


Fig. 4. Conexión del ACPL-3130.

IV. RESULTADOS

El diseño del inversor fue probado en una plantilla de experimentos como se muestra en la Figura 5. Las pruebas realizadas a dicho circuito estuvieron enfocadas en el área de control, donde se comprobó si las señales de accionamiento de los interruptores eran las adecuadas para un correcto funcionamiento de este.

Dichas pruebas fueron realizadas al colocar una señal analógica de $5\ V$, en cada una de las entradas de control de los interruptores para estos accionarlos. De tal manera, que se realizaron mediciones con un voltímetro del cual se obtuvieron los resultados de la Tabla 2. Cabe mencionar que los interruptores cumplen la nomenclatura de acuerdo con el inversor de la Figura 3.

Los resultados planteados en la Tabla 2, muestran una variación de tensión durante el apagado entre los interruptores. Esto debido a que en S1 y S2 se colocaron convertidores CD-CD en específico el modelo MGJ2D051505SC, resolviendo así la alimentación de los circuitos de accionamiento de las compuertas de interruptores en circuitos puente.

Finalmente se realizó una prueba de funcionamiento del inversor con un bajo voltaje, en este caso $15\ V$ en la entrada y en el cual se generaría una onda como se mostró en la

Figura 1. Esto se comprobó midiendo la tensión existente en la resistencia de carga, donde se obtuvieron los resultados que se muestran en la Tabla 3.

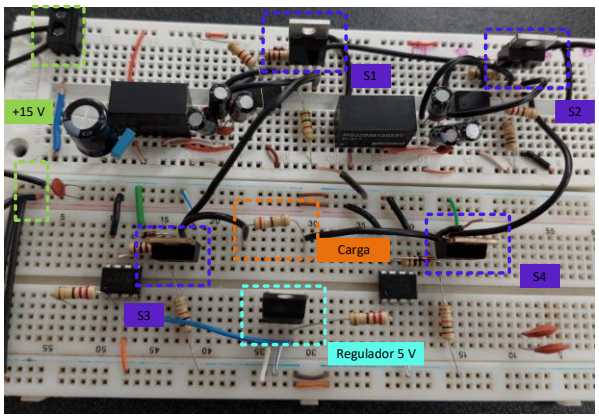


Fig. 5. Inversor puente H.

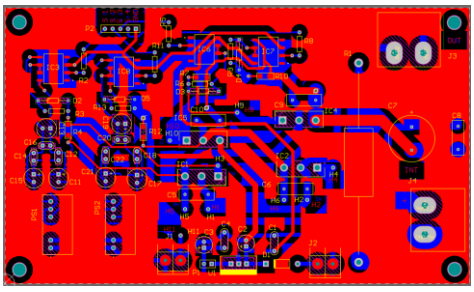
Tabla 2. Tensiones de encendido y apagado en los interruptores del inversor.

Interruptores	Encendido	Apagado
S1	$15\ V$	$-5\ V$
S2	$15\ V$	$-5\ V$
S3	$15\ V$	$0\ V$
S4	$15\ V$	$0\ V$

Tabla 3. Tensiones en la carga del inversor.

Interruptores accionados	Tensión
S1, S4	$15\ V$
S2, S3	$-15\ V$

Realizadas las pruebas anteriores, se diseñó el PCB del inversor que se muestra en la Figura 6 a), tomando en cuenta las características de este que se plantearon en el punto anterior. El inversor fue implementado y se observa en la Figura 6 b).



a)

b)

Fig. 6. a) PCB del inversor b) implementación del PCB.

V. DISCUSIÓN

De acuerdo con los resultados obtenidos, las pruebas realizadas al inversor fueron adecuadas para verificar su correcto funcionamiento; y con ello diseñar y realizar un modelo el cual pueda cumplir con los requisitos planteados al implementarse en una topología de un inversor multinivel puente H en cascada, permitiendo generar una onda de salida con una DAT baja y una mejor calidad de la energía.

VI. CONCLUSIONES

Se desarrolló el modelado y diseño de un inversor puente H, para el cual fue necesario probar su funcionamiento. La tensión de salida que se obtendrá de este inversor será una onda con forma cuadrada de dos niveles, los cuales tendrán el valor de la tensión de entrada de manera positiva y negativa. Esto siempre y cuando se accionen los interruptores correspondientes como se observa en la Tabla 3.

El desarrollar y diseñar este inversor tiene como finalidad que este sirva como un circuito base, el cual pueda ser replicado. Permitiendo así la implementación de un inversor multinivel puente H en cascada. Los resultados obtenidos durante las pruebas mostraron un buen desempeñó permitiendo así poder replicar el modelo y generar un inversor multinivel aplicado a sistemas fotovoltaicos.

VII. RECONOCIMIENTOS

Expreso mi agradecimiento al Instituto Tecnológico Superior de Irapuato-Campus Irapuato y al Dr. Adolfo Rafael López Núñez por las facilidades y el apoyo otorgado para la realización de la estancia de verano.

REFERENCIAS

[1] M. Derakhshanfar, “Analysis of different topologies of multilevel inverters.” Chalmers University of Technology, Department of Energy and Environment, 2010.

[2] A.R. López, J.M. Sosa, M.A. Juarez, F. de J. Torres, C. Correa. “Calculation of Optimal Switching Angles for a Multilevel Inverter through the Taguchi Design Approach,” International Autumn Meeting on Power, Electronics and Computing (ROPEC 2019), 2019.

[3] Muhammad H. Rashid, Electrónica de potencia: circuitos, dispositivos y aplicaciones., 2da edición., vol. 1995. Edo. de México. 1995.

[4] J. G. Antonio Araque, J. R. Luis Díaz, O. E. Gualdrón G, “THD optimization of a single phase multilevel inverter using genetic algorithms”. Colombia. 2013.

FABRICACIÓN DE UNA CELDA SOLAR ORGÁNICA SENSIBILIZADAS CON TINTURA DE CAPSAICINA Y CASCARA DE PERSEA AMERICANA

Cecilia Guadalupe Chávez Guzmán
Instituto Tecnológico Superior de Abasolo
Cuitzeo de 401 Cuitzeo de los Naranjos 36976,
Los Naranjos, Abasolo, Gto.
cecichavez54@gmail.com

José Sabás Segura
Instituto Tecnológico Superior de Abasolo
Cuitzeo de 401 Cuitzeo de los Naranjos 36976,
Los Naranjos, Abasolo, Gto
jose.ss@abasolo.tecnm.mx

Resumen — Una celda solar Graetzel, es aprovechada para generar electricidad en dispositivos de poco voltaje, cuya característica principal es emplear material orgánico que permite su fácil descomposición cuando es desechada. La celda desarrollada consta de un semiconductor: un ánodo fotosensible y un electrolito. Su diseño consiste en seis capas, se compone por un material semiconductor de Dióxido de Titanio, un tinte extraído del hueso de aguacate, un electrolito de solución salina, dos electrodos de vidrio con una capa conductora transparente cubierta con Oxido de indio y estaño, al igual que por un catalizador de carbón activado. Para la obtención del tinte se utiliza un solvente a base de NaOH. El voltaje máximo es de un 1V a 22 mA, y una potencia de hasta de 0.022Wcm^2, por lo que podría ser una celda viable para su fabricación.

Palabras clave — Celda solar Graetzel.

Abstract — A Graetzel solar cell is used to generate electricity in low voltage devices, whose main characteristic is to use organic material that allows its easy decomposition when discarded. The developed cell consists of a semiconductor: a photosensitive anode and an electrolyte. Its design consists of six layers, it is made up of a TiO2 semiconductor material, plus chitosan painted by a dye extracted from avocado pits, a saline solution electrolyte, two glass electrodes with a transparent conductive layer of ITO and an activated carbon catalyst. For the extraction of the dye, a NaOH-based solvent is used. The maximum voltage is 1V at 22mA, and a power of up to 0.022Wcm^2, so it could be a viable cell for manufacturing.

Keywords — Solar cell Graetzel

I. INTRODUCCIÓN

Dentro de los últimos años la obtención de energía eléctrica es más contaminante, el impacto ambiental lleva al efecto invernadero debido a los gases que se liberan durante la producción de energía eléctrica. Durante los últimos años se han realizado numerosos estudios en busca de fuentes alternativas, tales como la energía solar que mediante módulos o sistemas fotovoltaicos. Los sistemas solares o paneles fotovoltaicos son hechos mediante silicio. La fabricación de las celdas produce contaminantes, debido al silicio, el cual se refina por combinación de ácido clorhídrico con silicio de grado metalúrgico, llegando a silicio elemental, lo cual ocasiona emisiones químicas, en su mayoría dióxido de carbono y dióxido de sulfuro [1]. Las celdas solares orgánicas sensibilizadas por colorante son una excelente opción para la sustitución de las celdas de silicio. De acuerdo con distintos estudios, se tiene como referencia que los tintes orgánicos pueden alcanzar eficiencias iguales o incluso mejores en comparación con las de silicio [2].

II. MARCO TEÓRICO

La energía solar es el aprovechamiento del sol, a partir de la radicación que es aprovechada mediante dispositivos como son las celdas solares, que como se sabe son dispositivos que captan la luz solar y la convierte en energía eléctrica [3] [4]. Las celdas solares se clasifican dependiendo de los materiales que se utilizan y se dividen en primera, segunda y tercera generación:

La primera generación fue introducida en la década de 1950, se caracterizan por utilizar monocristales de oxido silicio (SiO_2) [5]. La eficiencia media de los módulos comerciales es de alrededor del 16%, con una vida útil de aproximadamente 20 años. El inconveniente principal es el uso de láminas de SiO_2 con un alto grado de pureza que requieren altas temperaturas (> 1000˚C) e instalaciones al vacío. Estos requisitos ocasionan el incremento de los costos de fabricación [5].

La segunda generación está basada en el uso de películas delgadas de silicio amorfo (aSi), seleniuro de cobre indio-galio (CIGS), telururo de cadmio (Cd-Te) o arseniuro de galio (GaAs). La película es depositada sobre un sustrato (p.ej., vidrio, polímero o metal) y se encuentra en un rango de 1 a 4 µm. La eficiencia de estas celdas solares oscila entre 7% (a-Si) y 16,3% (CdTe) [5]. Los costos de fabricación son menores debido a la cantidad menor de material empleado. Sin embargo, el uso de elementos químicos, Cd, In y As aumenta su toxicidad, lo que supone un riesgo para la salud y el ambiente [5].

Finalmente, la tercera generación son celdas solares aún en fase de desarrollo. Dentro de las cuales sobresalen las celdas solares tipo orgánicas, de perovskita y Gratzel (también conocidas como celda solar sensibilizada con colorante) [5]. Gratzel físico suizo inventor de celdas de tercera generación como son las “células Gratzel” creadas a partir de materiales baratos y con un proceso de fabricación muy simple, por lo cual su rendimiento es excepcional y su coste mucho menor que el de los paneles solares clásicos de silicio. La tecnología usada, exitosa como 'fotosíntesis artificial', se apoya en usar dos electrodos y un tinte que forma electrones al contacto con la luz [6]. La celda de Gratzel tiene dos electrodos: un cátodo (terminal positivo) y un ánodo (terminal negativo). El ánodo se cubre con una placa de vidrio que contiene dióxido de titanio (semiconductor), que se sumerge en tinte natural. El cátodo está recubierto con un material que cataliza la transferencia de electrones, como el carbono o el platino [7].

Cómo funciona una celda de Gratzel, la luz del sol viaja a través del cátodo y los tintes impregnados en el cátodo absorben la luz. Cuando la molécula de tinte absorbe la luz, un electrón entra en un estado excitado que puede pasar del tinte a la banda de conducción de TiO_2. En la ventosa, los electrones se difunden desde el TiO_2 al vidrio conductor. Desde allí, los electrones son transportados hasta el ánodo [8] [9]. Después de perder un electrón, la molécula de colorante se oxida, es decir, tiene un electrón menos que antes. Cuando se reinyectan electrones a través de un electrodo simple, las moléculas de colorante vuelven a su estado original. De esta manera, el proceso se transforma en un ciclo generador de corriente [8] [9].

III. MATERIALES Y MÉTODOS

En la realización de las celdas orgánicas los principales materiales y reactivos que se necesitaron fieron: Tinte natural, en este caso se tiene el tinte de capsaicina y hueso de persea americana, un mortero, 1 pipeta graduada, Oxido de Titanio, Vinagre, (Dato: por cada 10 g de dióxido de titanio TiO2 se necesitan 20 ml de vinagre) Tritón, Electrolitos, placas conductoras con una película conductor de ITO (óxido de indio estaño), guantes látex, encendedor y por último el multímetro. Primero se preparó la solución de TiO2. Dentro de un mortero se agregó el TiO2 al igual se incorporó vinagre y se mezcló para posteriormente agregar una gota de Triton X-100, una vez mezclado y obteniendo una pasta homogénea. La pasta fue colocada en una placa conductora sobre la película de ITO, hasta que quede uniforme se dejó secar, en este punto se creó el lado del electrón negativo. Después de que se secó el lado negativo se le agrega de una manera uniforme el tinte de hueso de persea americana con la capsaicina, se dejó secar. En la otra placa (lado conductor), se debe generar un catalizador, para ello se quema con un encendedor hasta que se forme una película oscura de carbón, obteniendo el electrón positivo. Y por último se le agrega una gota de electrolito para posteriormente unir el lado negativo y positivo así terminando el montaje de la celda. En la preparación de la tintura, se obtiene a partir de molienda de la cascara de persea americana y molienda Capsicum annuum, esta molienda se mezcla de agua destilada y NaOH, la mezcla se coloca en una parrilla de agitación durante una hora y después de este tiempo se deja reposar 24 hrs, una vez completado esta fase se filtra con ayuda de una bomba de vació, con el fin de reti/rar el mayor contenido de molienda, después la solución obtenida se coloca en un rotovapor con el fin de eliminar el exceso de agua y así obtener una tintura mas densa y tenga mejor cobertura.

IV. RESULTADOS

El procedimiento de medición para la Celda Solar Orgánica Sensibilizadas con Tintura de Capsaicina y Cascara de Persea americana, se realizó con ayuda de un multímetro, que arrojó datos como la corriente y el voltaje máximos que se puede observar en las figuras 2 y figura 3. Así demostrando el cumplimiento de la curva del semiconductor ideal que se muestra en la figura 1.

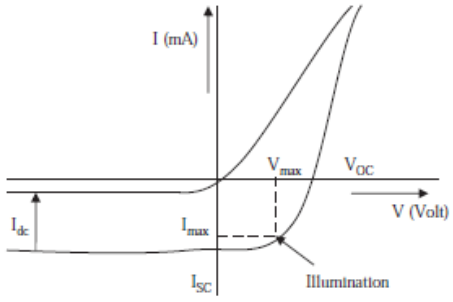


Figura 1. Curva característica de un semiconductor (Fuente: Tiwari, 2010)

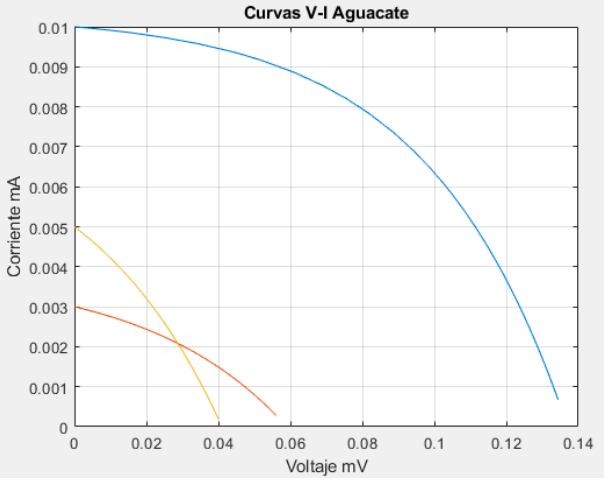


Figura 2. Grafica de la curva I-V de un semiconductor, medido a las 12 pm del día.

En la figura 2 solamente se utilizó la tintura de cascara de persea americana dando un resultado favorable.

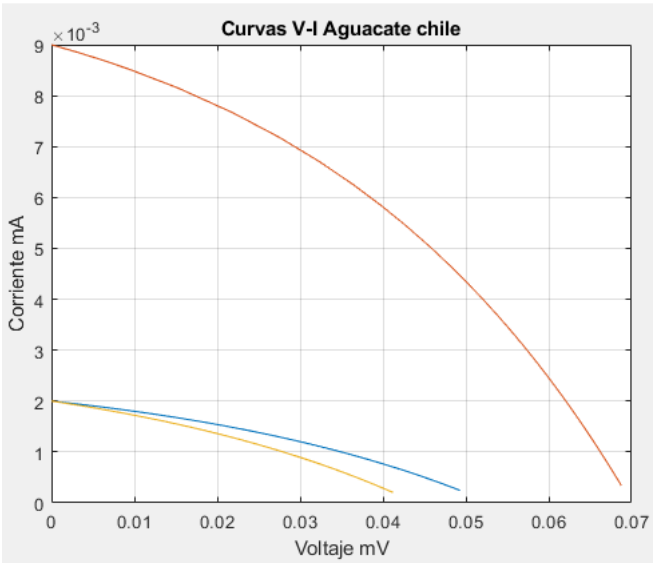


Figura 3. Grafica de la curva I-V de un semiconductor, medido a las 2 pm del día.

En la figura 3 se hizo la mezcla de tintura de cascara de persea con la capsaicina dando como resultado una perdida de eficiencia dentro de la celda, dejando en claro que la cascara de persea americana no es compatible con la capsaicina, con esta información, se realizaron cálculos con ayuda de las fórmulas del Fill Factor y la eficiencia.

El Fill Factor en la ecuación (1) indica qué tan bien se realiza una unión en la celda y qué tan baja se ha hecho la resistencia en serie. Se puede reducir por la presencia de resistencia enserie y tiende a ser mayor cuando el voltaje de circuito abierto es alto [10].

$$FF = \frac{P_{max}}{V_{oc} * I_{sc}} = \frac{(I_{max} * V_{max})}{V_{oc} * I_{sc}} \quad (1)$$

La eficiencia de conversión de energía de la celda solar se puede calcular con la ecuación (2) de acuerdo con Tiwari & Swapnil (2010) [10].

$$\eta_{ec} = \frac{P_{max}}{P_{in}} = \frac{(V_{oc} * I_{sc} * FF)}{I(t) * A_c} \quad (2)$$

Realizando los respectivos cálculos se obtuvieron en la tabla 1 los resultados de la celda con tintura de Cascara de persea americana.

Tabla 1. Cascara de Persea americana

Experimento	Área	Voc (V)	Isc (A)	Voltaje máximo (V)	Corriente máxima (A)	Fill Factor	Potencia máxima (W)
1	0.00125	0.137	0.01	0.08861	0.007362	0.47616556	0.05218775
2	0.00125	0.059	0.003	0.02299	0.00285	0.37017797	0.00524172
3	0.00125	0.041	0.005	0.03225	0.001916	0.30141951	0.00494328

En la tabla 2 se muestra los resultados de los cálculos de la celda con la mezcla de tinturas de Cascara de persea americana y capsaicina.

Tabla 2. Capsaicina y cascara de Persea americana

Experimento	Área	Voc (V)	Isc (A)	Voltaje máximo (V)	Corriente máxima (A)	Fill Factor	Potencia máxima (W)
1	0.00125	0.053	0.002	0.03252	0.001104	0.33869887	0.00287217
2	0.00125	0.07	0.009	0.04254	0.00054	0.03646286	0.00183773
3	0.00125	0.044	0.002	0.02602	0.001096	0.32406727	0.00228143

IV. CONCLUSIONES

La realización de la Celda Solar Orgánica Sensibilizadas con Tintura de hueso de aguacate es muy eficiente de acuerdo a los estudios y diferentes experimentaciones dentro del instituto, pero al agregar la combinación de Tintura de Capsaicina y Cascara de Persea americana muestra que la eficiencia baja en comparación del hueso de aguacate, lo que indica que los aceites que tiene el hueso ayudan a la eficiencia, al igual que se necesitan diferentes pruebas para obtener mejor o igual eficiencia con otros solventes cambiando la consistencia de las tinturas dejando como base de hueso de aguacate.

V. RECONOCIMIENTOS

Agradezco el apoyo otorgado por parte del Instituto Tecnológico Superior de Abasolo/Tecnológico Nacional de México campus Abasolo por las facilidades otorgadas para completar la investigación de verano, de igual manera agradezco, al maestro José Sabas Segura por su dedicación, apoyo incondicional dentro del desarrollo del verano. Por último, a mi padre Mauricio Rafael Chavez Cisneros, quien me apoyo de manera emocional para concluir el verano de investigación.

REFERENCIAS

[1] J. Santamarta, «Las energías renovables son el futuro,» *WORLD•WATCH,* pp. 36-38, 09 02 2010.

[2] S. Eco, ¿Cómo se fabrican las celdas solares? En La energía solar no es tan verde como crees, México: Eco siglos, 2019.

[3] D. Esparza, J. Torres, J. Sánchez y J. M. Rivas, «Celdas solares de tercera generación,» *Investigación cientifiica,* vol. 14, nº 2, pp. 2-6, 2020.

[4] H. J. H. Valenzuela, «RedSolar,» 05 12 2018. [En línea]. Available: https://redsolar.ier.unam.mx/wp-content/uploads/2018/12/Como-funcionan-las-celdas-solares.pdf. [Último acceso: 05 07 2022].

[5] J. Alonso Perez, E. Reynoso Soto, B. Trujillo Navarrate y N. Cazarez Castro, «Fabricación automatizada de películas delgadas compactas en el desarrollo de celdas solares tipo Grätzel,» *Revista de Tecnologia e Innovacion,* vol. 4, nº 11, pp. 37-39, 2017.

[6] J. Galán, «El mundo,» El mundo, 10 06 2010. [En línea]. Available: https://www.elmundo.es/elmundo/2010/06/10/navegante/1276153072.html. [Último acceso: 06 07 2022].

[7] E. A. Arévalo Calderón y F. D. Espinoza Quezada, «1library,» 15 Febrero 2015. [En línea]. Available: https://1library.co/document/4zpmp7ze-construccion-experimental-celdas-solares-sensibilizadas-colorante-dssc-gratzel.html. [Último acceso: 2022 Junio 15].

[8] M. Graetzel, «A high molar extinction coefficient charge transfer sensitizer and its application in dye-sensitized solar cell,» *EL SEVIER,* vol. 185, nº 2, pp. 331-337, 2007.

[9] F. A. Recabal Rivas, *Estudio de eficiencia de Celdas Solares Orgánicas,* Santiago de Chile, 2018.

[10] G. N. Tiwari y D. Swapnil, «Fundamentals of Photovoltaic Modules and Their Applications,» RSC Energy Series, 2010, pp. 81-108.

EVALUACIÓN FOTOCATALÍTICA DE MATERIALES DE DESECHO PARA REMEDIACIÓN DE AGUAS CONTAMINADAS POR METALES PESADOS

Samanta Lizette Gutiérrez Cedeño
Instituto Tecnológico de Querétaro - TecNM Campus Querétaro
Av. Tecnológico s/n
esq. Gral. Mariano Escobedo.
Colonia Centro Histórico
C.P. 76000, Querétaro, Querétaro.
l17140497@queretaro.tecnm.mx

Yolanda Jiménez Flores
Instituto Tecnológico de Querétaro - TecNM Campus Querétaro
Av. Tecnológico s/n
esq. Gral. Mariano Escobedo.
Colonia Centro Histórico
C.P. 76000, Querétaro, Querétaro.
yolanda.jf@queretaro.tecnm.mx

Resumen — En el presente trabajo se realizó la evaluación fotocatalítica de la hidroxiapatita (HA), la cual se sintetizó utilizando desechos de cascaron de huevo como fuente principal, obteniendo la HA por medio de un método termoquímico. Se caracterizó por medio de IR para después pasar a su evaluación fotocatalítica en una solución con Cromo (VI) dentro de un sistema de reacción en condiciones de cámara oscura e irradiación de luz UV de 254nm, para observar su eficacia en la reducción del elemento contaminante Cr (VI) a Cr (III). Las muestras de solución obtenidas a lo largo de la fotocatálisis, fueron caracterizadas mediante UV-VIS.

Palabras clave — Evaluación fotocatalítica, remediación, hidroxiapatita.

Abstract — In the present work, the photocatalytic evaluation of hydroxyapatite (HA) was performed, which was synthesized using wastes such as eggshells, obtaining HA by means of a thermochemical method. It was characterized by means of IR, and then it was evaluated photocatalytically in a chromium solution in a dark chamber system and the application of UV radiation, to observe its effectiveness in the reduction of the pollutant element Cr (VI) to Cr (III). The solution samples obtained during the photocatalysis were characterized by UV-VIS.

Keywords — Photocatalytic evaluation, remediation, hydroxyapatite

I. INTRODUCCIÓN

Debido a la situación en aumento de la contaminación de aguas por metales pesados provenientes de fuentes antrópicas como desechos de procesos industriales tales como la extracción minera, fabricación y soldadura de acero inoxidable, colorantes, pigmentos y pinturas, revestimientos, entre otros. Se realizó la búsqueda de un material de gran abundancia, amigable con el ambiente, de bajo costo y fácil acceso.

Se seleccionó el cascarón de huevo debido a su fácil acceso y composición la cual es de entre 96 a 98% de calcita y del 2 a 4% de materia orgánica. La calcita es precursora de un material inorgánico de diversas propiedades llamado Hidroxiapatita (HA), el cual puede ser un material apto para la investigación.

La hidroxiapatita se obtuvo mediante la síntesis por un método termoquímico, en el que se usó cascarón de huevo como precursor principal.

Finalmente, la evaluación fotocatalítica de la HA se realizó en laboratorio, utilizando soluciones de agua contaminada con Cr (VI) a 40ppm siguiendo la norma mexicana NMX-AA-044-SCFI-2014 (análisis de agua. - medición de cromo Hexavalente en aguas naturales, salinas, residuales y residuales tratadas- método de prueba).

II. MARCO TEÓRICO

A. Remediación

La remediación se refiere al tratamiento para la remoción de elementos contaminantes en el medio ambiente. [1]

B. Metales pesados

Los metales pesados son elementos naturales con aplicaciones industriales, medicas, agrícolas y tecnológicas, entre otras. Los cuales son de alto riesgo al medio ambiente y a los seres vivos, debido a su nivel de toxicidad, mutagenicidad y carcinogenicidad y a la fácil llegada de estos debido a las diferentes industrias que tiran sus desechos al medio ambiente, afectando de igual manera a los mantos acuíferos y al suelo. [2]

1) Cromo (Cr)

Es un metal pesado encontrado naturalmente y muy utilizado en procesos industriales. Tiene diferentes estados de oxidación, el Cr (VI) y Cr (III) son los más estables y comunes. El cromo hexavalente está relacionado con afectaciones a la salud y el cromo trivalente se encuentra en el cuerpo humano en pequeñas cantidades para diversas funciones del metabolismo. [3]

C. Hidroxiapatita $Ca_5(PO_4)_3(OH)$

Es un biocristal de fosfato de calcio muy estable. Está presente en dientes, huesos, cascarones y exoesqueletos. Puede ser natural o sintético; es un material bioactivo, biocompatible, natural y de nulos riesgos para los seres vivos y el ambiente en general. [4]

III. MATERIALES Y MÉTODOS

A) Obtención de material descontaminante

Se recolectaron cantidades considerables de cascarón de huevo para la obtención de HA. El cascarón pasó por un proceso de limpieza el cual fue dar un lavado con agua y jabón para después hervirse en agua destilada durante 30min. Después, el cascarón fue triturado para entrar a un proceso de calcinación a 900°C durante 1hr, durante este tiempo es eliminada toda la materia orgánica presente en el cascarón. El material obtenido fue pulverizado para rehidratarse en agua destilada, se ajustó el pH, debido a su acides agregando H_3PO_4, tuvo un proceso de agitación durante 30min y 24hrs de reposo a temperatura ambiente ***Fig. 1***

Después del reposo, se realizó un lavado con agua destilada y un filtrado del material, para así entrar nuevamente al horno a 90°C durante 1hr para deshidratar y finalmente

obtener la HA. Durante el proceso se observó la cantidad de material obtenido del calcinado y deshidratado y se estimó una proporción ideal para tener mayor cantidad de HA. ***Tabla 1***

B) Evaluación fotocatalítica

Para la evaluación fotocatalítica del material se utilizó un sistema de fotocatálisis constituido por una caja oscura, lampara UV, y un agitador magnético. Se realizó una solución problema de Dicromato de potasio a 40ppm, se adicionaron 0.2g de HA y 0.05 g de ácido cítrico. Se ajustó el pH de la solución a 2, y entró al sistema de fotocatálisis durante 30 min en total oscuridad y después de esto se encendió la lampara UV. Cada 30min se tomaron alícuotas de la solución para realizar la caracterización de éstas. ***Fig.2***

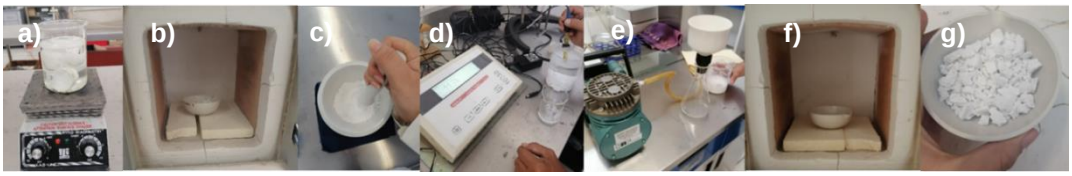


Fig. 16 Obtención de material descontaminante (hidroxiapatita) **a)** limpieza de cascarón **b)** eliminación de materia orgánica **c)** pulverizado **d)** hidratación y ajuste de pH **e)** filtrado de material **f)** secado **g)** HA

Tabla 1. Cantidad de material obtenido por proceso

Proceso	Cascarón de huevo (gr)	Material obtenido (gr)
calcinado	100	50
deshidratado	50	32.55

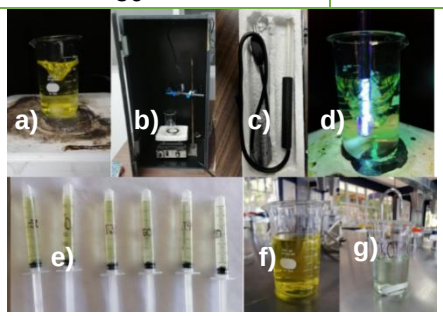


Fig. 2 Evaluación fotocatalítica **a)** solución contaminada **b)** cámara oscura **c)** lampara UV **d)** proceso de fotosíntesis **e)** alícuotas **f)** solución inicial antes de la fotocatálisis **g)** solución final después de la fotocatálisis.

Para el análisis de las muestras tomadas durante la fotocatálisis por medio de espectroscopía UV-VIS se siguieron pasos dictados por la norma NMX-AA-044-SCFI-2014 [5], debido a que el material obtenido es heterogéneo, se filtraron las soluciones mediante una membrana de 0,45 µm **Fig. 3** para así no tener material sólido en las muestras que interfiriera en el análisis.

IV. RESULTADOS

A) Obtención de material descontaminante

Se realizaron análisis IR para confirmar que el material obtenido fuera hidroxiapatita y se comparó con un análisis IR de hidroxiapatita sintética. **Fig. 4**

B) Evaluación fotocatalítica

Se realizaron análisis UV-VIS de las muestras de la solución problema de Cr (VI) tomadas cada 30 min para verificar la presencia de ácido crómico en las soluciones **Fig. 5** y el tiempo transcurrido en la remoción del ácido crómico **Fig. 6**

Fig. 17 Preparación de muestras para análisis UV-VIS

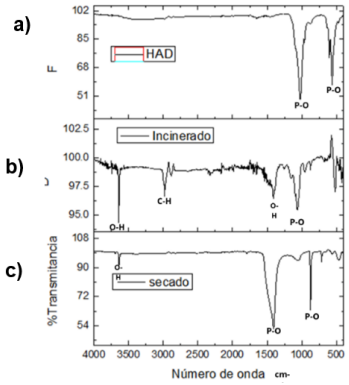


Fig. 4 Caracterización IR del material y comparación **a)** hidroxiapatita sintética **b)** cáscara de huevo después del incinerado **c)** hidroxiapatita obtenida de manera natural

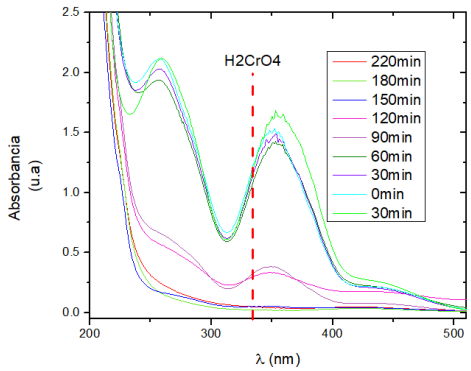


Fig. 5 Presencia de ácido crómico en las soluciones

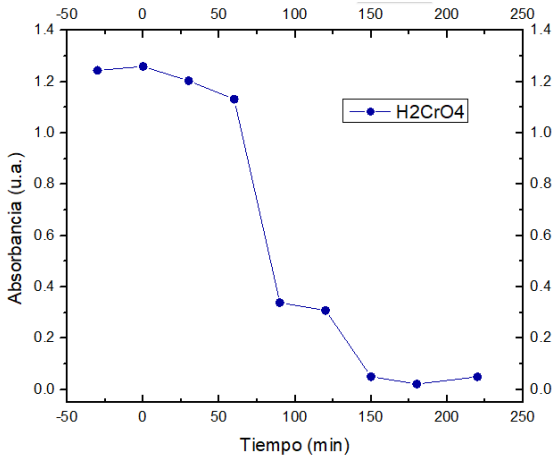


Fig. 6 Tiempo transcurrido en la remoción del ácido crómico

V. DISCUSIÓN (O ANÁLISIS DE RESULTADOS)

De acuerdo a la comparación del IR de la HA sintética y la HA natural, se puede observar que los grupos funcionales presentes en éstas coinciden.

En los resultados de la evaluación fotocatalítica **Fig. 5** se puede observar la presencia del H_2CrO_4 al inicio de las pruebas en la longitud de onda de 340nm de acuerdo a la norma mexicana es la longitud de onda a la que se puede detectar el ácido crómico, al analizar las siguientes muestras se puede observar que deja de detectarse poco a poco hasta llegar muy cerca del cero. Y en la Fig. 6 representa la presencia del H_2CrO_4 a lo largo del tiempo, viendo que a los 80min hubo mayor reducción del contaminante.

VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En conclusión, el material de desecho elegido es apto para la remediación de aguas contaminadas por medio de la fotocatálisis heterogénea, además la cantidad necesaria para la remoción de metales pesados es mínima y al ser un derivado del fosfato de calcio no causa daño a los seres vivos.

Como siguiente paso, se realizarán pruebas bajo la luz visible para evaluar la remoción de metales pesados y se desarrollarán nuevas pruebas con otros metales pesados como plomo, cadmio y arsénico para observar la eficacia de la HA.

VII. RECONOCIMIENTOS (O AGRADECIMIENTOS)

Agradezco al Tecnológico Nacional de México Campus Querétaro, y especialmente a la Dra. Yolanda Jiménez Flores por su guía y apoyo para el desarrollo de la investigación, de igual manera a la Dra. Cynthia Graciela Flores Hernández por su apoyo durante mi estancia en los laboratorios de la institución.

REFERENCIAS

[1] J. Sánchez. (S/F) Remediación de suelos: investigación y descontaminación de suelos y aguas subterráneas por cambio de uso [Online] https://www.inerco.com/blog/remediacion-de-suelos/

[2] A. Covarrubias, J. Peña. (2016, oct. 21) Rev. Int. Contam. Ambie. 33 (Especial Biotecnología e ingeniería ambiental) [Online] DOI: 10.20937/RICA.2017.33.esp01.0

[3] E. Gregersen (2022, Jul 03) Chromium | Uses, Properties, & Facts [Online] chromium | Uses, Properties, & Facts | Britannica

[4] V. García, J. Reyes. (2006, dic.) La hidroxiapatita. Aplicación e importancia. [Online] https://www.scielo.org.mx/pdf/tip/v9n2/1405-888X-tip-9-02-90.pdf

[5] U. Marina (2015, Ene. 13) NMX-AA-044-SCFI-2014 [Online] Microsoft Word - NMX-AA-044-SCFI-2014 (www.gob.mx)

DESARROLLO DE MATERIALES NANOMÉTRICOS CATALÍTICOS Y ADSORBENTES PARA EL MEJORAMIENTO DEL MEDIO AMBIENTE

Barraza Navarro Luis Adrian
Universidad Autónoma de Aguascalientes
Av. Universidad # 940, Ciudad Universitaria,
C.P. 20100, Aguascalientes, Ags. México.
al226493@edu.uaa.mx

Dr. Rufino Nava Mendoza
Universidad Autónoma de Querétaro Campus Aeropuerto
Carr. a Chichimequillas S/N, Ejido Bolaños, 76140
Santiago de Querétaro, Qro.
rufino@uaq.mx

Resumen — En esta investigación se realizó un estudio acerca de la selectividad en la capacidad de adsorción de iones de metales pesados de Sílices Mesoporosas como Adsorbentes, en específico de nanopartículas de sílice mesoporosas, obtenidas en forma de esponja de sílice amorfa funcionalizada con grupos mercapto y amino. Para lo cual, se prepararon diferentes soluciones acuosas contenidos en la misma solución los iones de metales pesados, de los metales Cromo +6, Plomo 2+ y Mercurio 2+, esto con el fin de observar si existe selectividad en la adsorción por algún metal y medir la cantidad de metal adsorbido de cada ion metálico. Por cuestiones de tiempo e imprevistos con los equipos de laboratorio y la situación pandémica no se lograron realizar los análisis cuantitavos de las capacidades de adsorción. Sin embargo, se realizaron las adsorciones de los tres iones metálicos en los diferentes adsorbentes y a través del cambio de coloración en los adsorbentes, podemos afirmar, que ocurrió adsorción de los iones metálicos en la superficie de los adsorbentes (análisis cualitativo).

Palabras clave — Adsorción, funcionalización, metales pesados.

Abstract — In this investigation report, its demonstrate the capacity of Nanometric Catalytic and Adsorbent Materials, specifically mesoporous silica nanoparticles, which were synthesized in the form of an amorphous sponge and later functionalized with mercapto and amino groups. Likewise, different metallic solutions were made, of the metals Chromium +6, Lead 2+ and Mercury 2+, this in order to observe if there is selectivity for any metal and measure the amount of adsorbed metal of each metallic ion.

Keywords — Adsorption, functionalization, heavy metals

I. INTRODUCCIÓN

Actualmente México se encuentra en una situación crítica en cuanto al uso de sus recursos hídricos a causa de la sobreexplotación, contaminación y mal uso de las fuentes de agua. Entre los diversos factores que ocasionan un problema hídrico a nivel nacional son los diferentes contaminantes que se encuentran en las aguas debidos a diversas actividades industriales [4]. Una de las opciones para atender el problema ha sido someterlas a algún tipo de tratamiento que reduzca la cantidad de contaminantes.

Es por eso que esta investigación busca generar una nueva forma de eliminar los contaminantes disueltos en aguas y ayudar a solucionar una de las problemáticas mas grandes y de mayor importancia en el país.

Actualmente la nanotecnología emerge como una interesante alternativa para el diseño de sistemas para el tratamiento de aguas. El pequeño tamaño de las nanopartículas y las características de los nanomateriales hacen que el potencial de la nanotecnología en este campo sea enorme. No obstante, estos tratamientos no han sido estudiados a profundidad, y pocas veces se han puesto a prueba, por lo que se busca generar una nanoestructura capaz de adsorber la mayor cantidad de contaminantes (en específico de metales pesados) disueltos en agua y ver qué características posee este material. [5]

II. MARCO TEÓRICO

Una de las mejores maneras de retirar contaminantes de una solución es mediante el proceso de adsorción, este consiste en la adhesión de moléculas una superficie [1]. Como adsorbente en esta investigación se usó una nanopartícula de sílice mesoporosa en forma de esponja amorfa.

La sílice y los materiales compuestos a base de sílice son una clase esencial de adsorbentes que se han empleado ampliamente debido a sus características fisicoquímicas únicas y ajustables, es por eso que esta estructura permitió la adhesión de grupos funcionales mercapto. [2]

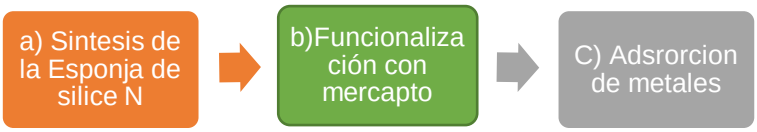
Los grupos Mercapto también llamado “grupo tiol o grupo sulfhidrilo “ es un compuesto que contiene el grupo funcional formado por un átomo de azufre y un átomo de hidrógeno (-SH). La característica más sobresaliente de los tioles es su horrible olor. Los tioles se preparan por lo general a partir de haluros de alquilo por el desplazamiento SN2 con un nucleófilo de azufre como el anión hidrosulfuro, SH. [7]

Entre los metales considerados como contaminantes del agua, según la Norma Oficial Mexicana (NOM-002-ECOL-1996) publicada en el Diario Oficial el 3 de junio de 1998, se encuentran, entre otros: cromo, mercurio, arsénico, cobre, plomo, níquel, zinc, cadmio, manganeso. [6] Esta investigación puso a prueba el material adsorbente en 3 de estos metales. El cromo hexavalente, también conocido como **cromo 6 (Cr6),** es la forma tóxica del metal cromo, se produce principalmente por procesos industriales. Todos los compuestos de cromo hexavalente son tóxicos (debido a su poder oxidante) y cancerígenos. [8]El Plomo +2 o **Plomo (II)** es nocivo en caso de ingestión o inhalación, puede provocar daños en los órganos tras exposiciones prolongadas o es muy tóxico para los organismos acuáticos, con efectos nocivos duraderos.[8]El **mercurio (II)** es un estado de oxidación en que se encuentra el mercurio en numerosos compuestos, es mortal en caso de ingestión, puede provocar daños en los órganos tras exposiciones prolongadas o repetidas y es muy tóxico para los organismos acuáticos, con efectos nocivos duraderos. [8]

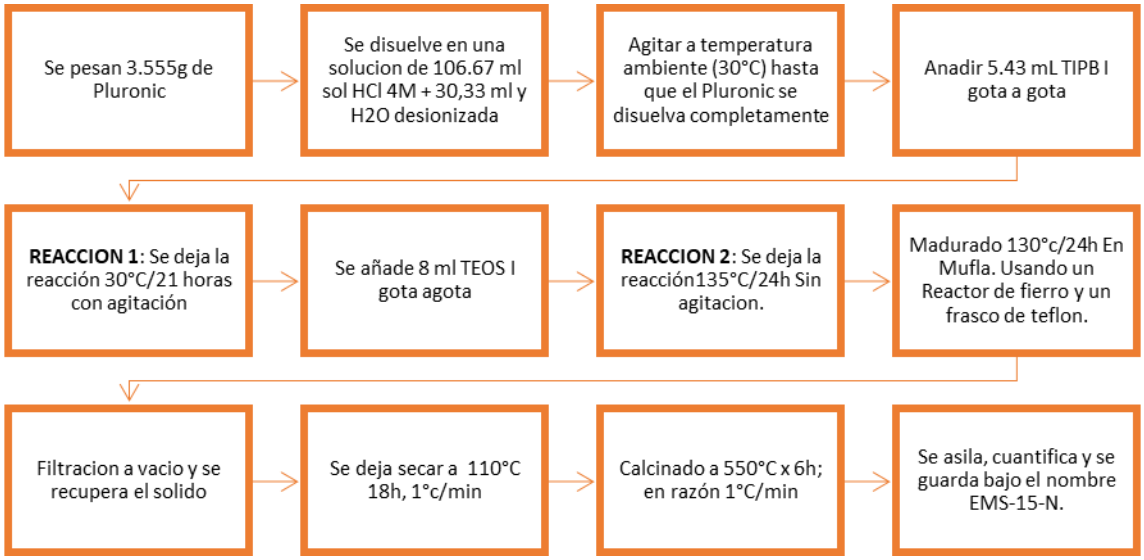
III. MATERIALES Y MÉTODOS

El sistema de adsrocion implementado consta de 3 etapas, síntesis, funcionalización y adsorción. Cada una con un proceso, materiales y una metodología diferente. El sistema general de adsorción realizado se muestra en la figura 1.

Fig. 1. Diagrama del proceso general de la investigación.



a) En la primera etapa se realiza el proceso de **síntesis** en la cual se prepara y estructura la silice N a través de una hidrólisis y condensación catalizadas por base



de TEOS42.

Fig.2. Diagrama del proceso de síntesis.

Imágenes durante el proceso de síntesis

Figura 3. Reactivo Pluronic. Este es el surfactante neutro y actúa como director de la meso estructura, es decir guía la estructura de la esponja como un copolímero de bloque.

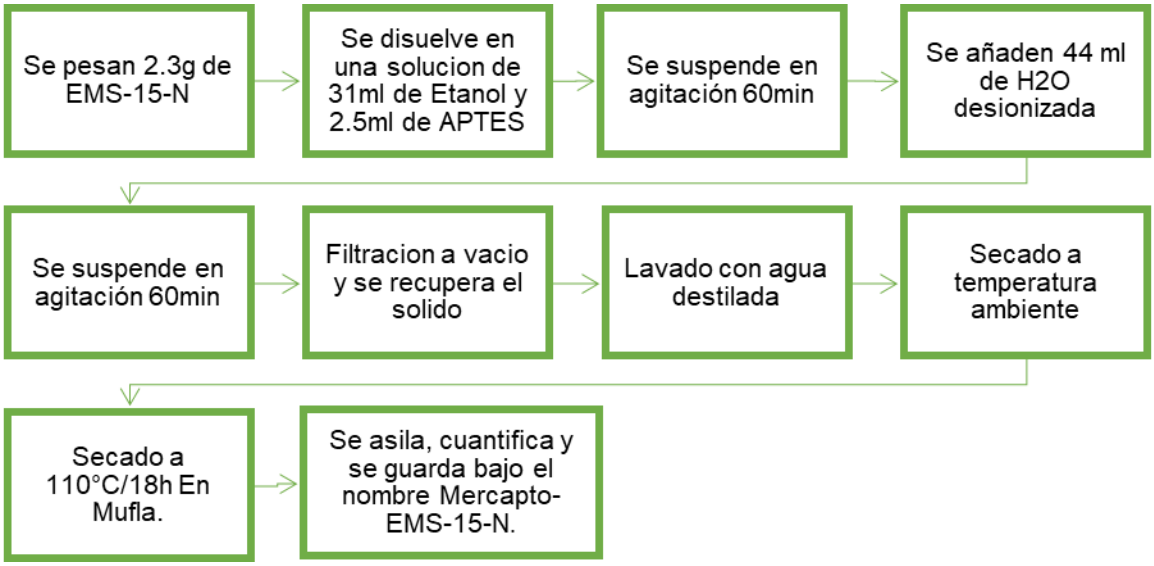
Figura 4: Manipulación del reactivo pluronic, este se realizó con dos espátulas y con el uso apropiado de guantes y con dos espátulas para su posterior pesaje. Asimismo, era muy viscosos y por lo tanto difícil de manipular para los procesos de disolución y el pesado de este.

Figura 5. Frasco de teflón con la muestra

Figura 6. Secuencia de armado del reactor.

b) En la segunda etapa se realiza el proceso de **funcionalización** con grupos mercapto en la cual se utiliza la estructura la silice N (EMS-15-N) previamente sintetizada y una solución de APTES ((3-Aminopropyl)triethoxysilane) quien aportara los grupos mercapto a la estructura.

Fig.7. Diagrama del proceso de funcionalización



Imágenes durante el proceso de funcionalización

Figura 8. Solución de 31ml de Etanol y 2.5ml de APTES. Esta es de un olor característico muy potente y desagradable, es por eso se trabaja en una campana de extracción

Figura 9. Se aña de la esponja estructura EMS-15-N a la Solución. Esta se añade mediante espolvoreando la estructura (la cual es muy parecida a un polvo) con la espátula

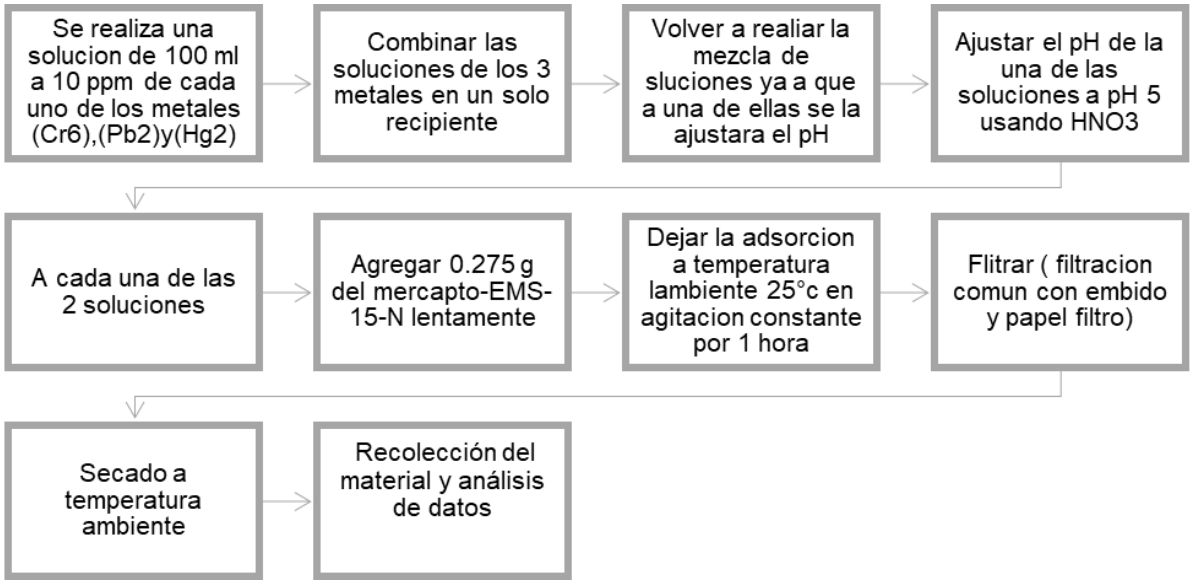
Figura 10. Filtrado

Figura 11. Secado del papel filtro. Eta fue una espata extremadamente lenta, caudada por la humedad del ambiente.

Figura 12. Etiquetado y almacenado de la esponja Mercapto-EMS-15-N se obtuvieron 2.3 granos en total.

c) Por último se realizó el experimento de **adsorción** de metales pesados en una solución de cromo (Cr6), Plomo (II) y mercurio (II). Esto con el fin de observar el porcentaje de metales absorbidos por la nano estructura y si es que en ella existe selectividad. Además, en el experimento se puede a prueba el parámetro del potencial de hidrogeno (Ph) en razón a que este podría tener alguna influencia en la capacidad de adsorción del mercapto-EMS-15-N ya que se ha visto a un pH5 se adsorbe mejor en cromo [6].

Fig.13. Diagrama del proceso de adsorción.



Cálculo del volumen de solución a base del estándar metálico.

L. Ecuaciones

Para el cálculo del volumen necesario para obtener una solución de 100 ml a 10 ppm se partió de un estándar metálico a cierta concentración del cual se tomo cierto volumen apara ajustarlo a las condiciones requeridas, diluyéndolo en agua. Para cada uno de los 3 estándares metálicos (Cr6),(Pb2)y(Hg2) se utilizo la siguiente ecuación.

$$V_1 M_1 = V_2 M_2 \quad (1)$$

donde:
V = volumen en ml
M = concentración en ppm
1 = condiciones del estándar metálico
2 = condiciones de la solución

$$V1=(V2\ M2)/M2 \quad (2)$$

donde V1 es la cantidad de volumen en ml de estándar metálico que vamos a necesitar.

- Estándar de Cromo (100 ppm)

V1=((100ml) (10ppm)) /((100ppm))
Volumen de estándar de cromo =10 ml

- Estándar de Plomo y Mercurio (10 ppm)

V1=((100ml) (10ppm)) /((1000ppm))
Volumen de estándar de Plomo =1 ml

Imágenes durante el proceso de adsorción

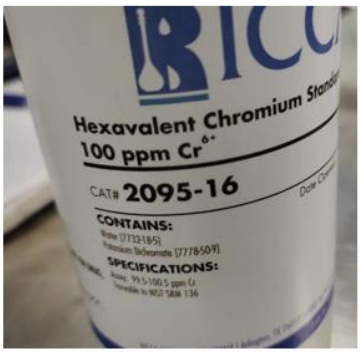


Figura 14. Reactivo estándar de cromo 6+

Figura 15. Reactivo estándar de mercurio

Figura 16. Reactivo estándar de Plomo

Nota: cada uno de los estándares metálicos estaba caduco por 4 años (caducidad de diciembre del 2016), sin embargo, se usaron ya que ninguno presentaba la formación de un precipitado. Sim embargo este factor pudo ser determinante en los resultados.

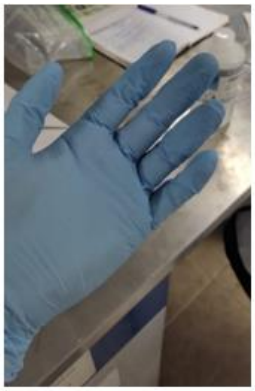


Figura 17. Es muy importante para la manipulación del material usar guantes de plástico y todos los protocolos de seguridad ya que todos los metales utilizados son tóxicos a la salud

Figura 18. Matraz aforado a 100 ml, aquí se introduce a la cantidad de volumen de estándar y luego se afora con agua desionizada.

Figura 19. Se agrega 0.275 g del mercapto-EMS-15-N lentamente a la solución metálica a temperatura ambiente y se deja adsorber 1 hora

IV. RESULTADOS

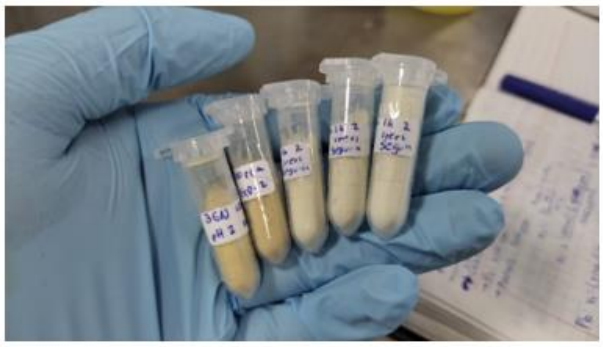


Figura. 20. Diferentes coloraciones obtenidas por las nanoestructuras después de cada proceso. En el proceso de síntesis de obtiene una colocación blanca mientras que después de ser funcionalizada se torna a un color anaranjado, señal de que la funcionalización fue exitosa.

V. DISCUSIÓN (O ANÁLISIS DE RESULTADOS)

Los procedimientos experimentales utilizados en este estudio, permitieron preparar de manera exitosa una esponja mesoporosa de sílice pura y funcionalizadas con grupos amino y mercapto. De acuerdo con los cambios de color presentados por los adsorbentes después de la adsorción de los iones de metales pesados, podemos afirmar de manera cualitativa que los adsorbentes manifestaron adsorción sobre su superficie de los iones de metales pesados. Sin embargo, el análisis cuantitativo en las capacidades de adsorción, no se lograron realizar por cuestiones de tiempo y situaciones provocadas por la pandemia de covid-19.

VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La esponja de sílice mesoporosa y su funcionalización superficial con grupos amino y mercapto fueron obtenidos de manera exitosa.

El análisis cualitativo de los adsorbentes después de los procesos de adsorción, indicaron que la esponja mesoporosa de sílice funcionalizada, presenta propiedades superficiales adecuadas para adsorción de los iones de metales pesados (Cr^{6+}, Pb^{2+} y Hg^{2+}).

VII. AGRADECIMIENTOS

Dr. Rufino Nava Mendoza: Doctor quien me selecciono en este proyecto y me permitió ser parte del 23° Verano de la Ciencia de la región Centro.

Ireri Graciela Segura Gutiérrez: Estudiante de maestría de la carrera de nanotecnología, quien guio, superviso y colaboro en toda la investigación, así como ser la responsable de enseñar a mí y a mi equipo de trabajo a trabajar en el laboratorio y a usar los equipos de análisis.

Sin duda la realización de esta investigación es gracias a Ireri, quien además de ser quien superviso el trabajo fue una compañera de trabajo amigable, atenta y paciente.

Muchas gracias, Ireri.

Fernando Morelos: Técnico del laboratorio de nanotecnología, quien me explico las bases de la nanotecnología y el funcionamiento de los equipos de análisis.

A mis compañeras de verano: Ellas me animaron a ser parte de este gran proyecto y me apoyaron durante toda mi estancia, a la par de hacerla una experiencia inolvidable.

Universidad Autónoma de Querétaro y al programa del verano de la investigación por la oportunidad de colaborar en la investigación y a las facilidades y el apoyo otorgado para la realización de la estancia de verano.

REFERENCIAS

[1] "Proceso sol-gel" file:///C:/Users/dell/Downloads/sool-gel.pdf [consultado en junio 2022].

[2] E.-H. Jang, "A systematic study of hexavalent chromium adsorption and removal from aqueous environments using chemically functionalized amorphous and mesoporous silica nanoparticles", en *Natureresearch*. Pusan National University,South Korea.: Scientific Reportó, 2020, p. 20. Accedido el 24 de julio de 2022. [En línea]. Disponible: https://doi.org/file:///C:/Users/dell/Downloads/A%20systematic%20study%20of%20hexavalent%20chromium%20adsorption%20and%20removal%20from%20aqueous%20environments.pdf

[3] WALTER J. WEBER JR “ADSORPTION PROCESSES” The University of Michigan, College of Engineering, Ann Arbor, Michigan 48104, USA,1972. Accedido el 24 de julio de 2022. [En línea]. Disponible: file:///C:/Users/dell/Downloads/Weber%20Jr%201974.pdf

[4] Sistema Nacional de Información Ambiental y de Recursos Naturales “Informe del Medio Ambiente” https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/informe18/tema/cap6.html

[5] Chávez-Lizárraga, Georgina Aurelia. (2018). Nanotecnología una alternativa para el tratamiento de aguas residuales: Avances, Ventajas y Desventajas. *Journal of the Selva Andina Research Society*, *9*(1), 52-61. Recuperado en 25 de julio de 2022, de http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2072-92942018000100005&lng=es&tlng=es.

[6] Moreno-Bonett, Consuelo, Zugazagoitia-Herranz, Rosa, Sánchez-Martínez, Cristina, Córdoba-Moreno, Rebeca, & Melo-Ruíz, Virginia. (2012). Determinación de metales pesados en el agua de un canal de Xochimilco (México, D.F.) como proyecto de Servicio Social. Educación química, 23(3), 375-382. Recuperado en 25 de julio de 2022, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-893X2012000300008&lng=es&tlng=es.

[7] Cengage Learning Editores S.A. "Química orgánica, 7a. edición". John McMurry. https://fcen.uncuyo.edu.ar/catedras/john-mcmurry-quimica-organica-2008-cengage-learning.pdf (accedido el 25 de julio de 2022).

[8] Ficha de datos de seguridad conforme al reglamento REACH 1907/2006/CE e 2015/830/UE

DISEÑO IOT DE INVERNADERO PARA EL CONTROL DE VARIABLES MEDIANTE TÉCNICAS DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL

Luis Gerardo Hernández Silva
Instituto Tecnológico Superior de
Purísima del Rincón
División de sistemas automotrices
Blvd. del Valle 2301, Guardarrayas
C.P. 36425, Purísima Gto
lrs17110337@purisima.tecnm.mx

Resumen — En la actualidad el tema de optimización en recursos naturales es una preocupación que compete a diferentes áreas de la ciencia. En específico en lo que son los invernaderos o también conocidos como GreenHouse han sido una tendencia en la última década. Tanto tendencias de invernaderos en casa como a gran escala son de interés en la comunidad científica. En este trabajo con el objetivo de adaptar una metodología de control de invernaderos que pueda ser usado en un contexto local y regional se propuso un diseño basado en IoT y Técnicas de IA. Nuestra investigación tuvo como parte de los objetivos la investigación de diferentes diseños de invernaderos, diseños de riego, estudio de diferentes sensores y técnicas de IA. Primero se hizo un modelo a escala y posteriormente se tiene proyectado aplicarlo a una escala en el Instituto Tecnológico Superior de Purísima del Rincón (ITSPR). En este trabajo reportamos la metodología desempeñada y los resultados obtenidos del diseño propuesto.

Palabras clave — IoT, Computación en la nube, Automatización, Aplicación de inteligencia Artificial, Invernadero.

Abstract — One of the main topics of optimization in natural resource is related to the responsibility of different areas of science. Specifically, greenhouses have been a trend in the last decade. Both home and largescale greenhouse trends are of interest in the scientific community. In this work, a proposal of a model for a greenhouse control methodology that can be used in a local and regional context, and a design based on IoT and AI techniques were proposed. Our research had as part of the objectives the investigation of different greenhouse designs, irrigation designs, and study of different sensors, and AI techniques. First, a scale model was made, and later it is planned to apply it to a scale at the Instituto Tecnol´ogico Superior de Purísima del Rincon (ITSPR). In this paper we report the methodology used and the results obtained from the proposed design.

Keywords _ IoT, Cloud Computing, Automation, artificial intelligence application, GreenHouse.

I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad el tema de optimización en recursos naturales es una preocupación que compete a diferentes áreas de la ciencia. Por lo general, las áreas que se dedican a la agricultura plantean modelos a prueba y error de cómo aprovechar diferentes recursos como el agua. Una forma de coadyuvar en la medición y solución de este tipo de problemas es generar un simulador de invernadero que permita controlar las variables y además tenga la capacidad de escalamiento para medir un entorno real.

La primera problemática a la que nos enfrentamos en la optimización de los recursos para los invernaderos es el tener una correcta medición de todos los factores influyentes,

posteriormente un monitoreo y finalmente un control. En este sentido, la parte de monitoreo y control se puede apoyar fuertemente en las nuevas tecnologías de Internet de las Cosas (IoT) e Inteligencia Artificial (IA). Es sumamente importante que a partir de una medición de datos se pueda continuar con un tratamiento adecuado de la información y generar una clasificación.

En este caso, dado que se pretende que el diseño del invernadero pueda contener diferentes especies de plantas, por lo cual es necesario considerar el incluir cada una como una clase diferente. En primera aproximación se necesita un sistema que recolecte los datos y los almacene en una base de datos.

Posteriormente, la parte que es de nuestro interés es el generar o identificar estados o patrones dentro de la información obtenida, es decir, hacer un análisis de datos. Ya que diferentes especies de plantas convivirán dentro de un mismo entorno que se desea este controlado. Una vez caracterizado el entorno e identificando (en clases), podemos hacer en una etapa posterior hace una clasificación y predicción de los ajustes en el invernadero.

II. MARCO TEÓRICO

Algunos conceptos básicos para la compresión de los Invernaderos con Iot los veremos de forma breve a continuación.

3.1 Invernadero

De acuerdo con [1] establece que: un invernadero está constituido por una estructura metálica o de plástico, la cual se le cubre con materiales translucidos para obtener la suficiente luminosidad en su interior. Un ejemplo de lo anterior se puede observar en la figura 1.

Fig. 1. Invernadero

3.2 Riego por aspersión

De acuerdo con [2] existen dos tipos de riego por aspersión:

1.Sistemas estacionarios que permanecen en la misma posición mientras dura el riego. Es decir, se basan en un sistema el cual simula la forma de lluvia intensa en el cultivo y tiene por objetivo que se infiltre el agua en un punto donde debe caer. Este tipo de sistema requiere de una red que distribuya el agua y llegue con suficiente presión a cada aspersor para que realicen su función adecuada.

2.Sistemas mecanizados que se desplazan mientras aplican el agua de riego. El movimiento de estos sistemas es de forma circular y necesitan de una toma de corriente eléctrica para poder funcionar.

Las ventajas y desventajas de los sistemas de riego son:

– Son capaces de cubrir grandes distancias de terreno con bajos costos.
– Se adaptan al tipo de parcela.
– La vida útil es mucho mayor a la de otros sistemas.
– La instalación de este sistema es mucho más compleja.
– Incrementa la aparición de maleza.
– La mano de obra es más elevada.

Riego por goteo

De acuerdo con [2] establece que el sistema de goteo permite la óptima aplicación de agua en las distintas zonas áridas del sistema agrícola. Esto generando humedad en el suelo directamente donde se aplicó el agua a través de la red de tubería y emisores.

Este sistema puede requerir una aplicación por vía de 2 a 3 veces, de acuerdo con [2] se recomienda para cultivos sembrados en hilera ya sea de ciclo anual.

Las ventajas y desventajas del sistema de riego por goteo son:

– Permite un crecimiento adecuado del sistema de raíces.
– Permite la aplicación de fertilizantes en el agua de riego.
– Disminuye el gasto de agua.
– Se adapta a terrenos rocosos o con pendientes.
– sistema de goteo puede taparse si no se filtra el agua correctamente. – Los costos de instalación y diseño son elevados.

3.3 Sensores

Una parte primordial de un diseño de IoT es el uso de sensores conectados a una red. De acuerdo con [3], un sensor es un dispositivo que mide un fenómeno dado y da como resultado una señal de salida. Un **sensor** nos permite adquirir o detectar cantidades físicas que por su naturaleza o tamaño no pueden ser percibidas directamente por el ser humano.

Los sensores usados en el sistema de esta propuesta fueron los siguientes:

Sensor de temperatura DHT11 El DHT11 está compuesto por un sensor de humedad y temperatura con una señal digital de salida ofrece una alta fiabilidad y una excelente estabilidad a largo plazo [4]. Se compone de un sensor tipo NTC el cual presenta un rango de temperatura que va desde los (0°C a 50°C). Para poner a funcionar el sensor DHT11 es necesario realizar las conexiones, debido a que es un sensor sencillo solo cuenta con cuatro pines donde uno es de voltaje V/cc, otro es de señal E/S, un pin N/C que no se conecta y un GND que es la conexión a tierra. La salida del sensor DHT11 debe ser conectada a las entradas digitales de la placa Arduino y de acuerdo con el código de programación se pueden analizar los datos con los cuales se establecerán acciones como activar un sistema de ventilación para reducir el aumento de temperatura.

Sensor de humedad de suelo YL69 De acuerdo con [5] dicho sensor tiene la capacidad de medir la humedad del suelo. Lo anterior se hace midiendo la tensión entre dos terminales que permiten el paso de corriente de acuerdo con la resistencia del suelo. Cuando la tierra reduce o aumenta la humedad que exista en ella, el sensor comienza a detectar la diferencia de capacitancia por lo que manda cada valor censado como dato a la salida. Para poder analizar los valores obtenidos por el sensor es necesario conectar la salida del sensor a las entradas analógicas o digitales de la placa Arduino ya que con el código de programación se podrá apreciar las mediciones censadas y poder establecer funciones como la activación del riego a partir de los rangos requeridos por cada cultivo.

Sensor MQ135 De acuerdo con [6] es un sensor de gas el cual utiliza en su interior un calentador pequeño, gracias a que es un sensor electroquímico permite una sensibilidad para una gama de gases y son utilizados a diferentes temperaturas sin afectar su funcionamiento. Este sensor consta de 6 pines, los pines a, b, h, son los que requieren de una alimentación de 5 V, el pin que muestra la salida es el b out, la salida analógica de la tensión indica que si tiene un nivel alto de tensión existe mayor concentración del gas que ha sido configurado. Para poder visualizar los resultados y hacer una comparación de estos es necesario conectarlo a una placa Arduino para establecer los parámetros de salida, entrada de valores y así muestra la evaluación del tipo de gas configurado.

ESP32 de acuerdo con la investigación realizada por [7] existe varios modelos de placas ESP32 como son la WROVER, WROOM, CAM, DEVKITC. Estas placas cuentan con un microprocesador que pueden ser programados con Arduino, lo que facilita su uso, este tipo de placa cuenta con un procesador de 32 bits , su velocidad máxima es de 260 MHz, cuenta con 4 comunicaciones como son el SPI, 2 de I2C, 2 de I2S y 3 de UART y Bus Can 2.0, cuenta con 36 pines GPIO, 16 pines pueden ser utilizados como salida PWM y 18 como entradas analógicas, sus convertidores son de 12 bits por lo que le otorga mayor resolución a la hora de leer las señales analógicas.

3.4 Estructura de invernaderos

Las estructuras de invernadero como bien lo menciona [8] pueden ser estructuras de tipo artesanal (construidas con materiales como madera, tubos y con conocimiento de las personas) así como estructuras más complejas que se consideran ya industrial (cuentan con un sistema mecanizado, así como equipados).

Figura.2. Estructura artesanal

Figura.3. Estructura industrial

De acuerdo con la investigación realizada por [8] Zabeltitz (1999) realizo un agrupamiento de las estructuras de los invernaderos de acuerdo con una serie de características que deben cumplir, las cuales son:

- Características constructivas: geometría, pendiente de cubierta y orientación.
- Material de cubierta: vidrio, plástico rígido, plástico flexible o combinaciones de ellos. Material de construcción: acero, aluminio, madera o combinaciones de ellos.

Unas de las cosas que se deben tomar en cuenta para la construcción de una estructura para invernadero es que debe ser capaz de soportar diferentes tipos de cargas como son: el mismo peso de la estructura, los vientos que estarán pegando, el equipo que será instalado.

Los materiales de estructura más habituales que están presentes en los invernaderos son la madera, el acero o el aluminio.

Sistema de ventilación

Todo invernadero debe contar con un sistema de ventilación debido a que es esencial para refrigerar y disminuir las altas temperaturas que se pueden dar en su interior, una de las formas más habituales es la construcción de ventadas que permiten la entrada de aire (se debe tomar en cuenta la posición de la estructura respecto a las corrientes de aire), pueden ser ventanas pequeñas como ventanas grandes. Los tipos de ventanas que se pueden encontrar son de tipo artesanal con un sistema de apertura es manual, la de tipo industrial que son más complejas y cuentan con un sistema de apertura automatizada.

3.5 Principales Tipos de Plásticos utilizados en Invernaderos

Polietileno (PE)

(Novedades Agrícolas S.A, 1978) Es uno de los tipos de plástico más populares debido a su bajo costo y facilidad de producción. Dependiendo de las condiciones de polimerización (temperatura, presión, catalizador) se puede obtener:

- PEBD: el PE de baja densidad convencional, es utilizado en cubiertas de invernadero.
- PELBD: el PE lineal de baja densidad, que se utiliza en acolchados y pequeños túneles.
- PEAD: el PE de alta densidad, utilizado en contenedores y en riegos y drenajes.

Copolímero etileno vinilacetato (EVA)

Los filmes EVA se utilizan ampliamente en cubiertas, en cubiertas dobles (como pantallas térmicas) y en la protección de túneles bajos. El EVA muestra una mejor resistencia mecánica que el PVC, dependiendo de la concentración de acetato de vinilo.

Policloruro de vinilo (PVC).

Este es un plástico rígido con un plastificante agregado para aumentar su flexibilidad para su uso como lámina plástica para cubiertas de invernaderos. Es sensible al frío y a los depósitos de polvo y tiene la desventaja de decolorarse con el tiempo.

Policarbonato (PC)

En invernaderos, este material suele utilizarse exclusivamente en cerramientos laterales o frontales, o en partes de cerramientos como la zona frontal que define el arco.

	Transp. Luz (%)	Transp. IR (%)	Transm. Calor (W/m2ºC)	Densidad (g/cm3)	Anti-goteo	Anti-polvo
PEBD	90	62-65	8-9	0,91-0,93	NO	SI
PEAD	90	62-65	8-9	0,96	NO	SI
EVA	90	11	6-7	0,92-0,93	NO	NO
PVC	90	20-30	7-8	1,16-1,5	SI	NO
PC	75-83	0	4-4,8	1,2	SI	SI

Tabla 1. Características de los diferentes tipos de plásticos para invernaderos

3.6 Cintas de goteo

Cintas de Goteo T-Tape & T-Tape

Dado que Rivulis T-Tape puede funcionar a baja presión, el caudal se calcula en 0,55 bar. En algunos casos, puede aumentar la presión. Esto aumentará el caudal de cada emisor. Por ejemplo, si opera una cinta Rivulis T con emisores de 0,50 l/h a 0,80 bar, cada emisor producirá 0,62 l/h. La siguiente tabla muestra una referencia para la salida de cinta T por emisor a 0,55, 0,80 y 1,00 bar.

Tabla 2. Referencia para la salida de cinta T

Tasa de flujo del emisor (l/h) Basado en una presión nominal de 0,55 Bar	0.25	0.33	0.50	0.75	1.00	1.25	2.00
Caudal (l / h) por emisor a 0,80 bar	0.32	0.42	0.62	0.89	1.20	1.47	2.31
Caudal (l / h) por emisor a 1,00 bar	0.37	0.49	0.70	1.00	1.35	1.65	2.58

Cintas de Goteo Ro-Drip

Puede operar a baja presión, por lo tanto, el caudal se calcula con una presión 0,55 bares. En algunos casos es posible aumentar la presión, lo que a su vez Proporciona un mayor caudal de cada emisor. por ejemplo, Cuando se utiliza cinta de goteo Rivulis Ro-Drip con eyector de goteo A presiones de 0,5 l/h y 0,8 bar, cada gotero emite 0,62 l/h. próximo Esta tabla muestra el rendimiento por gotero de cinta de goteo. Rivulis Ro-0.55, 0.8, Riego por goteo a 1 bar de presión.

Tabla 3. Rendimiento por goteo

Caudal del Emisor (l/h) Tomando Como base una Presión Nominal de 0,55 bar	0.50	0.56	0.68	0.75	0.90	1.00
Caudal (l/h) por emisor con una presión de 0,8 bar	0.62	0.69	0.83	0.91	1.09	1.21
Caudal (l/h) por emisor con una presión de 1 bar	0.70	0.79	0.94	1.02	1.23	1.36

Cintas de Goteo T-Tape Reserve

Ventajas

- Proceso de producción avanzado brinda consistencia superior, uniformidad y resistencia al taponamiento para mayor rendimiento del cultivo.
- Mayor fuerza contra la tensión y reventón mejora la instalación, extracción y desempeño de la cinta y reduce la mano de obra para mayor rentabilidad.
- Textura única incrementa la fuerza de tensión y resistencia al taponamiento.
- Mayor uniformidad entre emisores proporciona mayor rendimiento del cultivo.
- No hay diferencia de precio entre rollos de diferentes espaciamientos y caudales.

Aplicaciones

- Cultivos de Alto Valor.
- Aplicaciones Multiusos y de extracción difícil.
- Para agricultores que deseen maximizar el rendimiento de sus cultivos.

Tabla 4. Configuraciones disponibles para cinta de goteo T-Tape Reserve

Configuraciones Disponibles	
Caudales (lph/100m) 0.69 bar	127, 142, 194, 283, 373, 559
Caudales (lph/Emisor) 0.69 bar	0.30, 0.57, 0.61, 0.76, 0.87, 1.14
Diámetro Nominal (mm)	16, 22
Presión de Operación Estándar (bar)	0.69
Grosor de Pared (mil)	5, 6, 8
Características Estándar	Raya gris, superficie texturizada

III. METODOLOGÍA Y RESULTADOS

1. Se realizo el corte del techo de la estructura para rediseñarlo y a su vez disminuir el peso y evitar que las corrientes de aire sigan dañando la estructura. Posteriormente se hizo una rotación de la estructura moviéndola de lugar hacia un punto más favorable.

2. Posteriormente se identificaron las partes dañadas de la estructura para que estas mismas puedan ser soldadas nuevamente o en su defecto ser reemplazadas con material nuevo.

3. Se escarbo la tierra de los extremos del invernadero para emparejar las partes bajas y obtener un mismo nivel consiguiendo una mejor estética.

4. El cuarto paso fue lijar la estructura para quitar el óxido y no genere algún inconveniente a la hora de la aplicación de la pintura para su recubrimiento.

5. En seguida se procedió a pintar toda la parte interna de la estructura para cubrirla de la aparición del oxido, logrando una mejor estética y presentación al invernadero.

6. Se colocaron los perfiles sujetadores en la parte externa de la estructura para que estos mismos nos sirvan para poder sujetar las mallas y el hule con los seguros.

7. Finalmente se cortó a la medida las mallas y los hules para posteriormente sujetarlos en los perfiles con los seguros y lograr el recubrimiento de la estructura, esto con la finalidad de generar un buen clima dentro de él y evitar amenazas en el cultivo que se encuentre sembrado, obteniendo los siguientes resultados.

IV. CONCLUSIONES

En este proyecto se propuso realizar un invernadero tomando como base la estructura de uno ya hecho, el cual fue rediseñado por fallas estructurales que presentaba a causa de un mal diseño y una mala ubicación de la estructura. En la etapa del rediseño se remplazaron algunas partes de la estructura por material nuevo, como son los tubos de un costado que se encontraban rotos y oxidados, el techo fue cortado y rediseñado a dos aguas con la finalidad de cortar las corrientes de aire y evitar cargas en la estructura.

Se recubrió de nuevo con hule traslúcido la parte del techo y el frente para evitar una alteración en el desarrollo de las plantas en caso de que se encuentre regado y llueva, así

como también se recubrió de tierra en las partes bajas para evitar que se almacene agua a la hora de regar el cultivo.

Se concluye que las modificaciones hechas a la estructura del invernadero y el remplazo de los materiales dañados es totalmente adecuado para mantener en óptimas condiciones el cultivo, así como la seguridad para permanecer dentro de la estructura sin correr algún riesgo de que pueda colapsar.

Como trabajo futuro, esta en implementar un mecanismo automatizado que permita bajar y subir los cortineros de acuerdo con la temperatura registrada dentro del invernadero y a las necesidades del tipo de cultivo que se encuentre sembrado.

V. RECONOCIMIENTOS

Expreso mi agradecimiento al instituto tecnológico superior de purísima del rincón por prestarnos sus instalaciones y herramientas que se utilizaron para el desarrollo de este proyecto.

También agradezco al verano de la ciencia por proporcionarnos el apoyo económico que nos sirvió para pagar algunos materiales que forman parte de este proyecto.

A si mismo agradezco a los asesores Dra. Lucero de Montserrat Ortiz Aguilar y Dr. Luis Ángel Xoca Orozco por el apoyo que nos brindaron y su valioso tiempo que nos compartieron para orientarnos y aconsejarnos durante este camino, por creer en nosotros y motivarnos a pesar de las complejidades que implican en este proyecto.

Igualmente agradezco a mis padres que me inculcaron a salir adelante dándome los ánimos para afrontar este reto lleno de adversidades, agradecerles infinitamente porque también forman parte de este logro.

Gracias a Ismael Andrade Hernández por impulsarnos y guiarnos para que este proyecto pudiera ser posible y sobre todo por brindarnos su confianza y apoyo.

REFERENCIAS

[1] I. (2018, 8 junio). La importancia de un invernadero. Invernaderos de jardin. https://invernaderosdejardin.com/la-importancia-de-un-invernadero/

[2] A. (2021, 2 marzo). Los Tipos de Riego y sus ventajas: ¿Cuál es el adecuado? | ERP Agrícola. Software ERP Agrícola: Tu campo a la mano. https://sistemaagricola.com.mx/blog/tipos-de-riego-enla-agricultura-y-ventajas/

[3] Pallás Areny, R. (2009). Sensores y Acondicionadores de Señal. Marcombo [4] UK, D. -R. (6 de 5 de 2010). Humidity & Temperature Sensor. Obtenido de http://www.tallerarduino.worpress.com.

[5] NN. (23 de julio de 2012). My robot self. Obtenido de https://myrobotself.com/2016/07/23/sensor-de-humedad-del-suelo-modulos yl-69-y-yl-38/

[6] Soledispa Villegas, J. T. (2020). Análisis de niveles muy altos de CO2 en las aulas de clases mediante el sensor MQ-135 (Doctoral dissertation, Universidad de Guayaquil. Facultad de Ingeniería Industrial. Carrera de Ingeniería en Teleinformática.).

[7] Ikiss, J. (2020). Sistema de adquisición de datos con ESP32 (Bachelor's thesis, Universitat Politècnica de Catalunya).

[8] Hernández, J. L., & Parra, J. P. (2006). Evolución de las estructuras de invernadero. Plasticulture: Revue du CIPA= Journal of CIPA, 125, 8-17.

[9] Plásticos de Invernaderos - Plástico tipo PE, PVC, EVA, PC. (s/f). Novagric.com. Recuperado el 7 de julio de 2022, de https://www.novagric.com/es/venta-invernaderos-novedades/materiales-yestructuras/plasticos-invernaderos.

[10] Cintas de riego por goteo y laterales de goteo. (s/f). Rivulis. Recuperado el 7 de julio de 2022, de https://es.rivulis.com/category_product/productos/cintas-riego-laterales-goteo/.

DISEÑO IOT DE INVERNADERO PARA EL CONTROL DE VARIABLES MEDIANTE TÉCNICAS DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL

Juan Bernardo Muñoz López
Instituto Tecnológico Superior de
Purísima del Rincón
División de sistemas automotrices
Blvd. del Valle 2301, Guardarrayas
C.P. 36425, Purísima Gto
lrs17110016@purisima.tecnm.mx

Resumen — En la actualidad el tema de optimización en recursos naturales es una preocupación que compete a diferentes áreas de la ciencia. En específico en lo que son los invernaderos o también conocidos como GreenHouse han sido una tendencia en la última década. Tanto tendencias de invernaderos en casa como a gran escala son de interés en la comunidad científica. En este trabajo con el objetivo de adaptar una metodología de control de invernaderos que pueda ser usado en un contexto local y regional se propuso un diseño basado en IoT y Técnicas de IA. Nuestra investigación tuvo como parte de los objetivos la investigación de diferentes diseños de invernaderos, diseños de riego, estudio de diferentes sensores y técnicas de IA. Primero se hizo un modelo a escala y posteriormente se tiene proyectado aplicarlo a una escala en el Instituto Tecnológico Superior de Purísima del Rincón (ITSPR). En este trabajo reportamos la metodología desempeñada y los resultados obtenidos del diseño propuesto.

Palabras clave — IoT, Computación en la nube, Automatización, Aplicación de inteligencia Artificial, Invernadero.

Abstract — One of the main topics of optimization in natural resource is related to the responsibility of different areas of science. Specifically, greenhouses have been a trend in the last decade. Both home and largescale greenhouse trends are of interest in the scientific community. In this work, a proposal of a model for a greenhouse control methodology that can be used in a local and regional context, and a design based on IoT and AI techniques were proposed. Our research had as part of the objectives the investigation of different greenhouse designs, irrigation designs, and study of different sensors, and AI techniques. First, a scale model was made, and later it is planned to apply it to a scale at the Instituto Tecnol´ogico Superior de Purísima del Rincon (ITSPR). In this paper we report the methodology used and the results obtained from the proposed design.

Keywords — IoT, Cloud Computing, Automation, artificial intelligence application, GreenHouse.

I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad el tema de optimización en recursos naturales es una preocupación que compete a diferentes áreas de la ciencia. Por lo general, las áreas que se dedican a la agricultura plantean modelos a prueba y error de cómo aprovechar diferentes recursos como el agua. Una forma de coadyuvar en la medición y solución de este tipo de problemas es generar un simulador de invernadero que permita controlar las variables y además tenga la capacidad de escalamiento para medir un entorno real.

La primera problemática a la que nos enfrentamos en la optimización de los recursos para los invernaderos es el tener una correcta medición de todos los factores influyentes, posteriormente un monitoreo y finalmente un control. En este sentido, la parte de monitoreo y control se puede apoyar fuertemente en las nuevas tecnologías de Internet de las Cosas (IoT) e Inteligencia Artificial (IA). Es sumamente importante que a partir de una medición de datos se pueda continuar con un tratamiento adecuado de la información y generar una clasificación.

En este caso, dado que se pretende que el diseño del invernadero pueda contener diferentes especies de plantas, por lo cual es necesario considerar el incluir cada una como una clase diferente. En primera aproximación se necesita un sistema que recolecte los datos y los almacene en una base de datos.

Posteriormente, la parte que es de nuestro interés es el generar o identificar estados o patrones dentro de la información obtenida, es decir, hacer un análisis de datos. Ya que diferentes especies de plantas convivirán dentro de un mismo entorno que se desea este controlado. Una vez caracterizado el entorno e identificando (en clases), podemos hacer en una etapa posterior hace una clasificación y predicción de los ajustes en el invernadero.

II. MARCO TEÓRICO

Algunos conceptos básicos para la compresión de los Invernaderos con Iot los veremos de forma breve a continuación.

3.1 Invernadero

De acuerdo con [1] establece que: un invernadero está constituido por una estructura metálica o de plástico, la cual se le cubre con materiales translucidos para obtener la suficiente luminosidad en su interior. Un ejemplo de lo anterior se puede observar en la figura 1.

Fig. 1. Invernadero

3.2 Riego por aspersión

De acuerdo con [2] existen dos tipos de riego por aspersión:

1.Sistemas estacionarios que permanecen en la misma posición mientras dura el riego. Es decir, se basan en un sistema el cual simula la forma de lluvia intensa en el cultivo y tiene por objetivo que se infiltre el agua en un punto donde debe caer. Este tipo de sistema requiere de una red que distribuya el agua y llegue con suficiente presión a cada aspersor para que realicen su función adecuada.

2.Sistemas mecanizados que se desplazan mientras aplican el agua de riego. El movimiento de estos sistemas es de forma circular y necesitan de una toma de corriente eléctrica para poder funcionar.

Las ventajas y desventajas de los sistemas de riego son:

– Son capaces de cubrir grandes distancias de terreno con bajos costos.
– Se adaptan al tipo de parcela.
– La vida útil es mucho mayor a la de otros sistemas.
– La instalación de este sistema es mucho más compleja.
– Incrementa la aparición de maleza.
– La mano de obra es más elevada.

Riego por goteo

De acuerdo con [2] establece que el sistema de goteo permite la óptima aplicación de agua en las distintas zonas áridas del sistema agrícola. Esto generando humedad en el suelo directamente donde se aplicó el agua a través de la red de tubería y emisores.

Este sistema puede requerir una aplicación por vía de 2 a 3 veces, de acuerdo con [2] se recomienda para cultivos sembrados en hilera ya sea de ciclo anual.

Las ventajas y desventajas del sistema de riego por goteo son:

– Permite un crecimiento adecuado del sistema de raíces.
– Permite la aplicación de fertilizantes en el agua de riego.
– Disminuye el gasto de agua.
– Se adapta a terrenos rocosos o con pendientes.
– sistema de goteo puede taparse si no se filtra el agua correctamente. – Los costos de instalación y diseño son elevados.

3.3 Sensores

Una parte primordial de un diseño de IoT es el uso de sensores conectados a una red. De acuerdo con [3], un sensor es un dispositivo que mide un fenómeno dado y da como resultado una señal de salida. Un **sensor** nos permite adquirir o detectar cantidades físicas que por su naturaleza o tamaño no pueden ser percibidas directamente por el ser humano.

Los sensores usados en el sistema de esta propuesta fueron los siguientes:

Sensor de temperatura DHT11 El DHT11 está compuesto por un sensor de humedad y temperatura con una señal digital de salida ofrece una alta fiabilidad y una excelente estabilidad a largo plazo [4]. Se compone de un sensor tipo NTC el cual presenta un rango de temperatura que va desde los (0°C a 50°C). Para poner a funcionar el sensor DHT11 es necesario realizar las conexiones, debido a que es un sensor sencillo solo cuenta con cuatro pines donde uno es de voltaje V/cc, otro es de señal E/S, un pin N/C que no se conecta y un GND que es la conexión a tierra. La salida del sensor DHT11 debe ser conectada a las entradas digitales de la placa Arduino y de acuerdo con el código de programación se pueden analizar los datos con los cuales se establecerán acciones como activar un sistema de ventilación para reducir el aumento de temperatura.

Sensor de humedad de suelo YL69 De acuerdo con [5] dicho sensor tiene la capacidad de medir la humedad del suelo. Lo anterior se hace midiendo la tensión entre dos terminales que permiten el paso de corriente de acuerdo con la resistencia del suelo. Cuando la tierra reduce o aumenta la humedad que exista en ella, el sensor comienza a detectar la diferencia de capacitancia por lo que manda cada valor censado como dato a la salida. Para poder analizar los valores obtenidos por el sensor es necesario conectar la salida del sensor a las entradas analógicas o digitales de la placa Arduino ya que con el código de programación se podrá apreciar las mediciones censadas y poder establecer funciones como la activación del riego a partir de los rangos requeridos por cada cultivo.

Sensor MQ135 De acuerdo con [6] es un sensor de gas el cual utiliza en su interior un calentador pequeño, gracias a que es un sensor electroquímico permite una sensibilidad para una gama de gases y son utilizados a diferentes temperaturas sin afectar su funcionamiento. Este sensor consta de 6 pines, los pines a, b, h, son los que requieren de una alimentación de 5 V, el pin que muestra la salida es el b out, la salida analógica de la tensión indica que si tiene un nivel alto de tensión existe mayor concentración del gas que ha sido configurado. Para poder visualizar los resultados y hacer una comparación de estos es necesario conectarlo a una placa Arduino para establecer los parámetros de salida, entrada de valores y así muestra la evaluación del tipo de gas configurado.

ESP32 de acuerdo con la investigación realizada por [7] existe varios modelos de placas ESP32 como son la WROVER, WROOM, CAM, DEVKITC. Estas placas cuentan con un microprocesador que pueden ser programados con Arduino, lo que facilita su uso, este tipo de placa cuenta con un procesador de 32 bits , su velocidad máxima es de 260 MHz, cuenta con 4 comunicaciones como son el SPI, 2 de I2C, 2 de I2S y 3 de UART y Bus Can 2.0, cuenta con 36 pines GPIO, 16 pines pueden ser utilizados como salida PWM y 18 como entradas analógicas, sus convertidores son de 12 bits por lo que le otorga mayor resolución a la hora de leer las señales analógicas.

3.4 Estructura de invernaderos

Las estructuras de invernadero como bien lo menciona [8] pueden ser estructuras de tipo artesanal (construidas con materiales como madera, tubos y con conocimiento de las personas) así como estructuras más complejas que se consideran ya industrial (cuentan con un sistema mecanizado, así como equipados).

Figura.2. Estructura artesanal

Figura.3. Estructura industrial

De acuerdo con la investigación realizada por [8] Zabeltitz (1999) realizo un agrupamiento de las estructuras de los invernaderos de acuerdo con una serie de características que deben cumplir, las cuales son:

- Características constructivas: geometría, pendiente de cubierta y orientación.
- Material de cubierta: vidrio, plástico rígido, plástico flexible o combinaciones de ellos. – Material de construcción: acero, aluminio, madera o combinaciones de ellos.

Unas de las cosas que se deben tomar en cuenta para la construcción de una estructura para invernadero es que debe ser capaz de soportar diferentes tipos de cargas como son: el mismo peso de la estructura, los vientos que estarán pegando, el equipo que será instalado.

Los materiales de estructura más habituales que están presentes en los invernaderos son la madera, el acero o el aluminio.

Sistema de ventilación

Todo invernadero debe contar con un sistema de ventilación debido a que es esencial para refrigerar y disminuir las altas temperaturas que se pueden dar en su interior, una de las formas más habituales es la construcción de ventadas que permiten la entrada de aire (se debe tomar en cuenta la posición de la estructura respecto a las corrientes de aire), pueden ser ventanas pequeñas como ventanas grandes. Los tipos de ventanas que se pueden encontrar son de tipo artesanal con un sistema de apertura es manual, la de tipo industrial que son más complejas y cuentan con un sistema de apertura automatizada.

3.5 Principales Tipos de Plásticos utilizados en Invernaderos

Polietileno (PE)

(Novedades Agrícolas S.A, 1978) Es uno de los tipos de plástico más populares debido a su bajo costo y facilidad de producción. Dependiendo de las condiciones de polimerización (temperatura, presión, catalizador) se puede obtener:

- PEBD: el PE de baja densidad convencional, es utilizado en cubiertas de invernadero.
- PELBD: el PE lineal de baja densidad, que se utiliza en acolchados y pequeños túneles.
- PEAD: el PE de alta densidad, utilizado en contenedores y en riegos y drenajes.

Copolímero etileno vinilacetato (EVA)

Los filmes EVA se utilizan ampliamente en cubiertas, en cubiertas dobles (como pantallas térmicas) y en la protección de túneles bajos. El EVA muestra una mejor resistencia mecánica que el PVC, dependiendo de la concentración de acetato de vinilo.

Policloruro de vinilo (PVC).

Este es un plástico rígido con un plastificante agregado para aumentar su flexibilidad para su uso como lámina plástica para cubiertas de invernaderos. Es sensible al frío y a los depósitos de polvo y tiene la desventaja de decolorarse con el tiempo.

Policarbonato (PC)

En invernaderos, este material suele utilizarse exclusivamente en cerramientos laterales o frontales, o en partes de cerramientos como la zona frontal que define el arco.

	Transp. Luz (%)	Transp. IR (%)	Transm. Calor (W/m2ºC)	Densidad (g/cm3)	Anti-goteo	Anti-polvo
PEBD	90	62-65	8-9	0,91-0,93	NO	SI
PEAD	90	62-65	8-9	0,96	NO	SI
EVA	90	11	6-7	0,92-0,93	NO	NO
PVC	90	20-30	7-8	1,16-1,5	SI	NO
PC	75-83	0	4-4,8	1,2	SI	SI

Tabla 1. Características de los diferentes tipos de plásticos para invernaderos

3.6 Cintas de goteo

Cintas de Goteo T-Tape & T-Tape

Dado que Rivulis T-Tape puede funcionar a baja presión, el caudal se calcula en 0,55 bar. En algunos casos, puede aumentar la presión. Esto aumentará el caudal de cada emisor. Por ejemplo, si opera una cinta Rivulis T con emisores de 0,50 l/h a 0,80 bar, cada emisor producirá 0,62 l/h. La siguiente tabla muestra una referencia para la salida de cinta T por emisor a 0,55, 0,80 y 1,00 bar.

Tabla 2. Referencia para la salida de cinta T

Tasa de flujo del emisor (l/h) Basado en una presión nominal de 0,55 Bar	0.25	0.33	0.50	0.75	1.00	1.25	2.00
Caudal (l / h) por emisor a 0,80 bar	0.32	0.42	0.62	0.89	1.20	1.47	2.31
Caudal (l / h) por emisor a 1,00 bar	0.37	0.49	0.70	1.00	1.35	1.65	2.58

Cintas de Goteo Ro-Drip

Puede operar a baja presión, por lo tanto, el caudal se calcula con una presión 0,55 bares. En algunos casos es posible aumentar la presión, lo que a su vez Proporciona un mayor caudal de cada emisor. por ejemplo, Cuando se utiliza cinta de goteo Rivulis Ro-Drip con eyector de goteo A presiones de 0,5 l/h y 0,8 bar, cada gotero emite 0,62 l/h. próximo Esta tabla muestra el rendimiento por gotero de cinta de goteo. Rivulis Ro-0.55, 0.8, Riego por goteo a 1 bar de presión.

Tabla 3. Rendimiento por goteo

Caudal del Emisor (l/h) Tomando Como base una Presión Nominal de 0,55 bar	0.50	0.56	0.68	0.75	0.90	1.00
Caudal (l/h) por emisor con una presión de 0,8 bar	0.62	0.69	0.83	0.91	1.09	1.21
Caudal (l/h) por emisor con una presión de 1 bar	0.70	0.79	0.94	1.02	1.23	1.36

Cintas de Goteo T-Tape Reserve

Ventajas

- Proceso de producción avanzado brinda consistencia superior, uniformidad y resistencia al taponamiento para mayor rendimiento del cultivo.
- Mayor fuerza contra la tensión y reventón mejora la instalación, extracción y desempeño de la cinta y reduce la mano de obra para mayor rentabilidad.
- Textura única incrementa la fuerza de tensión y resistencia al taponamiento.
- Mayor uniformidad entre emisores proporciona mayor rendimiento del cultivo.
- No hay diferencia de precio entre rollos de diferentes espaciamientos y caudales.

Aplicaciones

- Cultivos de Alto Valor.
- Aplicaciones Multiusos y de extracción difícil.

– Para agricultores que deseen maximizar el rendimiento de sus cultivos.

Tabla 4. Configuraciones disponibles para cinta de goteo T-Tape Reserve

Configuraciones Disponibles	
Caudales (lph/100m) 0.69 bar	127, 142, 194, 283, 373, 559
Caudales (lph/Emisor) 0.69 bar	0.30, 0.57, 0.61, 0.76, 0.87, 1.14
Diámetro Nominal (mm)	16, 22
Presión de Operación Estándar (bar)	0.69
Grosor de Pared (mil)	5, 6, 8
Características Estándar	Raya gris, superficie texturizada

III. METODOLOGÍA Y RESULTADOS

1. Se realizo el corte del techo de la estructura para rediseñarlo y a su vez disminuir el peso y evitar que las corrientes de aire sigan dañando la estructura. Posteriormente se hizo una rotación de la estructura moviéndola de lugar hacia un punto más favorable.

2. Posteriormente se identificaron las partes dañadas de la estructura para que estas mismas puedan ser soldadas nuevamente o en su defecto ser reemplazadas con material nuevo.

3. Se escarbo la tierra de los extremos del invernadero para emparejar las partes bajas y obtener un mismo nivel consiguiendo una mejor estética.

4. El cuarto paso fue lijar la estructura para quitar el óxido y no genere algún inconveniente a la hora de la aplicación de la pintura para su recubrimiento.

5. En seguida se procedió a pintar toda la parte interna de la estructura para cubrirla de la aparición del oxido, logrando una mejor estética y presentación al invernadero.

6. Se colocaron los perfiles sujetadores en la parte externa de la estructura para que estos mismos nos sirvan para poder sujetar las mallas y el hule con los seguros.

7. Finalmente se cortó a la medida las mallas y los hules para posteriormente sujetarlos en los perfiles con los seguros y lograr el recubrimiento de la estructura, esto con la finalidad de generar un buen clima dentro de él y evitar amenazas en el cultivo que se encuentre sembrado, obteniendo los siguientes resultados.

IV. CONCLUSIONES

En este proyecto se propuso realizar un invernadero tomando como base la estructura de uno ya hecho, el cual fue rediseñado por fallas estructurales que presentaba a causa de un mal diseño y una mala ubicación de la estructura. En la etapa del rediseño se remplazaron algunas partes de la estructura por material nuevo, como son los tubos de un costado que se encontraban rotos y oxidados, el techo fue cortado y rediseñado a dos aguas con la finalidad de cortar las corrientes de aire y evitar cargas en la estructura.

Se recubrió de nuevo con hule traslúcido la parte del techo y el frente para evitar una alteración en el desarrollo de las plantas en caso de que se encuentre regado y llueva, así como también se recubrió de tierra en las partes bajas para evitar que se almacene agua a la hora de regar el cultivo.

Se concluye que las modificaciones hechas a la estructura del invernadero y el remplazo de los materiales dañados es totalmente adecuado para mantener en óptimas condiciones el cultivo, así como la seguridad para permanecer dentro de la estructura sin correr algún riesgo de que pueda colapsar.

Como trabajo futuro, está en implementar un mecanismo automatizado que permita bajar y subir los cortineros de acuerdo con la temperatura registrada dentro del invernadero y a las necesidades del tipo de cultivo que se encuentre sembrado.

V. RECONOCIMIENTOS

Expreso mi agradecimiento al instituto tecnológico superior de purísima del rincón por prestarnos sus instalaciones y herramientas que se utilizaron para el desarrollo de este proyecto.

También agradezco al verano de la ciencia por proporcionarnos el apoyo económico que nos sirvió para pagar algunos materiales que forman parte de este proyecto.

A si mismo agradezco a los asesores Dra. Lucero de Montserrat Ortiz Aguilar y Dr. Luis Ángel Xoca Orozco por el apoyo que nos brindaron y su valioso tiempo que nos compartieron para orientarnos y aconsejarnos durante este camino, por creer en nosotros y motivarnos a pesar de las complejidades que implican en este proyecto.

Igualmente agradezco a mis padres que me inculcaron a salir adelante dándome los ánimos para afrontar este reto lleno de adversidades, agradecerles infinitamente porque también forman parte de este logro.

Gracias a Ismael Andrade Hernández por impulsarnos y guiarnos para que este proyecto pudiera ser posible y sobre todo por brindarnos su confianza y apoyo.

REFERENCIAS

[1] I. (2018, 8 junio). La importancia de un invernadero. Invernaderos de jardin. https://invernaderosdejardin.com/la-importancia-de-un-invernadero/

[2] A. (2021, 2 marzo). Los Tipos de Riego y sus ventajas: ¿Cuál es el adecuado? | ERP Agrícola. Software ERP Agrícola: Tu campo a la mano. https://sistemaagricola.com.mx/blog/tipos-de-riego-enla-agricultura-y-ventajas/

[3] Pallás Areny, R. (2009). Sensores y Acondicionadores de Señal. Marcombo [4] UK, D. -R. (6 de 5 de 2010). Humidity & Temperature Sensor. Obtenido de http://www.tallerarduino.worpress.com.

[5] NN. (23 de julio de 2012). My robot self. Obtenido de https://myrobotself.com/2016/07/23/sensor-de-humedad-del-suelo-modulos yl-69-y-yl-38/

[6] Soledispa Villegas, J. T. (2020). Análisis de niveles muy altos de CO2 en las aulas de clases mediante el sensor MQ-135 (Doctoral dissertation, Universidad de Guayaquil. Facultad de Ingeniería Industrial. Carrera de Ingeniería en Teleinformática.).

[7] Ikiss, J. (2020). Sistema de adquisición de datos con ESP32 (Bachelor's thesis, Universitat Politècnica de Catalunya).

[8] Hernández, J. L., & Parra, J. P. (2006). Evolución de las estructuras de invernadero. Plasticulture: Revue du CIPA= Journal of CIPA, 125, 8-17.

[9] Plásticos de Invernaderos - Plástico tipo PE, PVC, EVA, PC. (s/f). Novagric.com. Recuperado el 7 de julio de 2022, de https://www.novagric.com/es/venta-invernaderos-novedades/materiales-yestructuras/plasticos-invernaderos.

[10] Cintas de riego por goteo y laterales de goteo. (s/f). Rivulis. Recuperado el 7 de julio de 2022, de https://es.rivulis.com/category_product/productos/cintas-riego-laterales-goteo/.

DISEÑO DE MOLDES DE INYECCIÓN DE PLÁSTICO MEDIANTE IMPRESIÓN 3D PARA PRUEBAS CORTAS

Fátima Denisse Ortega Sandoval
Universidad Politécnica Del Bicentenario
Edificio 1 UPB, Carr. Nacional Romita Km. 2, México 84, San Juan los Durán, 36283 Silao, Gto.
20030084@upbicentenario.edu.mx

Jesús Zavala Gutiérrez
Universidad Politécnica Del Bicentenario
Edificio 1 UPB, Carr. Nacional Romita Km. 2, México 84, San Juan los Durán, 36283 Silao, Gto.
jzavalag@upbicentenario.edu.mx

Resumen — Este proyecto tiene como objetivo analizar el moldeo por inyección de materiales poliméricos termoplásticos, estudiar su estado actual desde el punto de vista de la producción industrial, desarrollar tecnologías y modelar el proceso de moldeo por inyección. Este proyecto estudiará el desarrollo de un método para la fabricación de moldes mediante fabricación aditiva (impresión 3D), una tecnología fundamental de la Industria 4.0, atractiva para el desarrollo de prototipos funcionales en etapa de preparación o producción en serie limitada o individual. Para acercar estas tecnologías a los empresarios de la región que puedan implementarlas en sus procesos, siempre buscamos formas de reducir los costos de producción, acortar los tiempos de producción y ayudar a producir productos de alta calidad. Lo estamos logrando.

Palabras clave — Inyección de plásticos, molde, poliméricos.

Abstract — Abstract — In this Proyecto, the objective is to analyze the injection molding of thermoplastic polymeric materials, study its current state from the point of view of industrial production, develop technologies and model the injection molding process. Also will study the development of a method for manufacturing molds through additive manufacturing (3D printing), a fundamental technology of Industry 4.0, attractive for the development of functional prototypes in the preparation stage or in limited or individual series production. To bring these technologies closer to entrepreneurs in the region who can implement them in their processes, we are always looking for ways to reduce production costs, shorten production times and help produce high-quality products. We are achieving it.

Keywords — Injection of plastics, mould, polymers.

I. INTRODUCCIÓN

El moldeo por Inyección es uno de los procesos más difundidos para la manufactura de productos de plástico, en períodos de tiempo cortos y a costos rentables. El proceso del moldeo por inyección comprende de tres ciclos principales: Llenado de la cavidad del molde y empaquetamiento del material, eyección de la pieza y de enfriamiento. Debido a lo anterior, las tendencias del mercado indican que el plástico seguirá siendo considerado uno de los materiales más utilizados a nivel mundial [1]. La ventaja de utilizar polímeros en la producción de piezas es que son materiales resistentes, ligeros, baratos y versátiles. El proceso de inyección de plástico se llevó a cabo en una máquina de inyección. Una máquina de inyección consta principalmente de tres sistemas: sistema de inyección, molde y sistema de eyección [2]. Este proyecto se desarrolló una metodología de validación teórica aplicando herramientas de moldeo científico y comprobación mediante el uso de software CAE en las etapas de inyección y solidificación de la pieza, lo que nos da un punto de

partida para poder determinar el diseño adecuado del inserto de cavidad en un moldeo. Los resultados mostrados a través del uso de herramientas mostradas son la presión de inyección, temperatura de inyección para el polímero, tiempos de cada etapa del proceso, fuerza requerida para cierre para el molde, perfil de velocidad de inyección y perfil de fuerza de cierra.

II. MARCO TEÓRICO

Para la producción de piezas plásticas es necesario pasar por varios procesos, tales como prensado, soplado, extrusión, termo prensado, formación rotativa e inmersión, de los cuáles el proceso de prensado el que se utiliza para fabricar los productos. Posee altas propiedades mecánicas y alta estabilidad dimensional, requiriendo máquinas de inyección, moldes, accesorios y materias primas. El moldeo por inyección es una de las tecnologías más populares en la industria del plástico. Dicho proceso consiste en fundir el polímero e introducirlo bajo presión junto con temperatura en un molde, donde la pieza se solidifica y tomara su forma [4].

El material se necesita enfriar lo más rápido posible para endurecer en un tiempo económico, podemos abrir el molde y sacar la pieza, para volver a reiniciar el ciclo, con la siguiente producción.

Cuanto menor sea el tiempo de enfriamiento, menor será el tiempo del ciclo, debemos mantener el molde lo más frío posible, por lo que cuenta con un sistema de enfriamiento a base de agua. Lo más importante a tener en cuenta, aunque pueda parecer muy repetitivo, es que el volumen de resina líquida que entra en el molde siempre será el mismo independientemente del tipo de sustancia o compuesto que inyectemos. Podemos inyectar cualquier material que puedas imaginar, piedras, caucho, plástico, miel, basura o cualquier líquido que tenga la capacidad de fluir hacia el interior del molde. Si, en cualquier caso, estamos hablando de densidad o gravedad específica, entonces si nos entendemos un poco. Si la densidad cambia, lo que es casi imposible, el volumen permanece constante, pero debido a este posible cambio, el peso del producto cambiará [5].

Para que se entienda un poco más el concepto, a continuación, se deja la formula para sacer el volumen y el peso del producto.

Volumen = (Peso del objeto) / (Peso específico)
*Peso del producto = (Volumen) * (Gravedad específica)*

Una de las ventajas más importantes es que estas piezas moldeadas requieren muy poco trabajo de acabado, ya que el proceso nos permite fabricar múltiples productos en una sola pieza, con textura, color y otras variables seleccionadas directamente del proceso de inyección en el moldeo. El plástico se funde en una prensa y posteriormente se introduce en un molde para obtener la forma deseada. Es un proceso que requiere una perfecta sincronización entre los tiempo y movimientos. La precisión con la que trabajan estos

equipos, estos en particular cuentan con una gran cantidad de piezas, lo cual es fundamental para la calidad y el rendimiento, ya que todas las piezas en producción deben ser iguales. Las máquinas de moldeo por inyección de plásticos fueron influenciadas significativamente por los cambios tecnológicos, buscando que las piezas a moldear cuenten con menores costos de producción, lo que requiero aumentar la velocidad de inyección a la temperatura adecuada, en un ciclo corto y preciso[5].

Además del diseño e impresión de moldes de bajo volumen, se realizan una serie de ejercicios que le permitirán profundizar en el conocimiento del proceso de moldeo por inyección, diseño de moldes e impresión 3D.

- Semana 1. Determine las dimensiones del molde apropiadas para el ámbito de aplicación de una máquina de moldeo por inyección de 130 toneladas, la cual se encuentra en las instalaciones de la universidad.
- Semana 2. Análisis del proceso de inyección de plástico para determinar las condiciones de trabajo del molde a manufacturar. Este trabajo propone una metodología de simulación de moldeo por inyección. La metodología permite el análisis de las interacciones de los fluidos con la estructura del molde y el análisis de los cambios de estado de las piezas.
- Semana 3. Dibujo en CAE del molde a fabricar.
- Semana 4. Creación de molde para impresión 3D.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

Este proyecto primero realizó un estudio de lo que es la inyección de plástico, se realizaron los cálculos necesarios para validar la cavidad y proceso, y además nos apoyamos en un software CAE como comprobación.

Validación de la máquina

Dentro de la universidad contamos con una máquina BELKEN de 130 toneladas de fuerza de cierre tipo B tal como se muestra en la ilustración 1.

II Main tecnical data				
	uni t	A	B	C
Screw diameter	Mm	38	40	45
Injection capacity	cm^3	218	241	305
Injection rate	g/s	87	96	122
Placticaing capacity	g/s	30	35	49
Screw rate	r/min	180		
Clamping force	KN	1300		

Ilustración 29.1 *Datos Técnicos*

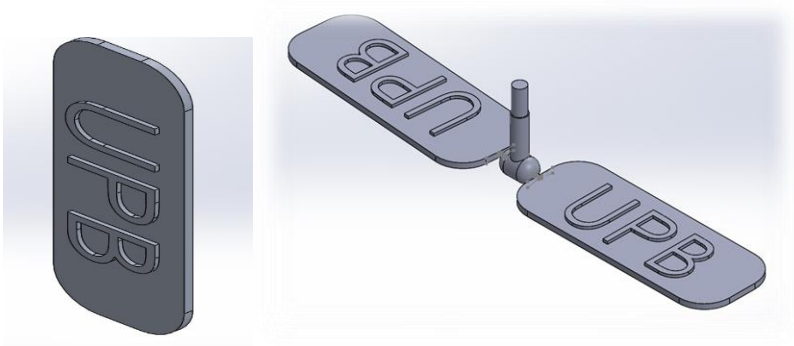


***Ilustración1. 30**. Diseño CAD de cavidad a validar*

Por lo tanto, lo cálculos mostrados mediante el uso de herramientas de moldeo científico son bajo estas características. Además, la ilustración de 1.2 se muestra el diseño CAD de la pieza de estudio, para cual se validará en proceso y diseño de inserto de molde.

Tamaño de disparo

A continuación, se muestran las tablas que se realizaron con sus respectivos datos para poder obtener el *Tamaño de disparo.*

Densidad (gr/cm^3)	0.77	gr/cm^3			
			Área de husillo	**13.85**	cm^2
Recorrido de inyección	0.78	cm			
	7.8	mm			

1 Inyección	7.4	mm	Volumen
Sostenimiento	0.4	mm	Peso
Cojín	15	mm	
Recorrido total	**22.8**	mm	
	23	**mm**	Redondeo

***Ilustración 31.** Tamaño de disparo*

Para sacar el cojín, sostenimiento y la primera etapa volumétrica se utilizó la Ilustración 2. Representación del cañón, se puso 23 mm al principio ya que es el tamaño del caño, luego para el sostenimiento se le va a resta al 23 mm el 7.4 mm que es de la primera inyección, luego para la distancia del cojín se le va a restar el 15.6 mm menos de 0.4mm.

La ilustracion 3, nos ayudara a ver de una mejor manera como quedaron los resultados.

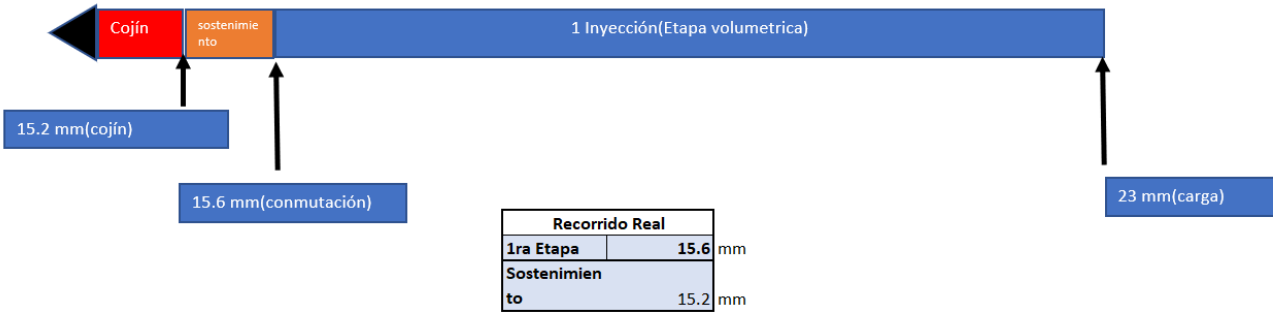


Ilustración 32. *Representación del cañón, sostenimiento y la 1ra etapa volumétrica*

Tiempo de enfriamiento

Se calcula el tiempo de enfriamiento con 2 formas diferentes, una de ellas es con una gráfica y la otra con una tabla a continuación se ponen sus respectivas imágenes.

Espesor de la pieza **1.5 mm**

Tiempo de inyección	**1.5**	**s**
Tiempo de enfriamiento gráfica	8	**s**
Tiempo de enfriamiento ecuación	8.3	**s**
		s
Tiempo de carga	6.6	**s**
Tiempo de sostenimient	1.7	**s**

Ilustración 33. Tabla para calcular tiempo de enfriamiento

Gráfica de temperatura de enfriamiento

Espesores de 1 a 2.4 mm

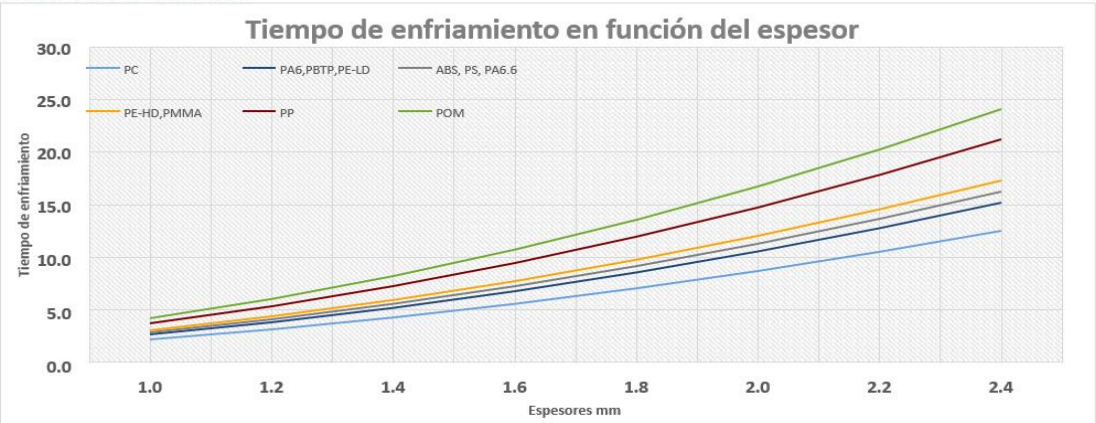


Ilustración 34. *Gráfica de temperatura de enfriamiento*

$$Tiempo_{enfriamiento} = Constante \times Espesor^2$$

Cosntantes para el enfriamiento			
PC	2.17	PE-HD,PMMA	3.00
PA6,PBTP,PE-LD	2.64	PP	3.67
ABS, PS, PA6.6	2.82	POM	4.18

Ilustración 35. *Tiempo de enfriamiento*

El tiempo de enfriamiento hace referencia al tiempo que tarda la pieza en estar completamente rígida. De estas dos formas se puede calcular el tiempo de enfriamiento, en este caso se utilizó el procedimiento de la gráfica.

Tiempo de ciclo

El tiempo ciclo es el que nos indica cada que tiempo va a salir una pieza y esta se calcula con sumatoria de todos los tiempos en segundos. A continuación, se anexan las tablas con las que obtuvimos nuestro tiempo de ciclo, con sus respectivos datos.

Tiempo de cierre de molde	***5***	***seg***
Tiempo de inyección	***2***	***seg***
Tiempo de enfriamiento de la gráfica	***8***	***seg***
Tiempo de apertura de molde	***5***	***seg***
Tiempo de expulsión	***3***	***seg***
Tiempo de ciclo	**23.0**	***seg***

Ilustración 36. Tiempo de ciclo

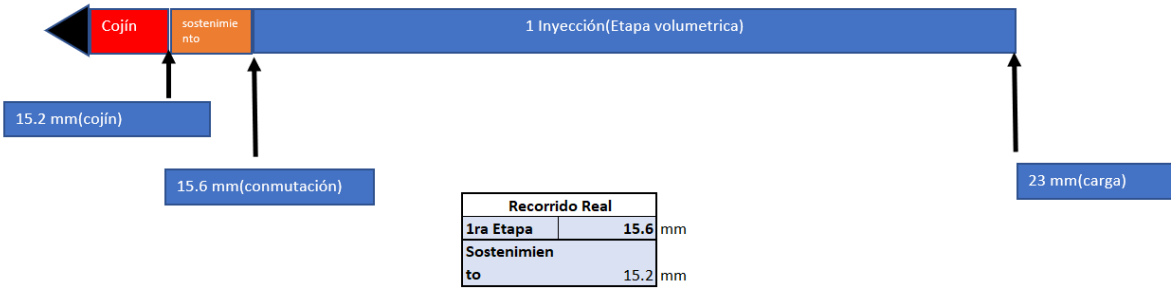
El tiempo de enfriamiento de la gráfica la obtuvimos de la gráfica que se encuentra en la *Ilustración 5.* Se calcula el tiempo de carga y de sostenimiento. Para el tiempo de carga se multiplica el *tiempo de enfriamiento de la gráfica* por 0.8 el cual pertenece al 80% de tiempo de inyección. Y para obtener el tiempo de sostenimiento de calcula de igual manera el *tiempo de enfriamiento ecuación de la gráfica,* pero para este caso por 0.2 que es 20% de tiempo de inyección.

Tiempo de carga	6.40
Tiempo de sostenimiento	1.6

Ilustración 37. Resultados de tiempo de carga y sostenimiento

Carga VT

La velocidad tangencial en la superficie del husillo es un parámetro crítico en el proceso de moldeo por inyección, debido a la posible degradación del material. El inyector de piezas de plástico deberá adecuar la velocidad de giro del husillo al material seleccionado. La velocidad de giro ideal es aquella que produce la plastificación en el último punto posible sin necesidad de alargar el tiempo de ciclo. Una velocidad excesiva empeora la calidad de la plastificación, generando la presencia de material no fundido y mala homogeneidad.



Recorrido Real		
1ra Etapa	15.6	mm
Sostenimiento	15.2	mm

Ilustración 38. Representación del caño, sostenimiento y la 1ra etapa volumétrica

Para el llenado de las tablas en la máquina de inyección se calcula Descompresión - Resultado de la carga-inyección. Para obtener la posición en milímetros a 15.2 se le sumara 1.5 para obtener la siguiente posición y a esta nueva posición de nuevo se le sumara 1.5; así sucesivamente hasta llevar a la posición de 23 mm.

	90 bar máxima contrapresión(tomar 80%) del PP						
Presión Bar	70	70	70	70	70	70	
Velocidad %	65	70	80	80	75	70	
Posición mm	15.2	16.7	18.2	19.7	21.2	22.7	23
	Aparece como Resultado de la carga -inyección						Descompresión 5 mm

Ilustración 39. Carga VF

Conmutación

Generalmente un porcentaje del volumen total donde la máquina de moldeo por inyección cambiar el proceso de llenado desde una velocidad accionada hasta un control impulsado por presión.

Conmutación por posición			
Posición	15.2	Tiempo	1.5

Presión	20	bar
Velocidad	10	%
Tiempo	1.7	s

Ilustración 40. Conmutación

Velocidad de inyección

La máquina que nos proporciona la universidad cuenta con seis perfiles, para encontrar la velocidad de inyección se utilizara la formula:

Velocidad de inyección= Distancia de husillo (mm)

Tiempo de llenado (segundos)

Teniendo la velocidad de inyección esta se multiplica por el área del husillo, después se multiplicará el 80% a cada perfil y después la velocidad se pone en porcentaje para después pasar los datos a la pantalla de la máquina. La máquina BL de 130 toneladas tiene 6 perfiles de velocidad.

Perfiles de velocidad

Posición

x+0.8*x+0.8*0.8x+0.8*0.8*0.8*x+0.8*0.8*0.8*0.8*x=100%

x+0.8*x+0.64x+0.512x+0.4096*x=100%

3.3616*x=100%

Perfil a usar

X= 29.74% ultimo perfil duración

	Posición		Velocidad de inyección 5 Perfiles (cm^3/s)	%	posición mm	Posicion real 75 mm(carga)	6 perfiles (cm^3/s)	%	posición mm	Posicion real 75 mm(carga)
1	12.2	%	25.3	20.2	1.9	73.1	25.3	20.2	5.6304	69.4
2	15.2	%	20.2	16.2	2.3	70.8	21.2	16.9	6.7344	62.6
3	19.0	%	16.2	12.9	2.9	67.9	17.7	14.2	8.0592	54.6
4	23.8	%	12.9	10.4	3.6	64.3	14.8	11.9	9.6048	45.0
5	29.7	%	10.4	8.3	4.5	59.8	12.4	9.9	11.4816	33.5
	100.0				15.2		10.4	8.3	13.6896	19.8
									55.2	

Ilustración 41. Perfiles de velocidad 1

Distancia de inyección (mm)	**15.2**	**mm**
Tiempo de inyección(s)	**1.5**	**s**

Multiplicado por área del husillo

Velocidad	**18.24780267**	**mm/s**	**1.82478027 cm/s**	**25.2732067** cm^3/s

Máquina	**96**	**g/s**	**100%**
densidad	**0.77**	**gr/cm^3**	
	125	**cm^3/s**	

80%	**99.74025974**
20%	**24.93506494**

Ilustración 42. Perfiles de velocidad 2

Para llenar la tabla de inyección se necesita llenar con los datos que ya tenemos y para la conmutación por posición.

Presión Bar	10	10	10	10	10	10	
Velocidad %	20.2	16.9	14.2	11.9	9.9	8.3	
Posición mm	15.2	16.7	18.2	19.7	21.2	22.7	23

Ilustración 43. Tabla de inyección

FUERZA CIERRE

La fuerza es la que necesita la maquina para soportar la presión que se está generando dentro del molde. Para ello se necesita calcular en la maquina la presión y la fuerza que se va a necesitar, a continuación, se anexa como quedo para la maquina que se encuentra en las de instalaciones de nuestra universidad.

Open Strock	200 mm	#1	#2	#3	*B.Pr*	*A.Pr*
Presión Bar		50	40	30	10	15
Velocidad %		30	40	30	20	70
Posición mm		160	90	30	1.5	0

Ilustración 44. Fuerza Cierre

MODELADO CAD

Una vez realizado el modelado con ayuda de un software CAE obtenemos todo el análisis de la pieza que previamente habíamos modelado, gracias al software podemos analizar a profundidad nuestra pieza.

Tiempo de llenado

El tiempo de llenado también conocidos como tiempo de inyección, se trata del tiempo que se hace para llegar a llenar el 90 o el 99,9% de la pieza.

Para el Tiempo de llenado obtuvimos una máxima de 2.0232 segundos y una mínima de 3.966e-05 segundos, el valor máximo coincide con el análisis que posteriormente ya habíamos realizado.

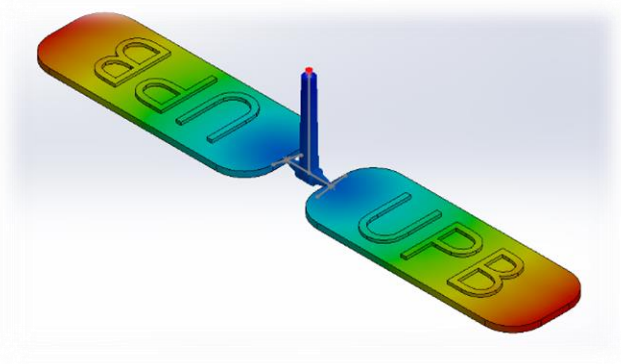


Ilustración 45. Tiempo de llenado

Tiempo de refrigeración

El tiempo de refrigeración se refiere al tiempo que se gasta enfriando la pieza plástica para que alcance una temperatura que la haga lo suficientemente rígida este proceso representa hasta dos terceras partes del tiempo de ciclo total. En esta parte en los cálculos se tomo el espesor de la pieza por ende el resultado nos va a variar en esta parte. Para la parte de refrigeración obtuvimos un máximo de 14.5232 segundos y una mínima de 2.5232 segundos.

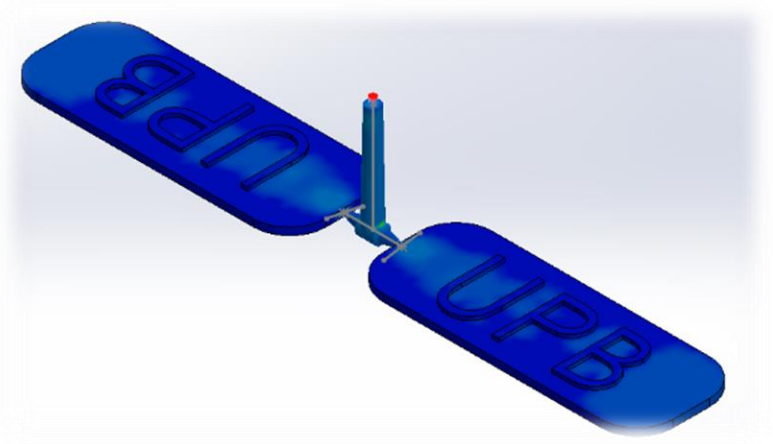


Ilustración 46. Tiempo de refrigeración

Facilidad de llenado

Para el tiempo de llenado el color verde nos indica que no tendremos ningún problema para realizar el llenado al menos por medio del del simulador.

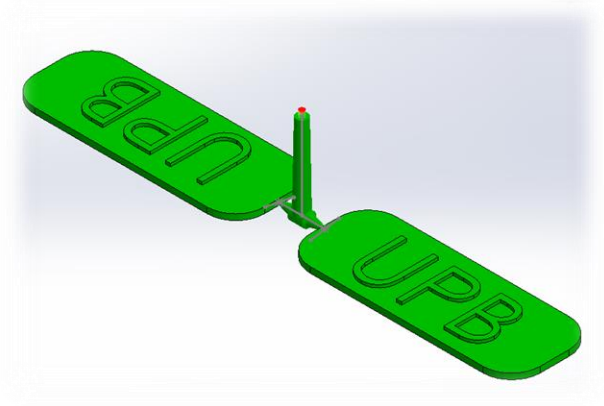


Ilustración 47. Facilidad de llenado

Pieza 3D

Se utilizan herramientas CAE los cuales permiten ver pronósticos antes de proceder a la manufactura de la pieza y del molde. Se presentan las imágenes de nuestra pieza una vez que se ha utilizado la fabricación aditiva.

Ilustración 48. Modelado final 1

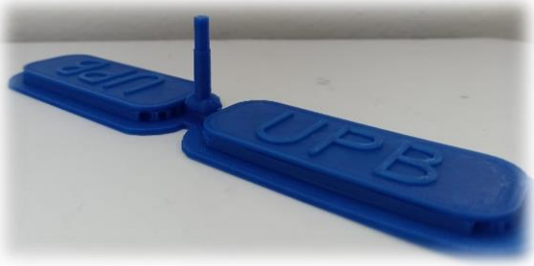


Ilustración 49. Modelado final 2

Ilustración 50. Modelado final 3

Podemos validar dimensional que la pieza está de acuerdo a lo establecido en el diseño CAD, y además con la comprobación CAE y teórica no presentara problemas al momento de su manufactura. Por lo tanto, esta cavidad es una pieza viable para el diseño del inserto del molde.

Procedimiento de diseño inserto de cavidad del molde de inyección

Una vez verificada dimensionalmente la pieza se procede a realizar el diseño del inserto de cavidad de molde mediante el software CAD. El material asignado para la construcción es un metal P20 (ver ilustración 23).
Dimensiones propuestas.
Largo: 214 mm
Ancho: 50 mm
Espesor: 50 mm

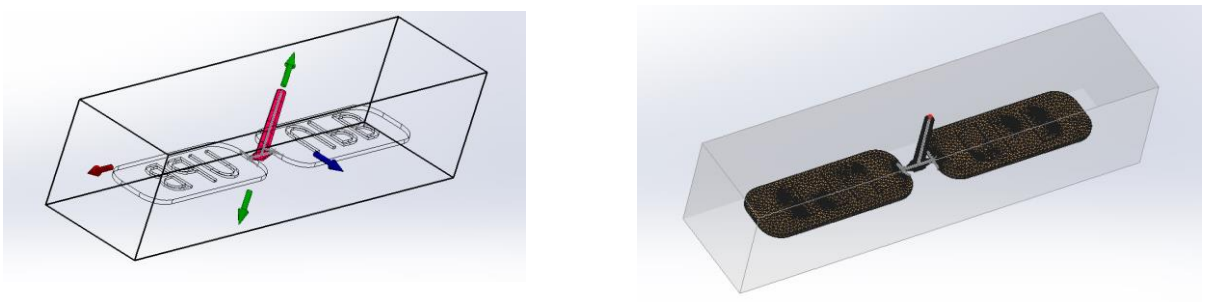


Ilustración 23. Propuesta de diseño de inserto de molde

IV. CONCLUSIONES

Para este proyecto se tuvo como objetivo analizar el moldeo por inyección de materiales poliméricos termoplásticos, mediante fabricación aditiva (impresión 3D), la cual se logró por medio de un software CAE. Esto fue posible gracias a que se usó de herramientas del método de moldeo científico, también se necesitó el uso de un software CAE el cual nos permitió pronosticar varios factores importantes antes de manufacturar la pieza, posteriormente se llevó a la fabricación aditiva y una vez obtenida la pieza y comparando los cálculos con lo que nos indicaba el software se obtuvo que la fabricación de la pieza fue un éxito, ya que nos indica que la pieza puede ser manufactura en la máquina BL 130 toneladas, además se comprueba como validación de pieza y proceso, en el diseño del inserto de molde.

V. AGRADECIMIENTOS

Este proyecto fue posible gracias a la Universidad Politécnica del Bicentenario y asimismo al programa 24 verano de la región centro, ya que nos brindaron este espacio donde nos podemos preparar de una mejor forma en el ámbito laboral, lo cual nos permite tener un mejor futuro en la industria. De igual forma quiero agradecer a mi profesor Jesús Zavala Gutiérrez, quien nos asesoramiento a lo largo del proyecto, ya que él fue quien nos estuvo apoyando en todo momento, resolviendo nuestras dudas constantemente, gracias a él logre terminar este proyecto con éxito. A mis amigas y compañeras para este proyecto Noemi Martínez Sandoval y Nayeli Campos Rodríguez, juntas nos apoyamos en todo momento y nos motivábamos constantemente. En lo personal disfrute mucho este proyecto ya que logre aprender nuevos conocimientos y descubrir acerca de esta área en el sector industrial la cual desconocía, todo este entendimiento me será de mucha utilidad en un futuro.

REFERENCIAS

[1]Albarrán, J.M. (2014). PFC: Diseño y fabricación de un molde para inyección en plástico. Madrid: Escuela Técnica Superior de Ingeniería (ICAI). Universidad Pontificia Comillas. [2]Bigerelle, M. A. Van Gorp & A. Lost (2008). Multiscale roughness analysis in injection-molding process. Polymer Engineering & Science, 48 (9), 1725-1736, doi: 10.1002/pen.21131 [3]Boroat, T. (2009). Estudio y modelización de la procesabilidad mediante moldeo por inyección de materiales termoplásticos reciclados. Tesis Doctoral Universidad. Politécnica de Valencia (España). 2009-05-21, doi:10.4995/Thesis/10251/5024.

[4]Bushko, W.C. & V.K. Stokes (1995). Solidification of thermoviscoelastic melts. Part II: Effects of processing conditions on shrinkage and residual stresses. Polymer Engineering & Science, 35 (4), 365-383, doi: 10.1002/pen.760350410 Cox, H.W. & C.C.

[5]Mentzer (1986). Injection-molding - the effect of fill time on properties. Polymer Engineering & Science, 26 (7), 488-498, doi: 10.1002/pen.760260707

ANÁLISIS DE ESFUERZOS DE TORSIÓN EN COMPONENTES AUTOMOTRICES

Pedro Gutiérrez Robledo
Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico Superior de Irapuato Carretera Irapuato-Silao Km. 12.5, Irapuato, Gto.
LIS18111385@irapuato.tecnm.mx

Juan Pablo Razón González
Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico Superior de Irapuato Carretera Irapuato-Silao Km. 12.5, Irapuato, Gto.
Juan.rg@irapuato.tecnm.mx

Resumen — El sistema de dirección en un automóvil es un componente que soporta muchos de los esfuerzos al momento de la conducción, siendo parte importante en la seguridad en los automóviles es un factor importante en la actualidad, por lo que el diseño en los componentes principales es de gran importancia, así como el someterlo a pruebas para comprobar su fiabilidad al momento de integrarlo en un vehículo completo, de esta manera es de suma importancia diseñar y simular los componentes en un software el cual brinde confiabilidad al momento de someterlos a esfuerzos de tensión y compresión, en el presente artículo se realizó la prueba a una dirección-suspensión basado en el método del elemento finito en Ansys® Workbench.

Palabras clave — Diseño, software, Ansys® Workbench.

Abstract — The steering system is a component that supports many of the stress at the time of driving, being an important part in the safety in cars is an important factor today, so the design in the main components is of great importance, as well as testing it to verify its reliability when integrating it into a complete vehicle, in this way is of utmost importance to design and simulate the components in a software which provides reliability when subjected to stress and compression, in this article the test was performed to a steering-suspension based on the method of the element.

Keywords — Design, software, Ansys® Workbench.

I. INTRODUCCIÓN

Los vehículos son una parte fundamental en la vida diaria moderna, representan una gran parte de la economía global, por lo cual, sus diseños, sistemas y motores han sido sometidos a una evolución constante, resultando maquinas increíblemente rápidas y eficientes.

Los sistemas de seguridad en los automóviles son más complejos conforme avanzan los años, en primeras estancias fue la colocación de cinturones de seguridad o luces para indicar el frenado del mismo vehículo, en la actualidad con los avances tecnológicos se implementan complejos sistemas de control accionados por sensores modernos capaces de anticipar acciones en las que los humanos pueden llegar a fallar, también la evolución en softwares computacionales es de gran ayuda para simular diferentes situaciones complicadas para el vehículo o partes especificas del vehículo, sometiendo a diferentes

esfuerzos y comprobar que los diseños que se presentan sean óptimos y cumplan con los estándares de seguridad que pretende implementar en específico cada fabricante.

II. MARCO TEÓRICO

La fuerza por unidad de area, la intensidad de la fuerza distribuida a través de cierta sección, se llama esfuerzo sobre esa sección, se representa con la letra griega sigma σ. El esfuerzo, ecuación 1, en un elemento con area trasversal (A) sometido a una carga axial (P) se obtiene al dividir la magnitud P entre el area A.

$$\sigma = \frac{P}{A} \qquad [1]$$

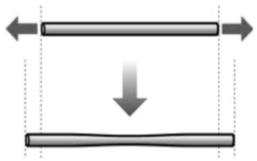


Figura 23. Barra en tensión (tracción).

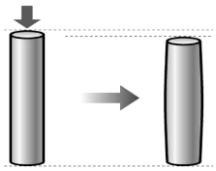


Figura 24. Barra a compresión

En caso de indicar un esfuerzo de tensión figura 1, se designa un símbolo positivo (el elemento a tensión) y un signo negativo para señalar un esfuerzo de compresión figura 2. Las unidades son del sistema SI, con unidades P expresadas en newtons (N) y A en metros cuadrados (m^2), por lo cual el esfuerzo (σ) se expresará en N/m^2. Esta unidad mayormente conocida como pascal (Pa), en ciertos casos se emplean los múltiplos de esta unidad (tabla 1).

Tabla 13. Múltiplos más usados, como el kilo Pascal (kpa), el mega Pascal (Mpa) y el giga Pascal (Gpa).

1kPa	10^3 Pa	10^3 N/m^2
1Mpa	10^6 Pa	10^6 N/m^2
1Gpa	10^9 Pa	10^9 N/m^2

En caso de querer utilizar las unidades en el sistema de Estados unidos, la fuerza P se expresa en libras (lb) o kilo libras (kip), y el area trasversal A en pulgadas cuadradas (in^2), dando como consecuencia las libras por pulgada cuadrada (psi) o en kilo libras por pulgada cuadrada (ksi). [1]

El diseño en la ingeniería es una de las partes fundamentales en la ingeniería misma, maneja cierta complejidad por lo que requiere que el diseñador siga un método paso a paso, pero al presentarse situaciones más realistas, las técnicas enseñadas en teoría algunas veces no se adaptan del todo a la situación, por lo que, el reto de estructurar problemas no estructurados pasa a ser una parte importante para la adaptación del estudiante. El definir e identificar la necesidad es una parte por la cual se puede empezar a desarrollar una posible solución, lo siguiente es llevar a cabo una investigación la cual ayude a combinar posibles soluciones comparando problemas anteriores que puedan ser parecidos, al tener más conocimiento sobre el problema se pueden plantear diferentes objetivos los cuales sean innovadores en la solución. [2]

La generación de ideas puede llegar a ser una situación difícil, por lo que se debe mantener un juicio diferido y estar mentalmente abierto a todas las soluciones que pueden ayudar para llegar a una idea final; detallando el diseño final dando paso a la construcción de un modelo o prototipo para ser sometido a las pruebas que presenta el problema inicial. [2]

II. MATERIALES Y MÉTODOS

La sección el diseño de la dirección automotriz se realizó a través del software SolidWorks®, debido a su interfaz gráfica intuitiva y su metodología de diseño que integra este software mismo buscando el diseño el cual se adaptara más a las condiciones óptimas buscadas, la dirección-suspensión que se realizó se compone de varios elementos, estos mecanismos forman un sistema el cual está conformado por varias piezas.

Los componentes que conforman el diseño de la dirección son los siguientes:

- Subastidor delantero
- Mangueta (Izquierda y derecha)
- Rotula (4)
- Barra de acoplamiento
- Brazo de acoplamiento
- Sector dentado
- Brazo pitman
- Platina de mangueta

El sistema completo de dirección del vehículo es sometido a una prueba de torsión para comprobar su comportamiento al ser sometido a estas cargas, en algunos vehículos es común que las dirección presenten una rotura en la barra de dirección provocando accidentes tanto al usuario que conduce como a los demás personas que circula alrededor del auto, llegando a provocar accidentes que pueden llegar a ser fatales o irreparables como la pérdida de vidas humanas, las causas de estas rupturas en la barra de dirección puede ser por varios motivos, como el conducir a exceso de velocidad en terrenos irregulares o

cambios de dirección abruptos del mismo usuario provocando una sobrecarga de esfuerzos en la misma barra. Por lo cual se realizó el modelado y ensamblado de la dirección-suspensión en SolidWorks® como se muestra en la figura 3.

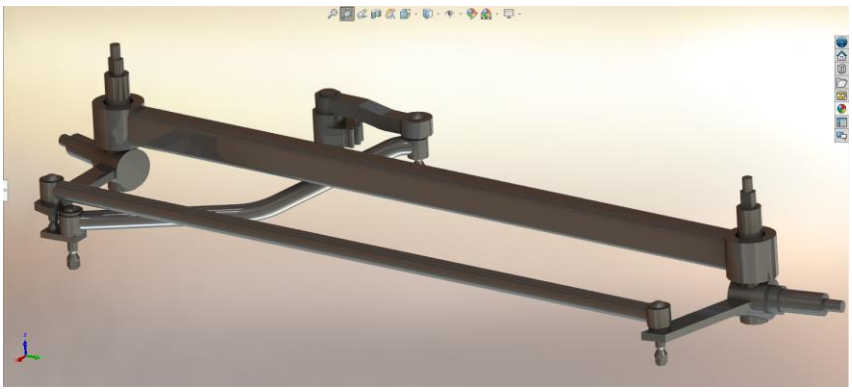


Figura 25. Dirección-Suspensión en SolidWorks®

A continuación, se presenta en la figura 4 el mallado utilizado para dividir la geometría del objeto, en este caso la dirección y sus componentes, se busca adaptar una malla con un tamaño constante y geométrico, en este caso se optó por una malla de 5mm para las piezas de menor tamaño y de 10 mm para componentes de mayor longitud y anchura, las cuales de acuerdo con los criterios de diseño fueron suficientes para desarrollar las simulaciones del modelo.

Los componentes con geometrías un poco más complejas presentan un mallado con más discontinuidades geométricas, pero con un ajuste en el tamaño y en el método de mallado, compensando la divergencia en los elementos como se aprecia en la figura 4 pero se consideró que el tamaño era óptimo para realizar la aplicación de la fuerza en este caso se aplicó una fuerza de 1500 newtons (N).

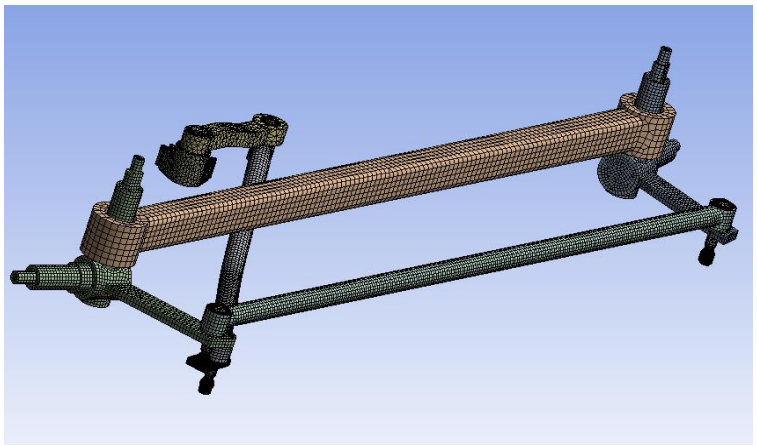


Figura 26. Mallado del sistema de dirección

III. RESULTADOS

El software de Ansys® presenta una gran variedad de análisis estructurales, pero en esta ocasión para resolver el problema que se planteó se buscó obtener la deformación total del sistema de dirección-suspensión, así como la tensión que causa la fuerza aplicada y cómo se comportan los mecanismos ensamblados.

En la figura 6 se aprecia la deformación total del sistema de dirección-suspensión al momento de aplicarle una fuerza de 1500N provocando que la barra de acoplamiento sea la que presenta la mayor deformación de todo el sistema resaltándose de color rojo en el software para una mayor comprension del esfuerzo. La escala de colores en la parte izquierda de la figura 6 ayuda a comprender de mejor forma como la deformación afecta a todo el sistema ademas de la distribución de la misma.

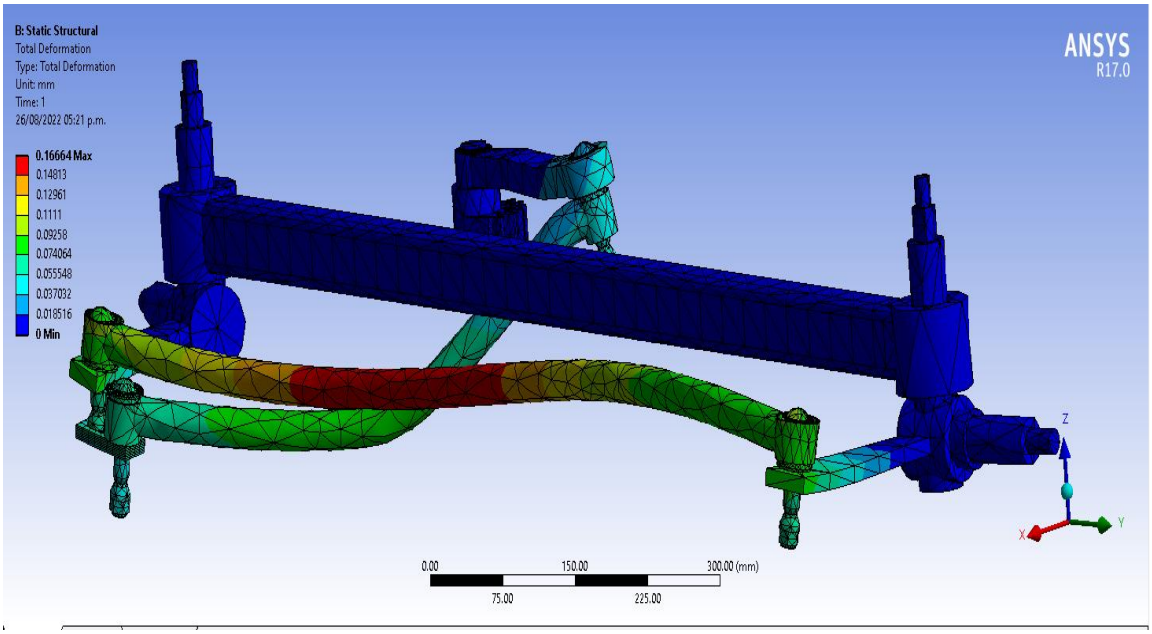


Figura 27. Deformación total de la dirección-suspensión.

El otro resultados relevantes que deben ser considerados, es la tensión de Von-Mises el cual ayuda a identificar los puntos críticos donde pueda fallar el sistema completo, esta tensión ayuda a identificar la magnitud de los esfuerzos y a localizar la zona donde es más susceptible que ocurra una falla al aplicarlo en la barra de acoplamiento nos ayuda a comprender si su límite máximo de tensión, en la figura 6 se aprecia en cuales componentes se distribuye la carga pintándose de color azul más claro, referenciado en la escala de colores de la parte de la izquierda de la figura 6.

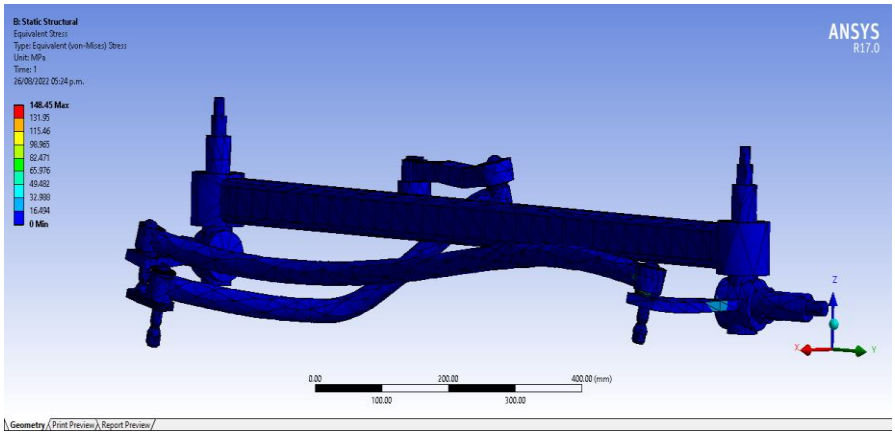


Figura 28. Equivalente de tensión de Von Mises.

IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La principal concentración del esfuerzo es en la barra de acoplamiento y es la que presenta principal deformación respecto a la fuerza aplicada por lo que se debe considerar al momento de diseñar una dirección, una mayor área trasversal o elegir un material con que tenga unas características de mayor resistencia al momento de que le apliquen fuerzas mayores a la aplicada en esta simulación.

La otra parte por considerar en el diseño de una dirección-suspensión son las manguetas ya que presentaron cierta concentración de esfuerzos como los de la imagen 6, además de llevar contacto directo con el montaje de los neumáticos.

Esta conclusión es gracias a las herramientas de Ansys® específicamente el análisis estático estructural, la aplicación del método del elemento finito y la facilidad que entrega al montar apoyos y esfuerzos en el programa.

V. RECONOCIMIENTOS (O AGRADECIMIENTOS)

Quiero agradecer a mi asesor Juan Pablo Razón González por el extraordinario apoyo, así como el tiempo brindado para desarrollar este artículo, del mismo modo otorgo un especial agradecimiento y reconocimiento al ITESI por brindarme la oportunidad de participar en la edición 24° del verano de la ciencia de la región centro.

REFERENCIAS

[1] E. R. J. J. J. T. D. D. F. M. Ferdinand P. Beer, Mecánica de Materiales, Mexico: Mc Graw Hill, 2010 (Quinta Edición) .

[2] R. L. Norton, Diseño de Maquinaria, México: Mc Graw Hill, 2009 (Cuarta Edición).

[3] Y. N. S. Y. T. Stolarski, Engineering Analysis with ANSYS SOFTWARE, Oxford: Elsevier/Butterworth-Heinemann. , 2006.

CONTROL ESTADÍSTICO EN EL PROCESO DE FABRICACIÓN DE CONTENEDORES SMB PARA LA DISMINUCIÓN DE LA VARIACIÓN

Jairo Alejandro Arredondo Guevara
Instituto Tecnológico Superior de Abasolo
Blvd. Cuitzeo de los Naranjos #401
Col. Cuitzeo de los Naranjos
C.P 36976
jairoguevara99@outlook.com

Liz Azucena González Martínez
Instituto Tecnológico Superior de Abasolo
Blvd. Cuitzeo de los Naranjos #401
Col. Cuitzeo de los Naranjos
C.P 36976
liz.gm@tecabasolo.tecnm.mx

Resumen. Para comenzar a hablar del proyecto en cuestión se debe mencionar que en la empresa SMB se fabrican los contenedores (Racks), en los cuales se presentan irregularidades en ciertas áreas provocando así una variación en las medidas de la parte lateral superior. El objetivo de este proyecto es implementar una herramienta de control de calidad que capture gráficos a través de variables X-S para completar los productos defectuosos que aparecen en el procesamiento del producto, identificando así posibles soluciones para minimizar los defectos. Durante todo el proyecto se analizan todas las áreas involucradas para así tener más claro en donde se origina el defecto y así mismo visualizar cómo es que se realizan las actividades en dicha área, ya que esto puede ser un factor importante. En la empresa SMB se analizan 470 unidades durante un periodo de tiempo entre los meses de agosto del 2021 a febrero del 2022, durante el cual se tomaron muestras periódicamente de 70 unidades. En dichas unidades se detectó un 15% de piezas defectuosas, es por ello, que se implementaron herramientas de calidad como anteriormente se menciona.

Palabras clave – variabilidad, control, reducción.

Abstract. To start talking about the project in question, it should be mentioned that containers (Racks) are manufactured in the SMB company, in which there are irregularities in certain areas, thus causing a variation in the measurements of the upper side. The objective of this project is to implement a quality control tool that captures graphs through X-S variables to complete the defective products that appear in the product processing, thus identifying possible solutions to minimize defects. Throughout the project, all the areas involved are analyzed in order to have a clearer idea of where the defect originates and also to visualize how the activities are carried out in said area, since this can be an important factor. In the SMB company, 470 units are analyzed during a period of time between August 2021 and February 2022, during which samples of 70 units were taken periodically. In these units, 15% of defective parts were detected, which is why quality tools were implemented as mentioned above.

Keywords– *variability, control, reduction.*

I. INTRODUCCIÓN

La presente información está dividida en seis diferentes capítulos en los cuales se muestra los diferentes análisis e importancia de la implementación del control de calidad de un producto generado en un proceso, con la finalidad de evidenciar las causas potenciales de la variación que el proceso tiene en dicha empresa. La empresa Solución Metalmecánicas del Bajío es una transformadora y comercializadora de diferentes aceros cuya finalidad es la satisfacción de sus clientes ofertando un producto con la mayor calidad

posible que pueda brindar. Esta empresa no ha logrado obtener una ficha técnica la cual demuestre con un mayor porcentaje el control de la calidad del producto, en base a las distintas mediciones y la manera de realizar la actividad correctamente, más sin embargo llevan a cabo el proceso con un control de calidad basado por sus clientes, es por esto que el proceso es basado en verificar los limites sean adecuados y se encuentren produciendo un artículo de calidad donde las especificaciones sean cumplidas con el fin de tener productos terminados innecesarios por exceso de defectos.

II. MARCO TEÓRICO

Control estadístico de la calidad

Cabe mencionar que el autor ((Hallen, 1777)) nos dice que el tiempo cambia y no estamos viviendo en una época donde la economía de manufactura es compleja, por lo que vivimos en una nueva economía, la que implementa una mejora en la calidad ya que hay tecnología de por medio, el cual sería un error no obtener las especificaciones adecuadas al producto.

Muestreo

El muestreo es una herramienta de la investigación científica. Su función básica es determinar que parte de una realidad en estudio (población o universo) debe examinarse con la finalidad de hacer inferencias sobre dicha población. (Carrasco JL, Domenech, Hulley SB, Kelsey IL, 2017).

Gráfico ***XS****, (medias y desviación)*

Las gráficas de control por variables es una herramienta poderosa que puede utilizarse cuando se dispone de mediciones de los resultados de un proceso. (Salazar, (2013).)

III. MATERIALES Y METODOS

Plan de acción

Se muestra el desarrollo de las estrategias que se implementan para la reducción de los defectos que están presentes en el área de corte, así como las fechas de realización y su grado de cumplimiento. Véase tabla 1.

1.1. Tabla 14 Plan de acción

Actividad	Responsable	Fecha de inicio	Fecha de termino	% de cumplimiento
Realizar una Prueba de normalidad	Arredondo Jairo, Villegas Cristhian	08/sep./2021	10/sep./2021	100%
Implementar gráficos de control XS	Arredondo Jairo, Villegas Cristhian	15/sep./2021	30/sep./2021	100%
Desarrollar un Diagrama Pareto	Arredondo Jairo, Villegas Cristhian	04/oct/2021	11/oct/2021	100%
Desarrollar un Diagrama Ishikawa	Arredondo Jairo, Villegas Cristhian	15/oct/2021	22/oct/2021	100%
Implementar herramienta OPL	Arredondo Jairo, Villegas Cristhian	29/oct/2021	12/nov/2021	100%
Capacitación de criterios básicos de desarrollo de un Rack industrial	Arredondo Jairo, Villegas Cristhian	15/nov/2021	15/nov/2021	100%
Evaluación de estrategias	Arredondo Jairo, Villegas Cristhian	14/ene/2022	21/ene/2022	100%

Fuente; (Arredondo Guevara Jairo, 2021)

Muestreo

En la empresa SMB, se realiza un muestreo de 70 piezas en existencia, dicha actividad se lleva a cabo con ayuda de un flexómetro, y se comienza a tomar registro de estas mediciones.

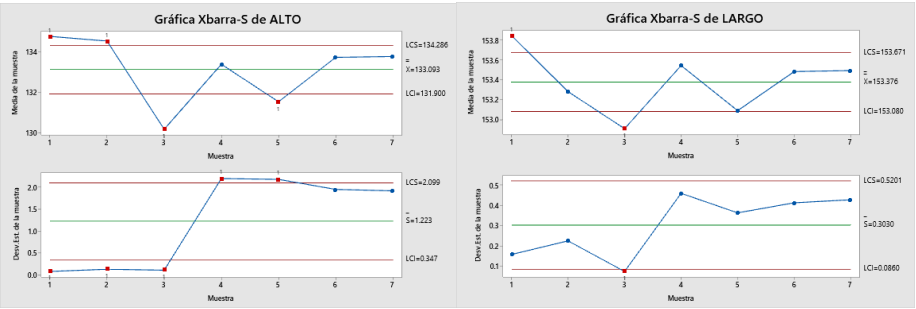
1.1. **Tabla 15** Muestreo de mediciones de las diferentes variables del PTR

	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10
LARGO	154.1	153.9	153.7	154.1	153.8	153.9	153.7	153.8	153.7	153.7
	152.8	153.5	153.4	153.2	153.2	153.1	153.5	153.4	153.5	153.2
	153	152.9	152.9	152.9	152.8	152.9	153	153	152.8	152.9
	153.7	154.1	153.8	153.9	153.7	153.8	153.7	152.8	152.9	153
	153.8	153.7	152.8	152.9	153	153.1	153	152.8	152.8	153
	153.1	153.5	153.4	153.5	152.9	152.9	154.1	153.8	153.9	153.7
	152.9	154.1	153.8	153.9	153.7	153.8	153.4	153.2	153.2	152.9
	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10
ANCHO	122.5	123.2	123.3	123.2	123.2	123.2	123.5	123.4	123.2	122.9
	122.5	122.5	122.3	122.6	122.5	122.5	122.5	122.6	122.4	122.6
	122.5	122.6	122.5	122.5	122.5	122.5	122.6	122.5	122.5	122.6
	123.3	123.2	123.2	123.2	123.5	123.4	123.2	122.5	122.5	122.6
	123.4	123.2	122.5	122.5	122.6	122.5	122.5	122.5	122.5	122.6
	122.5	122.5	122.6	122.4	122.5	122.5	123.2	123.2	123.2	123.5
	122.6	123.2	123.2	123.2	123.5	123.4	122.3	122.6	122.5	122.5
	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10
ALTO	134.8	134.7	134.7	134.8	134.6	134.7	134.8	134.6	134.8	134.7
	134.5	134.3	134.4	134.5	134.7	134.6	134.3	134.5	134.6	134.5
	130.3	130.3	130	130	130.1	130.2	130.2	130.2	130.1	130.2
	134.7	134.8	134.6	134.7	134.8	134.6	134.8	130.1	130.2	130.2
	134.6	134.8	130.1	130.2	130.2	134.6	130.2	130.1	130.1	130.2
	134.6	134.3	134.5	134.6	130	130	134.8	134.6	134.7	134.8
	130.2	134.8	134.6	134.7	134.8	134.6	134.4	134.5	134.7	130

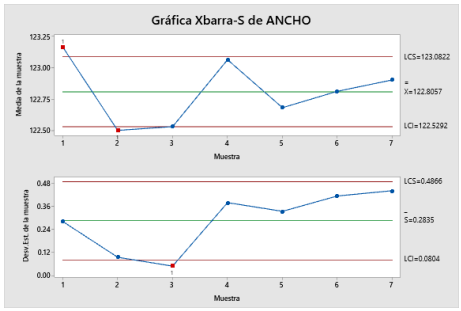
Fuente; (Villegas Manríquez Cristhian, 2021)

Gráficos de control XS, por subgrupos

Para realizar la carta de control XS se registran las 70 muestras de cada clasificación del producto. En las mediciones se considera un total de 7 muestras con tamaño de subgrupo 10 para llevar a cabo los respectivos gráficos. Vease en los graficos 1.1-1.3.



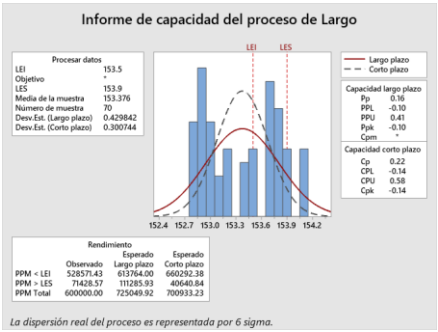
1.2. **Gráfico 2** Carta de control XS, (Largo).



1.3 Gráfico 3 Carta de control XS, (Ancho).

CP y CPK

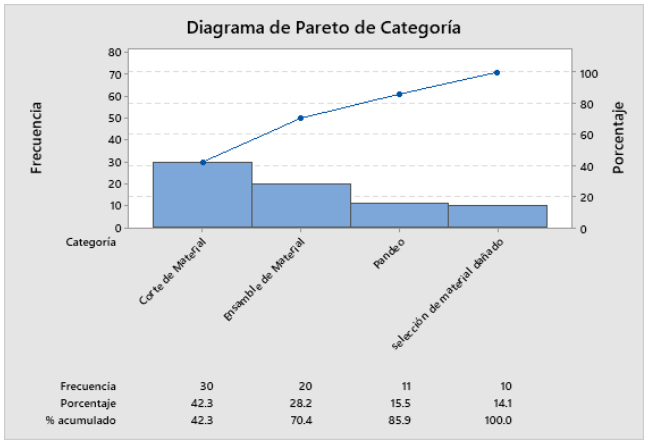
Por consiguiente, la capacidad del proceso es muy esencial, ya que con este se determina de manera concreta si el producto se encuentra adecuado con calidad o bien tiene bastante variación. Se muestra en el grafico 1.4.



1.4. Gráfico 4 Capacidad del proceso, Histograma de capacidad (Largo).

Diagrama de Pareto

Para la implantación del diagrama Pareto, se toma en cuenta varias actividades fundamentales del proceso, como lo son; corte de piezas, ensamblado y toma de mediciones. Se observa en el grafico 1.5.



1.5. Gráfico 5 Diagrama Pareto

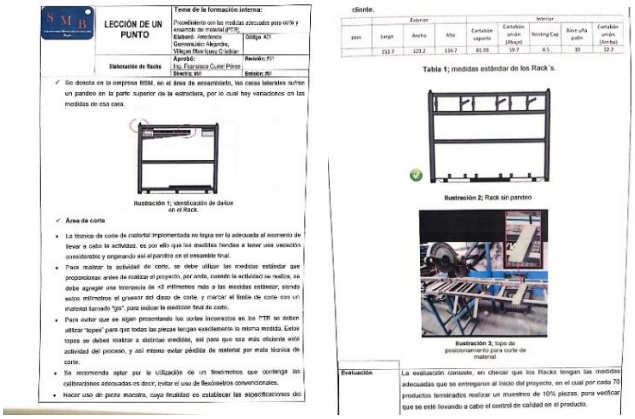
Diagrama Ishikawa

A continuación, se muestra un diagrama de Ishikawa, para mostrar las causas potenciales que ocasionan el problema. Véase en la ilustración 1.6.

1.6. Ilustración 1 Diagrama Ishikawa

OPL (Lección de un Punto).

Tomando en cuenta los datos obtenidos con anterioridad, se desarrolla la herramienta de calidad OPL (lección de un Punto), la cual nos arroja como resultado una disminución de errores en el área de Corte. Véase la ilustración 1.7.

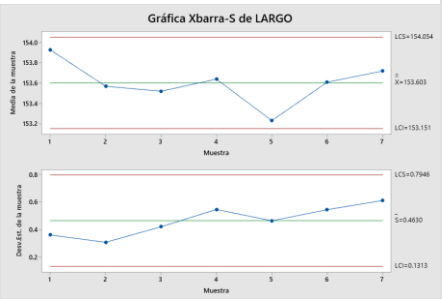


1.13. Ilustración 2 OPL

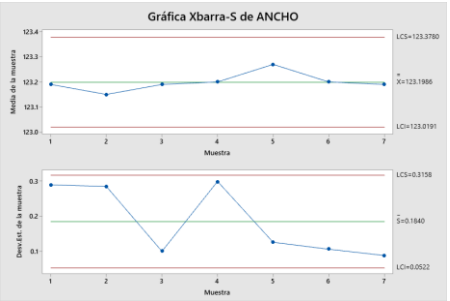
III. RESULTADOS

Gráficos de control $\bar{X}S$

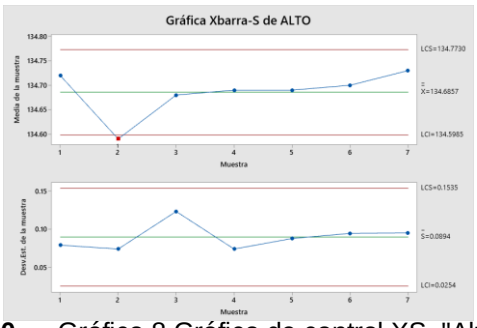
Se muestra la comparativa de cada una de las cartas de control, una vez ya implementado el OPL. Véase los gráficos 1.8-1.10.



1.8 Gráfico 6 Gráfico de control XS, "alto", (Después).



1.9 Gráfico 7 Grafico de control XS, "Ancho", (Después).



1.10 Gráfico 8 Gráfico de control XS, "Alto", (Después).

IV. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Para dar continuación respecto a los gráficos de control, se muestran las cartas de control 1.8-1.10, donde se evalúa un después. Haciendo mención que teniendo una comparativa de resultados de un antes, un total de varios números de subgrupos que sobresalen de los limites estándar que se establecen. Por otro lado, se perciben 3 gráficos del después de la aplicación de la OPL, teniendo como resultado final, que solo hay 1 subgrupo fuera de los límites establecidos del total de las variables analizadas.

V. CONCLUSIONES

Concluyendo que se logra la disminución de productos defectuosos de un 15% a un 3% considerablemente de tal manera que del muestreo que se realiza, solo se cuentan con tan solo 1 subgrupo que se encuentra fuera de los límites establecidos, coincidiendo con un menor número de errores presentes.

VI. AGRADECIMIENTOS

Se agradece al asesor de este articulo a M.I Liz Azucena González Martinez, por la orientación, apoyo, impulso a seguir adelante ante cualquier adversidad, así como la manera de brindarnos su amistad y el conocimiento de aprendizaje para la elaboración de este tipo de proyectos.

REFERENCIAS

[1] Arredondo Guevara Jairo, V. M. (2021). *Plan de acción* . Irapuato Gto.

[2] Carrasco JL, Domenech, Hulley SB, Kelsey IL. (2017). Obtenido de https://www.chospab.es/calidad/archivos/Metodos/Muestreo.pdf

[3] Deming, W. E. (1989). *google*. Obtenido de google: http://maestrosdelacalidadrc100312.blogspot.com/2012/09/maestros-de-la-calidad-william-edwards.html#:~:text=Su%20filosof%C3%ADa%20se%20basa%20en,Descubrir%20mejoras%3A%20Productos%2FServicios.

[4] Hallen, A. v. (1777). *google*. Obtenido de google: https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0365-6691201000020

[5] Salazar, D. l. ((2013).). *Diseño y Analisis de Experimientos.* Mexico: : MCGraw-Hill.

[6] Villegas Manríquez Cristhian, A. G. (2021). *Muestreo de pieas defectuosas.* Irapuato Gto.

DISEÑO Y EVALUACIÓN DE LA ACTIVIDAD ANTIFÚNGICA SOBRE UN COMPUESTO DE PU Y AGNP

Lizeth Esmeralda Ramírez Villanueva
Instituto Tecnológico Superior de Purísima del Rincón
Blvd. del Valle #2301, Guardarrayas, 36425
Purísima del Rincón, Guanajuato
LRS17110029@purisima.tecnm.mx

Dr. Armando Mares Castro
Instituto Tecnológico Superior de Purísima del Rincón
Blvd. del Valle #2301, Guardarrayas, 36425
Purísima del Rincón, Guanajuato
armando.mc@purisima.tecnm.mx

Resumen — Las aplicaciones tecnológicas enfocadas al poliuretano (PU) han presentado avances significativos gracias a sus ensayos con moléculas, nanopartículas, desarrollo de sus propias tecnologías y la incorporación de algunos aditivos. Estos avances demuestran ser beneficiosos en las tecnologías ya conocidas, así como dar paso a desarrollar nuevos materiales y mejoras en sus propiedades, aplicaciones más enfocadas, innovadoras y específicas en los procesos industriales. Se ha demostrado que las nanopartículas de plata (AgNP) tienen un gran potencial inhibidor del crecimiento fúngico y evitan la resistencia en los microorganismos. El objetivo de este proyecto se enfoca en la exposición directa e indirecta del hongo Trichophyton rubrum en muestras de poliuretano adicionados con nanopartículas de plata (AgNP) a diferentes concentraciones, para demostrar su actividad antifúngica.

Palabras clave — Poliuretano (PU), Actividad antifúngica, Nanopartículas de plata (AgNP).

Abstract — Technological applications focused on polyurethane (PU) have presented significant advances thanks to their tests with molecules, nanoparticles, the development of their own technologies and the incorporation of some additives. These advances prove to be beneficial in already known technologies, as well as giving way to the development of new materials and improvements in their properties, more focused, innovative and specific applications in industrial processes. Silver nanoparticles (AgNP) have been shown to have great inhibitory potential for fungal growth and prevent resistance in microorganisms. The objective of this project focuses on the direct and indirect exposure of the fungus Trichophyton rubrum in polyurethane samples added with silver nanoparticles (AgNP) at different concentrations, to demonstrate its antifungal activity.

Keywords — Polyurethane (PU), Antifungal activity, Silver nanoparticles (AgNP).

I. INTRODUCCIÓN

El poliuretano (PU) es el producto de una reacción de condensación de moléculas que contienen dos o más grupos isocianatos con moléculas de dos o más grupos hidroxilos, los cuales forman una cadena polimérica, desarrollando una serie de interconexiones entre ambos grupos. En el mecanismo de reacción hay formación de enlaces de uretano y urea, que a su vez forman compuestos reticulados como el alofanato y biuret, a los cuales se pueden unir otros compuestos para formar isocianurato y carbodiimida [1].

Los poliuretanos antimicrobianos tienen una amplia gama de aplicaciones industriales, como dispositivos médicos autodesinfectantes, superficies ambientales, envases de alimentos, etc. En estas aplicaciones, las superficies purificadas y limpias para eliminar patógenos o prevenir la colonización de superficies son muy esenciales [2].

Las nanopartículas metálicas, las nanopartículas mesoporosas de sílice, las nanopartículas poliméricas y los nanosistemas basados en lípidos son posibles soluciones a los desafíos que enfrenta el tratamiento de infecciones fúngicas [3]. Se ha demostrado que las nanopartículas de plata (AgNP) tienen un gran potencial para el crecimiento antifúngico y evitan la resistencia en los microorganismos. Se unen al ADN microbiano, impidiendo la replicación bacteriana, ya los grupos sulfhidrilo de las enzimas metabólicas de la cadena de transporte de electrones bacterianos, provocando su inactivación [4].

II. MATERIALES Y MÉTODOS

La siguiente metodología se realizó siguiendo los parámetros y el procedimiento descritos en la norma ASTM G21-15, Standard Practice for Determining Resistance of Synthetic Polymeric Materials to Fungi (ASTM International, 2015), llevando a cabo los procesos en las instalaciones del ITSPR.

Se seleccionaron 5 muestras de PU, con diferentes condiciones en cuanto a su composición, para probar su actividad frente al hongo Trichophyton rubrum, brindándole a cada ensayo las condiciones necesarias para asegurar el crecimiento del microorganismo. Posteriormente, se evaluó su capacidad de adaptación y crecimiento en el medio de cultivo marcado por la norma cada 24 horas, en contacto directo e indirecto de las muestras de PU previamente seleccionadas.

A continuación, se indican las muestras de PU de acuerdo con su tamaño de partícula y concentración de nanopartículas de plata.

Muestra No.	Tamaño de partícula	Concentración de nanopartículas de plata
Blanco	N/A	Sin nanopartículas
M1	Grande	Alta
M2	Grande	Baja
M3	Chico	Alta
M4	Chico	Baja

Tabla 1. Clasificación de las muestras de PU en base al tamaño y concentración de nanopartículas en su formulación.

II.I Obtención de cultivos madre

Se inocularon, por el método de estría en placa, una muestra proveniente de una preparación madre que contenía una población pura del hongo, para reactivar la cepa (American Type Culture Collection, ATCC) que se encontraba en las condiciones óptimas de almacenamiento (refrigeración a -20°C). Este proceso se llevó a cabo por triplicado en medios de cultivo PDA (Dextrosa-Papa Agar) y Sabouraud. Los cultivos permanecieron a 26°C durante 10 días.

II.II Producción de subcultivos

Se inocularon, por triplicado, muestras de 5 mm de diámetro obtenidas de los cultivos madre. La muestra se inoculó en el centro del agar, incubando las cajas a 26°C y humedad relativa no inferior al 85% durante 10 días.

II.III Corte de las muestras de PU

Se cortaron piezas del material de 50 x 50 mm de área, según lo establece la norma (ASTM International, 2015) y aproximadamente 3 mm de grosor, procurando dejar lo más lisa posible la superficie de las muestras. Se les dio un tratamiento de etanol 96% durante 30 minutos, y secado de 24 horas a temperatura ambiente. Para asegurar la inocuidad de las piezas, se sometieron a un segundo tratamiento con luz UV durante 2 horas.

II.IV Identificación microscópica del hongo

Para la visualización de la estructura fúngica a nivel microscópico de T. rubrum, se llevó a cabo una tinción diferencial con azul de algodón lactofenol. Se realizó mediante la técnica de impronta, la cual consiste en colocar una impresión de la superficie del hongo sobre una estructura utilizando una cinta adhesiva transparente. Se añadieron 20 µl del colorante y se observaron al microscopio a 40X.

II.V Obtención de la suspensión de esporas

Se realizaron lavados con agua destilada estéril, inyectando 10 ml de agua en cada medio. Se realizó un suave raspado de la superficie del medio con las colonias visibles del hongo, para liberar las esporas y homogeneizar la suspensión. Se filtraron con gasas y se colocaron en tubos de vidrio.

II.VI Identificación de células viables

Para la obtención de esporas para la inoculación de los ensayos, fue pertinente realizar una identificación visual de las células en suspensión. Este proceso se llevó a cabo en la cámara de Neubauer, tiñendo las esporas con 20 µl del colorante verde de malaquita, añadiéndolos a 1 ml de la suspensión de esporas previamente obtenida de los lavados. Se colocó una muestra en la cámara, y se observó a 40X.

II.VII Preparación de ensayos masivos

Posterior a los tratamientos de limpieza y desinfección de las piezas de PU, y la preparación de la suspensión de esporas, se realizaron los ensayos en medio de sales nutritivas adicionados con Kanamicina 50 mg/ml.

Las piezas de PU se colocaron en el centro del agar, procurando que no toque ningún otro espacio del agar. Se inocularon alícuotas de 50 µl de la suspensión de esporas, una alícuota en el centro de la pieza de PU, una alícuota a la derecha de la pieza y otra a la izquierda, éstas dos tocando el agar directamente, equidistantes, de forma que no toquen la pieza de PU ni las paredes de la caja Petri. Cada muestra de PU se realizó por triplicado, con un control de viabilidad de las células. Los ensayos se incubaron a 26°C, humedad relativa no inferior al 85%, durante 15 días como mínimo registrando su crecimiento día a día.

III. RESULTADOS

III.I Identificación microscópica

Para la visualización de la estructura fúngica a nivel microscópico de T. rubrum, se llevó a cabo una tinción diferencial con azul de algodón lactofenol. Se observan características morfológicas, microconidias laterales en forma de lágrima o pera, unidas en ángulo recto y alternas a la hifa.

Figura 1. T. rubrum teñido con azul de algodón lactofenol, en objetivo 40X.

III.II Ensayos con muestras de PU

El crecimiento se cuenta desde el sexto día de la inoculación, para dar tiempo a la adaptación y proliferación de las esporas en el medio, aunque lo ideal es darle las condiciones de crecimiento durante 28 días, para permitir que el hongo se adapte, cumpla su función biológica y contemplar en estudio como confiable y reproducible.

III.III Ensayo Blanco

Esta muestra no contiene nanopartículas de plata en su formulación. A continuación, se muestran los ensayos día con día de esta muestra.

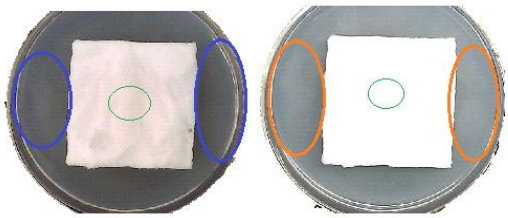


Figura 2. Muestra Blanco de PU a los 6 días de inoculación. Se observa poco crecimiento en las zonas laterales al PU, y en el centro no se observa crecimiento.

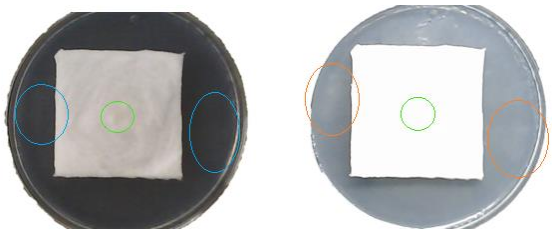


Figura 3. Muestra Blanco a 12 días de crecimiento. Se observa poco crecimiento.

III.IV. Ensayo M1

Se observa poco crecimiento del hongo en las inoculaciones laterales. No se observa crecimiento en la inoculación directa al PU.

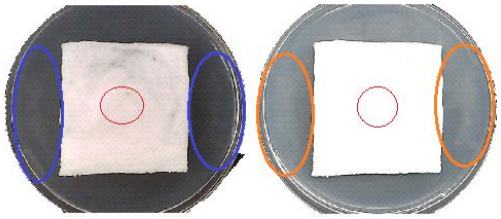


Figura 4. Muestra de PU con 6 días de crecimiento. Se observa poca biomasa en las inoculaciones laterales. No se observa crecimiento en la muestra.

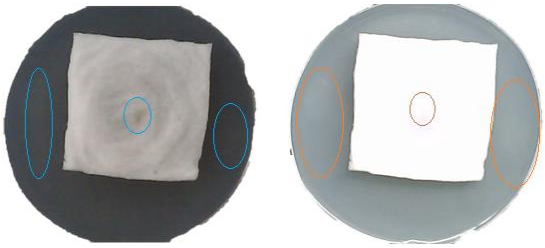


Figura 5. Muestra de PU con 12 días de crecimiento después de la inoculación inicial. No se observan cambios significativos en cuanto al aumento de biomasa.

III.V. Ensayo M2

A los 12 días de crecimiento se observa poco aumento de biomasa en los laterales. No se observan cambios en la inoculación central.

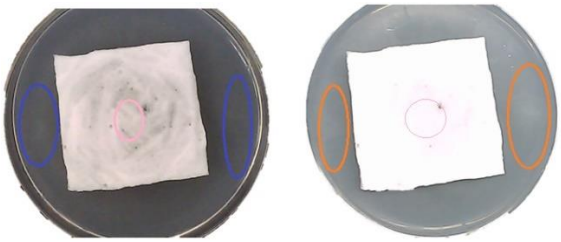


Figura 6. Muestra de PU a los 6 días de inoculación.

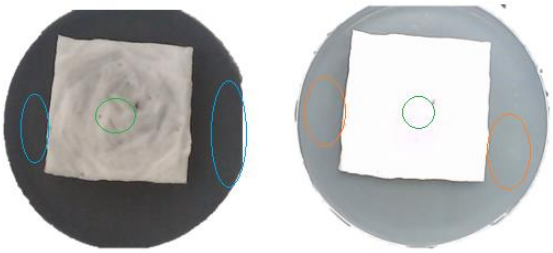


Figura 7. Muestra de PU después de 12 días de crecimiento. No se observan cambios significativos.

III. VI Ensayo M3

Este es el ensayo que, visualmente, presentó mayor cantidad de biomasa en crecimiento.

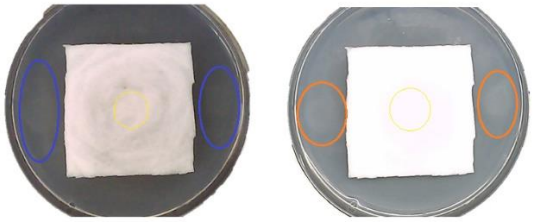


Figura 8. Muestra de PU a los 6 días de crecimiento.

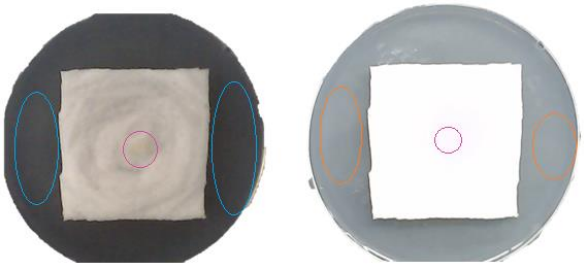


Figura 9. Muestra de PU a los 12 días. Se observa crecimiento a los laterales. No se observa crecimiento en la inoculación central.

a) Ensayo M4

Trascurridos los 12 días, este ensayo no mostró una cantidad significativa de biomasa producida. No se observan cambios en la inoculación central.

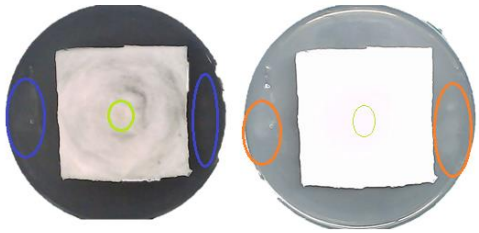


Figura 10. Muestra de PU a los 6 días de crecimiento.

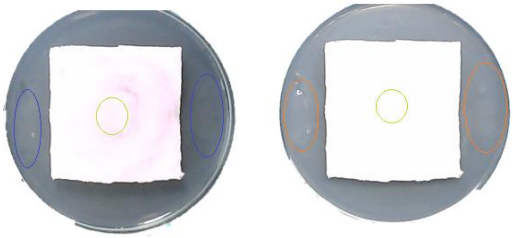


Figura 11. Muestra de PU a los 12 días de crecimiento. Se observa muy poca biomasa producida en las inoculaciones laterales.

IV. DISCUSIÓN (O ANÁLISIS DE RESULTADOS)

Debido a su gran área superficial, varios metales a escala nanométrica presentan propiedades biocidas, las cuales han impulsado el estudio de nanopartículas metálicas con la finalidad de utilizarlas como nuevos agentes antimicrobianos.

Entre los agentes antimicrobianos inorgánicos, la plata ha sido ampliamente utilizada desde tiempos remotos para combatir infecciones y controlar la contaminación microbiana. Su efecto bactericida se debe principalmente a los cambios estructurales que provoca en la membrana bacteriana y a su interacción con los grupos fosforilados y azufrados de varios compuestos [1]. En este ensayo, se probó la actividad antifúgica de un material hecho de poliuretano adicionado con nanopartículas de plata, a distintas concentraciones y tamaños. Se demostró, cualitativamente, la disminución considerable de la proliferación y crecimiento del hongo, en función al tiempo y condiciones de adaptación que se le brindaron.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Los hongos, a diferencia de las bacterias y otros microorganismos, tienen un periodo de proliferación, adaptación y esporulación mucho mayor y más delicado. Mientras que estos microorganismos tienden a completar su ciclo de vida en 24-48 horas, los hongos lo hacen hasta en 40 días, por lo que se recomienda iniciar la parte experimental lo más pronto posible, para así asegurar que los ensayos sean fidedignos, reproducibles y confiables.

VI. RECONOCIMIENTOS (O AGRADECIMIENTOS)

Agradezco el apoyo del Dr. Armando Mares Castro, por permitirme participar de este proyecto, con mucho entusiasmo y paciencia.

A mi compañera Mireya Medina Ramírez, por su apoyo y aporte a todo el trabajo realizado.

A nuestra asesora Brenda Ameyally Gerardo Vergara, por sus consejos y asesorías de mucha ayuda para nosotras.

Al Instituto Tecnológico Superior de Purísima del Rincón, nuestra casa de estudios.

REFERENCIAS

[1] M. Aguilar-Méndez, «Evaluación de la actividad antifúngica de nanopartíuclas de plata.,» mayo 2010. [En línea]. Available: https://www.repositoriodigital.ipn.mx/bitstream/123456789/11632/1/EXTENSO%20MAT065.pdf.

[2] S. A. Madbouly, «Waterborne Polyurethane Dispersions and Thin Films: Biodegradation and Antimicrobial Behaviors,» 11 febrero 2021. [En línea].

[3] W. Du, «Striking Back against Fungal Infections: The Utilization of Nanosystems for Antifungal Strategies,» *International Journal of Molecular Sciences,* 2021.

[4] S. N. Sawant, «Antibiofilm Properties of Silver and Gold Incorporated PU, PCLm, PC and PMMA Nanocomposites under Two Shear Conditions,» 13 mayo 2013. [En línea].

[5] E. Fages-Santana, «Investigación de fibras de polipropileno aditivadas con nanopartículas de plata para la mejora de propiedades bioacyivas en el sector textil.,» 2012. [En línea]. Available: https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/21065/tesisUPV3999.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

[6] H. E. de Alva-Salazar, «Efecto de Amilosa, Amilopectina y sus Derivados Oxidados sobre la Biodegradabilidad y Propiedades en Espumas de Poliuretano,» 1999. [En línea].

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE PRÓTESIS TRANSTIBIAL UTILIZANDO COMPOSITOS Y MANUFACTURA ADITIVA.

Cruz Ramírez Jonatán
Tecnológico Nacional de México-Instituto Tecnológico de Querétaro
Av. Tecnológico s/n, Centro, 76000 Santiago de Querétaro, Qro.
l18140978@correo.tecnm.mx

López Barroso Juventino
Tecnológico Nacional de México- Instituto Tecnológico de Querétaro
Av. Tecnológico s/n, Centro, 76000 Santiago de Querétaro, Qro
juventino.lb@queretaro.tecnm.mx

Resumen
El modelo 3D de la prótesis de miembro inferior partió de un antecedente en el TECNM - ITQ, mediante la asistencia de simulación mecánica se modificó en aspectos como en la unión entre las piezas principales. Se trabajó sobre un diseño innovador de mecanismo sin montaje de unión articulada de prótesis de miembro inferior impresa mediante la herramienta de diseño y simulación SolidWorks®.
Con la implementación de una fabricación híbrida se utilizará una plataforma impresa por manufactura aditiva y un método tradicional para materiales compuestos como es el “hand lay-up”. Por otro lado, los materiales serán a partir de compuestos poliméricos, asignados de acuerdo con la relación desempeño mecánico y comodidad.

Palabras clave —Mecanismo sin montaje, Manufactura aditiva, Fabricación hibrida.

Abstract
The 3D model of the lower limb prosthesis was based on an antecedent at TECNM - ITQ, and was modified in aspects such as the union between the main parts through the assistance of mechanical simulation. We worked on an innovative design of a mechanism without assembly of an articulated joint mechanism of a lower limb prosthesis printed by means of the design and simulation tool SolidWorks®.
With the implementation of hybrid manufacturing, a platform printed by additive manufacturing and a traditional method for composite materials such as "hand lay-up" will be used. On the other hand, the materials will be from polymeric composites, assigned according to the mechanical performance and comfort ratio.
Keywords —Non-assembly mechanisms, Additive manufacturing, Hybrid fabrication.

I. INTRODUCCIÓN

El proyecto surge por el alto índice de diabetes y enfermedades cardiovasculares que se presentan en México. Actualmente el país representa el número uno en obesidad infantil y el número dos en obesidad general del mundo. Estos problemas de salud y sumado a problemas congénitos se refleja como una amputación o que hayan nacido sin algún miembro inferior. Por lo tanto, el acceso a prótesis transtibiales es demandante para algunos grupos de la población. Sin embargo, no todos tienen un acceso por los costos que involucra este problema. En este trabajo se propone que, con el uso de materiales compuestos poliméricos,

para intentar resolver esta problemática de una manera rápida y accesible económicamente, para cualquier persona que lo requiera.

El enfoque del proyecto reside en el mecanismo que sirve como “rodilla” de la prótesis que sirve como unión entre el socket y la parte inferior de la pierna prostética que de igual manera se obtendrá por medio de la manufactura aditiva.

Para producir mecanismos móviles por manufactura aditiva existen tres maneras. La primera es produciendo las piezas por separado para su posterior ensamblaje; la segunda manera es con un ensamblaje integrado que consiste en componentes (generalmente electrónicos) incorporados a un mecanismo impreso, similar a un abanico impreso en 3D para un motor no impreso; la tercera manera es una impresión 3D de un mecanismo totalmente funcional, lo que quiere decir que, al terminar de ser impreso y eliminado el material de soporte como cualquier exceso, ya puede ser utilizado [1], [2].

Comúnmente las industrias de producción suelen fabricar sus productos en piezas individuales que se ensamblan en un dispositivo de trabajo. El montaje de estos productos puede llegar a consumir mucho tiempo y dinero por lo que se han implementado nuevas técnicas para mejorar este proceso, así mediante el diseño de piezas optimizadas para el ensamblaje [3].

Es por esto que la manufactura aditiva juega un papel muy importante en el proyecto pues facilita la producción de mecanismos ya ensamblados desde su creación con piezas únicas diseñadas con modificaciones para funcionar en una estructura más compleja reduciendo así el número de componentes [4], [5].

II. MATERIALES Y MÉTODOS

De los materiales propuestos para la fabricación de la prótesis se propone utilizar fibra de vidrio con “gelcoat” (material utilizado para proteger la superficie de un material fibroso y otorgarle durabilidad) sobre una plataforma obtenida por manufactura aditiva.

Se implementó la fabricación hibrida en una plataforma impresa utilizando el método tradicional para materiales compuestos.

Tabla 16: Alternativas de materiales [6], [7].

Material	Propiedades
Polipropileno (PP)	Densidad: 0.9-1.13 g/cm^3. Resistencia a la tracción: 30-35.9 MPa. Módulo de Young: 280- 2050 MPa. Temperatura de procesado: 120-268°C. Dureza: 84-110 RC. Módulo de Young: 280- 2050 MPa. Resistencia de cedencia a la flexión: 28-55 MPa.
Fibra de carbono (FC)	Densidad: 1.47 g/cm^3. Resistencia a la tracción:4900 MPa. Módulo de Young: 230K-240K MPa.
Acrilonitrilo Butadieno Estireno (ABS)	Densidad: 0.882-3.5 g/cm^3. Resistencia a la tracción: 15.9-39.9 Mpa. Módulo de Young: 778- 6100 MPa. Temperatura de procesado: 177-232 °C. Dureza: 90-119 RC. Resistencia de cedencia la flexión: 10-3-655 MPa.
Fibra de vidrio (FG)	Densidad: 2.44 g/cm^3. Resistencia a la tracción: 2000-3500 MPa. Módulo de Young: 70K MPa.
Acido poli láctico (PLA)	Densidad: 1.20 g/cm3. Resistencia a la tracción: 45.6 Mpa. Módulo de Young: 2360 Mpa
Policarbonato (PC)	Densidad: 1.19 g/cm^3. Resistencia a la tracción: 614.877 Mpa Módulo de Young: 23K Mpa

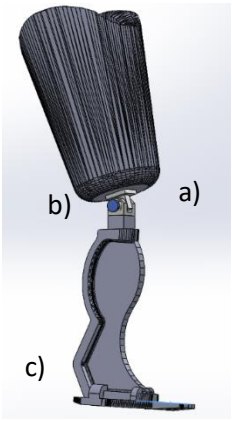
El diseño preliminar de la prótesis fue plasmado mediante un boceto a mano alzada. En seguida, este boceto se convirtió a un modelo 3D mediante el programa de diseño SolidWorks®. A este modelo 3D inicial se le realizó un estudio de esfuerzos mecánicos para detectar las áreas de concentración de esfuerzos. Después del análisis con la simulación se hicieron rediseños en algunos puntos de los componentes para cumplir con el objetivo de que esta prótesis soporte una carga generada por una persona de 80 kg.

(1)

a) Socket

b) Unión Articulada

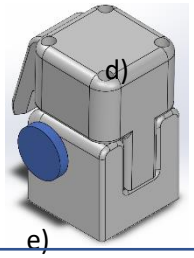
c) Pie Prostético



(2)

d) Componente superior

e) Pasador



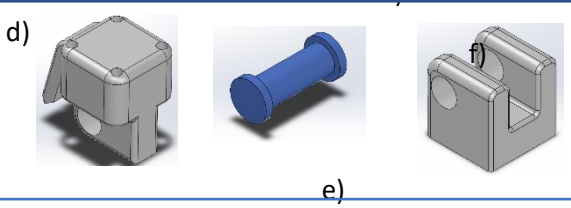


***Fig. 1**: (1) Partes de la prótesis y unión articulada, (2) Vista isométrica del ensamble de la articulación, (3) Vista isométrica de las piezas del ensamble*

La unión del socket inicialmente era un ensamble de componentes impresos individualmente. En este estudio se propone un mecanismo de tal manera que se imprima la articulación ya ensamblada (Fig. 1). De esta manera el diseño busca reducir el tiempo de producción y el número de componentes del mecanismo. Para la unión articulada se utilizaron materiales PLA y PC debido a su procesamiento relativamente fácil y resistencia mecánica.

III. RESULTADOS

Se imprimió un prototipo previo (Fig. 2) para observar la factibilidad de la impresión y las características de la geometría.

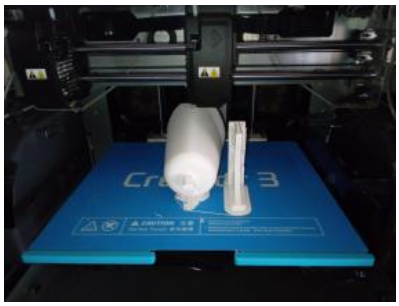


***Fig. 2:** Prototipo impreso*

En un antecedente a este trabajo se realizó el ensamble con unión rígida de un modelo que cubría los esfuerzos mecánicos requeridos [8]. Sin embargo, existe la necesidad de una unión articulada por lo que se realizó el modelo de la unión partiendo de un modelo de licencia libre en *3dcontentcentral.com*, el cual se modificó para cubrir las necesidades que la prótesis demanda [9].

Los análisis de esfuerzos mecánicos en el PLA y PC no se encontraron regiones donde se superará el límite elástico. En el caso de la deformación, el PLA mostró valores menores de deformaciones en comparación de la deformación con la misma carga y mismas posiciones que el PC. En los resultados del PLA, el FDS tuvo un valor mínimo de 1.7 en comparación con el PC que obtuvo un valor mínimo de 27. Por lo tanto, se propone imprimir la articulación con PC debido al comportamiento mecánico y al FDS observado en comparación el PLA.

El análisis con la simulación involucró la deformación, los esfuerzos mecánicos y el factor de seguridad (FDS). El estudio se efectuó en tres posiciones de la articulación, los resultados de este análisis se muestran en las Fig. 3 y Fig. 4.

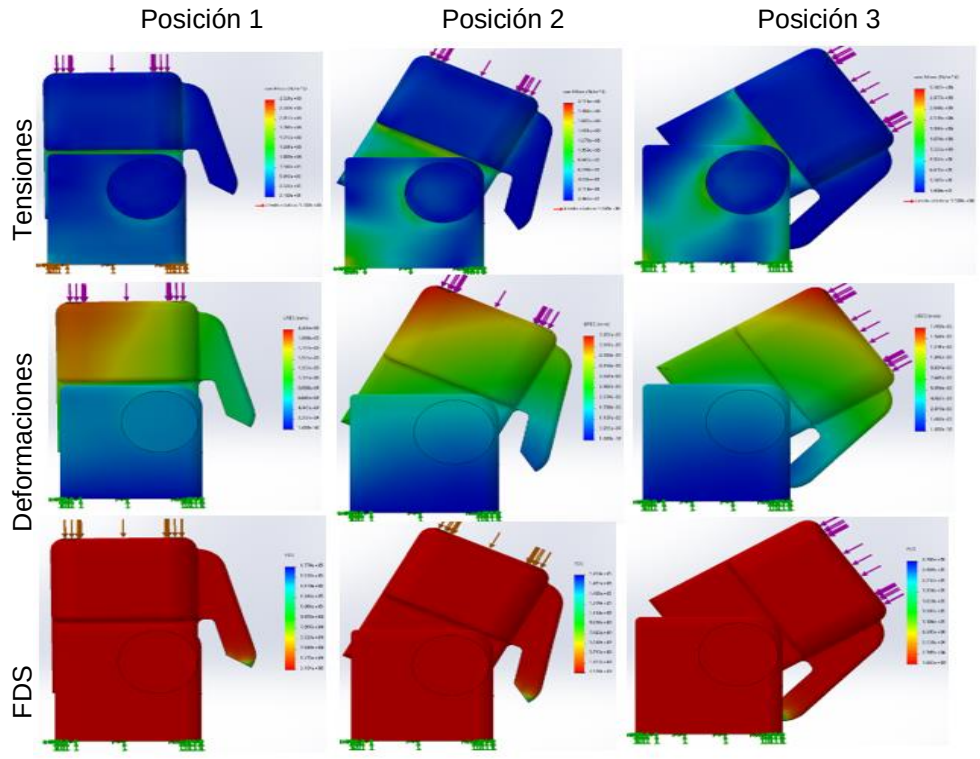


Fig. 3: *Simulación mecánica de tensiones, deformaciones y FDS de la articulación utilizando PLA como material de impresión en tres posiciones distintas.*

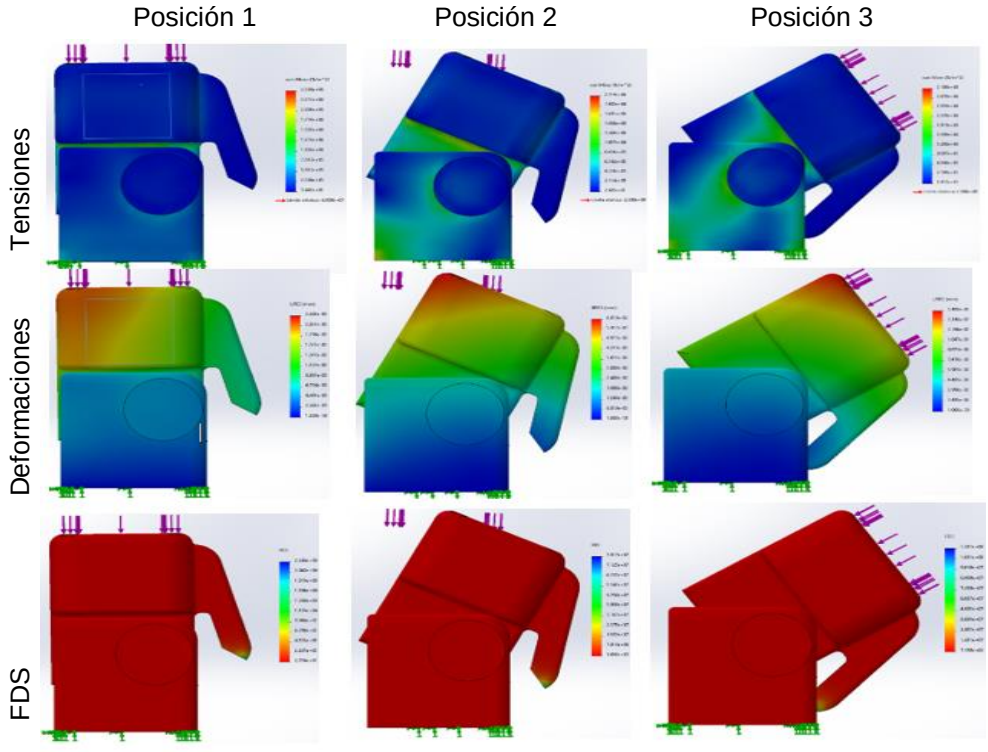


Fig. 4: *Simulación mecánica de tensiones, deformaciones y FDS de la articulación utilizando PC como material de impresión en tres posiciones distintas*

IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En conclusión y a manera de trabajo futuro, se utilizará PC para la elaboración por manufactura aditiva de la unión articulada de esta prótesis transtibial. Los análisis en posiciones distintas de la articulación evidencian los esfuerzos mecánicos de la forma y la estructura de la articulación. Producir un mecanismo sin necesidad de ensamblaje es una alternativa bastante interesante para disminuir el tiempo de producción y componentes de un ensamblaje. El ámbito de las prótesis es solo una de las formas en las que se puede usar la manufactura aditiva sin ensamblaje, ya que también se puede aplicar para la creación de un producto desplegable que no requiera de un gran espacio para su almacenamiento y transporte.

V. RECONOCIMIENTOS (O AGRADECIMIENTOS)

Expresamos nuestro agradecimiento al Tecnológico Nacional de México-Instituto Tecnológico de Querétaro y al 24 Verano de la Ciencia de la Región Centro.

REFERENCIAS

[1] A. Sakes, A. Sakes y P. Breedveld, «Design of non-assembly mechanisms: A state-of-the-art review, » ELSEVIER, vol. 39, p. 14, 2021.

[2] D. E. Whitney, «Mechanical Assemblies: Their Design, Manufacture, and Role in Product Development,» 2004. [En línea]. Available: https://www.globalspec.com/reference/69914/203279/4-k-further-reading.

[3] Umberto Scarcia. Giovanni Berselli, [y otros]. «OPTIMAL DESIGN OF 3D PRINTED SPIRAL TORSION SPRINGS,» SMASIS2016-9218, p. 9, 30 09 2016.

[4] Stelian Coros, Bernhard Thomaszewski [y otros]. «ACM DIGITAL LIBRARY,» 07 2013. [En línea]. Available: https://dl.acm.org/doi/10.1145/2461912.2461953.

[5] D. REJESKI, «Wilson Center,» 2013 04 29. [En línea]. Available: https://www.wilsoncenter.org/dialogue-program/3-d-printing-game-changer. [Último acceso: 20 07 2022].

[6] J. Charles E. Carraher, Polymer Chemistry, Florida : MARCEL DEKKER, INC. , 2003.

[7] [En línea]. Available: https://www.matweb.com/.

[8] Santillán Pacheco, M. G., Cruz Ramírez, J., Simeón Chávez, M. P., Vázquez Delgadillo, G. K., Flores Hernández, C. G., & López Barroso, J. (2022). ANÁLISIS DE LA DEFORMACIÓN DE PRÓTESIS DE MIEMBRO INFERIOR BASADA EN MATERIALES COMPUESTOS POLIMÉRICOS CON TECNOLOGÍA ADITIVA. Expo Juventud Zorrotec 2022. (p.1). Querétaro: Recuperado de https://drive.google.com/file/d/1YRA6oGgMCU-W5g6bcMrpre3UEaF9EHd7/view?usp=sharing

[9] C. A. Guerrero, «3dcontentcentral,» 12 6 2013. [En línea]. Available: https://www.3dcontentcentral.es/Download-Model.aspx?catalogid=171&id=415788.

PLATAFORMA DE DESPLAZAMIENTO AUTOMÁTICO DE CAJAS PETRI PARA PROCESAMIENTO DE IMÁGENES EN SECUENCIA

Héctor Hernández Becerra
Instituto Tecnológico Superior de Purísima del Rincón.
Ingeniería electromecánica
Blvd..del Valle 2301, Col. Guardarrayas C.P. 36425, Purísima del Rincón, Gto.
LRS19110317@purisima.tecnm.mx

Daniel Jiménez Mendoza
Instituto Tecnológico Superior de Purísima del Rincón.
Blvd. del Valle 2301, Col, Guardarrayas C.P. 36425, Purísima del Rincón, Gto.
daniel.jm@purisima.tecnm.mx

Resumen — En este trabajo se presenta el desarrollo e implementación de una plataforma de desplazamiento rotatorio para tomar fotografías de muestras de hongos en caja Petri. La finalidad es automatizar el procedimiento de toma de imágenes en secuencia de muestras dispuestas en un carrusel giratorio. El movimiento de la plataforma se controla mediante una raspberry Pi Pico. Un motor a pasos mueve el mecanismo que permite rotar la plataforma hasta posicionarla bajo una caja Petri, una vez en posición, las imágenes son capturadas por una cámara web HD 720 y son almacenadas en la computadora, la cual realiza la segmentación de áreas con opencv. El prototipo desarrollado tiene aplicaciones en investigación y prácticas de laboratorios, agilizando la toma de imágenes.

Palabras clave — plataforma de desplazamiento, hongos, procesamiento de imágenes.

Abstract — In this work is presented the development and implementation of a rotary displacement platform to take images from fungi samples over a Petri container. The main goal is automating the image capture procedure that will move some samples of fungi from some Petri containers over a gyratory dish. The platform movements are controller by a raspberry Pi pico. A stepper motor moves the mechanism to spin the platform until a place under a petri container; once in position, the images are taken by a webcam HD720 and stored at a computer, which calculates areas by using opencv library. The developed prototype has applications in research field and laboratory practices, speeding up tasks taking images.

Keywords — scrolling platform, fungi, image processing.

I. INTRODUCCIÓN

Durante el siglo XIX y XX ocurrieron diferentes hechos y sucesos que dieron origen a diferentes medios de cultivos empleados en la actualidad. Para 1872 Ferdinand Cohn publicó un medio base similar al cual se le podía añadir azucares a voluntad. No fue hasta 1881 que se desarrolló el primer medio de aislamiento de cultivo de medios sólidos y además, obtuvo la etiología del ántrax. Un año posterior Koch resolvió un problema del suero solido de Loeffler con la introducción del agar descubierta por Tarozaemon Minoya desde hace dos siglos atrás [1,2]. Las muestras en aquellas épocas eran almacenadas bajo campanas que ocupaban mucho espacio hasta que en el año de 1877 Julius Richard Petri encontró una solución, desarrollando un recipiente más sencillo, capaz de aislar los contenidos de estas de los residuos atmosféricos [3], los cuales actualmente se siguen

utilizando conocidos comúnmente como cajas petri. La preparación de muestras en agar en cajas Petri es uno de los métodos más utilizados para el estudio de microorganismos; con el desarrollo de la computadora y algoritmos más potentes, la cuantificación de bacterias y otros elementos presentes en muestras se realiza de forma más sencilla empleando algoritmos de procesamiento de imágenes. Las técnicas de procesamiento de imágenes tuvieron un auge significativo en la década de los 50's, sus aplicaciones más comunes fueron por ejemplo envió de imágenes por cohetes en los laboratorios Jet Propulsión, posteriormente en las siguientes dos décadas se comenzaron a desarrollar técnicas para imágenes médicas, observaciones remotas de la tierra y astros [4,5]. Además, en los últimos años ha ganado terreno en otras disciplinas enfocadas en la industria como en la inspección de la calidad o identificación de lesiones; también en áreas del sector bioquímico para evaluar áreas de inhibición y cuantificación de esporulas de hongos, determinación de tamaños de nanopartículas, entre otras [6-8]. Las nanopartículas especialmente las de plata se le ha dado usos como agente antimicótico y por su potencial se ha descubierto tanto en el calzado como en otras áreas que posee propiedades antifúngicas [9]. El presente trabajo está enfocado al diseño de una plataforma para toma de imágenes de muestras en cajas Petri, minimizando así el tiempo empleado para tomar fotos de cada muestra. El sistema es capaz de tomar hasta 6 imágenes de forma automática utilizando software libre.

II. MARCO TEÓRICO

A. Hongos

La microbiología es aquella rama de la ciencia que estudia a los microorganismos como a los hongos. Estos se les consideran que son protistas no fotosintéticos con la peculiaridad de crecer de manera aglomerada en filamentos ramificados y entrelazados (hifas o micelios). Las hifas poseen paredes cruzadas, cuentan con perforaciones, permitiéndoles el paso libre del núcleo y del citoplasma; mientras los micelios se les puede denominar mohos.

Alguna de las peculiaridades de los hongos son degradadores de materia orgánica de organismos vivos y muertos, participan en el proceso de fermentación y por naturaleza se reproducen de forma sexual. Esto se clasifican en: Chytridiomycota, Zygomicota, Ascomycota, Basidiomycota, Deutoromicetos [10,11].

B. Python y procesamiento de imágenes digitales

La programación se ha vuelto muy importante día a día y han surgido varios lenguajes de programación a lo largo de la historia, actualmente uno de los más potentes e importantes es Python, el cual es un intérprete de tipado dinámico; su sintaxis trabaja de manera de código legible, además de ser multiparadigma y multiplataforma [12]. Python es usado para desarrollo de la web en servidores, matemáticas y sistemas secuenciales. Es importante tener en cuenta que un programa es una serie de instrucciones previamente codificadas, realizadas en una computadora que se convertirá en un archivo ejecutable y con la ayuda del codificador se ejecutará en una unidad de procesamiento [13].

La función principal del procesamiento de imágenes digitales (PID), es mejorar el aspecto de las imágenes y hacer visible aquellos detalles que se desean observar por algún medio óptico a través de un dispositivo de manera digital como en una computadora. Estas tienen un sinfín de aplicaciones en diversos campos. Por ejemplo: en el ámbito médico con las resonancias magnéticas, radiografías, ultrasonidos y tomografías; en la cartografía y sistemas geográficos y meteorológicos. También las PID se emplean en los diseños CAD, la industria para el desarrollo de una pieza o producto y en el ámbito de la investigación para analizar muestras de laboratorios, la calidad de un material, sustancia o elemento, etc [14, 15]

III. MATERIALES Y MÉTODOS

La plataforma de desplazamiento automático de cajas Petri para procesamiento de imágenes en secuencia consta de cuatro etapas:

1er etapa (Investigación y selección de componentes):

La primera parte consistió en buscar información en revistas, artículos y libros acerca de los hongos, clasificación, características y la forma en que son cultivado dentro de las cajas petri. Posteriormente se trabajó en algoritmos y morfología matemática para procesar las imágenes digitales con la librería opencv en python.

Una vez finalizado el paso anterior seleccionamos el motor a pasos, identificamos bobinas y secuencia de pasos, así como los demás componentes electrónicos que se emplearían para el prototipo de manera que se pueda controlar y automatizar (figura 1). Al momento de la selección también se revisaron las hojas de especificaciones de cada componente para ajustarlo al diseño de la plataforma.

a) b) c) d) e)

Fig. 1. Componentes electrónicos: a) Raspberry Pi Pico, b) Motor a pasos bipolar, c) Sensor IR, d) Driver TB6612FNG y e) webcam

2da etapa (programación y circuito del mecanismo):

Finalizada la primera etapa se procedió investigar el lenguaje micro Python para microcontroladores, su sintaxis e interacción con hardware. Una vez conocida la sintaxis de micro Python se procede a elaborar la programación del algoritmo de control, siguiendo el diagrama de flujo que representa la figura 2.

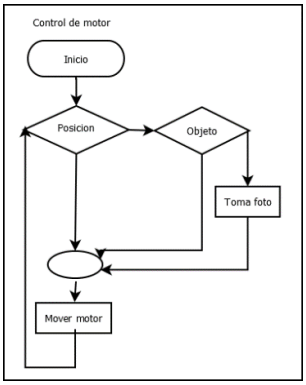
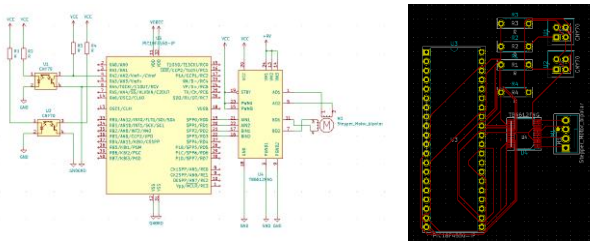


Fig. 2. Algoritmo de control del motor

Con este algoritmo se comprueba que el motor a pasos, el driver del motor y el sensor IR funcionen bien con la Raspberry Pi pico. El PCB y diagrama del circuito de control se muestran en la figura 3. Aquí únicamente usamos el zócalo de un pic de 40 pines para poner la Raspberry Pi pico debido a que no se cuenta con la librería y footprints de dicho elemento en el software de diseño de PCB.



a) b)

Fig. 3. Circuito a) Esquema eléctrico b) Diseño en PCB en KiCAD

3° etapa (Diseño de prototipo):

Con base a las etapas anteriores, se procedió a medir las dimensiones de las cajas Petri, y de los componentes eléctricos, después se realizaron una serie de bocetos de la estructura de la base de la plataforma, se diseñaron los ejes, engranes internos y soportes de la cámara. Las piezas se diseñaron en AutoCAD, Inventor y Cura. Para elaborar los cortes de la estructura de la plataforma, la base y el soporte de la cámara en acrílico y HDF con una cortadora láser; mientras las partes mecánicas y de soporte de componentes mecánicos se hicieron con PLA en unas impresoras 3D (Ender 3 pro). En la figura 4 se observa parte del procedimiento de corte e impresión del modelo.

a) b)

Fig. 4. Diseño a) corte laser y b) impresión 3D

Cabe mencionar que en el diseño se contemplaron dejar unos orificios para el cableado del sistema interno, dejar unas rendijas y entradas para posterior mantenimiento y sustitución de elementos mecánicos o electrónicos.

En el caso de las piezas mecánicas se dejan unas medidas de tolerancia para ensamblar las piezas sin ninguna complicación y se logren mover

Donde se colocan las cajas Petri se elaboraron unos grabados, se dejaron orificios para su colocación y estabilidad, para evitar algún incidente al momento de manipular las muestras.

4° etapa (armado y realización de pruebas)
En esta etapa se procedió a ensamblar la estructura completa del mecanismo, se acomodaron las partes móviles y fijas en su lugar, en la parte del circuito del mecanismo se adaptaron más cables largos para que el sistema quedara distribuido y no ocurran problemas a la hora de su funcionamiento y se proceden a hacer pruebas.

VI. RESULTADOS

Una vez terminado de armar el dispositivo, se procedió a tomar la foto de una muestra de cultivo de hongo y se calculó el área de éste con la librería opencv en python (Figura 5a y b).

En la figura 5c se muestran las pruebas del motor a pasos y su interacción con el sensor de posición, este procedimiento permitió saber la cantidad de pasos necesarios hasta llegar a la detección de otra caja Petri.

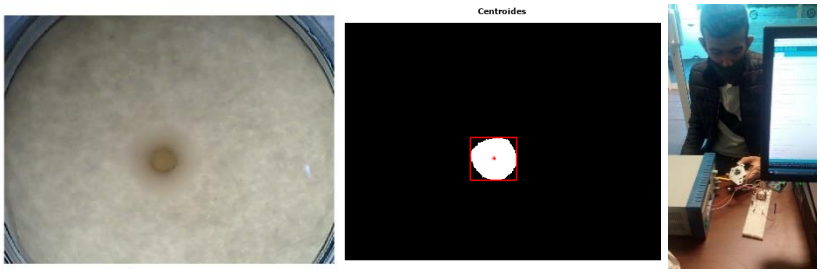


Fig. 5. a) Muestra de cultivo de hongo, b) segmentación de área de hongo y c) Pruebas de funcionamiento del circuito con el motor a pasos

Después de los anterior se hicieron avances en el diseño por CAD de piezas que se observan en la figura 6.

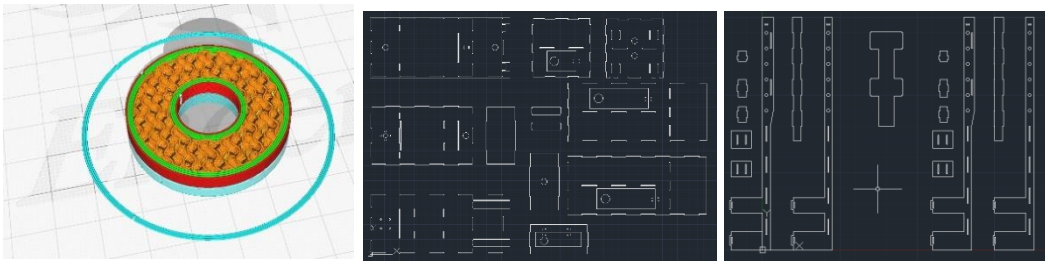


Fig. 6 a)Diseño de piezas en software CAD, b) Partes del prototipo en 2D y c) Dibujo de soporte para la cámara web.

Finalmente, como resultado se muestra como quedo armado el prototipo en la figura 7.

Fig. 7. Estructura del prototipo armado.

V. DISCUSIÓN (O ANÁLISIS DE RESULTADOS)

El objetivo del diseño de la plataforma para tomar imágenes se ha cumplido, este proceso involucra creatividad para imaginar en desarrollo plano como serán ensambladas las piezas, además de medir los elementos que estarán interconectados en el dispositivo, el prototipo resultante me llena de satisfacción debido a que logre hacerlo en tiempo récord, además de aprender la sintaxis de Python y el uso de un microcontrolador de última generación. Referente al procesamiento de imágenes, es un campo muy amplio, en este corto periodo logre emplear algo de espacios de color y el umbral de Otsu, que aunado a morfología matemática se logró segmentar la región de crecimiento del hongo, este resultado es sumamente valioso por que se dan las bases para procesar muestras biológicas donde se requiera calcular áreas.

VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En mi caminar por la escuela he aprendido un poco de diseño y de electrónica que me han servido en gran medida para el desarrollo de este proyecto. Por las características del dispositivo es imprescindible desarrollar la habilidad de programación, cosa que he explorado con el lenguaje Python, debido a su corta curva de aprendizaje, en dos semanas logre utilizar muchas de las librerías y métodos para procesar imágenes, otro factor importante fue el uso de un microcontrolador de 32 bits, que aunque no he llevado esa asignatura, con la ayuda de la hoja de datos y unos cuantos programas de ejemplos, se logró programar el algoritmo de control del motor y el programa para medir las áreas de las muestras.

El dispositivo es funcional y como trabajo futuro se pretende conectarlo a internet para el registro de las mediciones en la nube o mediante el envió de reporte por correo, esto ayudará a tener la información disponible una vez se termine de analizar las imágenes. La otra ventaja de aplicar conocimientos de IoT es que se podrá correr una muestra de forma remota con el simple hecho de presionar un botón de la interfaz gráfica.

VII. RECONOCIMIENTOS (O AGRADECIMIENTOS)

Expreso mi agradecimiento al Instituto Tecnológico Superior de Purísima del Rincón al permitirme usar las instalaciones y equipo necesario para llevar a cabo la realización de mi prototipo, al coordinador de la carrera de electromecánica por facilitarnos el material y a la carrera de ingeniería de bioquímica al facilitarnos las muestras de los hongos en la caja Petri y al programa de verano de la ciencia región centro en su edición 24 por el apoyo económico de viáticos.

REFERENCIAS

[1]. Collard, P. (1985). Medios artificiales de cultivos. En El desarrollo de la microbiología (pp. 23-34). Barcelona, España: Editorial Reverté S.A.

[2]. Matsuhashi, T. (1990). Agar. En Food Gels. (pp. 1-51). United Kingdom (Reino Unido): Elselvier Science Publisher. ISBN: 978-94-010-6825-3

[3]. Fresquet, J. (2019). Julius Richard Petri. junio 16, 2022, de Universitat de València Sitio web: https://www.historiadelamedicina.org/pdfs/petri.pdf

[4]. Domínguez, A. (1996, abril-junio). Procesamiento digital de imágenes. Perfiles educativos, 18(72), pp. 61-68. ISSN:0185-2698

[5]. Mejía, J.R. (2005). Apuntes de Procesamiento Digital de Imágenes. San Luis Potosí, México: UASLP.

[6]. Catalan-Urzua, Andres.(2019). Tecnicas de procesamiento digital de imagenes. Revista de Marina, 136(969).

[7]. Linda C. Muskat, Yannic Kerkhoff, Pascal Humbert, Tim W. Nattkemper, Jørgen Eilenberg, Anant V. Patel. (2021). Image analysis-based quantification of fungal sporulation by automatic conidia counting and gray value correlation, Methods X, 8,101218.

[8]. Kapadia VN, Sasidharan N and Kalyanrao Patil.(2017).Seed Image Analysis and Its Application in Seed Science Research. Advances in Biotechnology & Microbiology, 7(2).43-45 Pág. 7.

[9]. Yan X, Wang J, Liu S, Zhang C.(2017). Purity identification of maize seed based on color characteristics. 4th Conference on Computer and Computing Technologies in Agriculture (CCTA).

[10]. Brooks, Carroll, Butel, Morse & Mietzner. (2011). “Jawetz, Melnick y Adelberg: Microbiología médica”. México: Mc Graw-Hill. ISBN: 978 607 15 0503 3

[11]. Cervantes M & Hernández M. (2004). Biología General (segunda edición). México: Grupo Editorial Patria.

[12]. Shaw, Z. (2018). “Aprende a programar con Python 3”. Madrid, España: Ediciones Anaya Multimedia.

[13]. Challenger-Pérez, I. & Becerra-García, R.A. & Díaz, Y. (2014). El lenguaje de programación Python. Ciencias Holguín, XX (2), pp. 1-13. ISSN: 1027-2127

[14]. Malacara, D. (2002). “Óptica tradicional y Moderna (2da edición)”. México: Fondo de Cultura Económica. ISBN 968-16 5226-6

[15]. Restrepo, A. (1998, mayo-julio). Procesamiento de imágenes médicas. Revista Universidad EAFIT, 34(110), pp. 85-92.

ÚLTIMAS TENDENCIAS EN ESTRATEGIAS DE DESCARBONIZACIÓN UTILIZADAS POR LAS EMPRESAS

Julio Cesar Armendáriz Zavala
Universidad Politécnica de San Luis Potosí
Urbano Villalón no. 500 Col. La Ladrillera
171764@upslp.edu.mx

Mónica Marcela Zaldívar Muñoz
Universidad Politécnica de San Luis Potosí
Urbano Villalón no. 500 Col. La Ladrillera
monica.zaldivar@upslp.edu.mx

Resumen — Este artículo presenta una investigación documental sobre las últimas tendencias en estrategias de descarbonización implementadas por las empresas en México, identificando las dependencias encargadas de promover y orientar a la descarbonización en el país; lo anterior, con el objeto de determinar si, de acuerdo con los ODS, en México se identifican acciones para disminuir sus emisiones de GEI para 2030.

Palabras clave — Huella de carbono, Gases de Efecto Invernadero (GEI), Descarbonización, Estrategias

Abstract — This article presents a documentary research on the latest trends in decarbonization strategies implemented by companies in Mexico. Identifying the agencies in charge of promoting and guiding decarbonization in the country, in order to determine if, in accordance with the SDGs, actions are identified in Mexico to reduce its GHG emissions by 2030.

Keywords — Carbon Footprint, Greenhouse Gases (GHG), Decarbonization, Strategies

I. INTRODUCCIÓN

El presente trabajo es el resultado de una investigación documental para la identificación de modelos enfocados en estrategias de descarbonización utilizados por las organizaciones, ya que en la actualidad el incremento de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) provoca el calentamiento global alcanzando niveles significativos de temperatura, por lo que en 2015 en la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático se llevó a cabo el Tratado Acuerdo de Paris, el cual tiene como propósito unir los esfuerzos de todos los países en materia del calentamiento global para reducir de 2 ºC a 1.5 ºC el aumento de temperatura por año, manteniendo como línea base los niveles en el periodo preindustrial [1-2].

Con respecto a la investigación se mostrarán las estrategias de descarbonización que se implementan en México haciendo una comparación con las presentes en la Unión Europea, quien lidera este campo con el Pacto Verde Europeo el cual recoge medidas de control de polución, genera políticas sociales y acciones en contra del cambio climático, así como leyes de sustentabilidad reducción de las emisiones de gas, eficiencia energética, economía circular y economía verde [3].De igual manera se dan a conocer algunas organizaciones que promueven la descarbonización en México con el fin de contribuir a los objetivos de desarrollo sustentable (ODS) propuestos por la Organización de las Naciones Unidas (ONU).

II. MARCO TEÓRICO

La huella de carbono se define como la cantidad de emisión de gases relevante al cambio climático asociada a las actividades de producción o consumo de los seres humanos; aunque el espectro de definiciones varía desde una mirada simplista que contempla solo las emisiones directas de CO_2, sin embargo los GEI reducen la pérdida neta de radiación infrarroja hacia el espacio y tienen poco impacto en la absorción de la radiación solar, lo que hace que la temperatura de la superficie sea más cálida y produce el denominado "efecto invernadero" [4,5].

La descarbonización es el proceso de reducción de emisiones de carbono, sobre todo de dióxido de carbono CO_2, a la atmósfera. Su objetivo es lograr una economía global con bajas emisiones que consiga la neutralidad climática a través de la transición energética, en cambio la estrategia es el arte de eslabonar un conjunto de acciones para planificar y dirigir las operaciones y alcanzar un objetivo [6,7].

III. MATERIALES Y MÉTODOS

Objetivo: Identificar las estrategias que se llevan a cabo en las empresas en México con el fin de controlar y mitigar la emisión de GEI a la atmosfera en los últimos 5 años.

Con lo mencionado anteriormente se plantearon las siguientes preguntas de investigación: ¿Cuáles han sido las estrategias que se han desarrollado en México para descarbonizar las empresas durante los últimos cinco años?, ¿Cuáles son las organizaciones que orientan a las empresas sobre los procesos de descarbonización?, ¿Las orientaciones que dan las organizaciones sobre la descarbonización están alineadas con los ODS?, ¿Las estrategias que se plantean en México están alineadas a las del Pacto Verde Europeo?

Hipótesis: Si en México el gobierno estableciera un mapa de ruta para reducir el GEI a través de las organizaciones, entonces las empresas empezarían a definir estrategias para reducir su huella de carbono colaborando así con los ODS.

Como parte de la investigación en la siguiente tabla se resumen los objetivos de tres de las organizaciones que promueven y orientan sobre la descarbonización en México:

Tabla 1. Organizaciones que promueven la descarbonización en México. Fuente: Elaboración propia

Organización	Objetivo planteado por la organización
Greenpeace	Diseñar y promover la conciencia en la emisión de GEI en México, además de brindar información acerca de cómo se calcula y brindar apoyo a las empresas que quieran mitigar su emisión de GEI, y con ello generar nuevas estrategias que permitan un mejor desarrollo para futuras generaciones, pero siempre manteniendo un el ambiente saludable y verde [8].

Pronatura	Pronatura empezó en 2008 con proyecto llamado Neutralízate con el objetivo de medir, reducir y compensar la huella de carbono en las empresas, por lo que a través del programa las empresas contratan para reducir y compensar su huella de carbono al proporcionar información, con la información analizar las emisiones para darles recomendaciones [9].
Centro Mexicano de Derecho Ambiental (CEMDA)	Promover y concientizar sobre las altas emisiones de GEI, así como evaluar los impactos de la huella de carbono en el ambiente, además de brindar apoyo a las diferentes organizaciones que se encargan de emplear estrategias de mitigación para los GEI [10].

En la Tabla 1 se presentan los objetivos de cada organización los cuales reúnen ciertas características en común que buscan promover la descarbonización no solo en los sectores industriales sino también en lo social y lo económico, ya que toda actividad del ser humano genera una huella de carbono aun por más pequeña que esta resulte. Pero estas dependencias no indican las pautas a seguir y solo promueven que se disminuya la emisión del CO_2; es decir, no presentan ninguna estrategia a implementar o un mapa de ruta para que las empresas logren implementar la descarbonización.

Por otra parte, en 2015 la ONU dio luz verde a la agenda 2030 en favor del desarrollo sostenible, la cual se estipulan 17 objetivos (ODS) de los cuales al menos 4 de ellos están ligados directamente a la descarbonización de las empresas. Como parte de este estudio a continuación se muestran los 4 ODS que se asocian a la industria y sus objetivos por alcanzar:

Tabla 2. Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) Fuente: ONU [11]

Objetivos	Metas por cumplir
Fig. 1. ODS N.º 7	>De aquí a 2030, aumentar considerablemente la proporción de energía renovable en el conjunto de fuentes energéticas >De aquí a 2030, duplicar la tasa mundial de mejora de la eficiencia energética
Fig. 2. ODS N.º 9	>De aquí a 2030, modernizar la infraestructura y reconvertir las industrias para que sean sostenibles, utilizando los recursos con mayor eficacia y promoviendo la adopción de tecnologías y procesos industriales limpios y ambientalmente racionales y lograr que todos los países tomen medidas de acuerdo con sus capacidades.
Fig. 3. ODS N.º 12	>Racionalizar los subsidios ineficientes a los combustibles fósiles que fomentan el consumo antieconómico eliminando las distorsiones del mercado, de acuerdo con las circunstancias nacionales, incluso mediante la reestructuración de los sistemas tributarios y la eliminación gradual de los subsidios perjudiciales, cuando existan, para reflejar su impacto ambiental.

Fig. 4. ODS N.º 13

>Incorporar medidas relativas al cambio climático en las políticas, estrategias y planes nacionales

>Cumplir el compromiso de los países desarrollados respecto a la adopción de medidas concretas de mitigación y la transparencia de su aplicación, y poner en pleno funcionamiento el Fondo Verde para el Clima capitalizándolo lo antes posible

De acuerdo con la Tabla 2 los objetivos propuestos están en favor de la descarbonización pues los elementos que se establecen son medidas para mitigar o disminuir las emisiones de CO_2, pues es el elemento principal a combatir para revertir el drástico cambio climático que hoy aqueja al mundo, además de que no solo busca alcanzar estos objetivos si no también desarrollar e implementar estrategias de manera internacional para que todos los países contribuyan en la disminución de la huella de carbono; es importante destacar que cada objetivo debe ser adaptado a las agendas nacionales las cuales deben dar seguimiento las instituciones nacionales.

Por su parte, uno de los modelos más ambiciosos en materia de descarbonización es el Pacto Verde llevado a cabo en Europa el cual incluye medidas de control y leyes de sustentabilidad, reducción de las emisiones de GEI, eficiencia energética, economía circular y economía verde, todo esto con el fin de fomentar acciones que promuevan la descarbonización en las empresas y con ello mitigar el cambio climático; a continuación, se muestran los elementos más representativos del Pacto Verde:

Tabla 3. Puntos Clave del Pacto verde en materia de Reducción de GEI y descarbonización
Fuente: Elaboración propia

Propuesta	Descripción
1. Energía Limpia	La descarbonización del sistema energético constituye un factor clave en la disminución de GEI y contribuye de cara a la agenda 2030, ya que la producción y utilización de energía en todos los sectores económicos representa más del 75 % de las emisiones de GEI de la Unión Europea (UE), y para ello se busca lograr una eficiencia energética.
2. Industria sostenible	Busca la transición hacia una economía climáticamente limpia ya que dicha transición es una oportunidad excelente para potenciar la creación de nuevos puestos de trabajo, pero tomando en cuenta los aspectos medio ambientales y sociales.
3. Movilidad sostenible	Para la UE en materia de transporte sostenible lo principal es el ciudadano, por ende, el principal objetivo será facilitarle alternativas sanas, accesibles y limpias al transporte actual. [3,12].

Como se puede observar en la Tabla 3 estos puntos clave para el Pacto Verde se pueden denotar como los de mayor relevancia, pues se enfocan más a la parte industrial y es el sector en México donde se puede iniciar un cambio inmediato, pues las innovaciones

y desarrollo apenas están creciendo de manera exponencial y la suma de estas acciones contribuirá a desarrollar una industria sostenible.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación, se presenta una tabla comparativa con la información que proporcionan tres organizaciones para la descarbonización de las empresas y sus contribuciones para cumplir con los ODS:

Tabla 4. Contribuciones de las organizaciones con las metas de los ODS Fuente: Elaboración propia

	Greenpeace	**Pronatura**	**CEMDA**
ODS 7. Energía asequible y no contaminante	Publicó una propuesta para el desarrollo de energías renovables [14]	Propone realizar inversiones en la implementación de energías renovables [15]	No explica su contribución a la ODS
ODS 12. Producción y consumo responsables	Propone un modelo de producción circular basado en cuatro ejes fundamentales [14]	Reducir costos de energía y combustibles de manera más eficiente [15]	Recomienda el modelo circular con fundamentación en los marcos legales presentes en México [14]
ODS 13. Acción por el clima	Menciona la orientación que le proporciona a las empresas sobre la mitigación de emisiones de GEI y se generen estrategias [8]	Menciona que el programa es una alternativa para las empresas que desean reducir su huella de carbono lo realicen proporcionando datos para realizar el cálculo y la información que se generen se le brinden recomendaciones [9]	Menciona que promueve y concientiza sobre el impacto de las emisiones del GEI y apoyar sobre la implementación de estrategias de mitigación de GEI en las organizaciones [10]

En la Tabla 4 se puede observar que las organizaciones hacen contribuciones significativas a la mayoría de las ODS ya que la información que presentan está enfocada en las estrategias de mitigación, sin embargo, no se enfocan en estrategias para el cambio a energías renovables, la implementación de tecnologías no contaminantes en los sistemas y procesos y la reducción en el uso de combustibles fósiles, las cuales solo quedan como recomendaciones para iniciar planes de acción para el cumplimiento de los ODS 7 y 12; por otra parte para el cumplimiento del ODS 13 se presenta más información en relación a estrategias y modelos de aplicación, pero de igual manera solo sientan las bases para el diseño de nuevas estrategias pero no un plan de acción estandarizado para todas las empresas.

En la Tabla 5 se presenta un cuadro comparativo con la relación entre las acciones implementadas en Europa y las que hay en México alineadas a los ODS:

Tabla 5. Puntos Clave del Pacto verde en comparación con México y su aportación a los ODS
Fuente: Elaboración propia

	Acciones empleadas por la UE	**Acciones empleadas en México**
7.- Energía asequible y no contaminante	Búsqueda de energías limpias con base en la descarbonización del sistema energético	No se logró identificar acciones
9.-Industria, innovación e infraestructuras	Desarrollo de una industria sostenible	No se logró identificar acciones
12.- Producción y consumo responsables	Producción de alimentos saludables y justos	Se ha iniciado una campaña en pro de la disminución del consumo de carne, pero aún está en prueba piloto
13.- Acción por el clima	Desarrollo e inicio de acciones mediante el Pacto Verde para reducir a cero sus emisiones de CO_2	Forma parte del tratado de Paris, pero no ha iniciado acciones inmediatas para la descarbonización de los distintos sectores presentes ene le país

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En resumen, la información que se presenta en el reporte demuestra que México no presenta información o medidas de acción concretas para iniciar la descarbonización del sector industrial o social, además cabe resaltar que no está contribuyendo ni directa o indirectamente a la metas propuestas con los ODS; sin embargo, México es un país con mucho potencial en materia de desarrollo industrial y económico que lo convierte en un sector de oportunidad realmente grande, por lo que el inicio de acciones o la implementación de modelos como los del Pacto Verde propuesto en Europa darían pie a un desarrollo sustentable logrando llegar a ser un país verde para 2050, siempre y cuando se inicien acciones lo más pronto posible.

Por otra parte, con los resultados de la investigación se rechaza la hipótesis planteada originalmente ya que en nuestro país no se identifica un mapa de ruta por parte del gobierno ni orientaciones sobre estrategias de descarbonización para que sean implementadas por las empresas. Es importante que el gobierno se enfoque en este ámbito para que en el año 2030 logremos acercarnos a la meta de disminuir al menos un 22% de GEI en la atmosfera, implementando proyectos sustentables, energías limpias y una industria sostenible y libre de carbonos, contribuyendo con ello en forma activa al logro de los ODS.

VI. RECONOCIMIENTOS (O AGRADECIMIENTOS)

Menciono mi agradecimiento a la Dra. Mónica Marcela Zaldívar Muñoz por encaminarme durante el verano de ciencia a la investigación de este tema; así mismo, quiero agradecer al Dr. Martin Hernández Sustaita al proporcionarnos herramientas para la realización del reporte y por último agradezco a la Universidad Politécnica por los recursos y el apoyo brindado para la realización de este Verano de la Ciencia.

REFERENCIAS

[1] N. P. Cervera *et al*, *Ciencias Naturales*. 2ª reimpr. Ciudad de México: Secretaria de Educación Pública, 2021.
[2] Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) (to be published). El Acuerdo de París [Online]. Disponible en: https://unfccc.int/es/process-and-meetings/the-paris-agreement/el-acuerdo-de-paris
[3] BBVA (2021, mayo 28). Pacto Verde Europeo [Online]. Disponible en: ¿Qué supone el Pacto Verde Europeo? Claves para ayudar al planeta (bbva.com)
[4] T. Wiedmann y J. Minx, A Definition of 'Carbón Footprint', ISA Reino Unido Research & Consulting, ISA Reino Unido Research Report. 07- 01, 2007.
[5] H. Benavides y G. León, Información técnica sobre gases de efecto invernadero y el cambio climático, Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM, Bogotá, N. Téc., IDEAM–METEO/008-2007, diciembre 2007.
[6] Iberdrola Renovables (2022, abril 06). El futuro nos alcanza: Descarbonización [Online]. Disponible en: https://www.iberdrolamexico.com/te-interesa/el-futuro-nos-alcanza-descarbonizacion/
[7] Larousse, *Diccionario escolar*. 7ª reimpr. Ciudad de México: Ultra, 2018.
[8] Greenpeace México (2020, diciembre 26). Huella de carbono: aprende a calcular tu impacto ambiental [Online]. Disponible en: https://www.greenpeace.org/mexico/blog/9386/huella-de-carbono/
[9] Pronatura (to be published), Neutralízate [Online]. Disponible en: https://pronatura.org.mx/neutralizate.php
[10] E. De los Santos (2021, Febrero 26). 5 ORGANIZACIONES AMBIENTALES EN MÉXICO [Online]. Disponible en: https://parquesalegres.org/biblioteca/blog/organizaciones-ambientales-mexico/
[11] *Objetivos de desarrollo sostenible*. Organización de las Naciones Unida. ODS2015
[12] BBVA (2021, marzo 13). ¿Qué es la economía circular? [Online]. Disponible en: ¿Qué es la economía circular? Reduce, recicla y reutiliza (bbva.com)
[13] Greenpeace México (2021, enero 29). Fast fashion: de tu armario al vertedero [Online]. Disponible en: https://www.greenpeace.org/mexico/blog/9514/fast-fashion/
[14] Greenpeace México (2021, junio 15). Greenpeace presenta un documento de criterios para asegurar un desarrollo renovable necesario para el clima y respetuoso con la biodiversidad y las personas [Online]. Disponible en: https://es.greenpeace.org/es/sala-de-prensa/comunicados/greenpeace-presenta-un-documento-de-criterios-para-asegurar-un-desarrollo-renovable-necesario
[15] Pronatura, Plan estratégico 2022-2007, Proy., 2022. Disponible en: https://pronatura.org.mx/pdf/Plan_Estrategico_2022_2027.pdf

ÚLTIMAS ESTRATEGIAS DE DESCARBONIZACIÓN EN LAS EMPRESAS

Andrea Torres Puente
Universidad Politécnica de San Luis Potosí
C. Urbano Villalón 500, La Ladrillera, 78369 San Luis, S.L.P.
171765@upslp.edu.mx

Mónica Marcela Zaldívar Muñoz
Universidad Politécnica de San Luis Potosí
C. Urbano Villalón 500, La Ladrillera, 78369 San Luis, S.L.P.
monica.zaldivar@upslp.edu.mx

Resumen — El presente trabajo busca identificar las estrategias que se llevan a cabo en las empresas para controlar y mitigar la emisión de CO_2 a la atmosfera, además de las normas ISO y leyes que rigen en México para la descarbonización de las empresas. La información recopilada muestra que la ley no está contribuyendo al logro de los ODS, por lo que no se han implementado estrategias que cumplan con lo establecido; sin embargo, los ODS se pueden alcanzar implementando las tecnologías para capturar, almacenar y usar el CO_2 (CAUC) las cuales pueden ser un negocio rentable en el futuro.

Palabras clave — Gases de Efecto Invernadero (GEI), Huella de carbono, Descarbonización, CO_2 equivalente (CO_2 eq), Capturar, Almacenar y Usar CO_2 (CAUC).

Abstract — This paper identifies the strategies accomplished in companies to control and mitigate the emission of CO2 into the atmosphere, in addition to the regulations ISO and laws that govern in Mexico for the decarbonization of companies. The information collected shows that law and the standard are not contributing to the achievement of the SDGs, therefore, strategies that comply with the provisions have not been implemented. However, the SDGs can be achieved by implementing technologies of carbon capture, use and storage (CCUS) which can be a profitable business in the future.

Keywords — Greenhouse gases (GHG), Carbon footprint, Decarbonization, CO_2 equivalent (CO_2 eq), Carbon Capture, Use and Storage (CCUS)

I. INTRODUCCIÓN

Actualmente el calentamiento global ha sido una preocupación para los gobiernos debido a que el aumento de producción de CO_2 provoca el aumento de temperatura en el planeta, esto sucede porque la concentración de CO_2 y otros gases en la atmosfera es un impedimento para que el calor que emite el sol se disipe en el espacio exterior, por lo que se firmó el tratado internacional Acuerdo de Paris dentro en la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático donde se establecieron medidas para la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero y el cual tiene como principal objetivo limitar el calentamiento mundial de 2 ºC a 1.5 ºC por año en comparación a los niveles preindustriales y que para poder alcanzarlo se deben reducir los gases de efecto invernadero (GEI), por lo que cada país debe implementar estrategias para reducir su huella de carbono [1,2].

El presente trabajo tiene como propósito identificar las estrategias que se llevan a cabo en México para logar la descarbonización de las empresas, presentando las leyes y normativas generadas para cumplir con los objetivos de desarrollo sostenible propuestos en los ODS de la Organización de las Naciones Unidas (ONU). En la investigación se

tomarán como referencia las estrategias que se están implementando en la Unión Europea como un modelo a seguir para la reducción de la huella de carbono.

II. MARCO TEÓRICO

Para empezar los GEI reducen la pérdida neta de radiación infrarroja hacia el espacio y tienen poco impacto en la absorción de la radiación solar, lo que hace que la temperatura de la superficie sea más cálida y produce el denominado “efecto invernadero”, en cambio la huella de carbono se define como la cantidad de emisión de gases relevante al cambio climático asociada a las actividades de producción o consumo de los seres humanos, aunque el espectro de definiciones varia desde una mirada simplista que contempla solo las emisiones directas de CO_2 [3,4].

La descarbonización es un proceso de reducción de emisiones de carbono, sobre todo de dióxido de carbono CO_2 a la atmósfera. Su objetivo es lograr una economía global con bajas emisiones, que consiga la neutralidad climática a través de la transición energética; pero, para poder reducirlo se necesita cuantificar el CO_2 equivalente (CO_2eq) el cual es una métrica utilizada para comparar las emisiones de varios gases de efecto invernadero sobre la base de su potencial de calentamiento global (GWP) mediante la conversión de cantidades de otros gases en la cantidad equivalente de dióxido de carbono con el mismo potencial de calentamiento global [5,6].

Por su parte, las Tecnologías CAUC promueven la capacidad técnica de remover CO_2 de las fuentes puntuales de emisión, por lo que se ha establecido optimizar económicamente los procesos utilizados para el almacenamiento del CO_2. El objetivo del proceso es producir una corriente concentrada de CO_2 que pueda transportarse fácilmente a un lugar de almacenamiento seguro. Existen tres tipos básicos de captura de CO_2: en Precombustión, en Postcombustión (o Secuestro de CO_2) y en Oxicombustión. El uso de cada uno de estos métodos dependerá entre otras cosas de la concentración de CO_2, la presión del gas y el tipo de combustible que se utiliza [13].

III. MATERIALES Y MÉTODOS

Objetivo: Identificar las estrategias que se llevan a cabo en las empresas en México con el fin de controlar y mitigar la emisión de GEI a la atmosfera en los últimos 5 años.

Con lo mencionado anteriormente se propusieron las siguientes preguntas; ¿Cuáles han sido las últimas estrategias que se han manejado en México para descarbonizar las empresas durante los últimos cinco años?, ¿Qué normativas internacionales estipulan los lineamientos a seguir para descarbonizar las empresas?, ¿Las leyes de México y normativas ISO en están alineadas con los ODS?

Hipótesis: Si en México el gobierno estableciera un mapa de ruta para reducir el GEI a través de leyes y normativas, entonces las empresas empezarían a definir estrategias para reducir su huella de carbono.

A continuación, se presenta una tabla comparativa (Tabla 1) de la Ley que rige en México y la Norma ISO:

Tabla 1. Norma ISO y Ley presente en México Fuente: Elaboración propia

	Norma	Ley
Nombre	ISO 14067	Reforma de Ley General de Cambio Climático
Año de publicación	2018	2018
Objetivo	Especificar principios, requisitos y directrices que permitan cuantificar la huella de carbono de un producto, servicio o actividad.	Establecer un Sistema de Comercio de Emisiones (SCE) para promover reducciones de emisiones.
Campo de aplicación	Está dirigido a una sola categoría el cambio climático y la compensación de carbono de manera parcial y no especifica a una determinada región, economía o país [7].	Está dirigido a las empresas cuyas emisiones anuales sean iguales o mayores a 100 mil toneladas de emisiones directas de CO_2eq [8].

En la Tabla 1 se presentan los objetivos y los campos de aplicación de la Norma ISO 14067 y la Reforma de Ley General de Cambio Climático donde se puede corroborar que congenian en la reducción de CO_2eq sin embargo cada una aborda el tema de manera diferente. La Norma ISO menciona que las emisiones de CO_2eq deben ser cuantificadas para determinar qué acciones se deben tomar con respecto a la reducción de huella de carbono; por su parte la ley propone un Sistema de Comercio de Emisiones (SCE) mediante el cual las empresas deberán establecer un tope de producción de CO_2eq, el cual deben reducir cada año; aunque no muestra el procedimiento para calcular el CO_2eq para que a partir de ello se pueda generar la información pertinente que permita diseñar estrategias de descarbonización [8,14].

La ONU en 2015 aprobó la agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible, el cual cuenta con 17 objetivos (ODS) de los cuales cuatro de ellos se relacionan con las estrategias de descarbonización de las empresas. A continuación, se presentarán las metas a alcanzar por la industria de acuerdo con estos 4 ODS:

Tabla 2. Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) Fuente: ONU [9]

Objetivos	Metas por cumplir
7.- Energía asequible y no contaminante	7.2 De aquí a 2030, aumentar considerablemente la proporción de energía renovable en el conjunto de fuentes energéticas 7.3 De aquí a 2030, duplicar la tasa mundial de mejora de la eficiencia energética
9.- Industria, innovación e infraestructuras	9.4 De aquí a 2030, modernizar la infraestructura y reconvertir las industrias para que sean sostenibles, utilizando los recursos con mayor eficacia y promoviendo la adopción de tecnologías y procesos industriales limpios y ambientalmente racionales, y logrando que todos los países tomen medidas de acuerdo con sus capacidades respectivas

12.- Producción y consumo responsables	12.c Racionalizar los subsidios ineficientes a los combustibles fósiles que fomentan el consumo antieconómico eliminando las distorsiones del mercado, de acuerdo con las circunstancias nacionales, incluso mediante la reestructuración de los sistemas tributarios y la eliminación gradual de los subsidios perjudiciales, cuando existan, para reflejar su impacto ambiental.
13.- Acción por el clima	13.2 Incorporar medidas relativas al cambio climático en las políticas, estrategias y planes nacionales 13.a Cumplir el compromiso de los países desarrollados respecto a la adopción de medidas concretas de mitigación y la transparencia de su aplicación, y poner en pleno funcionamiento el< Fondo Verde para el Clima capitalizándolo lo antes posible

De acuerdo con la Tabla 2 se puede observar que las metas establecidas en la agenda 2030 se ven estrechamente relacionadas con la descarbonización, ya que este es un factor clave que no solo se enfoca en un solo objetivo, sino que busca optimizar e identificar nuevas fuentes de energía que contribuyan a disminuir la huella de carbono; cabe aclarar que las empresas deben repensar y reestablecer su infraestructura para utilizar tecnologías y procesos que disminuyan la producción de CO_2eq contribuyendo no solo a los ODS sino también a las estrategias de mitigación en nuestro país.

Una de las estrategias que es poco conocida en el mundo es la de Capturar, Almacenar y Usar el CO_2 (CAUC), la cual será un negocio del futuro ya que tiene como finalidad capturar el CO_2 para darle un uso económico evitando que las emisiones de carbono lleguen a la atmosfera. Los ingenieros Christoph Gebald y Jan Wurzbacher son los pioneros en las estrategias CAUC, quienes implementaron 18 colectores de CO_2 en una planta de incineración de residuos a las afueras de Zurich Alemania, los cuales suministran 900 toneladas de CO_2 al año a un invernadero para ayudar a los cultivos. Por otra parte, el CO_2 puede ser inyectados en basaltos con energía geotérmica dos metros bajo tierra para producir carbonatos, el cual es una materia prima muy utilizada en la industria, por el momento este negocio no tiene un mercado en las aplicaciones anteriormente mencionadas, pero se está creando, así que en el futuro este negocio será rentable por ser un proyecto sostenible [10,11].

VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Ahora al relacionar la ley y la noma con las metas de los ODS en la Tabla 3 se presenta lo que se encontró con relación a su contribución:

Tabla 3. Contribución de la ley y la norma con las ODS Fuente: Elaboración propia

	Ley General de Cambio Climático	Norma ISO 14067
7.- Energía asequible y no contaminante	No contribuye al objetivo	Menciona que en la etapa final de un producto se debe reciclar o recuperar la energía, por otra parte, para la generación de electricidad que el producto eléctrico cuente con la información sobre proveedor y certificada en energías renovables
9.- Industria, innovación e infraestructuras	No contribuye al objetivo	Menciona se deben agrupar los ciclos de vida de producto para la cuantificación de emisiones GEI que este genere para la remoción
12.- Producción y consumo responsables	Menciona el establecimiento de un tope máximo sobre las emisiones totales de uno o más sectores de la economía que debe de ser reducido cada año, pero no define como se implementara ese tope	Menciona que para los combustibles fósiles se les debe calcular la huella de carbono total e iniciar acciones de uso medido así como responsable y en la medida de lo posible iniciar una transición a nuevas fuentes de energía renovables.
13.- Acción por el clima	Menciona que el SCE lograra contribuir a reducir el 22% de sus emisiones para el año 2030, pero no explica el funcionamiento del programa y el progreso durante los últimos años	Menciona que se debe cuantificar los GEI para la toma de decisiones sobre estrategias de reducción de huella de carbono, en los anexos menciona la formula como el significado de cada variable para su realización

Con el análisis de la información de la Tabla 3 podemos observar que la Ley General de Cambio Climático solo mencionan algunos de los objetivos a lograr pero no indica cómo se está cumpliendo con los ODS 7 y 9 así que no se puede concluir si lo está haciendo; por otro lado para los ODS 12 y 13 dice cuál es su contribución aunque no muestra información que valide que se esté cumpliendo durante los años que ha estado vigente, por lo que la ley podría hacer modificaciones para alinearse con el cumplimiento de estos ODS. Por su parte la Norma ISO 14067 si hace contribuciones a los cuatro ODS con los lineamientos que propone así que las empresas deberían certificarse en la norma al ser una alternativa sostenible, y contribuye a la generación mapas de ruta para la descarbonización.

Es interesante señalar que la función de ambas es establecer los lineamientos sobre las emisiones de GEI en las empresas, por lo que es importante mencionar que la ley presente en México solo presenta una sanción de mil a 30 mil días de salario mínimo para las personas físicas o morales que no entreguen la información que se les solicite o por falsear

datos, independientemente de cualquier responsabilidad civil o penal que se pudiera derivar, y en caso de reincidencia el monto de la multa podrá ser hasta el triple de lo originalmente impuesto.[15]

Por otra parte la estrategia sobre el CAUC es realmente importante ya que la implementación de este modelo puede marcar un antes y un después entre las estrategias de descarbonización pues su implementación representaría un gran avance en México; el principal reto de esta tecnología es el generar la estructura para el almacenamiento y esto permitiría que entre más se emplee se vaya abaratando y que al alcanzar un valor de $625.00 MXN por tonelada logrando que dicha tecnología comience a ser rentable para las empresas. El método planteado por esta estrategia es disponer de la recolección de CO_2 a partir de los respiraderos industriales o simplemente del aire del entorno, el cual se almacenará y será transportado a diferentes locaciones; por ejemplo, su uso en los invernaderos resulta muy útil ya que al aumentar la presencia del dióxido de carbono las plantas aumentan sus funciones fotosintéticas lo que beneficia y aumenta la precocidad, rendimiento y producción. Por otro lado, una aplicación más específica es su uso en la producción de polipropileno carbonatado (PPC) o en aceites sintéticos automotrices. [10,12].

Por otro lado, en esta investigación se encontró un artículo que indica que Amazon presento un incremento del 18% Emisiones de carbono en 2021, principalmente por el incremento de operaciones en línea durante la pandemia, y lo llevó a producir el equivalente a 71.54 millones de toneladas métricas de CO_2, lo que supone un gran reto para la empresa debido a la promesa de cero emisiones en 2040 y la cual pretende crecer como un startup, operar una aerolínea de carga, extender su negocio de venta al por menor y logística, tiendas de alimentación y centro de datos. Amazon precisó que “Muchas tecnologías nuevas se muestran prometedoras en su capacidad para reducir las emisiones de carbono, pero aún pueden requerir un desarrollo significativo”. Aunque Amazon ha presentado un incremento en sus emisiones está buscando alternativas para cumplir con el objetivo propuesto [16].

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En resumen, la hipótesis planteada al inicio de la investigación se rechaza debido a que no se identificó información ni sustento que indique que México tiene establecido un mapa de ruta para la descarbonización y que la Ley General de Cambio Climático no está contribuyendo con las metas propuestas en los ODS; sin embargo se identifica como área de oportunidad el implantar las tecnologías CAUC como una alternativa ya que al abaratar esta tecnología las empresas considerarían invertir en ella. Así mismo, para las empresas con grandes emisiones de CO_2 sería muy rentable ya que al alcanzar un precio por tonelada de $625.00 MXN, estas tendrían acceso a incentivos para seguir con este modelo viable a largo plazo y contribuiría a cumplir con la reducción de emisiones de CO_2 en la atmosfera. Es importante mencionar que el hecho de que no se hayan presentado aportaciones significativas en estos últimos años sobre estrategias de descarbonización implementadas en México, la información debe ser asequible para las empresas para que puedan establecer un plan de acción que reduzca su huella de carbono.

Por otra parte, la certificación en la Norma ISO 14067 es una alternativa para las empresas para reducir su huella de carbono e impactar en la reducción del calentamiento global al reducir las emisiones CO_2 y del mismo modo abrir paso a nuevos modelos de descarbonización, ya que México al ser un país en vías de desarrollo puede implementar con mayor facilidad estas tecnologías que generen energía renovable y procesos más limpios.

VI. RECONOCIMIENTOS (O AGRADECIMIENTOS)

Expreso mi agradecimiento a la Dra. Mónica Marcela Zaldívar Muñoz por su apoyo y guía durante la elaboración de este proyecto; así mismo, le doy las gracias al Dr. Martin Hernández Sustaita por su apoyo y asesoría en metodología de la investigación para un mejor desarrollo de actividades y también pero no menos importante, a la Universidad Politécnica de San Luis Potosí por los recursos y apoyo brindados para la realización y estancia en este Verano de la Ciencia.

REFERENCIAS

[1] N. P. Cervera *et al*, *Ciencias Naturales*. 2ª reimpr. Ciudad de México: Secretaria de Educación Pública, 2021.

[2] Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) (to be published). El Acuerdo de París [Online]. Disponible en: https://unfccc.int/es/process-and-meetings/the-paris-agreement/el-acuerdo-de-paris

[3] H. Benavides y G. León, Información técnica sobre gases de efecto invernadero y el cambio climático, Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM, Bogotá, N. Téc., IDEAM–METEO/008-2007, Diciembre 2007.

[4] T. Wiedmann y J. Minx, A Definition of 'Carbón Footprint', ISA Reino Unido Research & Consulting, ISA Reino Unido Research Report. 07- 01, 2007.

[5] Iberdrola Renovables (2022, abril 06). El futuro nos alcanza: Descarbonización [Online]. Disponible en: https://www.iberdrolamexico.com/te-interesa/el-futuro-nos-alcanza-descarbonizacion/

[6] SoilCare (2022). CO_2 equivalente [Online]. Disponible en: https://soilcare-project.eu/es/resources/glossary/all-terms/82:co2-equivalent

[7] *Gases de efecto invernadero-Huella de carbono de productos requerimientos y directrices para cuantificar*, ISO 14067:2018

[8] Ley de 12 de junio de 2018. La reforma a la Ley General de Cambio Climático establece un sistema de comercio de emisiones para promover reducciones de emisiones.RCL.2018/ 2030

[9] *Objetivos de desarrollo sostenible*. Organización de las Naciones Unida. ODS2015

[10] BBVA (2020, diciembre 03). Capturar, almacenar y usar CO2: un negocio a futuro [Online]. Disponible en: https://www.bbva.com/es/capturar-almacenar-y-usar-co2-un-negocio-a-futuro/

[11] J. H. Ávila *et al*, *Carbonato de calcio*. Hidalgo: OmniaScience, 2014.

[12] Nutricontrol (2020, abril 15). Cómo influye el dióxido de carbono (co2) en el cultivo en invernadero [Online]. Disponible en: CÓMO INFLUYE EL DIÓXIDO DE CARBONO (CO2) EN EL CULTIVO EN INVERNADERO - Nutricontrol

[13] H. Morales y C. Torres, "Tecnologías de captura y secuestro de CO_2", TFG, Departamento De Ingeniería Eléctrica, Pontificia Universidad Católica De Chile Escuela De Ingeniería (UC), Santiago, RM, 2008.

[14] Instituto Uruguayo De Normas Técnicas, “Gases de efecto invernadero —Huella de carbono de productos —Requisitos y directrices para cuantificación”, Instituto Uruguayo De Normas Técnicas, Montevideo, Uruguay, Proy. Ref. PU UNIT-ISO14067:2018, 2019. Disponible en: https://ganaderiayclimard.do/wp-content/uploads/2020/05/ISO-14067_2018-es-Huella-de-C-de-un-producto.pdf

[15] La jornada (2011, Diciembre 07). Aprueban ley de cambio climático contra emisiones contaminantes [Online]. Disponible en: https://www.jornada.com.mx/2011/12/07/sociedad/047n1soc

[16] M. Day (2022, Agosto 01). Emisiones de carbono de Amazon aumentaron 18% en 2021 [Online]. Disponible en: https://www.bloomberglinea.com/2022/08/01/emisiones-de-carbono-de-amazon-aumentaron-18-en-2021/

HARDWARE PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE ALGORITMOS DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL EMBEBIDA

Gabriel Iván Trejo Vázquez
Universidad Politécnica de Querétaro
Ingeniería Mecatrónica
Carretera Estatal 420 s/n
C.P. 76240, El Marqués, Querétaro.
019032941@upq.edu.mx

César Isaza Bohórquez
Universidad Politécnica de Querétaro
Ingeniería en Redes y Telecomunicaciones
Carretera Estatal 420 s/n
C.P. 76240, El Marqués, Querétaro.
cesar.isaza@upq.edu.mx

Resumen — Con el propósito de otorgar soporte y protección a la medida en un sistema embebido de control, en el presente trabajo se exponen las consideraciones y procedimientos en el diseño mecánico de una carcasa rígida para un computador miniaturizado enfocado al desarrollo de algoritmos de inteligencia artificial. Esta armadura implementa un diseño en armonía con las filosofías de sustentabilidad para el fácil desensamble en aras de promover la simplificación de labores de mantenimiento; así como procura un ambiente de disipación de calor adecuada para la operatividad optima de sus sistemas semiconductores. Se presentan las etapas pertinentes en su concepción, así como en su manufactura aditiva y se contrastan los resultados contra modelos previos.

Palabras clave — Diseño mecánico, sustentabilidad, desensamble, disipación de calor, manufactura aditiva.

Abstract — On purpose to provide the desired support and protection for an embedded control system, this work exposes the considerations and procedures in the mechanical design process for the elaboration of a miniature computer rigid-case intended to run artificial intelligence algorithms. This armor relays over the nowadays sustainability philosophies, and the design-for-disassembly principia, hence improving maintenance labors. Additionally, it promotes an accurate heat dissipation system to ensure the proper functionality of the on-circuit semiconductors. Though this document the pertinent conception and additive manufacturing stages are presented, as well as its results contrasted with previous models.

Keywords — Mechanical design, sustainability, design-for-disassembly, heat dissipation, additive manufacturing.

I. INTRODUCCIÓN

Este proyecto ha sido bifurcado de modo que se lleve a cabo el diseño de hardware y software en paralelo, todo ello a fines de acelerar sus tiempos de implementación. En el presente trabajo se expone la metodología y consideraciones respecto a la ingeniería de selección, adaptación y fabricación de una carcasa rígida para el sistema de procesamiento y sus periféricos.

Dentro de los múltiples proyectos que la institución universitaria ostenta, una representativa cantidad de ellos presenta sistemas embebidos para el control digital directo o de supervisión. En la aplicación del sistema bajo investigación para la gestión de accesos a una habitación mediante reconocimiento facial gestionado por inteligencia artificial; es necesario de proveer una armadura que cumpla como soporte y protección de la electrónica de cómputo.

Existen variados intentos previos para la satisfacción de tal necesidad, y cada uno ha cumplido su objetivo en distintos criterios de aceptabilidad. No obstante, el reto actual recae en la materialización de un nuevo modelo que propicie las técnicas globales de sustentabilidad y diseño para desensamble.

II. MARCO TEÓRICO

A. Criterios de diseño mecánico sustentable

Buscando mejorar la funcionalidad de la nueva conceptualización respecto a los previos modelos obtenidos, se han recurrido a las consideraciones básicas en la filosofía de diseño para des ensamble y propiciando a su vez el diseño sustentable. Estos principios se enuncian a continuación:

1. Usar la mínima cantidad de partes posibles, pues implicaran menos labores de desensamble.
2. Usar tornillería estándar en todo el diseño, pues permitirá remover todos los componentes con la misma herramienta.
3. Evitar usar partes que requieran el uso de herramientas para su remoción, pues fuerzan complejidad al proceso.
4. Minimizar la tornillería al ubicar estratégicamente aquella requerida.
5. Procurar que la tornillería sea accesible, pues al exponer los puntos críticos facilita los procedimientos de desensamble.
6. Evitar usar juntas de presión, pues implicara el uso de herramientas especializadas como prensas para su remoción.
7. Evitar el uso de adhesivos, o de ser necesario procurar su remoción reversible mediante calor.
8. Minimizar la variedad de materiales en el producto para simplificar su identificación y separación al fin de su vida útil.
9. En plásticos, evitar procesos de pintura extraordinarios, ya que dificulta las labores de reciclaje.

B. Criterios de disipación de potencia por trabajo eléctrico

El trabajo eléctrico se define como la capacidad de producir movimiento a través del diferencial de potencial entre campos eléctricos de cargas puntuales. Al efectuarse este movimiento, la energía del movimiento se disipa en forma de calor a través de los materiales.

Para el caso de los equipos computacionales, al estar conformados en una mayor parte por dispositivos semiconductores, estos requieren de un sistema de refrigeración adecuado debido a la característica propia de los materiales dopados con silicio o germanio de transitar entre sus fases conductoras o no conductoras basadas en su temperatura. De este modo, al no controlar sus procesos térmicos se expone a comportamientos inciertos en la circuitería eléctrica.

Una forma de prevenir un incremento de temperatura es propiciando el flujo volumétrico de gas para el transporte de calor desde zonas especificas hacia la atmosfera. También en

esta labor es imprescindible no generar obstáculos en la trayectoria del caudal para facilitar la transferencia de potencia y evitar acumulaciones adicionales en zonas distintas al objetivo.

C. Manufactura aditiva

Este proyecto ha sido bifurcado de modo que se lleve a cabo el diseño de hardware y software en paralelo, todo ello a fines de acelerar sus tiempos de implementación. En el presente trabajo se expone la metodología y consideraciones respecto a la ingeniería de selección, adaptación y fabricación de una carcasa rígida para el sistema de procesamiento y sus periféricos.

Debido a las prestaciones de bajo estrés físico al que se someterá el dispositivo, aunado a la imperativa necesidad de aislamiento eléctrico del sistema y la complejidad de los diseños se opta por las técnicas de manufactura aditiva por disposición de consumible. Esta metodología en la fabricación de las partes involucradas disminuirá los costes en contraste con técnicas tradicionales, así como la complejidad de los procesos mismos, aparte de automatizar su elaboración; permitiendo el enfoque de las labores de inteligencia en procedimientos paralelos.

D. Características de la tarjeta de desarrollo

El sistema embebido se desarrolla bajo el entorno NVIDIA Jetson Nano® el cual se puede visualizar en la Figura 1 más adelante. Tal dispositivo consta de una sola tarjeta electrónica de dimensiones reducidas donde se resumen todos los módulos que componen a un sistema computarizado. Dicho lo anterior, se cuenta con un modulo procesador, un modulo de memoria volátil, un módulo de disipación de calor, módulos de entradas y salidas generales (GPIOs) en niveles TTL, y módulos de periféricos por USB, ethernet y HDMI.

La arquitectura eléctrica del procesador principal permite al usuario la ejecución simultanea de varias redes neurales, siendo esta su principal característica deseada en la implementación de algoritmos de inteligencia artificial sobre dispositivos embebidos.

Debido a la deseable personalización del núcleo de software como intermediario entre firmware y sistema operativo, Jetson Nano opera en kernel Linux/Unix bajo una distribución propia enfocada a servir como entorno de desarrollo; nombrado JetPack OS SDK.

Fig. 1. Imagen de referencia al modelo electromecánico del sistema embebido NVIDIA Jetson Nano®; objetivo del proceso de diseño.

III. MATERIALES Y MÉTODO

Para la conceptualización y materialización de la carcasa requerida, se deben seguir secuencialmente siete etapas; siendo las cuatro primeras enfocadas al diseño mecánico, y las restantes alusivas a los procesos de fabricación requeridos. Ellas se exponen a continuación.

h) En la primera etapa se deben definir claramente los criterios de cumplimiento que se le atribuirán al nuevo diseño. Con base en lo expuesto en el Marco Teórico de este trabajo, se busca un diseño que satisfaga:

   1. Ser compuesto de múltiples partes, evitando geometrías de alta complejidad
   2. Ser compuesto de partes con unión por tornillo
   3. Propiciar un diseño con altas prestaciones en permisión de flujo aerodinámico
   4. Pese a obtener múltiples partes, recaer en el menor número posible.
   5. Poseer una geometría sin cambios angulares mayores a 45 grados, para evitar el uso de soportes en la manufactura aditiva siempre que sea posible.
   6. Permitir su montaje sobre pared con relativa facilidad
   7. Permitir su modificación para la adecuación de partes y adición de soportes adicionales para los periféricos requeridos en el sistema de visión.

i) La segunda etapa se enfoca al proceso de búsqueda para modelos base de libre uso en repositorios de diseños. Al encontrar una amplia variedad de resultados se procede a aplicar las consideraciones directamente en cada uno de ellos descartando aquellos que cumplan a conformidad con una menor cantidad de ellos. Como principal criterio se seleccionan diseños que se provean en formatos compatibles con el software de diseño CAD SolidWorks®.

j) Como tercera etapa, tras el proceso de importación de los archivos CAD al sistema destino; se realizan adecuaciones del diseño original de libre uso a las características específicas de implementación. En el presente caso se requiere eliminar calzas de soporte para montaje sobre escritorio, ampliar las capacidades de ventilación de la armadura, y generar bastidores adicionales para el montaje del sistema de visión.

k) Tras la generación de todas las piezas requeridas, en una cuarta etapa se requiere probar su correcto montaje previo a sus procesos de fabricación, para identificar correcciones adicionales. Este proceso de montaje se realiza mediante referencias geométricas concéntricas entre los orificios destinados a la ubicación de la tornillería, hasta lograr la definición completa de los componentes; restringiendo su movimiento.

l) Iniciando los procesos de manufactura con una quinta etapa, se exportan los diseños CAD a un software de conversión de geometrías a movimientos espaciales para los procedimientos de deposición de combustible. Este proceso nombrado *slicing* utiliza la paquetería Ultimaker® Cura® 4.13.1 para el uso de impresoras S5 con materiales Tough PLA AA 0.4 para la generación de estructuras y Natural PVA BB 0.4 para la generación de soportes.

m) Como sexta etapa se procede a la impresión de todas las piezas previamente exportadas. Para ello, se requiere almacenar los archivos de programación CNC generados en un dispositivo de almacenamiento flash removible; mismo que se aplicara en la maquinaria de manufactura para comenzar con los procedimientos automáticos. La totalidad de las piezas requirió un tiempo de manufactura de ocho horas consecutivas.

n) Para el ensamble de las partes materializadas se seleccionó tornillería M2, y se requirió el recorte de las longitudes para partes específicas que no permitían tanta profundidad. Estas modificaciones se realizaron como una séptima etapa mediante el uso de un *cortapernos* industrial.

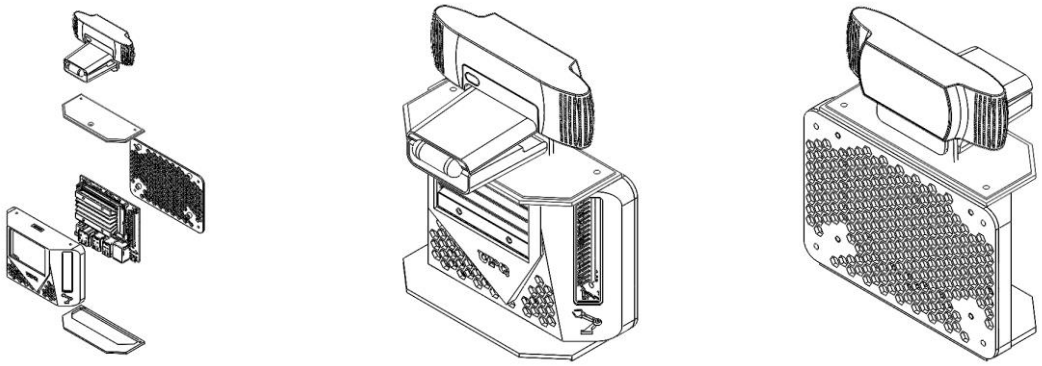


Fig. 2. Gráficos *CAD* como resultado del proceso de diseño en vista explosionada, ensamble isométrico frontal, y ensamble isométrico posterior.

IV. RESULTADOS

Dentro de las primeras etapas en el proceso de diseño, la conceptualización se aterrizo al modelo CAD mostrado en la Figura 2, mostrando cada modulo requerido y las vistas de ensamble pertinentes.

Tras los procesos de manufactura, las piezas producto del proceso se pueden apreciar en la Figura 3. En ella se muestran cuatro partes: el bastidor superior como montura del sistema de visión, la armadura frontal con soporte de disipación de calor e identificaciones institucionales, la armadura posterior con alto grado de ventilación y el bastidor ornamental de la parte inferior.

En la Figura 4 (desplegada más adelante) se observa el ensamble final de los elementos diseñados, destacando la prestación compacta del mismo y el montaje de un sistema de refrigeración ventilada y controlada por pulso de ancho modulado; incrementando así las prestaciones en disipación de potencia a la medida del uso.

V. DISCUSIÓN

Debido a las consideraciones expuestas en la metodología antes descrita, se logró un sistema fácilmente des ensamblable. La selección de tornillería métrica facilito en gran medida el uso de herramientas para los procedimientos, limitándose a un destornillador con punta tipo Philips®.

No obstante, derivado de los cortos tiempos de implementación, así como de espacio insuficiente en el bastidor ornamental, se debió hacer uso de una tira de fijación por presión en un solo punto de contacto. Pese a ello, al ser en una ubicación no necesaria para labores de mantenimiento se observa permisible y adecuada.

Fig. 3. Resultados de fabricación del diseño, al lado del modelo previo en evaluación y el sistema de visión seleccionado.

Fig. 4. Ensamble final de la nueva carcasa rígida bajo las consideraciones de diseño para desensamble y sustentabilidad.

Tras el ensamble de la carcasa rígida, se sometió el sistema eléctrico a un periodo de pruebas descrito a detalle en el trabajo de continuidad del presente artículo. Durante el mismo, se observó la conservación de temperatura en niveles operativos ideales debido a las prestaciones superiores en ventilación a través de las rendijillas hexagonales propuestas en la mayoría de la superficie disponible.

VI. CONCLUSIONES

Para la concepción del presente proyecto, se ha partido de un modelo previo mostrado en color café dentro de la Figura 2, dicho modelo sufrió una destrucción total en su proceso de desensamble derivado del uso de adhesivos y uniones a presión. Partiendo de ello, y comparando los numerosos procesos para la prueba del desensamble actual se concluye una mejora para las futuras labores de mantenimiento al cual llegara a someterse.

Sin lugar a duda, aquellas consideraciones para el diseño sustentable son de suma utilidad en el proceso de diseño mecánico; pues permiten prestaciones adicionales en materia de reducción de la complejidad de operaciones. Adicionalmente, en el contexto social en que se desarrolla el presente trabajo se acentúan necesidades de propiciar tales criterios en la mayoría de los trabajos de ingeniería vigentes; pues contrario a las filosofías pasadas de privatividad de la propiedad intelectual, el permitir a los usuarios finales un fácil acceso a los componentes de un sistema facilita en mayor medida la cadena de servicios disponibles para el uso de productos, así como las labores de capacitación del personal destinado para tales efectos.

VII. RECONOCIMIENTOS

Se expresa un amplio agradecimiento a la dirección de Ingeniería en Redes y Telecomunicaciones de la Universidad Politécnica de Queretaro y al CONACyT por las facilidades y el apoyo otorgado para la realización de la presente estancia de verano. Adicionalmente, se reconoce la labor de asesoría impecable por parte del Dr. Cesar Isaza Bohórquez y el acérrimo espíritu colaborativo del investigador paralelo Rey Alexander Galvan Herrera en los trabajos de software en un proyecto de continuidad.

REFERENCIAS

[1] Leo, D. (2019). *Jetson Nano Case D by DLEO*. GrabCAD. https://grabcad.com/library/jetson-nano-case-d-by-dleo-1

[2] Leterrier, Y. (2000). Life Cycle Engineering of Composites. *Comprehensive Composite Materials*, 1073–1102. https://doi.org/10.1016/B0-08-042993-9/00175-3

[3] PlaidBear. (2019). *Frame Mounted Camera and Pi Case for Prusa MK3s*. MakerBot Thingverse. https://www.thingiverse.com/thing:3518161/files

[4] Suffian, S., Dzombak, R., & Mehta, K. (2016). Future directions for nonconventional and vernacular material research and applications. *Nonconventional and Vernacular Construction Materials*, 63–80. https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100038-0.00003-2

REMOCIÓN DE AZUL DE METILENO COMO CONTAMINANTE ORGÁNICO A BASE DE UN MATERIAL COMPUESTO HECHO CON CARBÓN ACTIVADO Y JAROSITA

Jose Manuel Rodriguez Fernandez
Universidad Autónoma de Coahuila
Facultad de Metalurgia
Carr. 57 km 5, Los Bosques s/n
C.P. 25750, Monclova Coah.
fernandez.j@uadec.edu.mx

Jorge Carlos Ríos Hurtado
Universidad Autónoma de Coahuila
Facultad de Metalurgia
Carr. 57 km 5, Los Bosques s/n
C.P. 25750, Monclova Coah.
jorgerios@uadec.edu.mx

Resumen — Este trabajo se realizó con la finalidad de remover azul de metileno como contaminante orgánico en un medio acuoso, a base de un material compuesto en diferentes proporciones porcentuales hecho por carbón activado y jarosita de sodio lavada. El estudio se realizó en 3 diferentes soluciones con pH de 3,7 y 10 respectivamente, obteniendo excelentes resultados gracias a la combinación de estos materiales base. Está comprobado, que el carbón activado es un excelente adsorbente gracias a su porosidad altamente desarrollada, sin embargo, en combinación con la jarosita obtuvo mayor remoción, aun teniendo un menor porcentaje en cuanto a composición porcentual. Por lo que conlleva a una excelente opción de remoción, pero sobre todo de bajo costo y fácilmente disponible.

Palabras clave — Carbón activado, jarosita de sodio, azul de metileno.

Abstract — This work was carried out with the purpose of removing methylene blue as an organic contaminant in an aqueous medium, based on a composite material in different percentage proportions made of activated carbon and washed sodium jarosite. The study was carried out in 3 different solutions with a pH of 3.7 and 10, respectively, obtaining excellent results thanks to the combination of these base materials. It is proven that activated carbon is an excellent adsorbent thanks to its highly developed porosity, however, in combination with jarosite it obtained greater removal, even having a lower percentage in terms of percentage composition. Therefore, it leads to an excellent removal option, but above all low cost and readily available.

Keywords — Activated carbon, sodium jarosite, methylene blue.

I. INTRODUCCIÓN

La contaminación del agua es la presencia de varios componente o factores biológicos, físicos o químicos que producen una condición de deterioro de un cuerpo de agua determinado con respecto a algún uso beneficioso. El nivel de contaminación necesario para deteriorar una masa de agua depende en gran medida del tipo de agua, su ubicación y los tipos de usos benéficos que esta admite. Un agua que es considerada no apta para el consumo humano puede ser apta para otros usos, tales como riego o recreación. [1]

La contaminación del agua es un problema grave, que requiere políticas y técnicas apropiadas para monitorear y ejecutar estrategias para lograr soluciones. El aumento excesivo de la demanda de agua es causado por el aumento de la población, la industria y la agricultura, esto puede satisfacerse evitando la contaminación de los suministros de agua dulce y mejorando el tratamiento y remoción de las aguas residuales.

Se han identificado multitud de nuevas sustancias como compuestos completamente antropogénicos o de origen natural en el medio ambiente acuático en las últimas décadas, lo que ha causado una creciente preocupación por el medio ambiente y las aguas superficiales. En la naturaleza, la mayoría de estos contaminantes son de naturaleza orgánica y normalmente se encuentran en trazas en el rango de partes por billón (ppt o ng/L) a partes por billón (ppb o µg/L). [2]

La falta de disponibilidad de agua potable limpia es uno de los problemas de salud más importantes en los tiempos modernos. Los tintes industriales son uno de los químicos dominantes que hacen que el agua no sea apta para beber. Entre estos tintes, el azul de metileno (MB) es tóxico, cancerígeno y no biodegradable y puede representar una grave amenaza para la salud humana y la seguridad ambiental.

Por lo general, se libera en fuentes de agua naturales, lo que se convierte en una amenaza para la salud de los seres humanos y los organismos vivos. Por lo tanto, existe la necesidad de desarrollar una tecnología eficiente y respetuosa con el medio ambiente para eliminar el azul de metileno de medios acuosos. [3]

II. MARCO TEÓRICO

A. Adsorción

La adsorción como fenómeno superficial implica atraer y retener las moléculas de adsorbato sobre la superficie del adsorbente, ya sea mediante interacción física o mediante fuerzas químicas entre el adsorbato y el adsorbente. La adsorción resulta de las fuerzas desequilibradas que operan en la superficie de un sólido o líquido. [4]

Esta se ha utilizado durante mucho tiempo como método de purificación y separación en procesos de escala industrial. Los adsorbentes son altamente porosos con una buena selectividad, como el carbón activado, que ha demostrado una capacidad excelente en la eliminación de compuestos orgánicos, como colorantes, fenoles, compuestos disruptores endocrinos, pesticidas, productos farmacéuticos y varios iones metálicos. [5]

B. Carbón Activado

El carbón activado es un material carbonoso que posee una mayor porosidad debido a que se usa comúnmente en diversas aplicaciones, relacionadas principalmente con la eliminación de sustancias químicas por adsorción de la fase líquida o gaseosa. [6]

La síntesis de carbón activado consta de dos procedimientos básicos; carbonización y activación. El propósito de carbonización es reducir el contenido volátil de las materias primas a través de la pirolisis de los precursores de carbón en el rango de temperatura de 300 a 900 °C. El propósito de la activación es mejorar el área de superficie especifica o el volumen de poro del carbón activado mediante la apertura de nuevos poros y el desarrollo de los poros existentes. [7]

C. Jarosita

La jarosita es un material que se inicia por oxidación biológica de iones ferrosos a férricos, seguida de la formación de núcleos de cristal y el crecimiento de cristales completos.

La jarosita tiene un patrón de difracción de rayos X bien definido, que permite una clara identificación mediante esta técnica, incluso en bajas concentraciones. Sin embargo, el DRX a veces no puede identificar adecuadamente la jarosita cuando es un cristal de tamaño muy fino o amorfo. Las especies de jarosita tienen algunas características mineralógicas que corresponden a minerales asociados como piritas y limonita. [8]

La jarosita se emplea más ampliamente para eliminar el hierro a través del proceso hidrometalúrgico de zinc y por lo tanto produce sedimento de jarosita. La descomposición térmica a baja temperatura del sedimento de jarosita es deseable para recuperar los recursos naturales y proteger el medio ambiente. [9]

III. METODOLOGÍA

Para la preparación del material compuesto, se utilizó Carbón activado y Jarosita de Sodio en diferentes composiciones porcentuales; Material A, 50% Carbón Activado-50% Jarosita, Material B, 20% Carbón Activado-80% Jarosita, el estudio también se realizó con los dos materiales base, CA y Jarosita, teniendo un total de 4 muestras de estudio.

La mezcla de los materiales base para el compuesto, se realizó mediante molienda mecánica en un molino de bolas pulverisette marca Fritisch, durante un lapso de 3 h.

Posteriormente, se añadieron 3 muestras de dicho material compuesto, y material base (CA, Jarosita) a tubos de ensaye, en cantidades de entre 19 a 21 mg. Cada muestra de material se duplicó en condiciones idénticas.

Se utilizaron 3 diferentes soluciones de Azul de metileno 10 ppm como contaminante, ajustando el pH de 3, 7 y 10 respectivamente, adicionando las cantidades adecuadas de HCl e NaOH 0.1 M.

Se añadieron 10 mL de cada una de las soluciones a cada tubo de ensayo antes mencionado, dichas muestras se sometieron a agitación durante 72 h a temperatura ambiente. Al cabo de este tiempo, se les realizó una técnica de centrifugación a 1500 rpm durante 10 min.

Los ensayos de adsorción para el contaminante se realizaron en un espectrofotómetro UV5, midiendo la absorbancia final a una longitud de onda de 664 nm.

IV. RESULTADOS

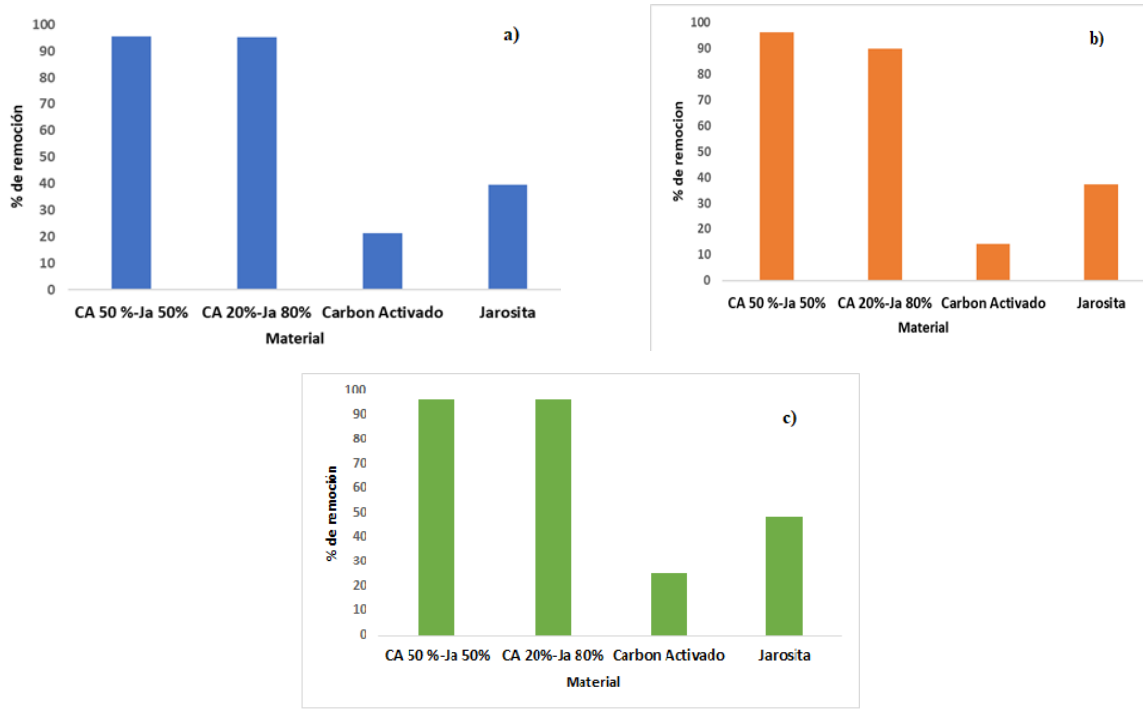


Fig. 1. a) Porcentaje de remoción a pH 3 b) Porcentaje de remoción a pH 7 c) Porcentaje de remoción a pH 10

Como se puede observar en las gráficas anteriores, la remoción del contaminante orgánico (azul de metileno), fue llevado a cabo por medio de 3 soluciones a diferentes valores de pH, lo que nos llevó a los siguientes resultados: el material A (50% CA, 50% jarosita), presentó una remoción por encima del 95% en los 3 medios, ácidos (pH 3), neutros (pH 7) y alcalinos (pH 10); el material B (20% CA, 80% jarosita), alcanzó una remoción por encima del 95% en medios ácidos y alcalinos, sin embargo en un medio neutro presentó una adsorción por debajo del 90%; el carbón activado, tuvo una remoción de 14% en un medio neutro, en medios ácidos y alcalinos removió por encima del 21%, siendo el segundo el que mejor se comportó en cuanto a remoción; por último la jarosita alcanzó una remoción de 37% en un medio neutro, 39% en medios ácidos y 48%, siendo su mejor comportamiento en medios alcalinos.

V. CONCLUSIONES

En este proyecto se propuso remover azul de metileno como contaminante orgánico en un medio acuoso, mediante un material compuesto de carbón activado y jarosita, en diferentes composiciones porcentuales, y se demostró que mejora positivamente el proceso de remoción y obteniendo un excelente resultado, ya que fue posible remover por encima del 90% en los 3 diferentes valores de pH.

Está comprobado, que el carbón activado es un excelente adsorbente gracias a su porosidad altamente desarrollada, sin embargo, en combinación con la jarosita obtuvo mayor remoción, aun teniendo un menor porcentaje en cuanto a composición del material.

Existen métodos convencionales de remoción de contaminantes orgánicos, tales como tecnología de membrana y precipitación química, pero tienen un uso muy limitado debido a su alto costo y baja eficiencia, sin embargo, esta técnica de remoción a base de CA y jarosita es una excelente opción para remover contaminantes orgánicos, gracias a su alta eficiencia de adsorción, bajo costo y fácilmente disponible.

VI. RECONOCIMIENTOS

Expreso mi agradecimiento a la Universidad Autónoma de Coahuila y al apoyo otorgado para la realización de la estancia de verano.

REFERENCIAS

[1] Schweitzer, L. y Noblet, J. (2018). Contaminación y polución del agua. En Química verde (págs. 261-290). Elsevier.

[2] Kumar, R., Qureshi, M., Vishwakarma, D. K., Al-Ansari, N., Kuriqi, A., Elbeltagi, A., & Saraswat, A. (2022). A review on emerging water contaminants and the application of sustainable removal technologies. Case Studies in Chemical and Environmental Engineering, 6, 100219.

[3] Khan, I., Saeed, K., Zekker, I., Zhang, B., Hendi, AH, Ahmad, A., ... y Khan, I. (2022). Reseña sobre el azul de metileno: sus propiedades, usos, toxicidad y fotodegradación. Agua , 14 (2), 242.

[4] Bashir, A., Malik, LA, Ahad, S., Manzoor, T., Bhat, MA, Dar, GN y Pandith, AH (2019). Eliminación de iones de metales pesados del sistema acuoso mediante métodos de intercambio iónico y biosorción. Cartas de química ambiental , 17 (2), 729-754.

[5] Saleem, J., Shahid, UB, Hijab, M., Mackey, H. y McKay, G. (2019). Producción y aplicaciones de carbones activados como adsorbentes del hueso de aceituna. Conversión de biomasa y biorrefinería , 9 (4), 775-802.

[6] Abbas AF, Ahmed MJ (2018) Carbón activado mesoporoso a partir de piedras de dátiles (Phoenix dactylifera L.) mediante pirólisis de K_2CO_3 asistida por microondas en un solo paso . J Water Process Eng 9:201–207. https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2016.01.004

[7] Gao, Y., Yue, Q., Gao, B. y Li, A. (2020). Información sobre el carbón activado de diferentes tipos de agentes químicos activadores: una revisión. Ciencia del Medio Ambiente Total , 746 , 141094.

[8] Eftekhari, N., Kargar, M., Rokhbakhsh Zamin, F., Rastakhiz, N. y Manafi, Z. (2020). Una revisión sobre varios aspectos de la jarosita y sus potenciales de utilización. Ana. Chim.-Sci. Mat , 44 (1), 43-52.

[9] Ma, X., Tan, H., Dong, F., Li, B., Wang, J., He, X. y Liu, C. (2020). Influencia de la troilita en la descomposición de la jarosita amónica y energía de activación estimada. Revista de análisis térmico y calorimetría , 139 (2), 933-939.

MINERÍA DE OPINIONES DEL MERCADO AUTOMOTRIZ EN MÉXICO Y SU ANÁLISIS CON TÉCNICAS DE IA

Víctor Isaías Santillán García.
Instituto Tecnológico Superior Del Sur De Guanajuato.
Educación Superior 2000, Benito Juárez, 38980 Uriangato, Gto.
t17129141@alumnos.itsur.edu.mx

Dr. Francisco Antonio Castillo Velásquez
Universidad Politécnica de Querétaro
Carretera Estatal 420, S/N. El Marqués, Querétaro
francisco.castillo@upq.mx

Resumen — Se sabe que hoy en día las redes sociales y los sitios web, son herramientas que permiten a los miembros o suscriptores ser partícipes de comentar su opinión en cuanto a algún producto o servicio, dichas opiniones permiten analizar y evaluar el grado de satisfacción o de aceptación hacia dicho producto o servicio. En este trabajo se muestra el desarrollo que se llevó a cabo para la realización de un analizador de sentimientos, también conocido como minería de opiniones, por medio de técnicas de IA y enfocado al mercado automotriz. Dando como resultado la generación de gráficos donde se puede apreciar de manera estadística, la satisfacción de, en este caso, un automóvil Nissan March 2021.

Palabras clave — Mercado Automotriz, Análisis de sentimientos, Inteligencia Artificial.

Abstract — It is known that today social networks and websites are tools that allow members or subscribers to participate in commenting on their opinion regarding a product or service, these opinions allow analyzing and evaluating the degree of satisfaction or acceptance of said product or service. This work shows the development that was carried out for the realization of a sentiment analyzer, also known as opinion mining, through AI techniques and focused on the automotive market. Resulting in the generation of graphs where you can see statistically, the satisfaction of, in this case, a Nissan March 2021 car.

Keywords — Automotive Market, Sentiment Analysis, Artificial Intelligence.

I. INTRODUCCIÓN

Con el crecimiento y popularidad de las redes sociales, se encontró que de igual manera crecía la información sobre las opiniones del público en cuanto a algún producto o servicio. Dichas opiniones se guardan en las cajas de comentarios de cada red social o incluso de algunas páginas web. Para este proyecto, con enfoque en el mercado automotriz, se recopilaron algunos comentarios de YouTube, los cuales expresan el punto de vista acerca de un vehículo en particular.

En un texto la información subjetiva tiene un gran potencial. La información subjetiva contiene el punto de vista de la persona que la expone en la cual influye sus intereses y deseos. Esta información puede ser procesada por organizaciones públicas o privadas para conocer más sus estrategias y proyectarse mejor. La lingüística computacional es una de las áreas que se ha enfocado en el estudio de las opiniones, o mejor dicho del lenguaje subjetivo. Este tipo de lenguaje se emplea para expresar estados personales en el contexto de una conversación o un texto [1]. El análisis de sentimientos (AdS) es también conocido como minería de opiniones.

La industria automotriz ha tomado importancia relevante en México desde hace algunas décadas, principalmente en la zona del bajío, que es donde se fabrican y ensamblan piezas automotrices y existen varias armadoras de vehículos. Con la aplicación del AdS en esta rama, se puede generar información importante tanto para el usuario final de autos como para los directivos de las agencias y fábricas automotrices.

II. MARCO TEÓRICO

Algunos conceptos y teorías usados en este trabajo se detallan a continuación.

La implementación de **lenguajes de programación** permite el trabajo conjunto y coordinado, a través de un conjunto afín y finito de instrucciones posibles, de diversos programadores o arquitectos de software, para lo cual estos lenguajes imitan, al menos formalmente, la lógica de los lenguajes humanos o naturales [2]. Encontramos diferentes lenguajes como C, C++, Java, PHP, Python, C#, ASP, entre otros [3]. Dado que existen muchos lenguajes de programación distintos, podríamos sacar en conclusión que cada uno tiene sus ventajas.

Una **librería** es uno o varios archivos escritos en un lenguaje de programación determinado, que proporcionan diversas funcionalidades. A diferencia de un framework, una librería no aporta la estructura sobre cómo realizar el desarrollo, sino que proporciona funcionalidades comunes, que ya han sido resueltas previamente por otros programadores y evitan la duplicidad de código. Además, reducen el tiempo de desarrollo y aumentan la calidad del mismo [4].

La IA (Inteligencia artificial), aprovecha las computadoras y las máquinas para imitar las capacidades de resolución de problemas y toma de decisiones de la mente humana.

El AdS es una forma mucho más compleja de analizar cómo se sienten los consumidores acerca de nuestros productos y servicios, utilizando no solo palabras simples sino fragmentos de oraciones más largas. La IA se está volviendo lo suficientemente inteligente como para comprender el tono de una declaración, en lugar de simplemente comprender si ciertas palabras dentro de un grupo de texto tienen una connotación positiva o negativa [5].

III. MATERIALES Y MÉTODOS

A.Materiales

1) Lenguaje de Programación

- **Python:** es un lenguaje de alto nivel de programación, se utiliza para desarrollar todo tipo de aplicaciones incluyendo proyectos de inteligencia artificial, en este caso, análisis de sentimientos.
- **JupyterLab:** Es una interfaz web de código abierto que permite la inclusión de texto, vídeo, audio, imágenes, así como la ejecución de código a través del navegador en múltiples lenguajes.

2) Librerías

- **NLTK:** El kit de herramientas de lenguaje natural (NLTK) es un conjunto de bibliotecas y programas para el procesamiento del lenguaje natural (PLN) simbólico y estadísticos para el lenguaje de programación Python [6].
- **Pandas:** es una librería de código abierto de Python que proporciona herramientas de análisis y manipulación de datos de alto rendimiento utilizando sus potentes estructuras de datos. Entre las estructuras más utilizadas se encuentra el DataFrame [7].
- **Openpyxl:** es un módulo de Python que permite leer, crear y modificar ficheros Excel [8].
- **Re:** es un módulo de Python que proporciona diversas funcionalidades utilizando expresiones. Las funcionalidades incluyen reemplazo, división y emparejamiento de cadenas, etc. [9].
- **Google Translator:** Es un sistema multilingüe de traducción automática, desarrollado y proporcionado por Google, para traducir texto, voz, imágenes o video de un idioma a otro [10].
- **SentimentIntensityAnalizer:** este analizador calcula el sentimiento del texto y produce cuatro clases diferentes de puntajes de salida: positivo, negativas, neutral y compuesto [11].
- **Matplotlib:** Es una librería de Python especializada en la creación de gráficos en dos dimensiones. Permite crear y personalizar los tipos de gráficos más comunes, entre ellos: Diagramas de barras [12].

B.Desarrollo

Se llevaron a cabo dos pasos importantes: instalación de Python, JupyterLab, NLTK y otras librerías especiales, y la programación, que se describe a continuación.

1. **Importación de librerías:** En el primer bloque se importan las librerías necesarias para el funcionamiento del programa.

```
## Importación de librerias
from nltk.sentiment.vader import SentimentIntensityAnalyzer ## analizador
from deep_translator import GoogleTranslator ## traductor
import pandas as pd ## manipulación de datos
import openpyxl ## lectura y manipulación de hojas de cálculo
import matplotlib.pyplot as plt ## generación de gráficas
import re ## reemplazar caracteres
```

2. **Importación del corpus:** En el segundo bloque, con ayuda del método “read_excel” de pandas, se manda llamar el Excel con los comentarios que se van a analizar.

```
## Importación del documento con los comentarios
df=pd.read_excel('Comments_Nissan_March_2021.xlsx')
```

3. **Limpieza de comentarios:** En el tercer bloque, con ayuda de la librería “re”, se hace una limpieza en los comentarios para quitar caracteres innecesarios como @, #, etc.

```
## Limpieza de comentarios
def clean_text(text):
    text=re.sub(r'^RT[\s]+','',text)
    text=re.sub(r'https?:\/\/.*[\r\n]*','',text)
    text=re.sub(r'#','',text)
    text=re.sub(r'@[A-Za-z0-9]+','',text)
    return text
df['clean_text']=df['text_es'].apply(clean_text)
```

4. **Traducción de comentarios:** En el cuarto bloque, con ayuda de GoogleTranslator, se traducen a inglés todos los comentarios ya limpios.

```
## Traducción de comentarios
translator = GoogleTranslator(source="es", target="en")
df['text_en'] = df['clean_text'].apply(translator.translate)
```

5. **Obtención de la polaridad:** En el quinto bloque, con ayuda del método "SentimentIntensityAnalizer", se obtiene la polaridad de cada comentario.

```
## Obtención de la polaridad de los comentarios
analizador=SentimentIntensityAnalyzer()
df['polarity']=df['text_en'].apply(lambda i: analizador.polarity_scores(i)['compound'])
```

6. **Clasificar polaridad por rango:** En el sexto bloque se clasifica la polaridad de cada comentario. Si la polaridad es mayor a 0, el comentario es positivo; si es igual a 0, el comentario es neutro; y si es menor a 0, el comentario es negativo.

```
## Clasificar polaridad por rango
def x_range(x):
  if x > 0:
    return 1 ## positivo
  elif x == 0:
    return 0 ## neutral
  else:
    return -1 ## negativo
```

7. **Guardar resultado de clasificación:** En el séptimo bloque se guarda el resultado de la clasificación en una nueva columna llamada "polarity".

```
## Guardar resultado en una nueva columna
df['result'] = df['polarity'].apply(x_range)
```

8. **Guardar resultados en Excel:** En el octavo bloque se genera un nuevo Excel con los resultados.

```
## Guardar resultados en un nuevo archivo
df.to_excel('VCRC.xlsx')
```

9. **Generar gráfica de pastel:** En el noveno bloque se usó la función "pie" para generar y personalizar una gráfica de pastel con los resultados del análisis (Fig. 1.1).

10. **Generar gráfica de barras:** En el décimo bloque se usó la función “bar” para generar y personalizar una gráfica de barras con los resultados del análisis (Fig. 1.2).

IV. RESULTADOS

Con la finalidad de evaluar las opiniones de las personas hacia el automóvil Nissan March 2021 [13], se exportaron algunos comentarios de la plataforma de YouTube referentes a este automóvil y se aplicó el algoritmo de inteligencia artificial previamente desarrollado, el cual nos permitió clasificar cada comentario como positivo, negativo o neutro. Finalmente se mostró el resultado de manera gráfica (Fig. 1.1 y Fig. 1.2), para que se pueda apreciar el nivel de satisfacción o conformidad con dicho vehículo.

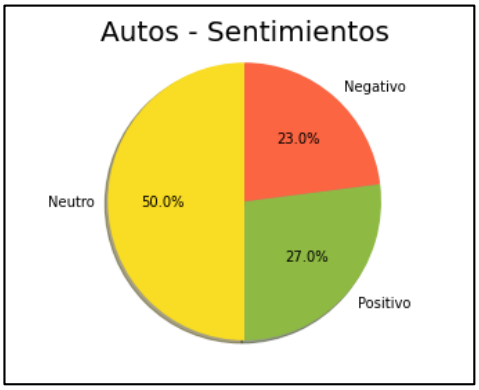


Fig. 1.1 Resultados Del Análisis Pie.

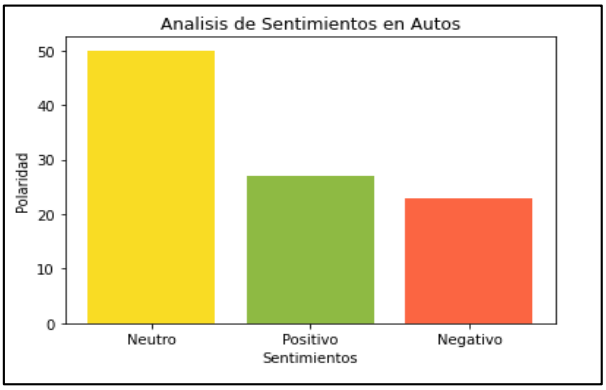


Fig. 1.2 Resultados Del Análisis Bar.

V. DISCUSIÓN (O ANÁLISIS DE RESULTADOS)

Con los gráficos que se muestran anteriormente (Fig. 1.1 y Fig. 1.2) podemos visualizar, de una manera más precisa y rápida, el análisis de opiniones de los consumidores o usuarios del Nissan March 2021. Esto a su vez puede tener un gran impacto en el mercado automotriz ya que permite, en este caso a Nissan, obtener una valoración de su producto mediante procesos estadísticos, y con ello, agilizar la toma de decisiones para mejorar las nuevas versiones del vehículo.

VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La industria automotriz tiene presencia y relevancia en la zona del bajío del país, justo donde se gestó esta labor de investigación. La aplicación de técnicas computacionales y, en particular, de Inteligencia Artificial en este campo, es de importancia para mejorar procesos de cualquier índole. En este trabajo se aplicó el análisis de sentimientos (minería de opiniones) a mensajes de redes sociales sobre automóviles. Se logró implementar un algoritmo para el lenguaje español y para algunas versiones de autos mencionadas en YouTube. Se demostró que es posible su aplicación y los resultados muestran cifras y estadísticas que pueden ser de interés tanto para usuarios comunes de autos, como para

los directivos de agencias automotrices. Como trabajo futuro se propone automatizar la generación de corpus grandes.

VII. AGRADECIMIENTOS

Nuestro agradecimiento al programa Verano de la Ciencia Región Centro por seguir apoyando y motivando a los jóvenes estudiantes y posibles futuros investigadores.

REFERENCIAS

[1] D. Cedeno-Moreno and M. Vargas, “Aprendizaje automático aplicado al análisis de sentimientos,” *I+D Tecnológico*, vol. 16, no. 2, 2020, doi: 10.33412/idt.v16.2.2833.

[2] M. E. Raffino, “Lenguaje de Programación: Concepto, Tipos y Ejemplos,” *Concepto.de*, 2018. https://concepto.de/lenguaje-de-programacion/ (accessed Aug. 01, 2022).

[3] Cilsa, “¿Qué es un lenguaje de programación? | Desarrollar Inclusión,” 2017. https://desarrollarinclusion.cilsa.org/tecnologia-inclusiva/que-es-un-lenguaje-de-programacion/ (accessed Aug. 01, 2022).

[4] Technology Consulting, “Framework o librerías: ventajas y desventajas | tiThink Technology,” *Framework o librerías: ventajas y desventajas*, 2018. https://www.tithink.com/es/2018/08/29/framework-o-librerias-ventajas-y-desventajas/ (accessed Aug. 01, 2022).

[5] “Análisis de Sentimientos con Inteligencia Artificial - Brita Inteligencia Artificial.” https://brita.mx/analisis-de-sentimientos-con-inteligencia-artificial (accessed Jul. 26, 2022).

[6] R. Hermawan, “Natural language processing with python,” *Indones. J. Appl. Linguist.*, vol. 1, no. 1, pp. 149–151, 2011, doi: 10.17509/ijal.v1i1.106.

[7] D. Gonzales, “Introducción a la librería NumPy de Python – Parte 1,” *21 septiembre*, 2018. https://aprendeia.com/introduccion-a-la-libreria-pandas-de-python-parte-1/ (accessed Aug. 02, 2022).

[8] “Python: Módulo: openpyxl.” https://www.imd.guru/sistemas/python/openpyxl.html (accessed Aug. 02, 2022).

[9] “Método de reemplazo de expresiones regulares en Python | Delft Stack.” https://www.delftstack.com/es/howto/python/python-regex-replace/ (accessed Aug. 02, 2022).

[10] “Traductor de Google - Wikipedia, la enciclopedia libre.” https://es.wikipedia.org/wiki/Traductor_de_Google (accessed Aug. 02, 2022).

[11] “Diferentes métodos para calcular el sentimiento del texto.” https://www.zephyrnet.com/es/diferentes-métodos-para-calcular-el-sentimiento-del-texto/ (accessed Aug. 02, 2022).

[12] P. Sáinz, “¿QUÉ ES Y PARA QUÉ SIRVE LA FOTOGRAMETRÍA?,” 2020. https://www.eluniversaledomex.mx/que-es-y-para-que-sirve-la-libreria-matplotlib-pyplot (accessed Aug. 02, 2022).

[13] “(134) Nissan March 2021 - El progreso tiene precio y no es poco | Reseña - YouTube.” https://www.youtube.com/watch?v=2WYYrvNqfk4 (accessed Aug. 03, 2022).

ANÁLISIS DE LA NOM-026-STPS-2008 EN EDIFICIO EDUCATIVO PARA MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD

Andrea Elizarraraz Contreras
Instituto Tecnológico Superior De Abasolo
Blvd. Cuitzeo de los Naranjos #401 Col. Cuitzeo de los Naranjos C.P. 36876, Abasolo, Gto.
angel.enero.13@hotmail.com

Norma Fabiola Fuerte Rojas
Instituto Tecnológico Superior De Abasolo
Blvd. Cuitzeo de los Naranjos #401 Col. Cuitzeo de los Naranjos C.P. 36876, Abasolo, Gto.
norma.fr@abasolo.tecnm.mx

Resumen — En este trabajo se presenta un análisis de la NOM-026-STPS-2008 en el edificio de la Unidad Académica Departamental de ITESA, con la finalidad de crear una propuesta de mejora en cuanto al diseño de señaléticas de seguridad e higiene y de esta forma aumentar la productividad en estudiantes y empleados. El proyecto consta de 4 etapas y como principales resultados se identificaron 3 riesgos, los cuales fueron por sismo, incendio y un riesgo eléctrico, además se encontró que no existe ningún tipo de señalética en el edificio. Como propuesta de mejora se elaboró el diseño de dos señales, siguiendo los establecimientos de la norma, la primara fue para la de ruta de evacuación y la segunda para riesgo eléctrico.

Palabras clave — Señal de seguridad e higiene, riegos, productividad, NOM-026-STPS-2008.

Abstract — In this work an analysis of the NOM-026-STPS-2008 in the building of the Departmental Academic Unit of ITESA is presented, with the purpose of creating a proposal for improvement in terms of the design of safety and hygiene signage and of this way to increase productivity in students and employees. The project consists of 4 stages and as main results 3 risks were identified, which were due to earthquake, fire and an electrical risk, it was also found that there is no signage in the building. As a proposal for improvement, the design of two signals was elaborated following the establishments of the standard, the first was for the evacuation route and the second for electrical risk.

Keywords — Safety and hygiene sign, risks, productivity, NOM-026-STPS-2008.

I. INTRODUCCIÓN

Las señales de seguridad son una parte importante de la vida cotidiana. Proporcionan información sobre las acciones específicas y por lo general están codificados por color. La señalización de seguridad es un mecanismo de control de riesgos, conformado por un sistema de señales relacionadas a objetos, actividades o situaciones determinadas, y que proporcionan indicaciones, orientaciones u obligaciones referidas a la seguridad y salud en un área de trabajo.

Por otro lado, la productividad se refiere a la relación entre la actividad productiva y los medios que son necesarios para conseguirlo. Siendo estos medios del tipo tecnológicos, humanos o de infraestructuras. En la actualidad diversos estudios han demostrado que la adecuada señalización en un entorno de trabajo mejora o aumenta la productividad, debido a que gracias a esta es posible reducir el número de accidentes e incidentes que se pudieran generar.

La presente investigación tiene como objetivo realizar un análisis de la NORMA Oficial Mexicana NOM-026-STPS-2008, Colores y señales de seguridad e higiene, e identificación

de riesgos por fluidos conducidos en tuberías, en el edificio educativo Unidad Académica Departamental dentro de ITESA para posteriormente, proponer mejoras que se podrían aplicar por parte del instituto en cuestión de diseños de señaléticas de seguridad y de esta forma aumentar la productividad de trabajadores, estudiantes y maestros.

II. MARCO TEÓRICO

Normas Oficiales Mexicanas

Las Normas Oficiales Mexicanas tienen como principal objetivo prevenir los riesgos a la salud, la vida y el patrimonio y por lo tanto son de cumplimiento obligatoria. Son una serie de normas cuyo objetivo es asegurar valores, cantidades y características mínimas o máximas en el diseño, producción o servicio de los bienes de consumo entre personas morales y/o físicas. [1]

Señalización de seguridad

Se entenderá por señalización de seguridad y salud aquella referida por un objeto, actividades y situaciones determinadas, que proporcione una obligación o indicación relativa, a la seguridad y a la salud en el trabajo mediante señal en forma de panel, un color, una señal luminosa o acústica, una comunicación verbal o una señal gestual. [2]

Señales de obligación

Señales de seguridad e higiene para denotar una acción obligatoria a cumplir. Estas señales deben tener forma circular, fondo en color azul y símbolo en color blanco. [3]

Señales de precaución

Son señales para indicar precaución y advertir sobre algún riesgo presente. Estas señales deben tener forma geométrica triangular, fondo en color amarillo, banda de contorno y símbolo en color negro. [3]

Señales de información

Se utilizan para informar sobre ubicación de equipo contra incendio, equipo y estaciones de protección y atención en casos de emergencia, e instalaciones para personas con discapacidad. [3]

Señales de prohibición

Son señales para denotar prohibición de una acción susceptible de provocar un riesgo. Estas señales deben tener forma geométrica circular, fondo en color blanco, bandas circular y diagonal en color rojo y símbolo en color negro. [3]

III. MATERIALES Y MÉTODOS

El análisis de la Norma en el edificio educativo se desarrolló en 4 etapas y se utilizó un flexómetro, así como también el software de diseño “Lucied.

Primera etapa: Aquí se realizó un recorrido por el lugar y con la ayuda del flexómetro se determinaron las dimensiones del edificio.

El departamento académico cuenta con 4 aulas, una oficina y un pasillo que une estas cinco áreas, sus dimensiones se presentan en el plano de la figura 1.

Segunda etapa: Se identificaron los riesgos, así como la existencia de tuberías que conduzcan algún tipo de fluido.

Existen riesgos por sismos e incendios, ya que no se encuentran, en ningún lugar del edificio, rutas de evacuación ni extintores. Se detectó un riesgo de tipo eléctrico dentro de la oficina, dado a que es un centro de carga y, por lo tanto, se debe tener cierta precaución al abrir su protección.

No se detectaron tuberías que transporten o contengan fluidos en el edificio.

Tercera etapa: Se identificaron las señales de seguridad e higiene con las que cuenta el edificio y se verificó que fueran adecuadas, siguiendo los establecimientos de la Norma.

No se encontraron señaléticas referentes a cada uno de los riegos detectados, como se puede observar en las Figuras 2 y 3.

Cuarta Etapa: Se diseñaron las señales requeridas en base a la NOM-026-STPS-2008, como una propuesta de mejora.

Se clasificaron las señaléticas que se requieren instalar según su finalidad y se determinaron sus características de acuerdo con lo indicado en la norma (Tabla1).

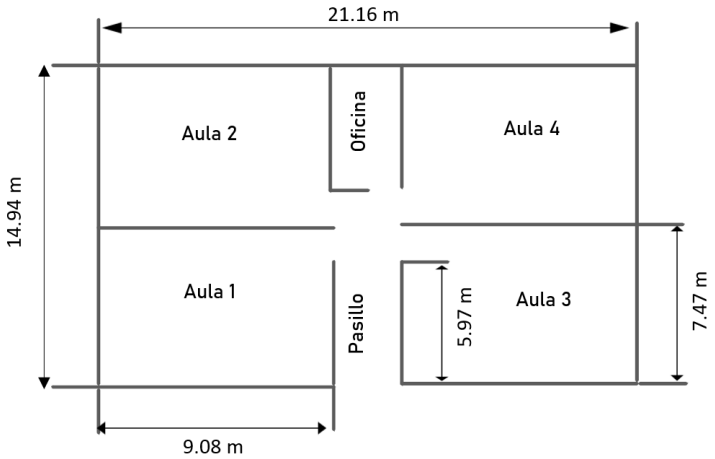


Figura 29. Plano del Edificio Educativo

Figura 30. Pasillo del edificio educativo.

Figura 31. Riesgo eléctrico dentro de la oficina.

Tabla 17. características de las señales según la Norma.

Indicación	**Tipo de señal**	**Color de seguridad**	**Color contrastante**	**Forma geométrica**	**Símbolo**
Ruta de evacuación	Informativa	Verde	Blanco	Rectangular	Flecha indicando el sentido requerido
Riesgo eléctrico	Preventiva	Amarillo	Negro	Triangular	Flecha quebrada en posición vertical hacia abajo

Para determinar las dimisiones de la señal de ruta de evacuación, se mide la distancia que existe entre la mitad del pasillo hasta la puerta del aula 4, ya que esta representa la distancia máxima de observación (L), en este caso es de 6.030, por lo tanto, la superficie de la señal (S) será la siguiente:

$$S = \frac{L^2}{2000} = \frac{(6.030\ m)^2}{2000} = 0.01818\ m^2 \quad (1)$$

Como la figura geométrica que se requiere es un rectángulo, se encuentra que su superficie equivale a multiplicar la base (b) por la altura (h):

$$S = b * h \quad (2)$$

Considerando una relación de 1:1.5, se tiene:

$$1.5 * h = b \tag{3}$$

Sustituyendo “b” por “1.5h” en la ecuación 2 se puede calcular el valor de la variable “h”:

$$S = (1.5 * h) * h = 1.5 * h^2 \rightarrow h = \sqrt{\frac{s}{1.5}} = \sqrt{\frac{0.01818\ m^2}{1.5}} = 0.11\ m = 11\ cm \tag{4}$$

Sustituyendo los valores de la ecuación 3 se obtiene que b es igual a:

$$b = 1.5 * 0.11\ \text{m} = 0.165\ \text{m} = 16.5\ \text{cm} \tag{5}$$

Para la superficie de la señal de riesgo eléctrico se toma como distancia máxima la largura de la oficina (5.97 m), por lo tanto, sustituyendo en la ecuación 1 se obtiene:

$$S = \frac{L^2}{2000} = \frac{(5.97\ m)^2}{2000} = 0.017\ m^2 \tag{6}$$

El área superficial de un triángulo equilátero se calcula, en función a la dimensión de sus lados (l), se calcula mediante la siguiente expresión:

$$S = \frac{l^2}{4}\sqrt{3} \tag{7}$$

Despejando la variable l de la ecuación 7 y sustituyendo valores queda:

$$l = \frac{4 * S}{\sqrt{3}} = \frac{4 * 0.017\ m^2}{\sqrt{3}} = 0.03925\ m = 3.92\ c \tag{8}$$

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN (O ANÁLISIS DE RESULTADOS)

Se identificaron 3 riesgos en el edificio educativo los cuales fueron por incendio, por sismo y uno eléctrico.

Tanto adentro como afuera del edificio académico no se encuentra señalética de ningún tipo que pudieran inhibir dichos riesgos.

Figura 32. Propuesta de señaléticas para aplicar en el edificio educativo.

No se encuentra extintor dentro del edificio y aunque el contenido de la norma no pertenece a esto, se recomienda instalar al menos un extintor, para evitar la propagación

de las llamas y así evitar pérdidas materiales o humanas, siguiendo los requerimientos de la Norma Oficial Mexicana Nom-154-SCFI-2005, Equipos contra incendio-extintores-servicio de mantenimiento y recarga prefacio.

Se recomienda instalar señales informativas que contengan el número de aula, ya que esto facilita a estudiante, maestros y alumnos la ubicación de estas.

En la figura 4 se muestra el resultado del diseño para las señaléticas de ruta de evacuación y de riesgo eléctrico.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En este trabajo de investigación se realizó un análisis de la Norma Oficial Mexicana Nom-026-STPS-2008, dentro de un edificio académico de ITESA, para ello primeramente se identificaron los riesgos existentes, así como tuberías que transportaran fluidos, para posteriormente verificar si se encontraban las señales de seguridad adecuadas, según esta norma.

Como resultados de la investigación, se detectaron tres riesgos los cuales son por incendio, por sismo y uno eléctrico, además se encontró que no existe señalética alguna, por lo que se realizó una propuesta de mejora en la que se diseñaron señales para cada tipo de indicación.

VI. RECONOCIMIENTOS (O AGRADECIMIENTOS)

Agradezco al Instituto Tecnológico Superior de Abasolo por abrirme sus puertas y permitirme llevar a cabo la estancia de investigación dentro de sus instalaciones. También agradezco a la docente Norma Fabiola Fuerte Rojas por el apoyo y tiempo brindado para lograr la culminación del presente trabajo.

REFERENCIAS

[1] Martínez, A. (2017). Modelo de seguridad para evaluar el riesgo ergonómico en trabajadores de la industria de la construcción,*México* [Tesis de maestría, Instituto Tecnológico de Tantocuya]. Repositorio institucional del Instituto Tecnológico de Tantocuya: https://itsta.edu.mx/posgrado/maestria-en-ingenieria-industrial/repositorio-digital/

[2] Instituto Nacional de Seguridad E Higiene en el Trabajo. (2009) Señalización de seguridad y salud en el trabajo. Guía Técnica. España: https://www.insst.es/documents/94886/203536/Gu%C3%ADa+t%C3%A9cnica+sobre+se%C3%B1alizaci%C3%B3n+de+seguridad+y+salud+en+el+trabajo/973e7bd4-65de-4c46-8d6e-c181ffedb80a

[3] NORMA Oficial Mexicana NOM-026-STPS-2008. (2008) Colores y señales de seguridad e higiene, e identificación de riesgos por fluidos conducidos en tuberías. Diario Oficial, secretaria del trabajo y previsión social.: http://asinom.stps.gob.mx:8145/upload/noms/Nom-026.pdf

REMOCIÓN DE CONTAMINANTES ORGÁNICOS EN SOLUCIÓN ACUOSA POR MATERIALES A BASE DE CARBONO Y CÁSCARA DE HUEVO

Jesús Angel Rodriguez Puente
Universidad Autónoma de Coahuila
Facultad de Metalurgia
Carretera 57 km. 4.5 Zona Universitaria.
C.P. 25750. Monclova, Coahuila.
puente_angel@uadec.edu.mx

Jorge Carlos Ríos Hurtado
Universidad Autónoma de Coahuila
Facultad de Metalurgia
Carretera 57 km. 4.5 Zona Universitaria.
C.P. 25750. Monclova, Coahuila.
jorgerios@uadec.edu.mx

Resumen — Este trabajo se realizó con la finalidad de comprobar la capacidad de remoción de contaminantes orgánicos de un filtro con CaO obtenido a partir de diversas técnicas. Se determinó la cantidad de contaminante de azul de metileno en muestras por medio de espectroscopia UV-Vis. Como resultado se obtuvo que la cáscara de huevo es muy rica en CaO y al cabo de 24 h el filtro que contenía esta muestra tratada térmicamente tuvo mejor rendimiento de remoción de azul de metileno, en comparación con un filtro con esta muestra tratada químicamente, un filtro con CaO obtenido en una reacción química y el filtro mismo.

Palabras clave — Cáscara de huevo, CaO, filtro, azul de metileno, remoción.

Abstract — This work was carried out to verify the removal capacity of organic contaminants from a filter with CaO obtained from various techniques. The amount of methylene blue contaminant in samples was determined by means of UV-Vis spectroscopy. As a result, it was obtained that the eggshell is very rich in CaO and after 24 h the filter that contained this thermally treated sample had a better methylene blue removal performance, compared to a filter with this chemically treated sample, filter with CaO obtained in a chemical reaction and the filter itself.

Keywords — Eggshell, CaO, filter, methylene blue, removal.

I. INTRODUCCIÓN

En estos últimos años se ha determinado la gran importancia y el impacto que puede llegar a tener el agua en nuestras vidas al no cuidarla; cosas tales como las sequias, la sobrepoblación y por ende la demanda extrema hacia empresas que usan el agua como materia prima para sus productos, los malos hábitos cotidianos de los ciudadanos, la mala distribución del agua y la contaminación frenética por parte de los humanos, lo cual está afectando de maneras inconmensurables tanto a las personas como a la flora y fauna de las zonas afectadas. Por esto, y con fin de dar una solución al desabasto de agua se buscó una nueva implementación para tratar con agua contaminada de residuos orgánicos, a partir de cáscara de huevo reciclada para la obtención de CaO para posteriormente adicionarla a un filtro a base de carbón activado.

El óxido de calcio conocido normalmente como cal viva forma parte de los productos alcalinos. Sus propiedades dependen primordialmente tanto de su composición química como del tratamiento térmico al cual se ha sometido el mineral o muestra de donde se esté extrayendo, determinando su grado de reactividad.[1]

Una de las principales formas para poder obtener óxido de calcio, es a partir de las rocas calizas, estas se calcinan a una temperatura entre 900 a 1200 °C por días; puede ser en un horno rotatorio, un horno tradicional, romano, árabe o en hornos de anillo. Lo que pasa es que bajo estas condiciones el carbonato de calcio ($CaCO_3$), es inestable y pierde una molécula de dióxido de carbono[2]. La reacción química que representa este proceso sería la siguiente: $CaCO_3 \rightarrow CaO + CO_2$. Otro método por el cual se obtiene el CaO es por medio de residuos de cáscara de huevo, esto debido a que es rica en $CaCO_3$. Está compuesta químicamente por 95.1 % de minerales donde hasta el 93.6% corresponde al $CaCO_3$, 0.8% de carbonato de magnesio, 0.73% de fosfato tricálcico; el resto es 1.6% de agua y 3.3% de materia orgánica.[3] Existen diversos métodos por los cuales llegar al CaO a partir de la cáscara de huevo. El CaO se ha utilizado en investigaciones como: La caracterización de este a partir de desechos de cáscara de huevo y aplicarlo para la remoción de CO_2 por adsorción [4], para la sinterización de biodiesel a partir de aceite de soja u otros medios orgánicos[5], para ayudar en el control de moho polvoriento de la uva[6], etc.

La adsorción es un proceso de purificación de agua el cual consiste remoción, por adherencia de las impurezas del agua en la superficie del sorbente (dispositivo al cual se le van a adherir las impurezas). En el ámbito de los contaminantes orgánicos un proceso de filtración que hay es el del carbón activado. Este tipo de filtro es utilizado cuando lo que se requiere es poder llegar a eliminar sabores y colores del agua (como por ejemplo una alta presencia de cloro en el agua), también contaminantes orgánicos, insecticidas, pesticidas, herbicidas, detergentes, cualquier derivado del petróleo, materia disuelta, algas, etc. [7]

Uno de los grandes enemigos de la salud humana y el medio ambiente son los contaminantes orgánicos persistentes. Los COP son sustancias orgánicas tóxicas que permanecen en el ambiente por largos periodos y al no degradarse con facilidad, se acumulan y causan daños. Por tal razón, se deben realizar acciones de protección, prevención y mitigar sus efectos. [8] Existe un contaminante orgánico que está muy presente y sirve mucho para la experimentación debido a que su precio es muy accesible, se trata del azul de metileno. El azul de metileno es uno de los colorantes mayormente utilizado en diversos ámbitos. Entre ellos se encuentra la industria textil, papelera, farmacéutica, alimenticia o en laboratorios de diagnóstico, docencia e investigación, entre otras. Por tanto, los desechos de estas industrias y laboratorios contienen alta cantidad de colorantes, entre los que se encuentra el azul de metileno. Estos colorantes son perjudiciales para el medio ambiente. Es por ello por lo que muchos investigadores con la finalidad de descontaminar las aguas residuales han propuesto una variedad de materiales agrícolas de desecho y por ende de bajo costo, con gran capacidad absorbente. Los materiales propuestos son las cáscaras de coco, arroz o yuca, entre otros. [9]

II. METODOLOGÍA

Se compararon 3 diferentes tipos de muestra para determinar la eficiencia del CaO a partir de cáscara de huevo y el CaO a partir de reactivos del laboratorio.

La primera muestra sintetizada a partir de reactivos del laboratorio se denominó como “FR” (Filtro de reactivos), La segunda muestra fue sintetizada a partir de la cáscara de huevo por un proceso de sol-gel y a esta muestra se denominó “FCHD” (Filtro de cáscara de huevo diluida), la muestra sintetizada a partir de cáscara de huevo con un tratamiento térmico se denominó “FCHΔ” y un filtro sin muestra que se denominó “FC” (Filtro de carbón).

Para sintetizar la muestra “FR” se prepararon soluciones 0.1 M de $Ca(OH)_2$ y Na_2CO_3 . Se utilizó una parrilla de calentamiento y agitación donde se llevó a cabo el proceso de precipitación gota a gota. En este proceso el agente precipitante fue el Na_2CO_3 que se suministró gota a gota en el $Ca(OH)_2$ mientras este se agita y se calienta a una temperatura de entre 60 a 70 °C, utilizando un volumen de 100 mL. Una vez que todo el agente precipitante fue suministrado se dejó en agitación la mezcla durante 45 min, para después pasar a la filtración. En la filtración se usó papel filtro Whatman 43 colocándolo en un embudo sobre un matraz Erlenmeyer y se fue vaciando el compuesto poco a poco para poder separar el $CaCO_3$ del NaOH. Acabada la filtración, se siguió con el secado de la muestra filtrada de $CaCO_3$; se depositó el $CaCO_3$ en una caja Petri y pasó a un horno marca Ecoshell modelo 9053A a 100°C por 24 h. Pasado el tiempo la muestra se pasó a un crisol para hacerle un tratamiento térmico en una mufla marca Felisa, modelo FE-340 donde paso 1 h a 900 °C.

Para sintetizar la muestra “FCHD” primero se retiró la tinta que viene en la cáscara de huevo con la marca. Se recortó la cáscara de huevo con unas tijeras y se desechó la parte con tinta. Se molieron un total de 3 cáscaras en un mortero para obtener 12.5 g. Se prepararon 2 soluciones, 1 M de NaOH y HCl. Posteriormente, en un vaso de precipitado se agregó la cáscara de huevo ($CaCO_3$) y se adicionaron 250 mL de HCl 1 M. Esta reacción se dejó en agitación durante 24 h. Al finalizar se filtró los restos y la solución obtenida se precipitó con NaOH. Este se administró gota a gota a la solución en agitación y se dejó durante 24 h. Pasado el tiempo, se filtró el $Ca(OH)_2$ de la solución con un filtro Whatman 43 y este se lleva a un horno a 100°C a secar por 24 h para eliminar toda la humedad de la muestra. Como último paso la muestra va a la mufla para su tratamiento térmico a 900°C por 1 h.

Para sintetizar la muestra “FCHΔ” se tomaron 12.5 g de cáscara de huevo del mismo modo que para la muestra “FCHD”. Esto se llevó a un horno a secar a 100°C durante 24 h para después pasar la muestra a un tratamiento térmico a 900°C en una mufla por 1 h.

Obtenidas las 3 muestras de CaO, se dispersaron por medio de molienda mecánica a un filtro de carbón dentro de un molino planetario pulverisette marca fritisch modelo MSK-SFM-1 Para esto se pesaron 4 filtros para la muestra “FC” con un peso promedio de 0.278 g, y se adicionó el 10% en peso de cada muestra sintetizada. Como último paso se depositaron las muestras dentro del molino y se ajustó a una velocidad de 20 Hz durante 1.5 h.

Para la adsorción de azul de metileno, se preparó una solución madre de azul de metileno con una concentración de 100 ppm. De esta se hizo una solución de 10 ppm y a partir de aquí se obtuvieron soluciones de 2, 4, 6 y 8 ppm. Se analizaron las absorbancias de estas soluciones en un espectrofotómetro Mettler Toledo UV-Vis UV5 (664 nm) para obtener una curva de calibración. Por otro lado, en 4 tubos de centrifuga cónicos de plástico, se adicionaron 10 mL de azul de metileno con una concentración de 8 ppm. En cada tubo se añadió un filtro diferente, “FC”, “FR”, “FCHD” y “FCHΔ” todos con un peso promedio de 0.020 g. Una vez que los filtros se introdujeron a la solución, los tubos se metieron en una incubadora marca LabTech modelo LSI-3016A a 37°C. y se hicieron mediciones de absorbancia en lapsos de tiempo de 0.5, 1, 2, 3, 4, 5 y 24 h.

III. RESULTADOS Y ANALISIS DE RESULTADOS

Las muestras “FR”, “FCHD” y “FCHΔ” se analizaron por medio de espectroscopia FT-IR en un equipo Perkin Elmer FTIR Spectrometer Frontier, utilizando ATR. En la fig.1 se aprecia la gráfica y los grupos funcionales que la componen.

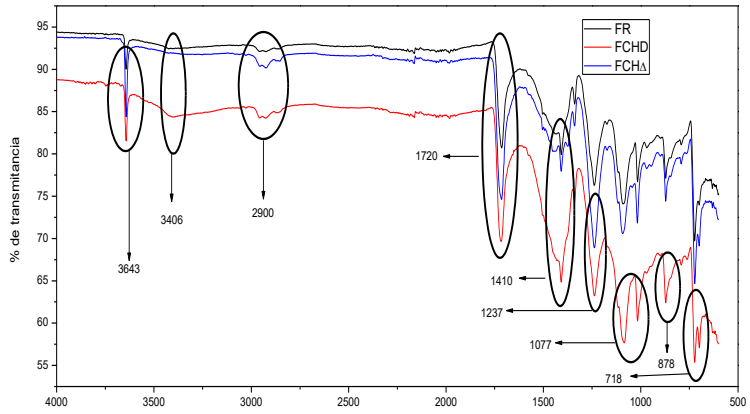


Fig. 1. Espectros de infrarrojo (FT-IR) para los filtros obtenidos.

Según J. Rodas y colaboradores[10], la banda en 3643 cm^{-1} pertenece al grupo -OH que está asociada al $Ca(OH)_2$. La banda ancha en 3406 cm^{-1} se atribuye a modos de estiramiento de moléculas de H_2O y la deformación de la unión del enlace H-O adsorbido, respectivamente. También se ven pequeñas bandas de frecuencia a 2900 cm^{-1} que corresponde a las diferentes bandas de enlaces generados (C=O, C-O) por los iones CO_3^{-2}. La banda en 1077 cm^{-1} es una remanente perteneciente al enlace C-O, que indica la presencia de carbono. Según Thongthai Witoon[4] las bandas de 1410 y 878 son características de estiramientos y flexiones de los enlaces C-O correspondientes al carbonato de calcio. La banda afilada en 718 cm^{-1} esta relacionada con los enlaces Ca-O. En cuanto a la banda en 1720 cm^{-1} representa estiramientos relacionados al grupo carbonilo.

El comportamiento cinético para la remoción de azul de metileno se presenta en la fig. 2. En un inicio las muestras con CaO se comportaron muy similares (“FR, “FCHD”, “FCH”) con un promedio de 10% de remoción de azul de metileno por muestras al cabo de media hora, y el filtro solo (“FC”) presento un 14 % de remoción de azul de metileno en la muestra. Pasado 1 hora empezó a haber cambios en los resultados puesto que la muestra “FR” se quedó en apenas 14 % de remoción de azul de metileno, pero los filtros que contenían cáscara de huevo obtuvieron mejor resultado de hasta un 20% para la muestra de “FCHD” y 17% para “FCH”. En este caso la muestra “FC” no obtuvo tan buenos resultados como inicialmente puesto que al cabo de una hora de 14% paso a un 16% de A.M. (azul de metileno). En el lapso de 2 a 4 h las muestras seguían una tendencia a disminuir progresivamente. Para la hora 5 el filtro con mejor comportamiento fue el de “FCHΔ” con un 48% de remoción de A.M., no obstante, el filtro solo se quedo muy a la par de este, obteniendo un 47% de remoción de A.M., el filtro “FCHD” obtuvo un 44% de remoción de A.M. y el filtro “FR” resulto con un 42% de remoción de A.M. Pasadas 24 h el filtro que removió menos A.M fue el “FC” con un 63%, siguiéndole el filtro “FR” con un 65% y los filtros que mas removieron fueron los filtros a base de cáscara de huevo teniendo como resultado un 67% para el filtro “FCHD” y un 71% para “FCHΔ”.

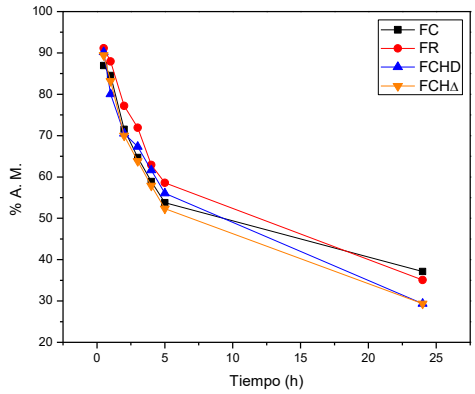


Fig. 3. Gráfico representativo a la cinética de remoción de azul de metileno.

IV. CONCLUSIONES

Gracias a los resultados obtenidos se puede concluir de manera certera que el uso de cáscara de huevo es un método ecológico y redituable para la obtención de CaO, ya que este fue el proceso más rápido y con menos materia prima utilizado. Además de esto, se demostró que el uso de cáscara de huevo en filtros a base de carbono puede llegar a remover hasta un 8% mas de azul de metileno (“FCHΔ”) y esto solamente sometiendo a un tratamiento térmico la cáscara de huevo sin necesidad de añadir algún tipo de químico como lo fue con el filtro “FCHD”, lo que lo hace más amigable con el medio ambiente. El filtro “FCHΔ” obtuvo los mejores resultados en comparación a el filtro solo que se utilizó, a los filtros con óxido de calcio obtenido a partir de reactivos de laboratorio y al filtro de cáscara de huevo utilizando más componentes químicos para obtener el CaO. Este proceso es el más rápido y con menos materia prima utilizado.

V. RECONOCIMIENTOS

Expreso mi agradecimiento a la Universidad Autónoma de Coahuila, a la Facultad de Ciencias Químicas por el apoyo para la realización de los infrarrojos. Agradezco también la beca otorgada para la realización de esta estancia de verano.

REFERENCIAS

[1] Óxido de Calcio - CALCINOR. (2015).
[2] Óxido_de_calcio. Https://www.quimica.es/enciclopedia/Óxido_de_calcio.html.
[3] Pérez Gonzalo, G. J., Duran K., Ramos J., Acha Victor. *Rev. Ciencia, Tecnol. E Innovación* **6**, 29–38 (2018).
[4] Witoon, T. Characterization of calcium oxide derived from waste eggshell and its application as CO_2 sorbent. *Ceram. Int.* **37**, 3291–3298 (2011).
[5] Kouzu, M. *Et al.* Calcium oxide as a solid base catalyst for transesterification of soybean oil and its application to biodiesel production. *Fuel* **87**, 2798–2806 (2008).
[6] Pugliese, M., Monchiero, M., Gullino, M. L. & Garibaldi, A. Application of laminarin and calcium oxide for the control of grape powdery mildew on Vitis vinifera cv. Moscato. *J. Plant Dis. Prot.* **125**, 477–482 (2018).
[7] Filtros de Carbón Activado y Adsorción – hidroclear.
[8] ¿Qué son los contaminantes orgánicos persistentes? | Secretaría de Relaciones Exteriores | Gobierno | gob.mx.
[9] Azul de metileno: características, preparación, usos. Https://www.lifeder.com/azul-de-metileno/.
[10] De, S., Rodas, H. J., Ribeiro, ; A A & Monteiro, ; M. PRODUCCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE ÓXIDO DE CALCIO A PARTIR DE FUENTES ALTERNATIVAS PARA USO COMO UN PRECURSOR EN LA SÍNTESIS DE HIDROXIAPATITA.

CONTROL DIGITAL DE TEMPERATURA DENTRO DE UN TUBO DE CALOR

Francisco J. Martínez Orozco
ITSUR
Av. Educación Superior 2000, Col. Benito Juárez 38980
e16120448@alumnos.itsur.edu.mx

Leonel Estrada Rojo
ITSUR
Av. Educación Superior 2000, Col. Benito Juárez 38980
leonel.er@surguanajuato.tecnm.mx

Resumen — En este trabajo se presenta el desarrollo del control digital de temperatura de un tubo de calor. El cual utiliza como principal elemento un microcontrolador, además de contar con bloques encargados de medir la temperatura y de inyectar calor al fluido del tubo, también tiene un agitador, que permite que el fluido tenga una temperatura más homogénea. El sistema de control propuesto presenta un error de ±0.4°C por lo que puede ser utilizado en diversas aplicaciones dentro de laboratorios del ITSUR.

Palabras clave — Control Digital de Temperatura, Tubo de Calor, Angulo de disparo.

Abstract — In this paper, the development of a temperature digital control of a heat tube is presented. Which uses a microcontroller as the main element, in addition to having blocks responsible for measuring the temperature and injecting heat into the fluid of the tube; it also has an agitator, which allows the fluid to have a more homogeneous temperature. The proposed control system has an error of ±0.4°C, so it can be used in various applications within ITSUR laboratories.

Keywords — Temperature Digital Control, Heat Tube, Shooting Angle.

I. INTRODUCCIÓN

El control de procesos industriales es un paso fundamental en el desarrollo de un país, ya que presenta ventajas como son: aumento de calidad de los productos, ahorros de energía notables, menor desgaste de la mano de obra, mayor productividad y mayores ganancias [1].

Uno de los procesos industriales más importantes son los sistemas térmicos, estos se pueden encontrar en la industria química, eléctrica, manufactura, alimenticia, etc. Se localizan principalmente en procesos de enfriamiento, calentamiento, aire acondicionado, cogeneración de energía y secado.

Una de las principales aplicaciones de sistemas térmicos, son los tubos de calor para ser usados como baños termostáticos, principalmente en procesos industriales donde un requisito importante es mantener una temperatura constante, en [2] se utiliza para la calibración de sensores de temperatura, en [3] se utiliza para mediciones de viscosidad cinemática de sustancias, en [4] para determinar el poder calorífico del gas natural e incluso se puede ver su aplicación en la preparación de alimentos con la técnica *sous vide* [5], con estos trabajos se demuestra la importancia de tener un baño termostático en un tubo de calor.

Una de las principales partes que componen este tipo de sistemas, es el control de temperatura, debido a esto, en el presente trabajo se muestra el desarrollo de un control digital de temperatura, para un tubo de calor. El control digital es deseable debido a que presenta mejores que su contraparte analógica, por mencionar algunas: inmunidad al ruido, repetitividad del algoritmo de control, implementación de leyes de control más complejas que las que se pueden obtener con sus contrapartes analógicas [6]. En la figura 1 se muestra un diagrama del sistema propuesto.

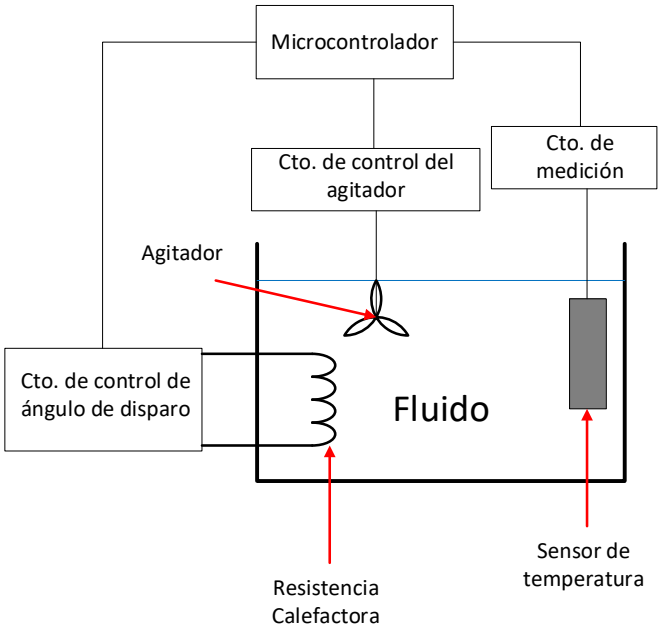


Fig. 1. Diagrama del sistema propuesto.

II. MARCO TEÓRICO

A. Modelo matemático del sistema

El modelo matemático del sistema del tubo de calor es obtenido utilizando la figura 2, el modelado se muestra en [7] y la ecuación diferencial es la siguiente:

$$C\frac{dT_f}{dt} = q - \left(\frac{T_f - T_a}{R}\right) \quad (1)$$

De donde:

T_f = Temperatura del fluido.

q = calor suministrado al sistema.

q_a = calor del fluido al ambiente.

R = resistencia térmica del recipiente hacia el ambiente.

C =Capacidad térmica de la sustancia.

T_a = Temperatura del ambiente.

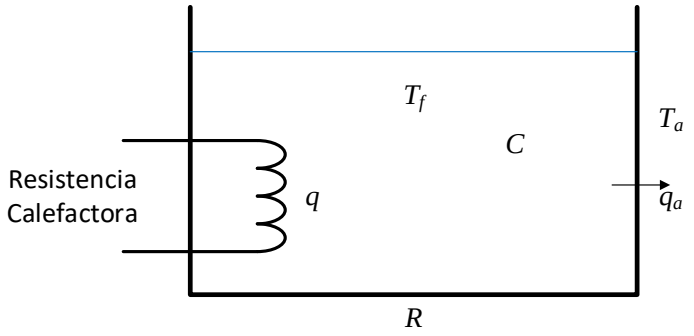


Fig. 2. Diagrama para obtención del modelo del sistema.

B. Controlador digital PI

El controlador PI es actualmente uno de los más utilizados en procesos industriales. En el controlador PI la variable de control es generada por un término proporcional al error y un término que es la integral del error. La ecuación 2 muestra el control PI.

$$u(t) = K_P\left(e(t) + \frac{1}{T_i}\int_0^t e(t)dt\right) \quad (2)$$

De donde

$u(t)$= es la salida del controlador.

$e(t)$= es el error entre el valor deseado y medido.

K_P= es la constante de proporcionalidad.

T_i= es la contante del tiempo de integración.

Utilizando la transformada z para obtener el modelo discreto de 2 se obtiene que:

$$u(kT) = u(KT - T) + K_P[e(KT) - e(KT - T)] + \frac{K_P T}{T_i}e(KT) \quad (3)$$

La ecuación 3 se puede implementar fácilmente en un microcontrolador. Los parámetros K_P y T_i fueron obtenidos de forma heurística y el periodo de muestreo (T) es de 0.5s.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

El sistema de calentamiento propuesto consta de 4 bloques principales, microcontrolador, circuito de control del ángulo de disparo, circuito de control del agitador, circuito de medición de la temperatura.

a) El bloque del microcontrolador se encarga realizar el algoritmo de control PI, de realizar la medición de la temperatura del fluido, de generar la señal de control hacia el agitador y de generar la señal de control hacia el circuito del ángulo de disparo.

b) El bloque del circuito del ángulo de disparo se encarga de generar una señal de sincronía con la red eléctrica y de activar al elemento de potencia triodo para corriente alterna

(TRIAC, por sus siglas en ingles), para que la resistencia calefactora pueda cambiar la potencia que suministra.

c) El circuito de control del agitador se encarga de encender un motor de CD que se encuentra acoplado a un agitador, su objetivo es hacer que la temperatura en todo el fluido sea homogénea.

d) El circuito de medición de temperatura consta de un sensor RTD sumergible, conectado a un transmisor de temperatura que entrega su señal utilizando el lazo de 4 a 20 mA y convertido a voltaje por medio de una resistencia.

El bloque más importante es el del microcontrolador ya que este se encarga de coordinar todas las otras etapas. Un diagrama de flujo simplificado del funcionamiento del programa del microcontrolador se observa en la figura 3.

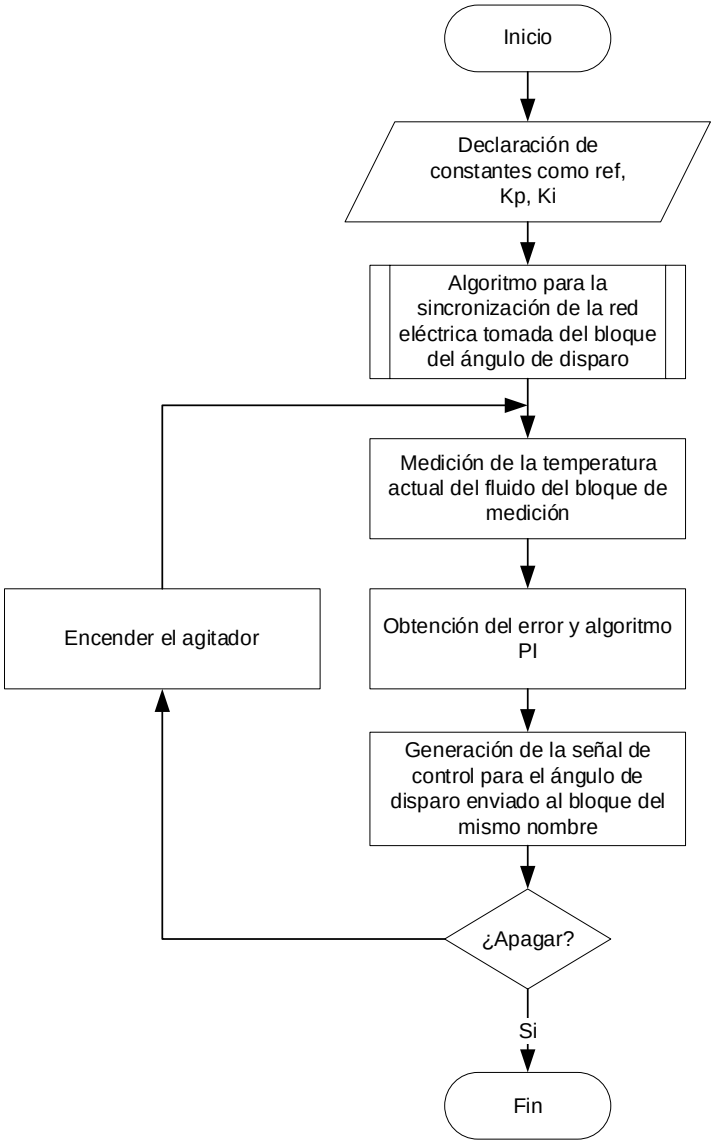


Fig. 3. Diagrama de flujo del programa del microcontrolador.

El tiempo de muestreo de la señal de temperatura obtenida del circuito de medición es de 0.5s, y este es el mismo que se utiliza para realizar la acción de control.

IV. RESULTADOS

Con la finalidad de verificar el funcionamiento del control de temperatura en el tubo de calor se aplicaron pruebas para verificar las capacidades del control. La figura 4 muestra el resultado de aplicar diferentes temperaturas de referencia al sistema, se empezó con 40°C y cada 10min aproximadamente se aumentaba 10°C hasta llegar a 80°C. se puede observar que el tiempo de establecimiento es de aproximadamente de 200s y el error es de ±0.4°C.

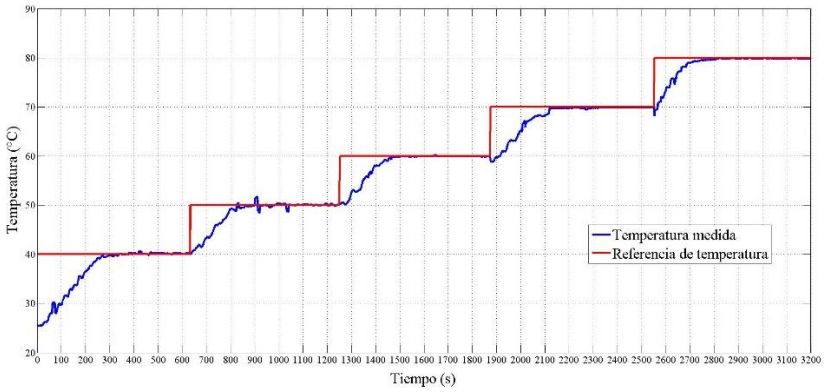


Fig. 4. Respuesta del sistema a diferentes referencias de temperatura.

Otra prueba realizada al sistema se muestra en la figura 5, aquí se establecio una temperatura de referencia de 60°C y después se le aplicó una perturbación (se arrojaron hielos al fluido), haciendo que la temperatura cayera súbitamente hasta 52°C y el mostrando como el sistema se recupera en aproximadamente 200s. Dando una muestra de la capacidad del control realizado en este proyecto.

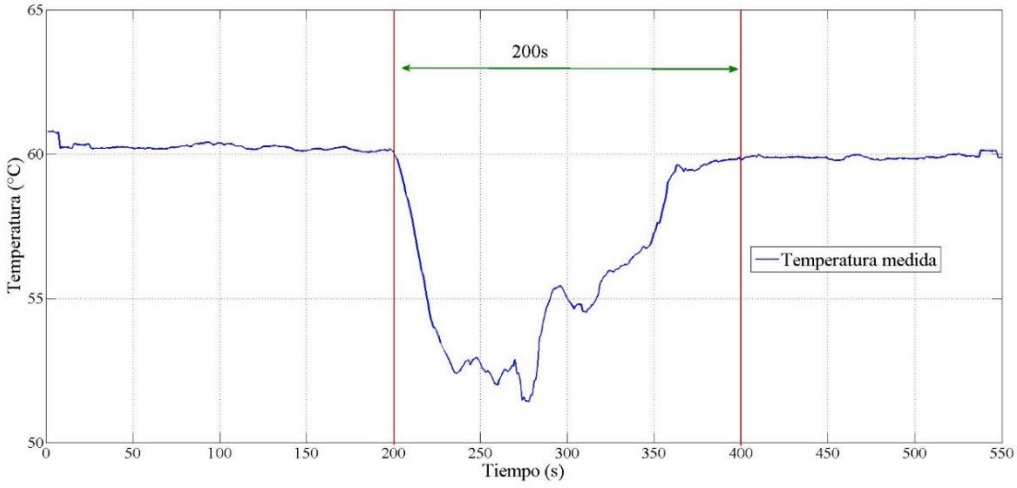


Fig. 5. Respuesta del sistema a una perturbación.

V. DISCUSIÓN (O ANÁLISIS DE RESULTADOS)

Los resultados obtenidos muestran que el trabajo realizado cumple con los objetivos propuestos, aunque el error entre la referencia y la temperatura medida sigue siendo alto para aplicaciones como las mencionadas en la sección de introducción, da un primer acercamiento al desarrollo de este tipo de sistemas, el error en los sistemas mostrados es de menos de 0.1°C, sin embargo, en estos trabajos se utilizan medidores y controladores comerciales, lo que llega a encarecer el producto. Con respecto a los tiempos de respuesta estos son parecidos a los encontrados con otras soluciones de la literatura

VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En este documento se explica de manera breve el desarrollo de un control digital de temperatura aplicada a un tubo de calor, para poder ser usado como baño termostático.

El control logra mantener la temperatura del fluido con un error menor a 0.4°C, una ventaja de este sistema es que es desarrollado usando elementos de bajo casto como un microcontrolador.

Se realizaron pruebas para verificar el error en estado estable y el tiempo de establecimiento, los cuales son buenos con respecto a trabajos encontrados en la literatura.

Este sistema se podrá usar para pruebas en laboratorios del Instituto Tecnológico Superior del Sur de Guanajuato (ITSUR), para carreras como Ingeniería Ambiental y también en la licenciatura en gastronomía para usarse con la técnica *sous vide*.

VII. RECONOCIMIENTOS (O AGRADECIMIENTOS)

Agradezco al ITSUR por el apoyo al permitir participar en el 24º Verano de la Ciencia de la Región Centro y por el apoyo de los docentes y laboratoristas para el desarrollo del proyecto que se llevó a cabo.

REFERENCIAS

[1] Benítez, I. y Rivas, R. “Control de la Temperatura de un Intercambiador de Calor en la Empresa Laboratorios Farmacéuticos AICA” en Primer Congreso de Automatización y Mantenimiento Industrial, La Habana, Cuba, 2014.
[2] Poletto, G., Caceres, M. y Busso, A. “Diseño de Baño Termostatizado con Control Electronico” en VI Congresso Brasileiro de Energia Solar, Belo Horizonte, Brasil, 2016.
[3] Galvan, M. del C. y Trujillo, S. “Caracterización de un Baño Termostático para Medir Viscosidad Cinemática” CENAM, Querétaro, Informe técnico, 2015.
[4] Gonazlez, O., Lira, L. y Garcia, S. “Diseño y Contrucción de un baño termostatico” en Simposio de Metrología, Queretaro, México, 2016.
[5] Hyytiä-Trees E., Skyttä E., Mokkila M., Kinnunen A., Lindström M., Lähteenmäki L., Ahvenainen R., Korkeala H. “Safety Evaluation of Sous Vide-Processed Products with Respect to Nonproteolytic Clostridium botulinum by Use of Challenge Studies and Predictive Microbiological Models”. Applied and Environmental Microbiology 2000; 66: 223-9
[6] Ogata, K. Sistemas de Control en Tiempo Discreto. México: Prentice Hall Latinoamericana, Segunda Edición, 1996, pp 20-21
[7] Ogata, K. Ingeniería de Control Moderna. Prentice Hall Latinoamericana, Tercera Edición, 1998, pp 96-100.

IMPRESIÓN 3D Y SU IMPLEMENTACIÓN PARA LA MANUFACTURA DE ELECTRODOS DE SISTEMAS DE BATERÍAS ION-LITIO

Christian Enrique Nava Alcantar
Instituto Tecnológico Superior del Sur de Guanajuato
Educación Superior 2000, Benito Juárez, 38980 Uriangato, Guanajuato.
chr.nava13@gmail.com

Dra. Rosa Martha Jiménez Barrera
Centro de Investigación de Química Aplicada
Enrique Reyna H. 140, San José de los Cerritos, 25294 Saltillo, Coahuila
rosa.jimenez@ciqa.edu.mx

Resumen — La impresión 3D, también conocida de otra forma como manufactura aditiva es una tecnología capaz de crear un objeto tridimensional físico mediante la superposición de capas sucesivas de un determinado material a partir de un modelo digital hecho con un software afín. Las baterías de litio son en la actualidad una revolución dentro de la industria energética proporcionado soluciones avanzadas para la industria. La impresión 3D ha evolucionado a tal grado de que se considera que es y será el futuro de una nueva revolución industrial, ha demostrado ser una herramienta efectiva para mejorar los procesos que conocemos dentro de la industria, entre ellas, el sector energético con el desempeño de las baterías ion-litio.

Palabras clave — Impresión 3D, Baterías Ion-Litio, Manufactura Aditiva.

Abstract — 3D printing, also otherwise known as additive manufacturing, is a technology capable of creating a physical three-dimensional object by superimposing successive layers of a given material from a digital model made with related software. Lithium batteries are currently a revolution within the energy industry providing advanced solutions for the industry. 3D printing has evolved to such a degree that it is considered to be and will be the future of a new industrial revolution, it has proven to be an effective tool to improve the processes we know within the industry, among them, the energy sector with the performance of lithium-ion batteries.

Keywords — 3D Print, Lithium-Ion Batteries, Aditive Manufacturing.

I. INTRODUCCIÓN

Las baterías de litio son una revolución dentro de la industria energética proporcionado una tecnología que ofrece una alta densidad energética capaz de acumular una gran cantidad de energía en un espacio reducido, esto permite tener dimensiones reducidas con un peso más ligero, y, a su vez contando con una gran capacidad de almacenamiento de energía. Numerosos estudios se han llevado a cabo en los últimos años para el desarrollo de nuevos materiales para la producción de electrodos para sistemas de baterías ion-litio con un rendimiento electroquímico superior. Entre las estrategias más sonadas para la producción de estos sistemas está la Manufactura Aditiva, también conocida como Impresión 3D.

En este artículo se mostrarán los avances más recientes en la investigación relacionada con materiales potenciales y emergentes imprimibles en 3D para el desarrollo de electrodos para baterías de ion-litio y su mejora para las propiedades electroquímicas de electrodos impresos en 3D.

II. MARCO TEÓRICO

1. Elaboración del estado del arte acerca de la impresión 3D y sus técnicas en función de las propiedades reológicas de materiales imprimibles emergentes para el desarrollo de electrodos de sistemas de baterías ion-litio.
2. La formulación de un material imprimible con propiedades potenciales para la manufactura de sistemas de baterías ion-litio.
3. Elaboración de un prototipo impreso en 3D con características potenciales para aplicaciones como electrodo de sistemas de baterías ion-litio.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

Cuando hablamos de materiales para la impresión 3D de baterías de iones de litio tiende a ser muy distinto de cuando nos referimos de materiales para impresión 3D comunes, pues, tenemos la necesidad de poder almacenar energía dentro de los materiales con los que serán fabricados los electrodos de la batería además del litio. La revolución actual de las baterías está en la necesidad de nuevos materiales que estén en vanguardia con las necesidades actuales. La demanda continua de materiales energéticos avanzados para superar las limitaciones de los sistemas de almacenamiento de electricidad es el más grande reto dentro industria energética, la constante búsqueda de materiales avanzados está en busca de electrodos y electrolitos positivos y negativos, así como a nuevas químicas.

MATERIALES GRAFÉNICOS

Para la fabricación de un prototipo de batería de ion-litio complementado con materiales grafénicos se tiene a la impresión 3D como una estrategia para resolver estos problemas aprovechando al máximo el desempeño de las propiedades intrínsecas del grafeno en las baterías ensamblando sus capas en estructuras porosas impresas en 3D. El modelado por deposición fundida (FDM) es la técnica potencialmente más útil para la creación de prototipos y desarrollo de dispositivos con materiales grafénicos en electrodos de sistemas de almacenamiento de energía combinando las propiedades del grafeno para desarrollar materiales altamente porosos[i]. Con base en el proceso de extrusión de impresoras FDM se han desarrollado filamentos imprimibles compuestos a base de grafeno mezclados con polímeros imprimibles como son el Ácido Láctico (PLA) y el Acetato de Polivinilo (PVA) en un porcentaje de grafeno a de 10% logrando imprimir prototipos con alta porosidad con diversos patrones de relleno 3D[ii].

Fig. 1. Prototipos impresos de estructuras porosas de PLA mezclado con grafeno con diferentes tipos de patrones de relleno 3D[2]

ÓXIDOS METALICOS

El proceso de impresión 3D se utiliza para imprimir óxidos metálicos que son más económicos, seguros y duraderos que algunos polvos metálicos puros. Además de ser un proceso más económico, también es un proceso es más rápido, más estable y funciona con una variedad de metales, aleaciones y compuestos. Las técnicas usualmente más comunes que son utilizadas para producir electrodos impresos en 3D para baterías de iones de litio son FDM, DIW e IJP, por otro lado, la técnica SLA es utilizada para el diseño y creación de electrolitos para las baterías de iones de litio.

El óxido de litio y cobalto (LiCoO2) es utilizado como cátodo porque el litio puede sufrir interacciones electroquímicas y disociarse en soluciones no acuosas, tiene un alto voltaje de descarga y exhibe un coeficiente de difusión de iones Li+ alto. El óxido de litio y manganeso (LiMn2O4) se usa como cátodo por su buena conductividad iónica, facilita los procesos de introducción y extracción de litio a un precio más económico, tiene una capacidad menor y una estabilidad estructural deficiente. El óxido de litio níquel (LiNiO2) se suele usar como cátodo en baterías de iones de litio, este óxido tiene la ventaja de ser económico, muestra muy poca estabilidad en su ciclo cuando se es utilizado a altas capacidades4. El litio ferrofosfato (LiFePO4) es utilizado para la fabricación de cátodos de alta capacidad teórica, es un conductor de iones muy aceptable y económico, sin embargo, este no posee de una larga vida y tiene una baja conductividad electrónica4.

MATERIALES HÍBRIDOS

Investigaciones anteriores han estado centradas principalmente en la creación de un electrodo de un material único, sin embargo, es difícil que un solo material catódico pueda cumplir con las características requeridas, por lo que se propuso el concepto de un material catódico híbrido. Los materiales catódicos son combinados para formar un material nuevo que aproveche las mejores características y propiedades de los materiales de los que está compuesto el material hibrido de cátodo. En los últimos años, materiales catódicos híbridos como $LiFePO_4$-Li_3V_2 $(PO_4)_3$ y el $LiFePO_4$-$LiVPO_4F$ han sido catalogados como potencialmente las mejores opciones para ser elegidos como material para cátodos de baterías de iones de litio[iii].

Los materiales $LiFePO_4$ y $Li_3V_2(PO_4)_3$ tienen sus ventajas que se convierte en un punto donde pueden integrar las ventajas de ambos gracias a la alta capacidad reversible y al alto voltaje operativo del $Li_3V_2(PO_4)_3$ proporcionando de una alta densidad de energía de los materiales catódicos híbridos esperando que la mayor movilidad de iones del $Li_3V_2(PO_4)_3$ facilite una acción rápida gracias a la coexistencia de $LiFePO_4$ dopado con Vanadio (V) y con $Li_3V_2(PO4)_3$ dotado de Hierro (Fe) jugando un papel importante en la transferencia de electrones y difusión de iones de litio en materiales catódicos híbridos[1]. El $LiVPO_4F$ se considera junto al $LiFePO_4$-Li3$V_2(PO_4)_3$ como uno de los materiales cátodos híbridos más productivos en el desarrollo de baterías de iones de litio debido a su alto nivel de capacidad de velocidad, alta capacidad de trabajo, un excelente rendimiento de ciclo, una estructura estable y una alta resistencia térmica del electrolito. Sin embargo, si el material $LiVPO_4F$ es

expuesto al aire o a la humedad puede causar cambios estructurales y un rendimiento electroquímico deficiente por oxidación parcial del Vanadio (V) o por pérdida de Litio (Li) y Flúor (F)[1].

POLÍMEROS

Estos materiales son estudiados debido a su gran capacidad teórica específica para su implementación en baterías de iones de litio. Sus mecanismos mecánicos específicos de energía se basan en las reacciones reversibles de reducción de disulfuro de dos electrones. Polímeros fluorados son utilizados para la fabricación de tintas imprimibles para la fabricación de baterías de iones de litio generalmente como recubrimiento o aglutinante. Existen otros polímeros con mayor estabilidad electroquímica como el politetrafluoroetileno (PTFE) que se ha adoptado como aglutinante para electrodos compuestos en las baterías de iones de litio[iv].

Por otro lado, los polímeros conductores, más precisamente, polímeros intrínsecamente conductores (ICP) son polímeros orgánicos que pueden conducir electricidad[v]. Dichos polímeros pueden tener una conductividad metálica o ser semiconductores. La gran ventaja de los polímeros conductores es su procesabilidad gracias a su dispersión. Los polímeros conductores generalmente no son termoplásticos, es decir, no son termoformables, sin embargo, como los polímeros aislantes son materiales orgánicos pueden ofrecer una alta conductividad eléctrica pero no muestran propiedades mecánicas similares a las de otros polímeros disponibles de forma comercial[vi]. Las propiedades eléctricas se pueden ajustar utilizando los métodos de síntesis orgánica y mediante técnicas de dispersión avanzadas

III. RESULTADOS

Los materiales híbridos son la principal y mejor opción para elaboración de un material imprimible para la elaboración de electrodos de baterías de iones de litio, los materiales híbridos contienen las distintas mezclas de los materiales que ya se han utilizado previamente para hacer este tipo de prototipos e impresiones de baterías en 3D, al tener un material híbrido cuenta con las mejores propiedades de cada uno de estos materiales, teniendo en cuenta esto, a la hora de caracterizar un material para imprimir tenemos las dos opciones de hacerlo por el Modelado de Deposición Fundida (FDM) y por Escritura de Tita Directa (DIW), como vimos anteriormente, al ser la técnica DIW la más versátil a la hora de construir y fabricar una estructura ya que las tintas se componen de una forma un poco menos compleja de lo que podría ser un filamento, ya que al ser un material híbrido puro puede estar en forma de tinta que sea imprimible a la hora de crear una estructura.

IV. ANÁLISIS DE RESULTADOS

El grafeno es la principal base para la creación de un material imprimible en 3D, ya el grafeno ha revolucionado distintas partes de la industria energética en su implementación en baterías como reemplazo del carbono, siendo así que el grafeno se debe tener en cuenta

como un pilar principal para la elaboración y formación de un material impreso en 3D con propiedades de almacenamiento de energía. Por otro lado, las tintas también contienen materiales grafénicos en su composición, son materiales híbridos que contienen además de materiales gráficos contienen polímeros, óxidos metálicos entre otras muchas cosas, estos aumentan la capacidad almacenamiento energético de la impresión. Teniendo en cuenta ya todos estos materiales para el desarrollo de un electrodo imprimible, necesitamos principalmente un material híbrido con todas las capacidades y con todas características que pueda tener, este material debe estar compuesto principalmente de materiales gráficos. Es necesario considerar que para la formulación de un material ideal para esta impresión 3D debe presentar principalmente características alejadas de sus propiedades electroquímicas que están más orientadas hacía un mercado competitivo como lo es rentabilidad del producto y sus costes, para los procesos de las empresas donde este se adapte a sus necesidades y que sea amigable con el medio ambiente. En cuanto a los procesos que este pueda ser trabajado a bajas temperaturas de sinterización, que tenga buenas propiedades eléctricas y reológicas adecuadas son las principales características que se necesitan para obtener un material ideal para la elaboración de una batería de iones de litio impresa en 3D. Lo que tenemos como principal material para estas posibles tintas o posibles filamentos son principalmente los materiales híbridos siendo la mejor opción para la elaboración de prototipos funcionales de baterías de iones de litio.

IV. CONCLUSIONES

Las baterías de ion-litio como sistema de almacenamiento de energía es la alternativa más viable para el desarrollo de sistemas de almacenamiento a gran escala permitiendo la consolidación de fuentes de energía alternativas y renovables. Para ello es necesario identificar y hacer uso de materiales emergentes para la fabricación de electros que mejores los sistemas de estas baterías con la finalidad de poder incrementar su potencia y vida útil. Las baterías basadas en materiales avanzados electroactivos con mecanismos de transición son una alternativa potencialmente prometedora que puede proporcionar de una alta densidad de energía, no obstante, los materiales avanzados para esta tecnología deben superar los obstáculos como lo es la degradación de las sustancias y la histéresis del voltaje que se han visto a menudo en los últimos años. Si bien, el rendimiento electroquímico de las baterías de iones de litio está en mejora continuamente, nos acercamos a un punto donde casi llegamos a los límites de la tecnología donde se necesitan de nuevos materiales para mantener un desarrollo continuo de nuevas tecnologías para las baterías y cumplir con todos los requisitos futuros.

V. AGRADECIMIENTOS

Me gustaría ofrecer mi agradecimiento especial a la Dra. Rosa Martha Jiménez Barrera por el apoyo brindado y su asesoramiento para la elaboración de este proyecto a quien le agradezco por aceptarme en su proyecto, así como al Dr. Mariano Braulio Sánchez por el apoyo recibido por parte de la Instituto Tecnológico Superior del Sur de Guanajuato por la oportunidad de poder participar en este 24° Verano de la Ciencia.

GUÍA PARA EL DISEÑO DE UN SISTEMA DE CONTROL ESTADÍSTICO DE PROCESOS

Esmeralda Rojas Hurtado
Instituto Tecnológico Superior de Purísima del Rincón
Blvd. del Valle 2301, Guardarrayas, 36425 Gto.
LMS19110692@purisima.tecnm.mx

María Cecilia Ramírez Hernández
Instituto Tecnológico Superior de Purísima del Rincón
Blvd. del Valle 2301, Guardarrayas, 36425 Gto.
cecilia.rh@purisima.tecnm.mx

Resumen — En el presente artículo se plantea una guía para el diseño de un sistema de control estadístico de procesos basado en la implementación de las siete herramientas de calidad, la cual es aplicable desde la industria manufacturera hasta las empresas de servicios. Al diseñar la guía se pretende que las empresas se basen en la misma para minimizar los problemas de calidad con el uso de la estadística junto con las herramientas y gráficos de control de procesos. Busca reducir la variabilidad, monitorear y estimar los parámetros del proceso o producto para garantizar la calidad y así, obtener la estandarización de la voz del cliente con la voz del proceso.

Palabras clave — Calidad, proceso, control estadístico, herramientas de calidad.

Abstract — This article presents a guide for the design of a statistical process control system based on the implementation of the seven quality tools, which is applicable from the manufacturing industry to service companies. When designing the guide, it is intended that companies be based on it to minimize quality problems with the use of statistics together with process control tools and graphics. It seeks to reduce variability, monitor and estimate the parameters of the process or product to guarantee quality and thus obtain the standardization of the voice of the client with the voice of the process.

Keywords — Quality, process, estadistic control, quality tools.

I. INTRODUCCIÓN

La calidad es un factor importante, ya que es una de las principales preocupaciones de una empresa debido a que los consumidores esperan productos y servicios que satisfagan sus necesidades. Calidad significa buena condición de uso [1], sin embargo, no pasa a ser una estrategia competitiva ya que si no hay mercado a quien ofrecer el producto todos los métodos estadísticos aplicados al proceso no servirán de nada. El control estadístico de la calidad es la aplicación de diferentes métodos estadísticos y de ingeniería que sirven para monitorear, medir y controlar, la calidad del producto o proceso. El control estadístico de procesos (CEP) engloba las 7 herramientas de la calidad: histograma, diagrama de Pareto, diagrama de causa efecto, estratificación de datos, cartas de control, diagrama de dispersión y hoja de verificación. El presente artículo se creó con la finalidad de ayudar en el diseño de un sistema de control estadístico del proceso.

II. MARCO TEÓRICO

Las Normas ISO-9000:2005 definen calidad como “el grado en el que un conjunto de características inherentes cumple con los requisitos” [1].

Proceso de control

Conjunto de herramientas que pueden aplicarse a cualquier proceso: las principales herramientas CEP son [2]:

1. El histograma: representación gráfica, en forma de barras, de la distribución de un conjunto. Los datos se clasifican por su magnitud en número de grupos o clases [1].
2. El diagrama de Pareto: gráfico de barras. Campo de aplicación: datos categóricos. Localiza el o los problemas vitales y sus principales causas. Principio de Pareto: “Ley 80-20” [1].
3. El diagrama de causa efecto: método gráfico, relaciona un problema con los factores o causas que lo generan. Busca las causas que afectan el problema bajo análisis [1].
4. Estratificación de datos: analizar problemas, fallas o datos clasificándolos con los factores que influyen en su magnitud a fin de localizar las mejores pistas para resolver los problemas [1].
5. La carta de control: observar y analizar el comportamiento de un proceso a través del tiempo [1]. Existen dos tipos de cartas de control:

Para variables

- $\bar{x}$ (de medias): analiza la variación entre las medias de los subgrupos, detecta cambios en la media del proceso.
- *R* (de rangos): analiza la variación entre los rangos de los subgrupos, detecta cambios en la magnitud de la variación del proceso.
- *S* (de desviaciones estándar): analiza la desviación estándar que se calcula para cada subgrupo, detecta cambios en la amplitud de la variación del proceso.
- *X* (de medidas individuales): analiza cada modificación individual del proceso, detecta cambios grandes tanto en la media como en la amplitud de la dispersión.

Para atributos

- *p* (proporción de defectuosos): analiza las variaciones en la proporción de artículos defectuosos por subgrupo (unidades rechazadas / unidades inspeccionadas).
- *np* (número de defectuosos): monitorea el número de unidades defectuosas por subgrupo (número de artículos rechazados por cada muestra inspeccionada).
- *c* (número de defectos por subgrupo): analiza el número de defectos por subgrupo o unidad. Supone una distribución de Poisson.
- *u* (número promedio de defectos por unidad): monitorea el número promedio de defectos por artículo o unidad inspeccionada. Supone una distribución de Poisson [1] [3].

6. El diagrama de dispersión: gráfica del tipo *X*-*Y*, donde cada elemento de la muestra es representado (*xi*, *yi*) y el punto correspondiente en el plano cartesiano *X*-*Y*. Analiza la forma en que estas dos variables están relacionadas [1].

7. La hoja de verificación: formato para colectar datos de forma que su registro sea sistemático y fácil analizarlo. Algunas situaciones son: el resultado de un proceso, las fallas o defectos detectados. Fortalece el análisis y la medición de los procesos [1].

Muestreo de aceptación

Proceso de inspección de una muestra de unidades, con el propósito de aceptar o rechazar todo un lote. Se puede aplicar en cualquier relación cliente-proveedor, ya sea en el interior de una empresa o entre diferentes empresas [1].

II. METODOLOGÍA

1. Identificar la problemática o situación que se percibe en el área [1].
2. Examinar problemática con la estrategia de los “5 por qués” para evaluar, entender y mejorar la situación de interés.
3. Definir en forma concreta y preliminar el o los objetivos.
4. Especificar características del problema (variables o atributos).
5. Definir la herramienta de control estadístico más apropiada acorde a las características del problema.
6. Hacer una lista de las diferentes variables o atributos que aportan información sobre los distintos aspectos de la situación y que se podrán analizar.
7. Hacer una preselección de las variables o atributos que ayudaran a cumplir con el objetivo. Dar prioridad a los que reflejen la magnitud del problema, en términos de calidad, costos o productividad.
8. Elegir tamaño y frecuencia de muestreo [1].
9. Estandarizar la toma de datos. Definir con precisión la manera en que se van a tomar los datos (asegurarse de que los instrumentos de medición y prueba son adecuados) [1].
10. Asegurarse de la cooperación. Es necesario involucrar a quienes están relacionados con la problemática que se pretende atender, explicar los objetivos y la situación que prevalece [1].
11. Entrenar a quienes van a usar la herramienta: cada cuándo y cómo van a tomar los datos, en el registro, en la documentación y en todos aquellos pasos que se seguirán para la operación [1].
12. Obtener las mediciones en tiempo real, ya que esto permite observar las operaciones que demoran más tiempo y con ello calcular la efectividad. También ayuda a detectar otros problemas y solucionarlos lo antes posible.
13. Organizar datos dentro de la herramienta utilizada.
14. Implementar el control estadístico por medio de la herramienta seleccionada, según el objetivo de solución al problema.
15. Documentar y analizar los resultados. Asegurarse de que la herramienta se interprete correctamente y ayude a fundamentar acciones de mejora.
16. Asegurarse de su efectividad. Es indispensable revisar periódicamente si cumple con el propósito, si se usa e interpreta en forma correcta y si la problemática se ha reducido.
17. Eliminar la herramienta utilizada cuando ha cumplido su propósito.

Nota: El uso de un software de control estadístico permite obtener resultados más exactos y en menor tiempo.

III. RESULTADOS

Con la aplicación de esta guía, se pretende obtener la estandarización de la voz del cliente con la voz del proceso. Así mismo, orilla a que los procesos cumplan con los estándares en base a la calidad esperada:

1. Reducción de costos.
2. Minimización de tiempos y movimientos
3. Optimización de materiales
4. Satisfacción del cliente.

IV. CONCLUSIONES

A fin de desarrollar el proyecto, se propuso a través del control estadístico de procesos bajo las 7 herramientas de la calidad una guía de la cual las empresas puedan hacer uso para identificar posibles problemas que están afectando al proceso con el propósito de reducir los desperdicios, optimizar tiempos y cumplir con los objetivos. El SPC es una herramienta importante independientemente del giro en que la empresa se desenvuelva cualquiera pueda hacer uso de ellas. Lo que toda empresa busca son productos de buena calidad con los que pueda satisfacer las necesidades de sus clientes a pesar de la alta competitividad en el mercado.

El presente artículo puede ser de gran utilidad para posteriores trabajos en el que se pueda profundizar y hacer uso de las herramientas del SPC para observar las variaciones dentro de un proceso.

V. RECONOCIMIENTOS

Expreso mi agradecimiento al Tecnológico Superior de Purísima del Rincón Extensión Manuel Doblado especialmente a la Ing. María Cecilia Ramírez Hernández por darme la oportunidad de contribuir en el desarrollo del artículo, a mis compañeros de trabajo porque gracias a todos se culminó con el artículo, a mis papas y amigos por el apoyo proporcionado.

REFERENCIAS

[1] H. G. Pulido y R. de la Vara Salazar, Control estadístico de la Calidad y Seis Sigma, México: McGRAW-HILL, 2013.

[2] D. C. Montgomery y G. C. Runger, Probabilidad y estadística aplicadas a la ingenieria, México: LIMUSA WILEY, 2003.

[3] H. G. Pulido, Calidad total y productividad, México: McGRAW-HILL, 2010.

GUÍA PARA EL DISEÑO DE UN SISTEMA DE CONTROL ESTADÍSTICO DE PROCESOS

Ulises Mireles Parada
Instituto Tecnológico Superior de Purísima del Rincón
Blvd. del Valle 2301, Guardarrayas, 36425 Gto.
LMS18110288@purisima.tecnnm.mx

María Cecilia Ramírez Hernández
Instituto Tecnológico Superior de Purísima del Rincón
Blvd. del Valle 2301, Guardarrayas, 36425 Gto.
cecilia.rh@purisima.tecnm.mx

Resumen — En el presente artículo se plantea una guía para el diseño de un sistema de control estadístico de procesos basado en la implementación de las siete herramientas de calidad, la cual es aplicable desde la industria manufacturera hasta las empresas de servicios. Al diseñar la guía se pretende que las empresas se basen en la misma para minimizar los problemas de calidad con el uso de la estadística junto con las herramientas y gráficos de control de procesos. Busca reducir la variabilidad, monitorear y estimar los parámetros del proceso o producto para garantizar la calidad y así, obtener la estandarización de la voz del cliente con la voz del proceso.

Palabras clave — Calidad, proceso, control estadístico, herramientas de calidad.

Abstract — This article presents a guide for the design of a statistical process control system based on the implementation of the seven quality tools, which is applicable from the manufacturing industry to service companies. When designing the guide, it is intended that companies be based on it to minimize quality problems with the use of statistics together with process control tools and graphics. It seeks to reduce variability, monitor and estimate the parameters of the process or product to guarantee quality and thus obtain the standardization of the voice of the client with the voice of the process.

Keywords — Quality, process, estadistic control, quality tools.

I. INTRODUCCIÓN

La calidad es un factor importante, ya que es una de las principales preocupaciones de una empresa debido a que los consumidores esperan productos y servicios que satisfagan sus necesidades. Calidad significa buena condición de uso [1], sin embargo, no pasa a ser una estrategia competitiva ya que si no hay mercado a quien ofrecer el producto todos los métodos estadísticos aplicados al proceso no servirán de nada. El control estadístico de la calidad es la aplicación de diferentes métodos estadísticos y de ingeniería que sirven para monitorear, medir y controlar, la calidad del producto o proceso. El control estadístico de procesos (CEP) engloba las 7 herramientas de la calidad: histograma, diagrama de Pareto, diagrama de causa efecto, estratificación de datos, cartas de control, diagrama de dispersión y hoja de verificación. El presente artículo se creó con la finalidad de ayudar en el diseño de un sistema de control estadístico del proceso.

II. MARCO TEÓRICO

Las Normas ISO-9000:2005 definen calidad como “el grado en el que un conjunto de características inherentes cumple con los requisitos” [1].

Proceso de control

Conjunto de herramientas que pueden aplicarse a cualquier proceso: las principales herramientas CEP son [2]:

8. El histograma: representación gráfica, en forma de barras, de la distribución de un conjunto. Los datos se clasifican por su magnitud en número de grupos o clases [1].
9. El diagrama de Pareto: gráfico de barras. Campo de aplicación: datos categóricos. Localiza el o los problemas vitales y sus principales causas. Principio de Pareto: “Ley 80-20” [1].
10. El diagrama de causa efecto: método gráfico, relaciona un problema con los factores o causas que lo generan. Busca las causas que afectan el problema bajo análisis [1].
11. Estratificación de datos: analizar problemas, fallas o datos clasificándolos con los factores que influyen en su magnitud a fin de localizar las mejores pistas para resolver los problemas [1].
12. La carta de control: observar y analizar el comportamiento de un proceso a través del tiempo [1]. Existen dos tipos de cartas de control:

Para variables

- $\bar{x}$ (de medias): analiza la variación entre las medias de los subgrupos, detecta cambios en la media del proceso.
- *R* (de rangos): analiza la variación entre los rangos de los subgrupos, detecta cambios en la magnitud de la variación del proceso.
- *S* (de desviaciones estándar): analiza la desviación estándar que se calcula para cada subgrupo, detecta cambios en la amplitud de la variación del proceso.
- *X* (de medidas individuales): analiza cada modificación individual del proceso, detecta cambios grandes tanto en la media como en la amplitud de la dispersión.

Para atributos

- *p* (proporción de defectuosos): analiza las variaciones en la proporción de artículos defectuosos por subgrupo (unidades rechazadas / unidades inspeccionadas).
- *np* (número de defectuosos): monitorea el número de unidades defectuosas por subgrupo (número de artículos rechazados por cada muestra inspeccionada).
- *c* (número de defectos por subgrupo): analiza el número de defectos por subgrupo o unidad. Supone una distribución de Poisson.
- *u* (número promedio de defectos por unidad): monitorea el número promedio de defectos por artículo o unidad inspeccionada. Supone una distribución de Poisson [1] [3].

13. El diagrama de dispersión: gráfica del tipo *X*-*Y*, donde cada elemento de la muestra es representado (*xi*, *yi*) y el punto correspondiente en el plano cartesiano *X*-*Y*. Analiza la forma en que estas dos variables están relacionadas [1].

14. La hoja de verificación: formato para colectar datos de forma que su registro sea sistemático y fácil analizarlo. Algunas situaciones son: el resultado de un proceso, las fallas o defectos detectados. Fortalece el análisis y la medición de los procesos [1].

Muestreo de aceptación

Proceso de inspección de una muestra de unidades, con el propósito de aceptar o rechazar todo un lote. Se puede aplicar en cualquier relación cliente-proveedor, ya sea en el interior de una empresa o entre diferentes empresas [1].

III. METODOLOGÍA

18. Identificar la problemática o situación que se percibe en el área [1].
19. Examinar problemática con la estrategia de los “5 por qués” para evaluar, entender y mejorar la situación de interés.
20. Definir en forma concreta y preliminar el o los objetivos.
21. Especificar características del problema (variables o atributos).
22. Definir la herramienta de control estadístico más apropiada acorde a las características del problema.
23. Hacer una lista de las diferentes variables o atributos que aportan información sobre los distintos aspectos de la situación y que se podrán analizar.
24. Hacer una preselección de las variables o atributos que ayudaran a cumplir con el objetivo. Dar prioridad a los que reflejen la magnitud del problema, en términos de calidad, costos o productividad.
25. Elegir tamaño y frecuencia de muestreo [1].
26. Estandarizar la toma de datos. Definir con precisión la manera en que se van a tomar los datos (asegurarse de que los instrumentos de medición y prueba son adecuados) [1].
27. Asegurarse de la cooperación. Es necesario involucrar a quienes están relacionados con la problemática que se pretende atender, explicar los objetivos y la situación que prevalece [1].
28. Entrenar a quienes van a usar la herramienta: cada cuándo y cómo van a tomar los datos, en el registro, en la documentación y en todos aquellos pasos que se seguirán para la operación [1].
29. Obtener las mediciones en tiempo real, ya que esto permite observar las operaciones que demoran más tiempo y con ello calcular la efectividad. También ayuda a detectar otros problemas y solucionarlos lo antes posible.
30. Organizar datos dentro de la herramienta utilizada.
31. Implementar el control estadístico por medio de la herramienta seleccionada, según el objetivo de solución al problema.
32. Documentar y analizar los resultados. Asegurarse de que la herramienta se interprete correctamente y ayude a fundamentar acciones de mejora.
33. Asegurarse de su efectividad. Es indispensable revisar periódicamente si cumple con el propósito, si se usa e interpreta en forma correcta y si la problemática se ha reducido.
34. Eliminar la herramienta utilizada cuando ha cumplido su propósito.

Nota: El uso de un software de control estadístico permite obtener resultados más exactos y en menor tiempo.

IV. RESULTADOS

Con la aplicación de esta guía, se pretende obtener la estandarización de la voz del cliente con la voz del proceso. Así mismo, orilla a que los procesos cumplan con los estándares en base a la calidad esperada:

5. Reducción de costos.
6. Minimización de tiempos y movimientos
7. Optimización de materiales
8. Satisfacción del cliente.

V. CONCLUSIONES

El SPC es de suma importancia dentro de una empresa, ya que nos ayuda a obtener la mejor calidad en los productos y servicios por lo que se logra satisfacer al cliente. Además de ayudarnos a detectar y resolver problemas de una manera más rápida y efectiva.

Por lo que una guía para aplicar el SPC es vital para toda empresa, para saber cómo solucionar sus problemas y obtener una mejor calidad.

VI. RECONOCIMIENTOS

Agradezco de antemano al Instituto Tecnológico de Purísima del Rincón Ext. Manuel Doblado por permitirme participar y realizar este proyecto dentro de sus instalaciones, también quiero agradecer a mis padres quienes siempre me han apoyado en mis estudios y mi vida.

REFERENCIAS

[1] H. G. Pulido y R. de la Vara Salazar, Control estadístico de la Calidad y Seis Sigma, México: McGRAW-HILL, 2013.

[2] D. C. Montgomery y G. C. Runger, Probabilidad y estadística aplicadas a la ingenieria, México: LIMUSA WILEY, 2003.

[3] H. G. Pulido, Calidad total y productividad, México: McGRAW-HILL, 2010.

GUÍA PARA EL DISEÑO DE UN SISTEMA DE CONTROL ESTADÍSTICO DE PROCESOS

José Rodrigo Vargas López
Instituto Tecnológico Superior de Purísima del Rincón
Blvd. del Valle 2301, Guardarrayas, 36425 Gto.
lms19110692@purisima.tecnnm.mx

María Cecilia Ramírez Hernández
Instituto Tecnológico Superior de Purísima del Rincón
Blvd. del Valle 2301, Guardarrayas, 36425 Gto.
cecilia.rh@purisima.tecnm.mx

Resumen — En el presente artículo se plantea una guía para el diseño de un sistema de control estadístico de procesos basado en la implementación de las siete herramientas de calidad, la cual es aplicable desde la industria manufacturera hasta las empresas de servicios. Al diseñar la guía se pretende que las empresas se basen en la misma para minimizar los problemas de calidad con el uso de la estadística junto con las herramientas y gráficos de control de procesos. Busca reducir la variabilidad, monitorear y estimar los parámetros del proceso o producto para garantizar la calidad y así, obtener la estandarización de la voz del cliente con la voz del proceso.

Palabras clave — Calidad, proceso, control estadístico, herramientas de calidad.

Abstract — This article presents a guide for the design of a statistical process control system based on the implementation of the seven quality tools, which is applicable from the manufacturing industry to service companies. When designing the guide, it is intended that companies be based on it to minimize quality problems with the use of statistics together with process control tools and graphics. It seeks to reduce variability, monitor and estimate the parameters of the process or product to guarantee quality and thus obtain the standardization of the voice of the client with the voice of the process.

Keywords — Quality, process, estadistic control, quality tools.

I. INTRODUCCIÓN

La calidad es un factor importante, ya que es una de las principales preocupaciones de una empresa debido a que los consumidores esperan productos y servicios que satisfagan sus necesidades. Calidad significa buena condición de uso [1], sin embargo, no pasa a ser una estrategia competitiva ya que si no hay mercado a quien ofrecer el producto todos los métodos estadísticos aplicados al proceso no servirán de nada. El control estadístico de la calidad es la aplicación de diferentes métodos estadísticos y de ingeniería que sirven para monitorear, medir y controlar, la calidad del producto o proceso. El control estadístico de procesos (CEP) engloba las 7 herramientas de la calidad: histograma, diagrama de Pareto, diagrama de causa efecto, estratificación de datos, cartas de control, diagrama de dispersión y hoja de verificación. El presente artículo se creó con la finalidad de ayudar en el diseño de un sistema de control estadístico del proceso.

II. MARCO TEÓRICO

Las Normas ISO-9000:2005 definen calidad como "el grado en el que un conjunto de características inherentes cumple con los requisitos" [1].

Proceso de control

Conjunto de herramientas que pueden aplicarse a cualquier proceso: las principales herramientas CEP son [2]:

15. El histograma: representación gráfica, en forma de barras, de la distribución de un conjunto. Los datos se clasifican por su magnitud en número de grupos o clases [1].
16. El diagrama de Pareto: gráfico de barras. Campo de aplicación: datos categóricos. Localiza el o los problemas vitales y sus principales causas. Principio de Pareto: "Ley 80-20" [1].
17. El diagrama de causa efecto: método gráfico, relaciona un problema con los factores o causas que lo generan. Busca las causas que afectan el problema bajo análisis [1].
18. Estratificación de datos: analizar problemas, fallas o datos clasificándolos con los factores que influyen en su magnitud a fin de localizar las mejores pistas para resolver los problemas [1].
19. La carta de control: observar y analizar el comportamiento de un proceso a través del tiempo [1]. Existen dos tipos de cartas de control:

Para variables

- $\bar{x}$ (de medias): analiza la variación entre las medias de los subgrupos, detecta cambios en la media del proceso.
- *R* (de rangos): analiza la variación entre los rangos de los subgrupos, detecta cambios en la magnitud de la variación del proceso.
- *S* (de desviaciones estándar): analiza la desviación estándar que se calcula para cada subgrupo, detecta cambios en la amplitud de la variación del proceso.
- *X* (de medidas individuales): analiza cada modificación individual del proceso, detecta cambios grandes tanto en la media como en la amplitud de la dispersión.

Para atributos

- *p* (proporción de defectuosos): analiza las variaciones en la proporción de artículos defectuosos por subgrupo (unidades rechazadas / unidades inspeccionadas).
- *np* (número de defectuosos): monitorea el número de unidades defectuosas por subgrupo (número de artículos rechazados por cada muestra inspeccionada).
- *c* (número de defectos por subgrupo): analiza el número de defectos por subgrupo o unidad. Supone una distribución de Poisson.
- *u* (número promedio de defectos por unidad): monitorea el número promedio de defectos por artículo o unidad inspeccionada. Supone una distribución de Poisson [1] [3].

20. El diagrama de dispersión: gráfica del tipo *X*-*Y*, donde cada elemento de la muestra es representado (*xi*, *yi*) y el punto correspondiente en el plano cartesiano *X*-*Y*. Analiza la forma en que estas dos variables están relacionadas [1].

21. La hoja de verificación: formato para colectar datos de forma que su registro sea sistemático y fácil analizarlo. Algunas situaciones son: el resultado de un proceso, las fallas o defectos detectados. Fortalece el análisis y la medición de los procesos [1].

Muestreo de aceptación

Proceso de inspección de una muestra de unidades, con el propósito de aceptar o rechazar todo un lote. Se puede aplicar en cualquier relación cliente-proveedor, ya sea en el interior de una empresa o entre diferentes empresas [1].

III. METODOLOGÍA

- Identificar la problemática o situación que se percibe en el área [1].
- Examinar problemática con la estrategia de los “5 por qués” para evaluar, entender y mejorar la situación de interés.
- Definir en forma concreta y preliminar el o los objetivos.
- Especificar características del problema (variables o atributos).
- Definir la herramienta de control estadístico más apropiada acorde a las características del problema.
- Hacer una lista de las diferentes variables o atributos que aportan información sobre los distintos aspectos de la situación y que se podrán analizar.
- Hacer una preselección de las variables o atributos que ayudaran a cumplir con el objetivo. Dar prioridad a los que reflejen la magnitud del problema, en términos de calidad, costos o productividad.
- Elegir tamaño y frecuencia de muestreo [1].
- Estandarizar la toma de datos. Definir con precisión la manera en que se van a tomar los datos (asegurarse de que los instrumentos de medición y prueba son adecuados) [1].
- Asegurarse de la cooperación. Es necesario involucrar a quienes están relacionados con la problemática que se pretende atender, explicar los objetivos y la situación que prevalece [1].
- Entrenar a quienes van a usar la herramienta: cada cuándo y cómo van a tomar los datos, en el registro, en la documentación y en todos aquellos pasos que se seguirán para la operación [1].
- Obtener las mediciones en tiempo real, ya que esto permite observar las operaciones que demoran más tiempo y con ello calcular la efectividad. También ayuda a detectar otros problemas y solucionarlos lo antes posible.
- Organizar datos dentro de la herramienta utilizada.
- Implementar el control estadístico por medio de la herramienta seleccionada, según el objetivo de solución al problema.
- Documentar y analizar los resultados. Asegurarse de que la herramienta se interprete correctamente y ayude a fundamentar acciones de mejora.

- Asegurarse de su efectividad. Es indispensable revisar periódicamente si cumple con el propósito, si se usa e interpreta en forma correcta y si la problemática se ha reducido.
- Eliminar la herramienta utilizada cuando ha cumplido su propósito.

Nota: El uso de un software de control estadístico permite obtener resultados más exactos y en menor tiempo.

IV. RESULTADOS

Con la aplicación de esta guía, se pretende obtener la estandarización de la voz del cliente con la voz del proceso. Así mismo, orilla a que los procesos cumplan con los estándares en base a la calidad esperada:

9. Reducción de costos.
10. Minimización de tiempos y movimientos
11. Optimización de materiales
12. Satisfacción del cliente.

V. CONCLUSIONES

Tener bajo control un proceso es vital para que los productos sean realizados con la mayor calidad y el menor desperdicio de material, tiempo y esfuerzo posibles. El control estadístico nos brinda las herramientas necesarias para cumplir con nuestro objetivo, es necesario cumplir con una resumida serie de pasos, mencionados anteriormente, que al final de cuentas, será la oportunidad de la empresa.

VI. RECONOCIMIENTOS

Agradezco al Tecnológico Superior de Purísima del Rincón, ext. Manuel Doblado por brindarme la oportunidad de participar en esta edición del verano de la ciencia, agradezco a la maestra Ing. María Cecilia Ramírez Hernández por su dedicación y el compromiso en el proyecto y en cada uno de los que lo integramos.

REFERENCIAS

[1] H. G. Pulido y R. de la Vara Salazar, Control estadístico de la Calidad y Seis Sigma, México: McGRAW-HILL, 2013.

[2] D. C. Montgomery y G. C. Runger, Probabilidad y estadística aplicadas a la ingenieria, México: LIMUSA WILEY, 2003.

[3] H. G. Pulido, Calidad total y productividad, México: McGRAW-HILL, 2010.

ELABORACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PARA EL PLC DEL LABORATORIO DE ENERGÍAS RENOVABLES.

Xavier Hernández Hernández
Instituto Tecnológico Superior de Abasolo
Facultad de Ingenieria
Cuitzeo de 401 Cuitzeo de los Naranjos.
C.P.36976, Los Naranjos, Abasolo, Gto.
as19110509@tecasolo.edu.mx

José Ricardo López Vázquez
Instituto Tecnológico Superior de Abasolo
Facultad de Ingeniería
Cuitzeo de 401 Cuitzeo de los Naranjos.
C.P.36976, Los Naranjos, Abasolo, Gto.
ricardo.lv@abasolo.tecnm.mx

Resumen — En este trabajo se presenta el mantenimiento preventivo e implementación del plan de mantenimiento para el Equipo didáctico de Plcs de la marca praktal el cual se encuentra en el laboratorio de energías renovables en el Instituto Tecnológico Superior de Abasolo, se muestra el trabajo realizado sobre el equipo así mismo la elaboración de las Fichas técnicas de cada equipo lo cual se anexa a un Excel, por último se dan las recomendaciones de trabajo antes de manipular los equipos y el plan de mantenimiento a desarrollar.

Palabras clave —Plan de mantenimiento, Fichas técnicas, recomendaciones de trabajo.

Abstract —In This work presents the preventive maintenance and implementation of the maintenance plan for the Plcs teaching equipment of the praktal brand, which is located in the renewable energy laboratory at the Instituto Tecnológico Superior de Abasolo, the work carried out on the equipment is shown. likewise, the preparation of the technical sheets of each equipment which is attached to an Excel, finally the work recommendations are given before handling the equipment and the maintenance plan to be developed.

Keywords —Maintenance plan, technical sheets, Work recommendations

I. INTRODUCCIÓN

El mantenimiento no es una función "miscelánea", produce un bien real, que puede resumirse en: capacidad de producir con calidad, seguridad y rentabilidad.
Particularmente, la imperativa necesidad de redimensionar nuestra área de trabajo implica para el mantenimiento, retos y oportunidades que merecen ser valorados.
El mantenimiento de la maquinaria es fundamental para el desarrollo productivo de las actividades laborales en la institución, por lo que es necesario el adecuado análisis de los equipos y sus fallas basándose en el historial de la que es de suma importancia para la evaluación critica basado en los indicadores de gestión de mantenimiento.
Debido a los altos costes de las reparaciones de los PLC`s, y los largos plazos de sin la utilización de estos, este trabajo pretende dar algunas luces de las ventajas de un correcto mantenimiento predictivo y preventivo, evitando el mantenimiento correctivo surgido de las averías sufridas por la falta del primero, que originan los altos costos de las operaciones.
Este informe tiene como objetivo elaborar un plan de mantenimiento para los PLC que se encuentran en los talleres de la institución, para tener un control exacto en dada ocasión que se tenga alguna falla y principalmente saber el tiempo adecuado para darle mantenimiento a cada componente.

II. MARCO TEÓRICO

Plan de mantenimiento.

Un plan de mantenimiento es el conjunto de intervenciones u operaciones preventivas que debemos realizar en los equipos o activos de nuestra instalación, basadas en protocolos de mantenimiento para cada tipo de activo, para lograr cumplir con unos objetivos de disponibilidad, fiabilidad y coste y por ende ampliar la vida útil de los equipos. La realización de un exitoso plan de mantenimiento es clave para anticipar los problemas y averías que puedan surgir en nuestros activos.

Fichas técnicas.

Una ficha técnica es un tipo de documento que nos expone las características principales de algo, sea cual sea el objeto. El tipo de ficha técnica y la información que en ella se encuentre dependerá mucho de la finalidad de esta. El formato de una ficha técnica es generalmente alargado y consta de numeraciones, viñetas, tablas o listados. Puede contener logotipos o imágenes que sirven de guía indicándonos las características básicas o principales.

Recomendaciones de trabajo.

Se recomienda, realizar una inspección visual y comprobar el funcionamiento de cada elemento que se utilice antes de montar el sistema conjunto para la simulación. De igual manera se recomienda probar los sistemas uno por uno y luego en conjunto para descartar errores en el sistema.

II. METODOLOGÍA

Para la implementación de nuestro plan de mantenimiento fue requerido realizar una investigación sobre los equipos con los cuales se cuenta, para poder ver los componentes de cada uno y poder desmontar de manera adecuada los equipos, así mismo fue necesario trabajar con nuestros PLCs para checar su estado actual y planear el mantenimiento, por lo cual se realizaron las sigs. actividades:

- **I.** Realizar una inspección visual de nuestro equipo, detectar posibles fallos o averías, para este caso solo encontramos conectores faltantes banana Jack.
- **II.** Desmontar los pernos con los que nuestro PLC viene de fábrica, nos ayudamos de un taladro para esta actividad.
- **III.** Realizamos una limpieza total de nuestros equipos con ayuda de brochas y alcohol isopropílico para cuidar la electrónica de estos.
- **IV.** Se realiza una segunda inspección viendo por dentro nuestros equipos detectando así conectores flojos, así mismo manijas del PLC flojas.
- **V.** Se ajustaron los respectivos conectores flojos así mismo las manijas, se utilizaron desarmadores plano y cruz para las manijas y para los conectores se utilizo un juego de dados 8,9,10,11,12 mm.
- **VI.** Algunos Plcs no contaban con conectores con lo cual se compraron los conectores Banana Jack 4mm y se instalaron.
- **VII.** Se decidió cambiar los pernos de nuestros Plcs por pijas de cruz, esto para facilitar con ello el mantenimiento futuro.
- **VIII.** Se realizo el respectivo montaje de todos nuestros Plcs así mismo se realizaron pruebas de funcionamiento.

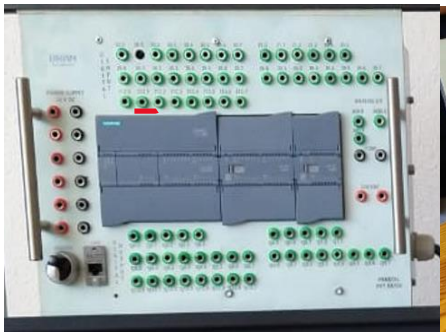
IX. Por último, se recopilo la información de los componentes de todo nuestro banco de trabajo y se anexaron en un Excel para facilitar así el localizar algún componente que presente fallos a futuro.

III. RESULTADOS

A continuación, se observa el trabajo realizado durante el verano de la ciencia de la región centro, con ayuda de nuestro asesor José Ricardo López Vázquez, iniciamos la investigación para manipular de manera adecuada nuestros equipos, realizar el respectivo desmontaje de ellos, realizamos la inspección visual y a fondo para detectar los fallos y averías, se realizó la limpieza general de los equipos, se cambiaron los conectores con los que no contaba el equipo como los que presentaban fallos, se realizó el ajuste de todos nuestros conectores flojos, se ajustaron las manijas de nuestros equipos, por último se recopilo la información de nuestros equipos y se realizaron la fichas técnicas anexadas a un archivo Excel para encontrar de manera eficaz algún componente que presente fallos a futuro.

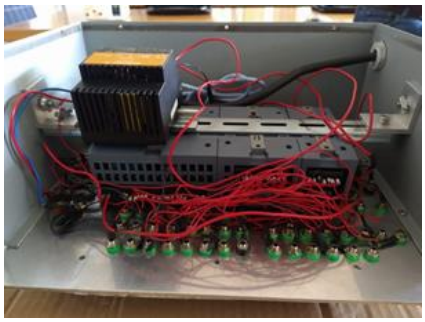
a) Se muestra el estado inicial de nuestros equipos antes de realizar el mantenimiento.

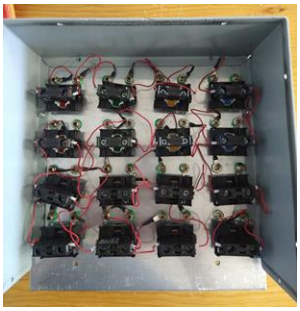
b) Se muestra el trabajo realizado en los equipos, desmontaje, limpieza e inspección.



c) Algunos problemas detectados en nuestros Plcs.

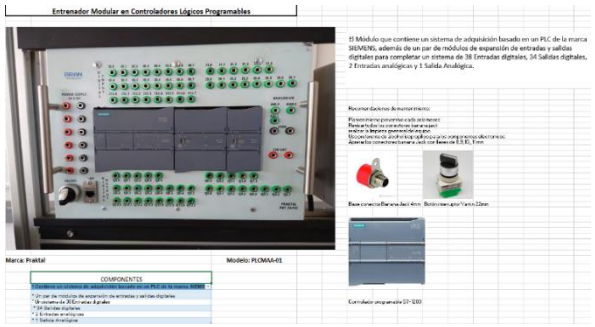
d) Conectores obtenidos para el remplazo de las piezas faltantes o con fallo, conector banana Jack de 4mm.

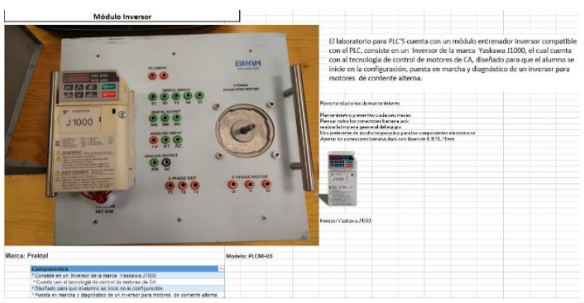




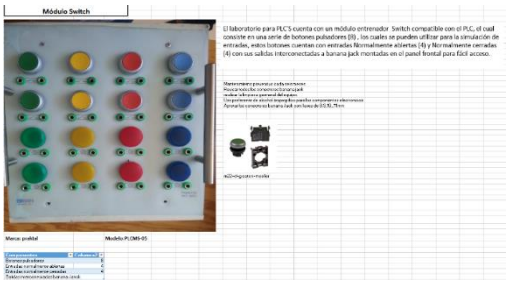
e) Se muestra el trabajo terminado después de la limpieza y arreglo a los fallos que presentaba los componentes del PLC.

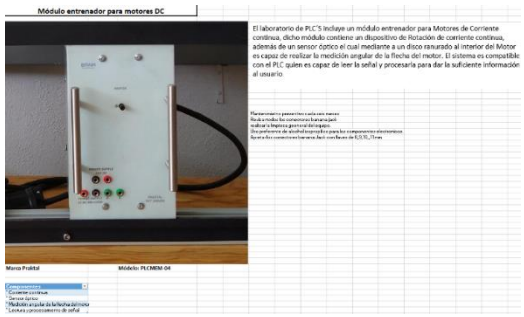
f) Se observa el estado final de nuestros equipos después del mantenimiento.



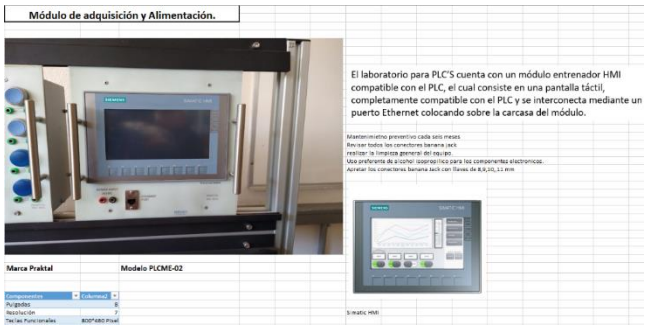


g) Ficha técnica del Entrenador modular en controladores lógicos programables y Ficha técnica del Módulo Inversor.





h) Ficha técnica del Módulo Switch y Ficha técnica del Módulo entrenador para motores DC



i) Ficha técnica del Módulo de Adquisición y Alimentación.

Mantenimiento preventivo y correctivo, planeado en los periodos vacacionales del Instituto tecnológico Superior de Abasolo, se debe realizar una inspección visual, la limpieza adecuada de nuestros equipos y solucionar los fallos detectados.

Trabajo normal del equipo en periodo escolar, se recomienda realizar una inspección visual antes de manipular nuestros equipos para detectar posibles fallos o conectores faltantes, realizar la correcta alimentación eléctrica y al terminar desconectar de manera adecuada.

j) Programa de mantenimiento planteado para él optimo cuidado de nuestros equipos de Plcs.

IV. CONCLUSIONES

El plan de trabajo propuesto para la realización de nuestro proyecto fue realizar el mantenimiento a los equipos de Plcs de nuestra Institución educativa, como el planteamiento de un programa de mantenimiento el cual no se contaba en la institución, por último, realizamos las fichas técnicas de nuestros equipos. El trabajo fue realizado de forma óptima durante el tiempo establecido, la importancia del cuidado de nuestros equipos en la institución es vital para evitar fallos en periodo ordinario escolar, el mantenimiento realizado a todos nuestros equipos nos permitió poder contar con los dos bancos de trabajo en funcionamiento debido a que antes del mantenimiento solo se tenía en funcionamiento un banco de trabajo, por lo que nuestros resultados fueron satisfactorios al rehabilitar el banco de trabajo en fallo, realizar los respectivas pruebas de funcionamiento las cuales fueron satisfactorias y contar con un plan estructurado para evitar fallos, así mismo dar a conocer las recomendaciones de trabajo a los integrantes de nuestra institución ayuda a cuidar nuestros equipos.

V. RECONOCIMIENTOS

Expreso mi agradecimiento al Instituto Tecnológico Superior de Abasolo, a sus laboratorios por las facilidades y el apoyo otorgado para la realización de la estancia de verano y principalmente al ing. José Ricardo López Vázquez por la confianza de otorgarnos este proyecto y la disposición a la hora de realizar las actividades.

REFERENCIAS

[1] Vera Juárez, L. A. (2002). Instalación, mantenimiento y automatización de un grupo electrógeno de 50 kw con PLC.

[2] Quispe Flores, J. P. (2018). Aplicaciones de PLC en Procesos Básicos.

[3] Ríos, L. C., & López, J. (2007). Aplicación y mantenimiento de PLC en modernización tecnológica para uso de ciencias escolares. *Scientia et technica*, *13*(37), 217-222.

[4] Limachi, S., & Alder, F. (2018). Diseño e implementación de un sistema de control y supervisión practico de módulos de entrenamiento Industrial y automatización con PLC.

[5] García, F. C., López, V. G., Rendón, J. C. J. C. C., & Hernández, A. G. (2018). TABLERO DE PLC, PARA CAPACITACIÓN EN EL TRABAJO. *Pistas Educativas*, *38*(119).

USO DE ROBÓTICA EDUCATIVA EN LA DETERMINACIÓN DE LAS ASÍNTOTAS VERTICALES DE UNA FUNCIÓN

Fátima Itzel Guzmán Ramos
Instituto Tecnológico de Celaya
Antonio García Cubas 600, Fovissste, 38010
Celaya, Gto.
19030219@itcelaya.edu.mx

María Teresa Villalón Guzmán
Instituto Tecnológico de Celaya
Antonio García Cubas 600, Fovissste, 38010
Celaya, Gto.
teresa.villalon@itcelaya.edu.mx

Resumen — La finalidad de este trabajo es destacar el uso de Arduino como apoyo en la enseñanza y aprendizaje de la determinación de las asíntotas verticales de una función. Se utilizó la placa Arduino como auxiliar para la generación de los valores numéricos, a través de los cuales es posible identificar numéricamente el punto donde se localiza la asíntota vertical de una función la cual se asocia con la gráfica de la función obtenida con Geogebra. A través del desarrollo de la actividad, se corroboró que el uso de Arduino como método de aprendizaje integra la tecnología y la programación a las competencias disciplinares despertando el interés de los estudiantes que están dispuestos a ir más allá y aprender más.

Palabras clave — Arduino, asíntotas, cálculo diferencial, enseñanza y aprendizaje.

Abstract — The purpose of this work is to highlight the use of Arduino as a support in the teaching and learning of the determination of the vertical asymptotes of a function. The Arduino board was used as an auxiliary for the generation of numerical values, through which it is possible to numerically identify the point where the vertical asymptote of a function is located, which is associated with the graph of the function obtained with Geogebra. Through the development of the activity, it was confirmed that the use of Arduino as a learning method integrates technology and programming to disciplinary skills, awakening the interest of students who are willing to go further and learn more.

Keywords — Arduino, asymptotes, differential calculus, teaching and learning.

I. INTRODUCCIÓN

El propósito de este artículo es destacar la implementación del uso de tecnologías para la enseñanza de las ciencias básicas, en ciertas ramas específicas, las cuales para los estudiantes es muy complicado entenderlas y visualizarlas. Se ha observado, que en muchas universidades a los alumnos le es complicado entender lo que pasa en la gráfica de una función que presenta asíntotas, ya que éstas, en un momento incluyen un valor indeterminado o un valor infinito, por lo que la obtención de estos valores a través de una calculadora dificulta su entendimiento al momento de analizar las gráficas de este tipo de funciones. Para esto, se tiene el propósito de utilizar la tecnología de Arduino pues actualmente es un microcontrolador muy utilizado, tanto en educación básica como en educación superior.

Durante la investigación previa realizada, se analizaron diferentes publicaciones relacionadas con la implementación de herramientas de Arduino en el proceso de la enseñanza a ingenierías, donde se utiliza como núcleo en electrónica en la metodología de aprendizaje basada en proyectos. Esto significa que Arduino no está teniendo un enfoque para la enseñanza del Cálculo Diferencial, específicamente en el análisis de las asíntotas verticales de una función.

La robótica educativa permite a las personas aprender rápidamente y mantenerse al día con el vertiginoso crecimiento de la innovación. Aquí, la motivación es la clave para explorar y crear nuevas ideas, por lo que aprender a través de robots genera experiencias reales, pues es posible ver los resultados, lo que no ocurre en el aprendizaje virtual. Este método de aprendizaje ha demostrado que hace que la tecnología y la programación sean más interesantes. Como resultado, ha despertado el interés de los estudiantes y atraído las mentes de una gran cantidad de jóvenes que están dispuestos a ir más allá y aprender más. Con el avance continuo de la tecnología y la robótica en la educación, las personas ahora están considerando actualizar este campo a un nuevo nivel de la nueva generación. La mejora continua de la tecnología y la robótica tiene como objetivo proporcionar un alto nivel de educación para la próxima generación para que una nueva generación de personas pueda obtener la orientación y el apoyo adecuados en diferentes niveles [1].

II. MARCO TEÓRICO

La enseñanza de las ciencias básicas se ha convertido un reto para los docentes, debido a la desmotivación de los jóvenes por el grado de dificultad que éstas les representan. Por tal motivo, es apremiante encontrar herramientas que motiven a los estudiantes a partir de sus capacidades a ser partícipes activos del proceso de enseñanza y aprendizaje. De acuerdo con Lai, Chen y Lai (2018) la inclusión del Arduino es una nueva tendencia en la educación en todo el mundo debido a la conexión de los diferentes dominios de aprendizaje, para que los alumnos sean capaces de generar relaciones de conocimiento y habilidades entre las asignaturas divergentes y aplicarlas en situaciones reales [2].

III. MATERIALES Y MÉTODOS

Para poder generar funciones en Arduino no hace falta más que una computadora, un dispositivio Arduino Uno, un cable USB y el IDE de Arduino instalado en la PC. El IDE es el entorno de programación que se usa para desarrollar proyectos en cualquier placa Arduino. El entorno de desarrollo interactivo o IDE, por sus siglas en inglés, es un programador que se utiliza para compilar e interpretar códigos para el desarrollo de programas que se usan en una placa Arduino [3].

En la pantalla principal se encuentra la pestaña de “Herramientas”, en la cual se encuentra la opción llamada “Monitor Serial”. Esta opción permite visualizar de forma numérica el comportamiento de la función deseada además de mostrar mensajes de texto e interactuar con el monitor en tiempo real, lo cual significa que se puedan enviar y recibir datos de la placa Arduino.

En la figura 1 se muestra la pantalla principal con el código de la función que se va a analizar y a continuación se describen los elementos que lo integran:

```
double funcion;
double AY;
double AX;
void setup() {
   Serial.begin(9600);
   Serial.println("X    ,    FUNCION   ,  ASINTOTAS");
     for(float x = -100.0; x < 101.0; x++)
 {
    funcion = ((pow(x,2) + x - 1)/(x+2));
    //ASINTOTAS
    AY = (x-1);  //Horizontal: y=x-1(inclinacion)
    AX = (-2);    //Vertical: x=-2
  Serial.print(x);
  Serial.print("   ,   ");
  Serial.println(funcion);
  Serial.print("   ,   ");
  Serial.print(AX);
  Serial.print("   ,   ");
  Serial.println(AY);
  delay(10);
}
 }
void loop() {
}
```

Fig. 18. *Código de Arduino para la función analizada*

Como se puede observar en la figura anterior, las variables son declaradas como “double” ya que de esta manera se puede almacenar cualquier tipo de número e incluso, números con una gran cantidad de decimales. La función por evaluar está guardada en una variable llamada “funcion” de tipo “double” como se había mencionado, ya que a diferencia de las funciones “int” que arroja solo números enteros y la función “float” que solo integra números limitados con punto decimal, la función “double” permite tener doble precisión al momento de entregar los resultados de la función evaluada de -100 a 100.

“Serial.begin()” es una de las funciones básicas que permite comunicarnos usando el Monitor Serie, pues esta función asigna la velocidad de datos en bits por segundo llamados baudios para transmitir datos en serie. Como se puede visualizar en la figura 1, los bits asignados son de 9600, que es el valor determinado para Arduino, pues esta es la velocidad con la cual se ven los datos cuando se envían. Si se cambiara este valor, se tendría que configurar el software que se esté utilizando en el monitor serial de Arduino IDE.

Se coloca un “for” en el código para evaluar la función dentro de un rango, ya que Arduino no puede tomar números de forma infinita y solo grafica valores conforme al tiempo. En este caso en el “for” se le asignó a la variable “X” un rango de valores entre -100 y 100, pues dentro de este “for” se encuentra la función que se va a analizar.

Se utiliza la estructura de “Serial.print” que permite imprimir los resultados en el monitor Serie. Cada vez que se imprima un valor se manda una coma para separar y diferenciar los datos en el monitor. Con esta función se pueden imprimir tanto los valores obtenidos de la función como colocar un nombre a cada columna de valores que se arrojen en el monitor. Al final de colocar las funciones de “Serial.print”, se procede a colocar un “delay” para visualizar de una forma más lenta los valores que se están obteniendo, se cierran los paréntesis y se coloca el “void loop ()”. En esta parte no va ninguna línea de código, debido a que se comienza a ciclar el código al contrario del “void setup()” el cual solamente arroja información una vez que las instrucciones fueron introducidas.

Para empezar a observar los resultados generados por la función que se va a analizar, es necesario conectar la placa Arduino hacia la computadora por medio de un cable USB. Se compila el programa, se carga a la placa Arduino y después se abre el Monitor Serie para ver los resultados obtenidos de forma numérica.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación, se presentan los resultados numéricos y la gráfica del análisis de la asíntota vertical de una función. Se decidió mostrar los resultados numéricos obtenidos en el programa de Arduino IDE y la gráfica de la función analizada en el software GeoGebra, esto para una mejor comprensión del análisis de la función y su asíntota. Las ecuaciones que se evalúan se pueden ver en la tabla 1.

Tabla 18 Ecuaciones

Función	Asíntota vertical
$\frac{x^2+x-1}{x+2}$	$x=-2$

La tabla 2 muestra los datos que fueron obtenidos del Monitor Serie de Arduino, de los cuales solamente fueron recolectados 10 datos de -5 a 5 con la finalidad de observar mejor el comportamiento de la función. Se puede visualizar en la tabla 2 la asíntota de la función, esta con un valor igual a -2, esto se sabe gracias a que en el Monitor Serie nos marca un infinito cuando es evaluada la función en ese valor.

Tabla 19 Datos obtenidos de Arduino

X	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
Función	-6.33	-5.5	-5	infinito	-1	-0.5	0.33	1.25	2.2	3.17	4.14
Asíntota vertical	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2

En la figura 2 se puede ver de una mejor manera como es el comportamiento de la función en GeoGebra cuando X toma valores negativos y positivos. Especialmente hay que recalcar que cuando X es igual a -2 se observa que la función tiende a +infinito cuando la variable X se aproxima a -2 por la derecha y a -infinito cuando X se aproxima a -2 por la izquierda (recta de color azul).

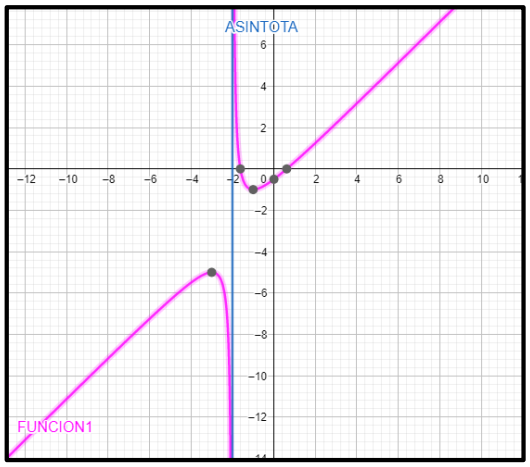


Fig. 19 Gráfica de la función y asíntota en GeoGebra

Como se observa a partir del análisis realizado, evaluar numéricamente las funciones en Arduino para el análisis de las asíntotas de una función, puede ser de gran ayuda para tener una mejor comprensión de los valores numéricos (puntos en el plano cartesiano) que integran la asíntota de la función. Generalmente cuando en el monitor serial de Arduino arroja un infinito, es posible identificar que el valor donde se evaluó la función es el valor de la asíntota en X, lo cual ayuda a comprender el concepto de asíntota vertical e identificarlas gráficamente.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El uso de Arduino es una gran ayuda en la identificación de las asíntotas verticales de una función, puesto que con todos los datos numéricos que arroja, se facilita la comprensión, relación e identificación entre los datos numéricos y la gráfica de las asíntotas verticales de una función.

El Arduino es un apoyo en la enseñanza del análisis de las asíntotas de funciones a los alumnos en clases de Cálculo, ya que con tal solo ingresar la función en el código de Arduino se aprende como está estructurada, se hace énfasis en la investigación de la función hasta lograr comprender de forma más profunda su comportamiento y al evaluarla en el monitor serial o incluso integrar el serial plotter que contiene Arduino, se podrán despejar dudas además de visualizar y comprender de mejor forma los resultados tanto de forma gráfica como numérica.

VI. RECONOCIMIENTOS

Se hace un reconocimiento al Instituto Tecnológico de Celaya por permitir la participación en el proyecto de verano de la Ciencia de la Región Centro.

REFERENCIAS

[1] Mach, N. (2020, 26 enero). Importancia de la robótica en la educación. Clon Geek. https://clongeek.com/importancia-de-la-robotica-en-la-educacion/

[2] Lai, A., Chen, C., & Lai, H. (2018). Developing an arduino simulation-based learning system and evaluating its suitability. ACM International Conference Proceeding Series, 38-42.

[3] Albornoz, F. (2022, 2 mayo). Arduino IDE ¿Qué es el entorno de desarrollo y programación de Arduino y que partes tiene? Internet Paso a Paso. https://internetpasoapaso.com/arduino-ide/

USO DE ROBÓTICA EDUCATIVA EN EL ANÁLISIS DE LAS TRASLACIONES Y REFLEXIONES DE UNA FUNCIÓN

Edgar Silva Aguilar
Instituto Tecnológico de Celaya
Antonio García Cubas 600, Fovissste, 38010
Celaya, Gto.
19031342@itcelaya.edu.mx

María Teresa Villalón Guzmán
Instituto Tecnológico de Celaya
Antonio García Cubas 600, Fovissste, 38010
Celaya, Gto.
teresa.villalon@itcelaya.edu.mx

Resumen — El objetivo de este trabajo es destacar el uso de Arduino como apoyo en la enseñanza y aprendizaje de la traslación y reflexión de una función. Se utilizó la placa Arduino como auxiliar para la generación de los valores numéricos, a través de los cuales es posible identificar numéricamente el comportamiento de una función durante su traslación y reflexión, el cual se asocia con el comportamiento gráfico de la función. A través del desarrollo de este trabajo, se corroboró que el uso de Arduino como método de aprendizaje integra la tecnología y la programación a las competencias disciplinares despertando el interés de los alumnos y su deseo de aprender.

Palabras clave — Arduino, cálculo diferencial, enseñanza y aprendizaje, reflexión, traslación.

Abstract — The objective of this work is to highlight the use of Arduino as a support in the teaching and learning of the translation and reflection of a function. The Arduino board was used as an auxiliary for the generation of numerical values, through which it is possible to numerically identify the behavior of a function during its translation and reflection, which is associated with the graphic behavior of the function. Through the development of this work, it was confirmed that the use of Arduino as a learning method integrates technology and programming to disciplinary skills, awakening the interest of students and their desire to learn.

Keywords — Arduino, differential calculus, teaching and learning, reflection, translation.

I. INTRODUCCIÓN

La finalidad de este artículo es mostrar la implementación del uso de la tecnología educativa para la enseñanza de las ciencias básicas, específicamente en el Cálculo Diferencial, debido a que algunos conceptos matemáticos son difíciles de comprender y visualizar para los alumnos. Esta situación se complica especialmente cuando se analizan la reflexión y traslación de funciones, debido a que para gran parte de los alumnos es complicado entender y distinguir lo que pasa gráficamente cuando se pretende trasladar o reflejar una función.

La traslación de una función implica que ésta cambie su ubicación (es decir, sufra un desplazamiento), mientras que la reflexión se relaciona con el cambio de su sentido (con respecto a un eje) en ambos casos, sin que se altere su forma. Con la finalidad de facilitar la enseñanza y el aprendizaje de estos conceptos, el propósito de este trabajo fue implementar el uso de la tecnología de Arduino pues actualmente es un microcontrolador muy utilizado, tanto en educación básica como en educación superior.

La robótica educativa, es el nuevo reto pedagógico que está impactando las escuelas modernas y la cual está dando un nuevo paso a la era tecnológica. En otras palabras, podríamos decir que la robótica educativa es una disciplina que ha venido a llenar muchos

huecos que existían en el pasado, pues esta área del conocimiento moderno brinda muchos beneficios al desarrollo y creatividad de los alumnos, de una forma sin precedentes. Teóricamente, la robótica educativa es el conjunto de actividades pedagógicas que apoyan y fortalecen áreas específicas del conocimiento pues promueve el desarrollo de competencias en el alumno a través de la concepción, creación, ensamble y puesta en funcionamiento de robots, preparándolos para enfrentar el creciente desarrollo tecnológico [1].

II. MARCO TEÓRICO (OPCIONAL)

Arduino nace como una plataforma ideal para ser utilizada como complemento o incluso como parte medular para que los estudiantes desarrollen sus procesos de aprendizaje de forma participativa y constructiva. Asimismo, su uso promueve la aplicación práctica de conocimientos teóricos, mediante el acercamiento a modelos de aplicación basados en experiencias a través del uso de materiales de bajo costo, de código abierto y fácil implementación. Para Bashir et al. (2019) la plataforma Arduino puede ser una herramienta útil para la enseñanza y el aprendizaje, ya que puede utilizarse aún con alumnos sin conocimiento experto. Además, si se promoviera el uso de Arduino en varias asignaturas e introducir el uso de otras placas de desarrollo, esto ayudaría a los alumnos a lograr aprendizajes más significativos [2].

III. MATERIALES Y MÉTODOS

Para generar funciones en Arduino no hace falta más que una computadora, un Arduino Uno, un cable USB A-USB B y el IDE de Arduino instalado en la computadora.

En la pantalla principal se ubica la pestaña de “Herramientas”, en la cual se encuentran las opciones llamadas “Monitor Serie” y “Serial Plotter”. Estas dos opciones son las principales para visualizar el comportamiento de una función.

El “Serial Plotter” grafica valores del puerto serie en tiempo real, pues es una herramienta muy rápida para monitorear valores de una forma fácil. Esta función está enfocada a visualizar el nivel de la señal que está leyendo el Arduino por uno de sus pines de entrada; sin embargo, nosotros pretendemos darle otra función.

El “Monitor Serial” permite visualizar los valores de forma numérica obtenidos a partir de una función determinada; también permite visualizar mensajes de texto e interactuar con el monitor en tiempo real, lo que significa que es posible enviar y recibir datos de la placa Arduino.

En la siguiente figura, se muestra en la pantalla principal el código de una función que se va a analizar y a continuación se describen los elementos que lo integran (Figura 1):

```
double funcion;
double funcionC;
void setup() {
   Serial.begin(9600);
   Serial.println("x,    funcion   ,   Funcion_comparativa");
   for(float x = -100; x <101.00; x++)
 {

    funcion = ( ((pow(x,2))-5000) );
    funcionC =(pow(x,2));

  Serial.print(x);
  Serial.print("  ,  ");
  Serial.print(funcion);
  Serial.print("  ,  ");
  Serial.println(funcionC);
  delay(10);
  }
}
```

Fig. 20 Código de Arduino utilizado para trasladar una función

Como se puede observar en la figura anterior, las variables son declaradas como “double”, ya que de esta manera se pueden almacenar cualquier tipo de número e incluso números con una gran cantidad de decimales. La función por evaluar está guardada en una variable llamada “funcion” de tipo “double” como ya se había mencionado, pues a diferencia de la función “int” que nos arroja solo números enteros y la función “float” que solo integra números limitados con punto decimal, la función “double” nos permite tener doble precisión a la hora de entregar los resultados de la función evaluada de -100 a 100.

“Serial.begin()” es una de las funciones básicas que permiten comunicarnos usando el monitor serie, pues esta función asigna la velocidad de datos en bits por segundo llamados baudios para transmitir datos en serie. En este caso (Figura 1) los bits asignados como se muestra son de 9600, pues es el valor determinado para Arduino, ya que esta es la velocidad con la cual se ven los datos cuando se envían. Si se cambiara este valor, se tendría que configurar el software que se esté utilizando en el monitor serial de Arduino IDE.

Se coloca un “for” en el código para evaluar la función dentro de un rango, ya que Arduino no puede tomar números de forma infinita y solo grafica valores conforme al tiempo. En este caso en el “for” se le asignó a la variable “X” un rango de valores de -100 a 100, considerando que dentro de este “for” se encuentra la función que se quiere evaluar.

Se utiliza la estructura de “Serial.print” la cual permite imprimir los resultados en el monitor serial. Cada vez que se imprima un valor, se manda una coma para separar y diferenciar los datos en el monitor. Con esta función se pueden imprimir tanto los valores obtenidos de la función, como colocar un nombre a cada columna de valores que se muestren en el monitor.

IV. RESULTADOS Y DISCUSION

Fueron evaluadas dos funciones, con la finalidad de representar los resultados obtenidos al trasladar y reflejar una función. Se decidió mostrar el resultado obtenido en el programa de Arduino IDE (valores numéricos), esto para un mejor análisis.

Traslación

El ejemplo del desplazamiento de la función está representado en la tabla 1, a través de la cual se busca mostrar el desplazamiento de la función x^2 (ecuación 2), 5000 unidades hacia abajo.

Tabla 20 Ecuaciones

Función	Función trasladada
x^2	$x^2 - 5000$

En la tabla 2 se muestran los valores obtenidos para cada función cuando x tiene un determinado valor, lo cual mostrará el traslado de función x^2, 5000 unidades hacia abajo. Al sustituir "x=0" en ambas funciones (tabla 1) podemos observar que mientras en una se obtiene un valor de 0, en la función desplazada, se obtiene un valor de -5000, por lo tanto, este valor será el que se estará graficando en el mismo momento que el valor de 0 en la función original. De esta forma se aprecia el gran cambio de valores entre ambas funciones, lo cual hace que sea más evidente el cambio de valores lo que ayuda a imaginarnos el resultado final.

Tabla 21 Datos obtenidos de Arduino

X	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
Función	25	16	9	4	1	0	1	4	9	16	25
Trasladada	-4975	-4984	-4991	-4996	-4999	-5000	-4999	-4996	-4991	-4984	-4975

En la figura 2 se observa la gráfica de la función representada en color verde (x^2) y la gráfica de la función trasladada 5000 unidades hacia abajo representada en color rojo (x^2 - 5000). Para facilitar el análisis de esta gráfica, se decidió graficar una recta horizontal para el valor de 0. De esta forma, se aprecia de mejor manera la gráfica de la función original (gráfica verde) y la que se trasladó (gráfica roja). Así, en la figura 2 podemos observar que la función original fue trasladada hacia abajo, lo cual nos indica que el traslado fue exitoso.

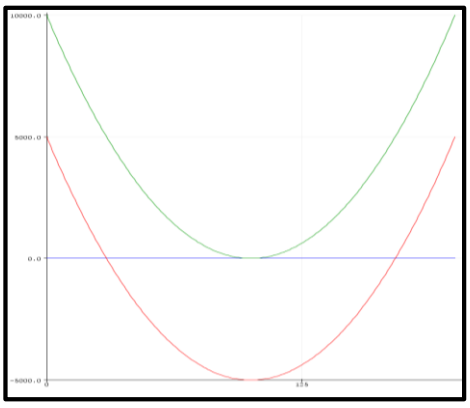


Fig. 2 *Gráfica resultante observada en el "serial plotter" de Arduino*

Reflexión

El ejemplo de la reflexión de una función se mostrará a través de la función presentada en la ecuación 3, la cual se reflejará con respecto al eje x.

Tabla 22 Ecuaciones

Función	Función reflejada
x^2+1000	$\left(x^2+1000\right)\left(-1\right)$

En la tabla 4, se observan tres filas de resultados. La primera fila representa el valor que toma x, se decidió asignarle valores de -5 a 5, esto para dar un ejemplo para ese intervalor de la gráfica; la segunda fila (central) representa el valor numérico de la función cuando se evalúa sustituyendo los valores de x (primera fila) y la tercera fila, representa el resultado de la función evaluada sustituyendo los valores de x de la primera fila.

Tabla 23 Datos obtenidos de Arduino

X	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
Función	1025	1016	1009	1004	1001	1000	1001	1004	1009	1016	1025
Función reflejada	-1025	-1016	-1009	-1004	-1001	-1000	-1001	-1004	-1009	-1016	-1025

Cómo se puede observar a partir de la comparación de los resultados obtenidos de la evaluación de ambas funciones (filas segunda y tercera) se aprecia que los valores son iguales solamente que los de la segunda fila son positivos (función original) y los de la tercera fila son negativos (función reflejada con respecto al eje x).

De esta manera se busca evidenciar de forma numérica la reflexión de una función; esto porque el signo negativo, invierte el sentido de la función transformando la función de cóncava hacia arriba a cóncava hacia abajo (figura 3).

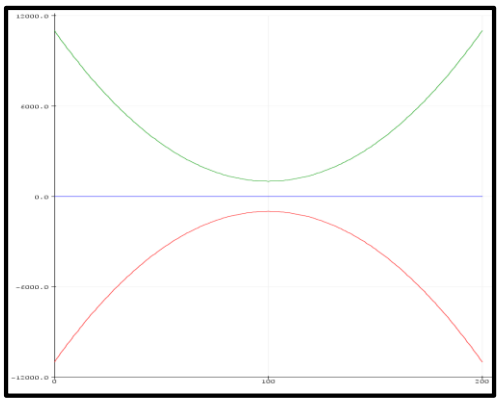


Fig. 3 grafica resultante observada en el “serial plotter” de Arduino

En la figura 3 se puede observar la gráfica de la función original representada en color verde (cóncava hacia arriba) y la gráfica de la función reflejada respecto al eje x está representada en color rojo (cóncava hacia abajo). Para facilitar el análisis de esta gráfica se decidió graficar una recta horizontal para el valor de x = 0 con la finalidad de apreciar más fácilmente la reflexión de la función.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Las gráficas y los datos obtenidos utilizando Arduino son de gran ayuda para comprender y visualizar como es el comportamiento de la traslación y reflexión de funciones. Para cada una de las gráficas obtenidas con Arduino, también se generan los valores numéricos de la función evaluada a partir de los valores asignados a la variable independiente de la función, proporcionando de esta forma una visión más amplia de lo que ocurre con la traslación y reflexión de una función tanto numérica como gráficamente.

Muchas veces Arduino en las escuelas se enfoca más a la parte electrónica, pero a través de este trabajo se pone de manifiesto que se puede aplicar para la enseñanza de las matemáticas, proporcionando a los alumnos la posibilidad de interactuar e incluso tener una visión más interesante relacionada con las funciones pues en muchas ocasiones es muy tedioso o incluso confuso su comportamiento y gracias a Arduino ahora se puede tener un conocimiento más claro y profundo de ellas al corroborar el comportamiento de las funciones en forma gráfica y numérica.

VI. RECONOCIMIENTOS

Se hace un reconocimiento al Instituto Tecnológico de Celaya por permitir la participación en el proyecto de verano de la Ciencia de la Región Centro.

REFERENCIAS

[1] A. (2020, 12 febrero). *Que es la robótica Educativa y para qué sirve*. Tecnología Móvil. https://tecnologiamovil.org/que-es-la-robotica-educativa-y-para-que-sirve/#:%7E:text=La%20rob%C3%B3tica%20educativa%20sirve%20para%20dotar%20a%20los,de%20los%20ni%C3%B1os%20de%20una%20forma%20sin%20precedentes.

[2] Bashir, A., Alhammadi, M., Awawdeh, M., & Faisal, T. (2019). *Effectiveness of using Arduino platform for the hybrid engineering education learning model*. Advances in Science and Engineering Technology International Conferences, ASET 2019.

IMPLEMENTACIÓN DE LA TÉCNICA DE MODULACIÓN LS-PWM EN UN FPGA

Odete Monserrat Molina Castillo.
Universidad Autónoma de Aguascalientes.
Avenida Universidad 940, Ciudad Universitaria,
20100 Aguascalientes, Ags.
al274590@edu.uaa.mx

Gilberto Muñoz Moreno.
Instituto Tecnológico Superior de Irapuato.
Silao-Irapuato km 12.5 El Copal,
36821 Irapuato, Gto.
gilberto.mm@irapuato.tecnm.mx

Resumen —En el presente trabajo se presenta la simulación e implementación de la técnica PD (Phase Disposition) programada o descrita en una FPGA (Field Programmable Gate Array integrated circuits) usada para la generación de pulsos de manera eficaz para el control de módulos de un inversor multinivel, el código es capaz de determinar los estados y la modulación por ancho de pulso PWM (Pulse Width Modulation) correspondiente a cada switch usando la topología de puente H en cascada, el cual posee fuentes asimétricas de 100 VDC y 50 VDC, con la finalidad de sintetizar la salida y generar una onda sinusoidal o parecida, con sus características principales, de esta manera se logró obtener el control físico adecuado el cual no dependa de un equipo de cómputo.

Palabras clave — Control, FPGA, Inversores multinivel.

Abstract —In the present work, the simulation and implementation of the PD (Phase Disposition) technique programmed or described in an FPGA (Field Programmable Gate Array integrated circuits) used for the generation of pulses in an effective way for the control of modules for multilevel inverters is presented. the code can determine the states and the PWM (Pulse Width Modulation) corresponding to each switch using the cascaded H-bridge topology, which has asymmetric sources of 100 VDC and 50 VDC, in order to synthesize the output and generate a sine wave or similar, with its main characteristics, in this way it was possible to obtain the adequate physical control which does not depend on a computer equipment.

Keywords — Control, FPGA, multilevel inverters.

I. INTRODUCCIÓN

Los inversores multinivel son un tipo de convertidor que tiene como función generar un voltaje alterno a partir de un voltaje de corriente directa, mediante el uso de interruptores y técnicas de modulación, que permitan la obtención de los diferentes niveles de voltaje, lo cual asemeja a la onda senoidal.

La topología puente h en cascada es la más común en el diseño de inversores y de la misma derivan otras como: capacitor flotante (FC) y enclavado de punto neutro (NPC) [1].

Los diferentes voltajes se crean a partir del cambio de estado de los interruptores, que para este caso son IGBT'S de potencia, se usó además la topología de "Puente H en cascada" y fuentes asimétricas con VDC1=50 V, VDC2=100 V. Cabe mencionar que los interruptores complementarios siempre van en estados inversos, es decir, cuando SW1 se encuentre encendido, su complementario SW1' estará apagado.

Así mismo, se pueden emplear varias técnicas de modulación tal como la modulación de vector especial, eliminación selectiva de armónicos, y modulación por ancho de pulso

(PWM), la técnica PWM con desfasamiento de fase (PS-PWM) y con desfasamiento de nivel (LS-PMW) son los métodos recomendables para para el CHB (Cascade H Bridge).[1]

II. MARCO TEÓRICO

Técnica PD

La técnica PWM de corrimiento de nivel denominadas LSC-PWM en el esquema PD las señales portadoras tienen la misma amplitud y frecuencia, además están todas en fase como se muerta en la figura 1. El número de portadoras se calcula de la siguiente manera.

$$p = \frac{n-1}{2} \qquad (1)$$

donde:
p = número de portadoras
n = número de niveles del inversor

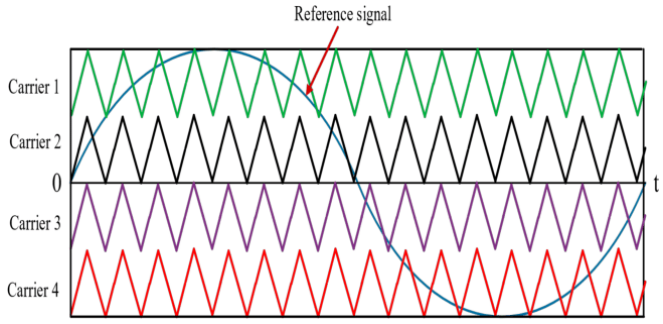


Fig.1 Técnica PD.

Técnica POD

En la técnica de modulación de Disposición de Oposición de Fase (POD), las señales portadoras por encima de la referencia cero se desplazan en fase con aquellas por debajo del voltaje de referencia cero en 180 grados como se observa en la figura 2.

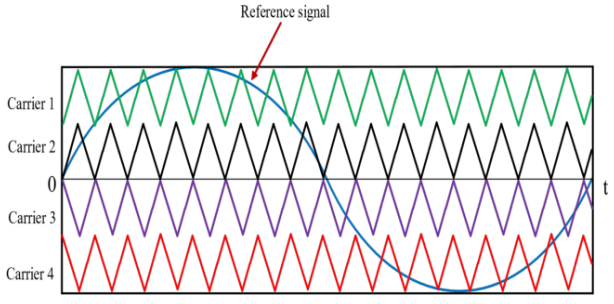


Fig.2 Técnica POD.

El diseño y control de los inversores aumenta de complejidad y tamaño de hardware conforme aumenta el número de niveles de este, a su vez conforme se aumenta el número de niveles, la onda escalonada asemeja cada vez más a la onda senoidal, lo cual se puede observar en la figura 3 comparando ambas señales.

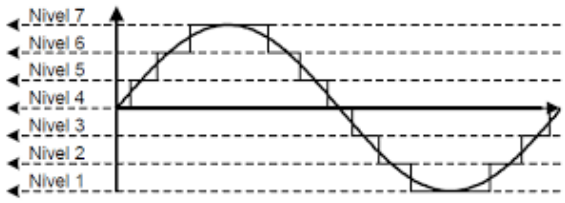


Fig.3 Salida de voltaje de inversor de 7 niveles.

A partir de la topología seleccionada y conociendo los niveles de voltaje de las fuentes se calculan los modos de operación y activación de los interruptores para el inversor (sin estados redundantes) estos se pueden observar en la tabla 1. Se utilizan además N1 y N0 como niveles comparadores fijos, N1 será 1 lógico cuando la senoidal sea menor a 100 V, y 0 lógico. Asimismo, N0 será 1 lógico cuando la senoidal sea menor a 50 V, y será 0 lógico cuando sea mayor; para el semiciclo positivo.

Para el semiciclo negativo son las mismas aplicaciones solo que, N1 será 1 lógico cuando la senoidal sea mayor a -100 V, y 0 lógico cuando sea menor, N0 será 1 lógico cuando la senoidal sea mayor a -50 V y 0 lógico cuando sea menor, el comportamiento se puede observar en la figura 4.

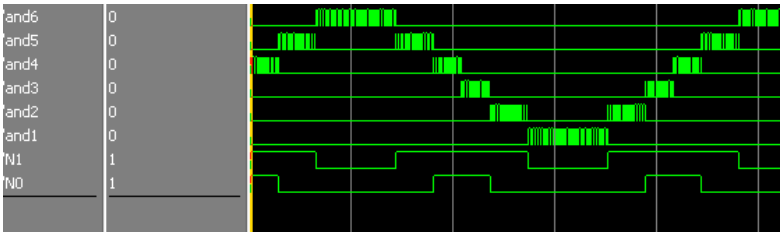


Fig.4 Calculo de estados de N1 y N0.

Tabla 1. Modos de operación y activación de los interruptores para el inversor.

Modo de operación	Semiciclo	V	N1	N0	S1	S2	S3	S4
-VC1-VDC2	0	-150	0	0	0	1	0	1
-VDC2	0	-100	1	0	0	0	0	1
-VCD1	0	-50	1	1	0	1	1	1
X	X	0	X	X	0	0	0	0
VCD1+VCD2	1	150	0	0	1	0	1	0
-VDC2	1	100	1	0	1	1	1	0
VCD1	1	50	1	1	1	0	0	0

Donde el 1 en los interruptores(S1, S2, S3 y S4) representa el PWM calculado.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

Para el código de control del inversor multinivel se optó por la utilización de la tarjeta de desarrollo Cyclone II de Altera, mediante la cual a través del uso del lenguaje VHDL se logró la descripción y generación de las ondas necesarias para el control de los interruptores, el procedimiento a seguir fue el siguiente.

Creación y simulación del divisor de frecuencia para senoidal y portadoras.

Se establecen las frecuencias deseadas:

- 60 Hz para la senoidal.
- 10 KHz para las portadoras.

En este proyecto se utilizó un reloj 50MHz, el cual viene internamente en la placa solo se cuentan los pulsos necesarios para cada frecuencia.

Para obtener 60Hz

$$\frac{50MHz}{60Hz} = 833{,}333.333 \qquad (2)$$

Para obtener 10KHz

$$\frac{50MHz}{10KHz} = 5000 \qquad (3)$$

Por lo tanto, para obtener una frecuencia de 60Hz tenemos que contar 833,333 pulsos de reloj, asimismo para obtener 10KHz se cuentan 5000 pulsos.

*Creación y simulación de la onda senoidal***.**

A partir de la frecuencia deseada sabemos que una senoidal la podemos dividir en 360 grados, y así asignarle un valor a cada grado, con la finalidad de crear una senoidal a través de puntos, sería lo inverso al muestreo de señales donde, en vez de leer un valor en cierto tiempo, aquí lo asignaríamos.

Los valores de la onda senoidal se sacaron mediante una serie de Maclaurin adaptada para que el valor máximo de la senoidal sea de 120 V, lo cual en teoría sería el voltaje que proporciona la red eléctrica doméstica.

$$\sum_{0}^{360} x - \frac{x^3}{3!} + \frac{x^5}{5!} - \frac{x^7}{7!} + \frac{x^9}{9!} - \frac{x^{11}}{11!} + \frac{x^{13}}{13!} - \frac{x^{15}}{15!} + \frac{x^{17}}{17!} - \frac{x^{19}}{19!} + \frac{x^{21}}{21!} - \frac{x^{23}}{23!} + \frac{x^{25}}{25!} - \frac{x^{27}}{27!} \quad (4)$$

Donde

$$x = \frac{x * \pi}{180} \quad (5)$$

Para de esta forma obtener valores entre 0 y 1, dependiendo el grado donde nos encontramos, adicionalmente x se multiplica por 120 para obtener una amplitud máxima de 120.

Para ingresar los grados a la tarjeta, estos se discretizaron de tal manera que no contuvieran decimales, un ejemplo de cómo se asignó un valor a cada grado, se muestra en la tabla 2.

Tabla 2. Asignación de valores a los grados de la senoidal.

Grado	Valor
1	2
2	4
90	120
270	-120
300	-104
….	…
360	0

Creación y simulación de las portadoras (técnica PD).

Para la generación de las ondas triangulares primero establecemos los niveles de las portadoras puesto que ya contamos con la frecuencia (10KHz), así mismo como la onda senoidal llega a una amplitud máxima de 120v para semiciclo positivo y negativo, las portadoras irán entonces en 6 niveles: -150 a -100, -100 a -50, -50 a 0, 0 a 50, 50 a 100 y 100 a 150.

Por lo tanto, primero se generó la portadora del nivel 0, a través de una regla de 3. La onda portadora posee 5000 pulsos, a los 2500 alcanza su punto máximo (50 volts) posteriormente si los pulsos superan los 2500 esta empieza a decaer, por lo que el código que genera la triangular se lee en la figura 5.

```
process(clk)
begin
  if (clk > 2500) then
     auxiliar<= 5000-clk;
  else
     auxiliar<= clk;
   end if;
end process;

porta<= (auxiliar * 50/2500 + nivel);
```

Fig.5 Código para la creación de la portadora 0 en PD.

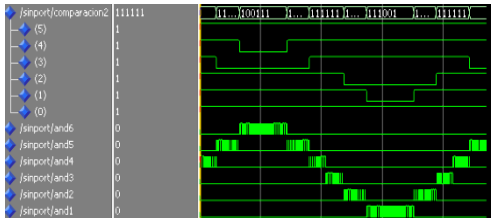
Donde para asignar el nivel en él se encuentra la portadora se le suma a esta un nivel de voltaje. Ejemplo si la portadora esta de 0 V a 50 V, se le sumará 0 V. Si esta de 50 V a 100 V, se le sumará 50 V.

Creación y simulación de comparadoras de nivel fijas.

Las comparadoras de nivel fijo simplemente tienen la tarea de determinar en qué parte del ciclo se encuentra la onda senoidal, de esta manera la comparación es 1 cuando la magnitud del nivel es mayor a la magnitud del seno, como se observa en la figura 6.

```
----------comparacion del nivel con el seno------
comparacion2(0)<= '1' when (-150 < sin) else '0';
comparacion2(1)<= '1' when (-100 < sin) else '0';
comparacion2(2)<= '1' when (-50  < sin) else '0';
comparacion2(3)<= '1' when (  50 > sin) else '0';
comparacion2(4)<= '1' when ( 100 > sin) else '0';
comparacion2(5)<= '1' when ( 150 > sin) else '0';
```

a)



b)

Fig.6 a) Código de comparación, b) simulación del código de comparación.

Creación y simulación de código final mediante la unión de los códigos previamente descritos.

Finalmente, para el PWM de los interruptores se hizo la comparación de las portadoras con la onda senoidal, dando como resultado 6 señales escalonadas como se pueden observar en la figura 6, posteriormente se comparan con los niveles fijos dando como resultado las señales que se observan en la figura 7 (siendo estas las ultimas 6 señales) para solo activarse en el nivel y momento que les corresponde, posteriormente cuando ya se tienen las señales PWM para cada nivel se suman todas en una sola salida para tener un solo PWM.

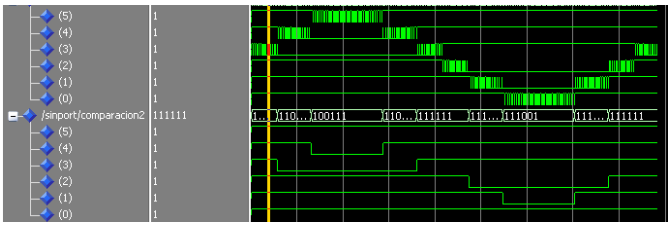


Fig.7 Simulación de comparaciones.

Los interruptores conmutan de estado conforme a la Tabla 1 (Modos de operación y activación de los interruptores para el inversor), donde al interruptor se le conectara el PWM calculado cuando este se encuentre en funcionamiento, esta conexión se puede observar en la figura 8 donde se muestra el esquema básico de conexión.

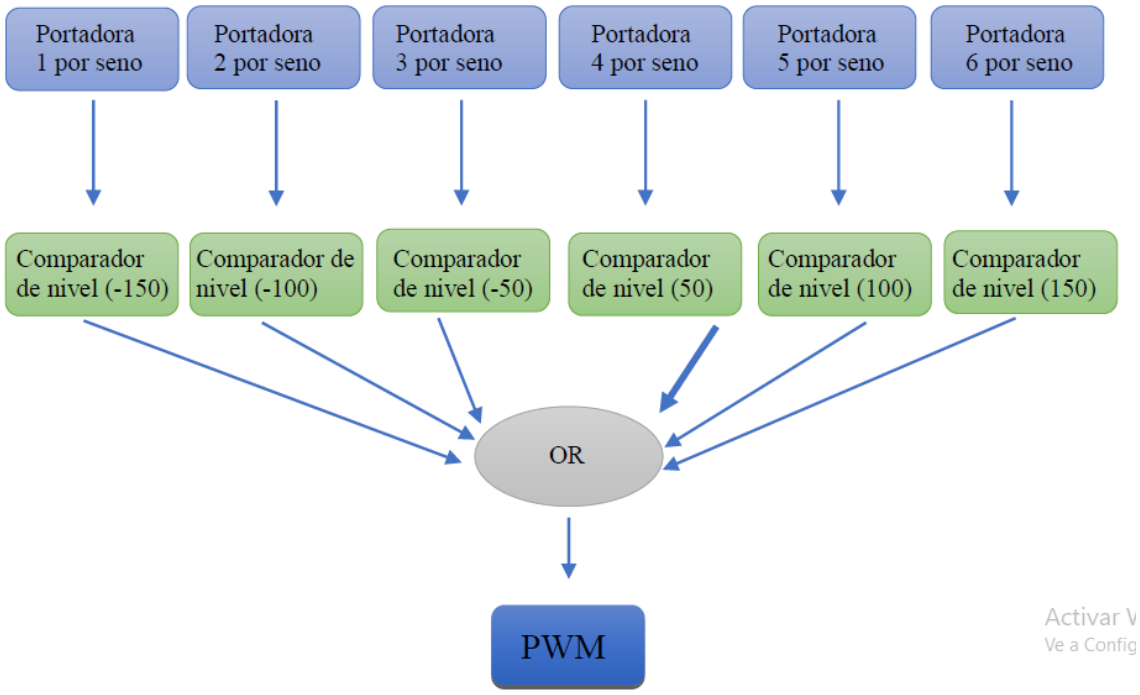


Fig.8 Esquema básico de conexión.

IV. RESULTADOS

Los resultados conseguidos fueron satisfactorios en el modo de simulación, donde se pudo comprobar que el control de los interruptores era correcto, así como salida de este, en la figura 9, se observa el ciclo positivo de una onda senoidal, la cual se obtuvo mediante el uso de un convertidor digital analógico (DAC), esto con la finalidad de comprobar que se generara la senoidal con sus características correspondientes.

Fig.9 Semiciclo positivo de la senoidal.

En la figura 10 se observa el modo de operación de los interruptores, los cuales son complementarios entre sí, además de esa forma se comprueba que los niveles de voltaje si se crean conforme a la tabla 1 de modos de operación.

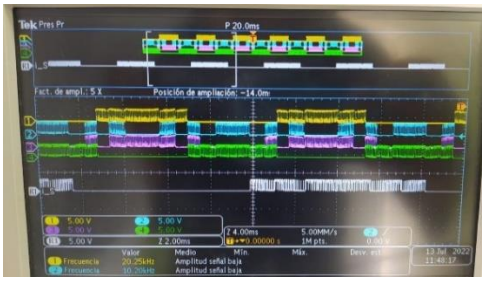


Fig.10 Modo de operación de interruptores.

Para finalizar se hizo la conexión correspondiente a una tarjeta de control proporcionada por la institución receptora, donde se conectaba a través del uso de fibra óptica las señales de control de salida de la FPGA hacia la tarjeta de potencia con los IGBT, primeramente se comprobó que los tiempos muertos entre un IGBT y su complementario fuera de mínimo 4ns, haciendo prueba solo con los pulsos, sin fuentes de voltaje, posteriormente cuando se tuvo seguridad de que los tiempos de retardo eran correctos, se conectaron las fuentes de voltaje adaptadas siendo las nuevas fuentes 10 V para la fuente 1 y 20 V para la fuente 2, dando como resultado la señal de la figura 11.

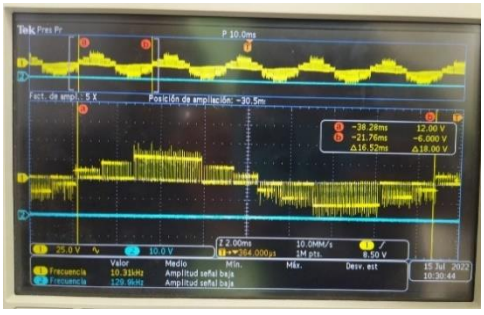


Fig.11 Señal salida final 1.

Posteriormente se analizó la salida viendo que los niveles de voltaje siempre llegaban a 0, por el tiempo de activación que se estaba manejando para los interruptores, por lo tanto se

procedió a adaptar el código de tal manera que al cambiar de nivel solo un interruptor cambiara y no todos los necesarios para obtener ese nivel, de esta forma dejando estáticos con un 1 lógico a los interruptores y cambiando solo el ultimo para el nuevo nivel, se logró que se aproximará más al resultado deseado, como se observa en la figura 12.

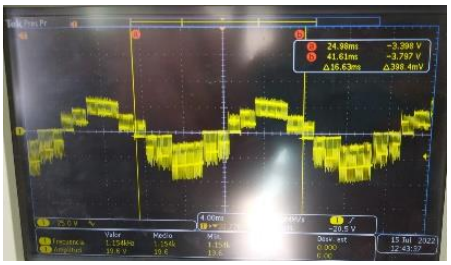


Fig.12 Señal salida final 2.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En conclusión se obtuvieron resultados satisfactorios para el tiempo en él se trabajó el proyecto, al verse las pruebas limitadas a un solo día hubo algunos factores en el control del código los cuales no se lograron corregir al cien por ciento, como opinión personal creo que control de los interruptores y la generación de las señales podrían hacerse de forma más precisa a través del uso de un microcontrolador, ya que en el uso de FPGA estamos limitados a la cantidad de bits que tenemos, por lo que al usar números muy grandes la tarjeta marcaba errores de desbordamiento, además de que si se hiciera el programa de control con microcontroladores se podrían utilizar instrucciones de punto flotante, sin embargo la precisión que brinda la FPGA es adecuada para esta aplicación, además de que el uso del lenguaje de descripción de hardware es mucho más entendible y sencillo a la hora de efectuar la programación, por otro lado, este lenguaje permite el uso de los relojes con los que cuenta la placa de forma muy eficiente, lo cual podría llegar a ser un poco complicado al usar un microcontrolador.

IV. RECONOCIMIENTOS (O AGRADECIMIENTOS)

Se extiende un reconocimiento a la Universidad Autónoma de Aguascalientes, por la oportunidad de participar en el Verano de la Ciencia Región Centro, así como a los organizadores. Agradezco la oportunidad y disposición de los investigadores del Instituto Tecnológico Superior de Irapuato, por su cálida recepción, especialmente al Doctor Gilberto Muñoz Moreno, agradezco también brindado por mi familia, lo cuales me apoyaron a participar en el Verano de la Ciencia Región Centro, pero sobre todo agradezco a mis maestros de carrera, por inspirarme y motivarme siempre a crecer intelectualmente.

REFERENCIAS

[1] J. J. ALFARO RODRIGUEZ, J. A. MARTINEZ CABRERA, G. MUÑOZ MORENO y A. R. LOPEZ NUÑEZ, "COMPARACION DE TECNICAS DE MODULACION PARA INVERSOR MULTINIVEL PUENTES H EN CASCADA", *TRABAJOS CIENTIFICOS EN MEXICO.*, pp. 737–743, 2021.

ELABORACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PARA EL PLC DEL LABORATORIO DE ENERGÍAS RENOVABLES.

Luis Francisco Vela Rangel
Instituto Tecnológico Superior de Abasolo
Facultad de Ingenieria
Cuitzeo de 401 Cuitzeo de los Naranjos.
C.P.36976, Los Naranjos, Abasolo, Gto.
as19110471@tecasolo.edu.mx

José Ricardo López Vázquez
Instituto Tecnológico Superior de Abasolo
Facultad de Ingeniería
Cuitzeo de 401 Cuitzeo de los Naranjos.
C.P.36976, Los Naranjos, Abasolo, Gto.
ricardo.lv@abasolo.tecnm.mx

Resumen — En este trabajo se presenta el mantenimiento preventivo e implementación del plan de mantenimiento para el Equipo didáctico de Plcs de la marca praktal el cual se encuentra en el laboratorio de energías renovables en el Instituto Tecnológico Superior de Abasolo, se muestra el trabajo realizado sobre el equipo así mismo la elaboración de las Fichas técnicas de cada equipo lo cual se anexa a un Excel, por último se dan las recomendaciones de trabajo antes de manipular los equipos y el plan de mantenimiento a desarrollar.

Palabras clave —Plan de mantenimiento, Fichas técnicas, recomendaciones de trabajo.

Abstract —In This work presents the preventive maintenance and implementation of the maintenance plan for the Plcs teaching equipment of the praktal brand, which is located in the renewable energy laboratory at the Instituto Tecnológico Superior de Abasolo, the work carried out on the equipment is shown. likewise, the preparation of the technical sheets of each equipment which is attached to an Excel, finally the work recommendations are given before handling the equipment and the maintenance plan to be developed.

Keywords —Maintenance plan, technical sheets, Work recommendations

I. INTRODUCCIÓN

El mantenimiento no es una función "miscelánea", produce un bien real, que puede resumirse en: capacidad de producir con calidad, seguridad y rentabilidad.
Particularmente, la imperativa necesidad de redimensionar nuestra área de trabajo implica para el mantenimiento, retos y oportunidades que merecen ser valorados.
El mantenimiento de la maquinaria es fundamental para el desarrollo productivo de las actividades laborales en la institución, por lo que es necesario el adecuado análisis de los equipos y sus fallas basándose en el historial de la que es de suma importancia para la evaluación critica basado en los indicadores de gestión de mantenimiento.
Debido a los altos costes de las reparaciones de los PLC`s, y los largos plazos de sin la utilización de estos, este trabajo pretende dar algunas luces de las ventajas de un correcto mantenimiento predictivo y preventivo, evitando el mantenimiento correctivo surgido de las averías sufridas por la falta del primero, que originan los altos costos de las operaciones.
Este informe tiene como objetivo elaborar un plan de mantenimiento para los PLC que se encuentran en los talleres de la institución, para tener un control exacto en dada ocasión que se tenga alguna falla y principalmente saber el tiempo adecuado para darle mantenimiento a cada componente.

II. MARCO TEÓRICO

Plan de mantenimiento.

Un plan de mantenimiento es el conjunto de intervenciones u operaciones preventivas que debemos realizar en los equipos o activos de nuestra instalación, basadas en protocolos de mantenimiento para cada tipo de activo, para lograr cumplir con unos objetivos de disponibilidad, fiabilidad y coste y por ende ampliar la vida útil de los equipos. La realización de un exitoso plan de mantenimiento es clave para anticipar los problemas y averías que puedan surgir en nuestros activos.

Fichas técnicas.

Una ficha técnica es un tipo de documento que nos expone las características principales de algo, sea cual sea el objeto. El tipo de ficha técnica y la información que en ella se encuentre dependerá mucho de la finalidad de esta. El formato de una ficha técnica es generalmente alargado y consta de numeraciones, viñetas, tablas o listados. Puede contener logotipos o imágenes que sirven de guía indicándonos las características básicas o principales.

Recomendaciones de trabajo.

Se recomienda, realizar una inspección visual y comprobar el funcionamiento de cada elemento que se utilice antes de montar el sistema conjunto para la simulación. De igual manera se recomienda probar los sistemas uno por uno y luego en conjunto para descartar errores en el sistema.

III. METODOLOGÍA

Para la implementación de nuestro plan de mantenimiento fue requerido realizar una investigación sobre los equipos con los cuales se cuenta, para poder ver los componentes de cada uno y poder desmontar de manera adecuada los equipos, así mismo fue necesario trabajar con nuestros PLCs para checar su estado actual y planear el mantenimiento, por lo cual se realizaron las sigs. actividades:

I. Realizar una inspección visual de nuestro equipo, detectar posibles fallos o averías, para este caso solo encontramos conectores faltantes banana Jack.
II. Desmontar los pernos con los que nuestro PLC viene de fábrica, nos ayudamos de un taladro para esta actividad.
III. Realizamos una limpieza total de nuestros equipos con ayuda de brochas y alcohol isopropílico para cuidar la electrónica de estos.
IV. Se realiza una segunda inspección viendo por dentro nuestros equipos detectando así conectores flojos, así mismo manijas del PLC flojas.
V. Se ajustaron los respectivos conectores flojos así mismo las manijas, se utilizaron desarmadores plano y cruz para las manijas y para los conectores se utilizo un juego de dados 8,9,10,11,12 mm.
VI. Algunos Plcs no contaban con conectores con lo cual se compraron los conectores Banana Jack 4mm y se instalaron.
VII. Se decidió cambiar los pernos de nuestros Plcs por pijas de cruz, esto para facilitar con ello el mantenimiento futuro.

VIII. Se realizo el respectivo montaje de todos nuestros Plcs así mismo se realizaron pruebas de funcionamiento.

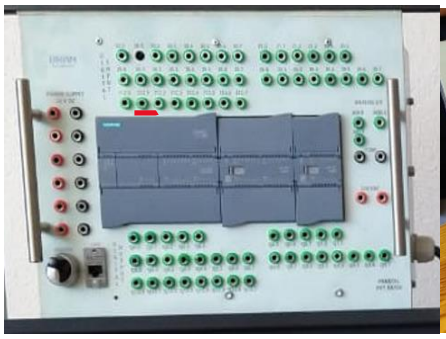
IX. Por último, se recopilo la información de los componentes de todo nuestro banco de trabajo y se anexaron en un Excel para facilitar así el localizar algún componente que presente fallos a futuro.

IV. RESULTADOS

A continuación, se observa el trabajo realizado durante el verano de la ciencia de la región centro, con ayuda de nuestro asesor José Ricardo López Vázquez, iniciamos la investigación para manipular de manera adecuada nuestros equipos, realizar el respectivo desmontaje de ellos, realizamos la inspección visual y a fondo para detectar los fallos y averías, se realizó la limpieza general de los equipos, se cambiaron los conectores con los que no contaba el equipo como los que presentaban fallos, se realizó el ajuste de todos nuestros conectores flojos, se ajustaron las manijas de nuestros equipos, por último se recopilo la información de nuestros equipos y se realizaron la fichas técnicas anexadas a un archivo Excel para encontrar de manera eficaz algún componente que presente fallos a futuro.

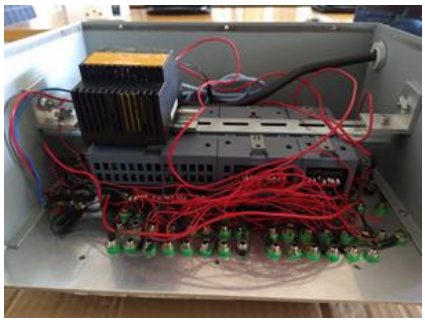
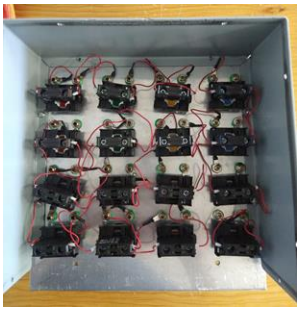
k) Se muestra el estado inicial de nuestros equipos antes de realizar el mantenimiento.

l) Se muestra el trabajo realizado en los equipos, desmontaje, limpieza e inspección.



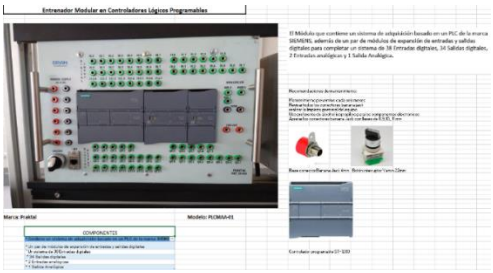
m) Algunos problemas detectados en nuestros Plcs.

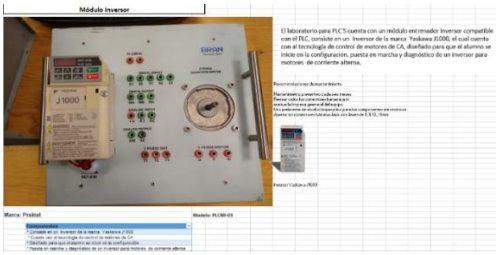
n) Conectores obtenidos para el remplazo de las piezas faltantes o con fallo, conector banana Jack de 4mm.

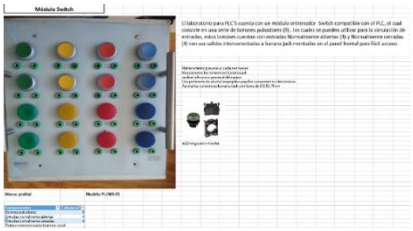
o) Se muestra el trabajo terminado después de la limpieza y arreglo a los fallos que presentaba los componentes del PLC.

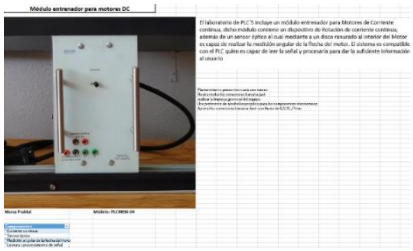
p) Se observa el estado final de nuestros equipos después del mantenimiento.



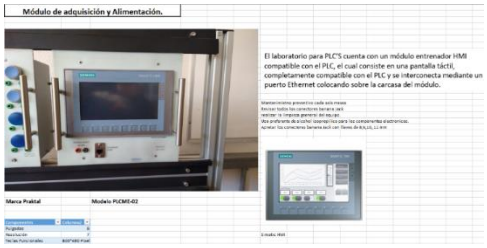


q) Ficha técnica del Entrenador modular en controladores lógicos programables y Ficha técnica del Módulo Inversor.





r) Ficha técnica del Módulo Switch y Ficha técnica del Módulo entrenador para motores DC



s) Ficha técnica del Módulo de Adquisición y Alimentación.

Mantenimiento preventivo y correctivo, planeado en los periodos vacacionales del Instituto tecnológico Superior de Abasolo, se debe realizar una inspección visual, la limpieza adecuada de nuestros equipos y solucionar los fallos detectados.

Trabajo normal del equipo en periodo escolar, se recomienda realizar una inspección visual antes de manipular nuestros equipos para detectar posibles fallos o conectores faltantes, realizar la correcta alimentación eléctrica y al terminar desconectar de manera adecuada.

t) Programa de mantenimiento planteado para él optimo cuidado de nuestros equipos de Plcs.

v. CONCLUSIONES

El plan de trabajo propuesto para la realización de nuestro proyecto fue realizar el mantenimiento a los equipos de Plcs de nuestra Institución educativa, como el planteamiento de un programa de mantenimiento el cual no se contaba en la institución, por último, realizamos las fichas técnicas de nuestros equipos. El trabajo fue realizado de forma óptima durante el tiempo establecido, la importancia del cuidado de nuestros equipos en la institución es vital para evitar fallos en periodo ordinario escolar, el mantenimiento realizado a todos nuestros equipos nos permitió poder contar con los dos bancos de trabajo en funcionamiento debido a que antes del mantenimiento solo se tenía en funcionamiento un banco de trabajo, por lo que nuestros resultados fueron satisfactorios al rehabilitar el banco de trabajo en fallo, realizar los respectivas pruebas de funcionamiento las cuales fueron satisfactorias y contar con un plan estructurado para evitar fallos, así mismo dar a conocer las recomendaciones de trabajo a los integrantes de nuestra institución ayuda a cuidar nuestros equipos.

VI. RECONOCIMIENTOS

Expreso mi agradecimiento al Instituto Tecnológico Superior de Abasolo, a sus laboratorios por las facilidades y el apoyo otorgado para la realización de la estancia de verano y principalmente al ing. José Ricardo López Vázquez por la confianza de otorgarnos este proyecto y la disposición a la hora de realizar las actividades.

REFERENCIAS

[1] Vera Juárez, L. A. (2002). Instalación, mantenimiento y automatización de un grupo electrógeno de 50 kw con PLC.

[2] Quispe Flores, J. P. (2018). Aplicaciones de PLC en Procesos Básicos.

[3] Ríos, L. C., & López, J. (2007). Aplicación y mantenimiento de PLC en modernización tecnológica para uso de ciencias escolares. *Scientia et technica*, *13*(37), 217-222.

[4] Limachi, S., & Alder, F. (2018). Diseño e implementación de un sistema de control y supervisión practico de módulos de entrenamiento Industrial y automatización con PLC.

[5] García, F. C., López, V. G., Rendón, J. C. J. C. C., & Hernández, A. G. (2018). TABLERO DE PLC, PARA CAPACITACIÓN EN EL TRABAJO. *Pistas Educativas*, *38*(119).

FLOTACIÓN DE MOLIBDENITA CON XANTATO ISOPROPILICO DE SODIO

Nahomi Michelle Briceño Torres[(1)] Claudia Veronica Reyes Guzman [(2)] Leonor Muñoz Ramírez [(3)] Sergio Garcia Villareal [(3)]
(1) estudiante de 7 semestre de la carrera IQMM
(2) investigadora de la Universidad Autónoma de Coahuila, Facultad de Metalurgia, Carretera 57 Km 5, C.P. 25710 Monclova, Coah. @claudia_reyes_guzman@uadec.edu.mx
(3) Colaboradores del proyecto de investigación

I. RESUMEN

Se trabajó con el mineral extraído de una mina, buscamos reducir el tamaño de la roca en la trituradora de quijadas y posteriormente en el molino de bolas, con el fin de obtener granos pequeños y finos, en seguida se le aplico un tamizado al material y se utilizaron únicamente las mallas 100 y 140 las cuales son las requeridas para este proceso.
Posteriormente, se realizaron experimentos de flotación con distintas cantidades de reactivos y 800 ml de agua. Los parámetros más influyentes fueron la cantidad de xantato, así como la cantidad de mineral y el tiempo de reacción que se empleó para cada reactivo. Finalmente, se procedió a filtrar y una vez seco se recolecto muestra tanto del concentrado como de la cola, y así de cada uno de los experimentos, después se realizó un análisis de difracción de rayos X, espectroscopia infrarroja con transformadas de Fourier, microscopio electrónico de barrido y fluorescencia de rayos X para conocer el porcentaje de molibdeno que se obtuvo

II. ANTECEDENTES

1.- ¿Qué es la flotación de minerales?
Se define la flotación como un proceso de concentración de minerales en el cual se procura separar las partículas de menas útiles de estériles o gangas, mediante un tratamiento físico químico que modifica su tensión superficial para lograr que burbujas de aire finamente divididas se adhieran a las primeras y las enriquezca en una espuma [1].
La flotación, en comparación con otros procesos de concentración, tiene como ventaja:

- Tener flexibilidad suficiente para concentrar selectivamente.
- Adaptarse fácilmente al tratamiento en gran escala y con ayuda de técnicas automáticas de control y medición.
- Integrarse fácilmente con técnicas modernas de molienda y clasificación.

Para que la flotación de minerales sea efectiva, se requieren de los siguientes aspectos:

Tabla I. Aspectos que influyen en la flotación

Reactivos químicos	Componentes del equipo	Componentes de la operación
Colectores	Diseño de la celda	Velocidad de alimentación
Espumantes	Sistema de agitación	Mineralogía
Activadores	Flujo de aire	Tamaño de partícula
Depresores	Configuración de los bancos de celdas	Densidad de pulpa
pH	Control de los bancos de celdas	Temperatura

2.- Tipos de flotación

Existen tres tipos de flotación natural, flotación asistida y flotación inducida.

- Flotación natural: Válido si la diferencia de densidad natural es suficiente para la separación.
- Flotación asistida: Ocurre cuando se utilizan medios externos para promover la separación de partículas que flotan naturalmente.
- Flotación inducida: Ocurre cuando la densidad de las partículas disminuye artificialmente para permitir que las partículas floten. Esto se basa en la capacidad de ciertas partículas sólidas y líquidas de unirse con burbujas de gas (generalmente aire) para formar <partículas-gas> con una densidad menor que la del líquido **[2].**

Descripción del proceso de flotación:

En las celdas de flotación se hace burbujear oxígeno desde el fondo de manera que las partículas de cobre presentes en la pulpa se adhieran a las burbujas de aire y así suben con ellas y se acumulan en una espuma. La espuma rebasa hacia canaletas que bordean las celdas y que la llevan al proceso de decantación **[3].** El proceso de la celda de flotación se ve ilustrado en la figura 1.

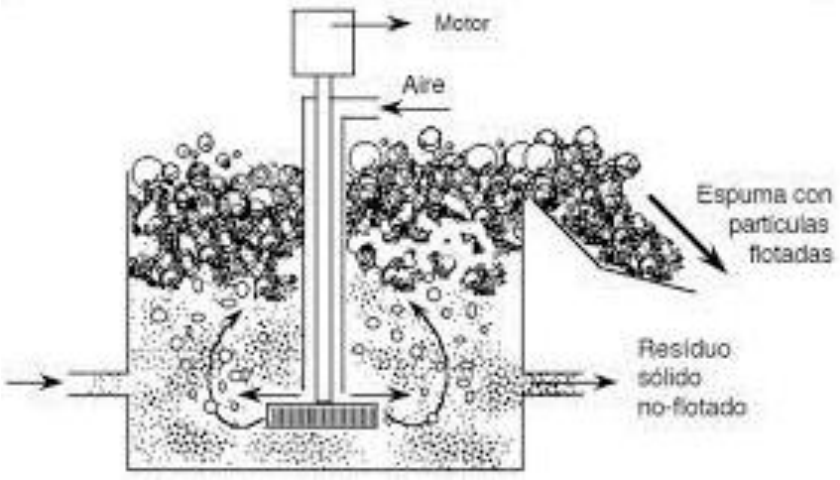


Figura 1. Proceso de flotación

2.1 Reactivos de flotación

Son sustancias químicas que promueven, modifican e intensifican las condiciones de este proceso físico-químico y con esto buscan llevar a cabo su mejor funcionamiento. Los reactivos comúnmente más utilizados son el colector, el espumante y el modificador.

a) Colectores

Son sustancias orgánicas y cumplen con la función de inducir hidrofobicidad a las partículas valiosas (figura 2). Esto quiere decir que cuenta con la capacidad de repeler el agua de su superficie.

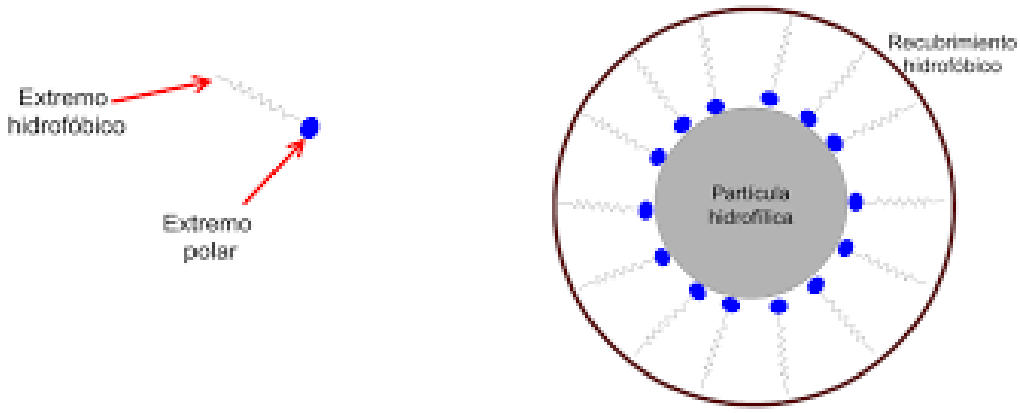


Figura 2. Adhesión de colector sobre partícula mineral

b) Espumantes

Estos tienen la función de mejorar la estabilidad de la espuma, para que de esta manera pueda ser removida antes de que las burbujas coalezcan.

c) Modificadores de pH

El proceso de flotación depende mucho del valor de pH, dependiendo de este se promoverán o suprimirá la ionización de los reactivos, por lo que estos reactivos promueven el control de la selectividad de los reactivos y la depresión de minerales.

III. METODOLOGÍA

Para comenzar con el proceso de experimentación se inició con un material recolectado de una mina en la cual se extrae cobre y otros minerales, de acuerdo a los procesos primarios de la minería se inicia con el proceso de reducción de tamaño, de igual manera se realizó en este proyecto, iniciando con la trituradora de quijadas para de esta manera poder obtener un tamaño más pequeño del mineral (figura 3), se decidió iniciar con este proceso ya que el tamaño de roca era demasiado grande y difícilmente se lograría su reducción con el molino de bolas.

Figura 3. Trituradora de quijada

Una vez finalizada la etapa de trituración, el siguiente paso para la reducción de tamaño le corresponde al molino de bolas como podemos observar en la figura 4. Se trabajó en el molino de bolas por aproximadamente 1 hora utilizando una relación de 3:1, un kilo de mineral por tres kilos de bolas, hasta lograr obtener el mineral con distintos tamaños de partículas.

Figura 4. Molino de bolas

Al terminar esta etapa se decidió hacerle un primer análisis al mineral virgen mediante la técnica de fluorescencia de rayos x (figura 5), el cual nos arrojó los distintos elementos que contenía la roca, así como el porcentaje de cada una de ellas.

Figura 5. Fluorescencia de rayos x

Posterior al molino de bolas, y observando que, si haya una distinción entre tamaños de partícula, el mineral se dirigió hacia el tamizador ilustrado en la figura 6. El tamizado consiste en lograr la separación de los tamaños de partícula, de acuerdo al número de mallas, mediante la agitación, para después calificarlas en los distintos números de tamices con el fin de poder separar las partículas más grandes de las más pequeñas. Las mallas que se utilizaron en proyecto fueron 200,140, 100, y 12 (figura 7).

Figura 6. Tamizador

Figura 7. Mallas utilizadas

Para poder realizar los experimentos se optó por elegir dos distintos tamaños de granulometría (mallas 100 y 140), ya que este tamaño de partícula era el más adecuado para llevar a cabo las flotaciones.

Como reactivos se utilizaron xantato isopropilico, hidróxido de sodio ($Ca(OH)_2$), como promotor se utilizó f-1234 ($(CH_3)_2CHOCSNHC_2H_5$) y como espumante f-160 (aceite de pino) como se muestran en la figura 8.

Figura 8. Reactivos utilizados

Para cada flotación se varió la cantidad de los reactivos, en la tabla II se puede observar el diseño de experimentos.

Tabla II. Diseño de experimentos de la flotación

Flotaciones	1	2	3	4	5
Mineral Mo	50 gr	70 gr	100 gr	200 gr	95 gr
Cal	0.6 gr	0.7 gr	0.8 gr	0.9 gr	1 gr
Xantato	1 gr	2 gr	3 gr	15 gr	25 gr
Promotor	5 gotas	6 gotas	7 gotas	10 gotas	15 gotas
Espumante	5 gotas	10 gotas	5 gotas	10 gotas	15 gotas
Agua	800 ml	800 ml	800 ml	800 ml	800 ml

IV. ANALISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Los resultados del análisis de fluorescencia de rayos X que se le realizaron a la muestra del mineral virgen se muestran en la tabla III.

Compound	Conc.	Unit
Si	19.103	%
S	8.183	%
Ca	2.629	%
Fe	0.363	%
Mo	19.268	%

Tabla III. Resultados de análisis de fluorescencia de rayos x

Caracterización mineralógica del mineral

El proceso de beneficio de minerales necesita ser evaluado en forma rutinaria y periódicamente para obtener grandes beneficios. Una de las técnicas para un proceso de diagnóstico consiste en los análisis mineralógicos, entre otras. Esta técnica fue empleada en este trabajo para determinar las ventanas de oportunidades para incrementar la recuperación de minerales de molibdeno y como subproducto calcio y silicio, en las etapas de los bancos primarios y agotativos.
El análisis químico mostrado en la tabla IV, nos muestra presencia de molibdeno en el tamiz 100 y 140 y los estudios mineralógicos definieron como principales minerales de molibdeno, la molibdenita, como se muestra en la tabla V.

Estandar,µm	Alternativo, #	Elementos encontrados
150	100	Mo-Si-Ca-Fe
106	140	Mo- Si-Ca-Fe

Tabla IV. Análisis por malla de la cabeza del mineral

Estandar, µm	# malla	Elemento encontrado	Mineral	%
150-106	100-140	Molibdeno	molibdenita	47.3
		Silicio	Cuarzo	25.2
		calcio	cal	17.2
		hierro	pirita	10.3
				100 %

Tabla V. Estudio mineralógico del tamiz 100-140

Análisis de ICP

En la figura 9 nos muestra los elementos mayoritarios y minoritarios en el concentrado de molibdenita, donde se observa que la mayor cantidad la tiene el molibdeno.

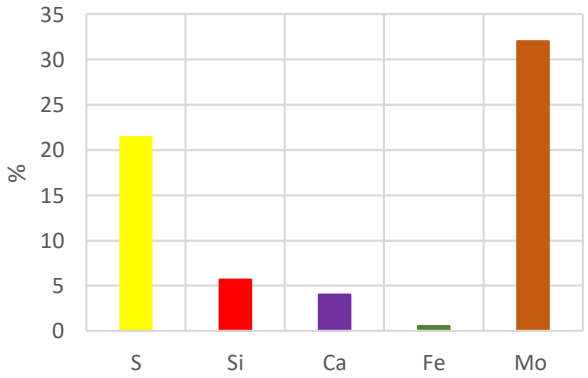


Figura 9. Composición química de los elementos que están presentes en la molibdenita

Espectroscopia Raman

Esta técnica espectroscópica proporcionó información detallada sobre la cristalinidad de los materiales y las especies presentes en los distintos materiales sintetizados. El espectro Raman desarrollado por la molibdenita son ubicadas en las bandas de 254, 308, 484, 676, 834 cm^{-1} y se relacionan a las vibraciones MoS_2, MoO_3 y MoO_2 como se muestra en la figura 10.

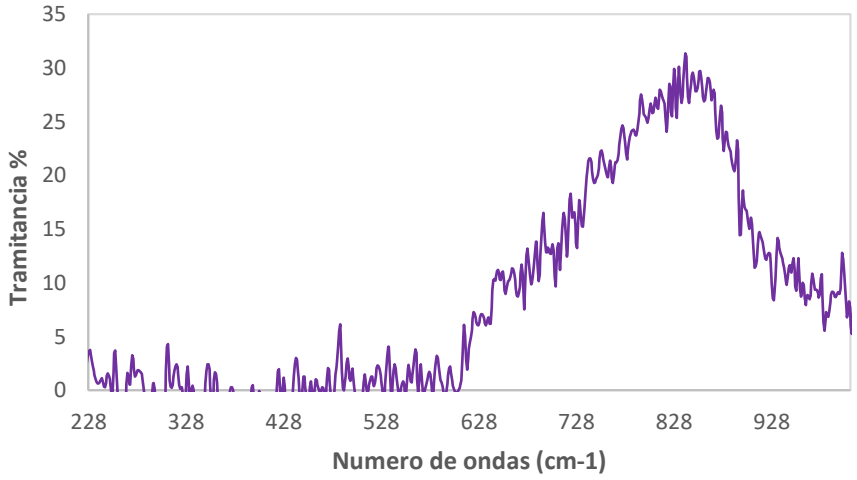


Figura 10. Espectroscopia Raman de la molibdenita

Difracción de rayos X

La difracción de rayos X (XRD) permite la rápida identificación de materiales particulados de minerales. Proporciona información detallada acerca de la estructura cristalográfica de sus muestras, que puede utilizarse para identificar las fases presentes. XRD es especialmente útil para la identificación de fases de grano fino que son difíciles de identificar por otros métodos como la microscopia óptica.

En el análisis del concentrado 1-cola 1, el análisis de difracción de rayos x no fue capaz de detectar ya que tenia muy poca cantidad molibdeno y trazas de los otros elementos por ello no hay difractograma de este.

El difractograma (figura 11) nos muestra una transformación de la molibdenita en el concentrado 2, y además en la tabla VI nos muestra las intensidades presentes en la muestra del concentrado 2.

Posición	Fases
16	MoS_2
24	MoO_2
32	FeS
39	MoS_2
42	MoO_2
46	MoS_2
49	CaO
51	SiO_2
59	FeS
71	CaO
83	CaO

Tabla VI. Posiciones y fases presentes en las muestras de molibdenita

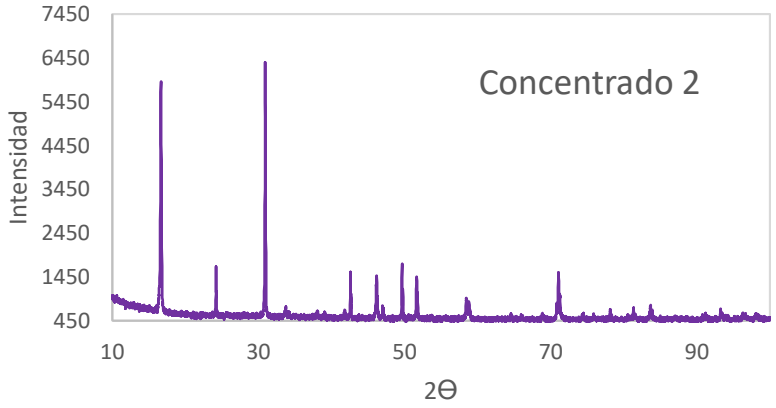


Figura 11. Difactograma del concentrado 2

Con la relación de los resultados de la cola 2, nos muestra una intensidad muy alta de cuarzo y MoO2 en la posición 24, 30 y cal a 98 como se muestra el difractograma (figura 12).

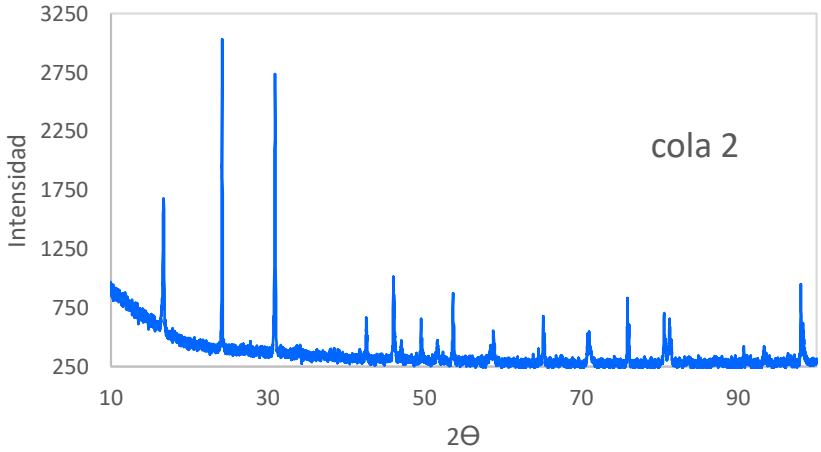


Figura 12. Cola número 2 de concentrados de molibdenita

Con el difractograma de la figura 13 nos muestra una gran intensidad de molibdenita en la posición 15 y 46 cabe destacar que la intensidad de la molibdenita en este concentrado se triplico a comparación del concentrado número 1, con respecto a MoO_2 en la posición 24, en el 31 se da una nueva fase de la molibdenita MoO_3, cuarzo en la posición 51 y hierro en 59 y cal en 71.

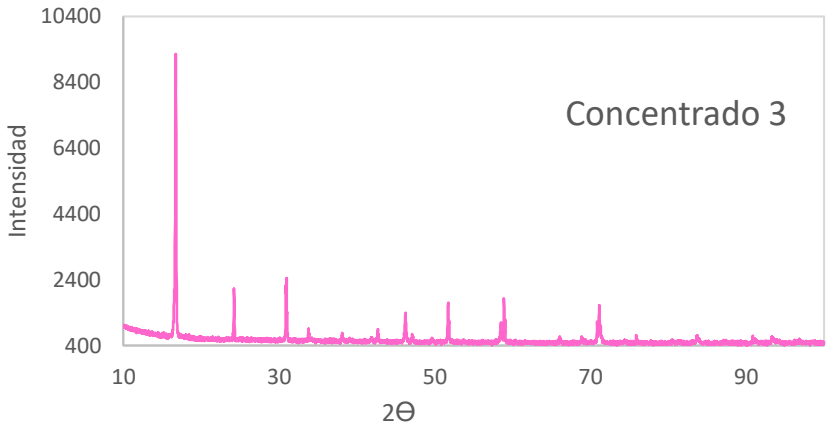


Figura 13. Difactograma del concentrado 3

Con la relación de los resultados de la cola 3, nos muestra una intensidad muy alta de pirita en 32 y 64, y con respecto a la cal se pudo encontrar en las posiciones 49, 71, 83, y cabe destacar que se encontró presencia de MoO2 en la posición 24 y 46, esto puede ser porque una de las características típicas de esta fase es lo tan hidrofílica y por ello no salió al exterior de la celda, como se muestra el difractogram (figura 14).

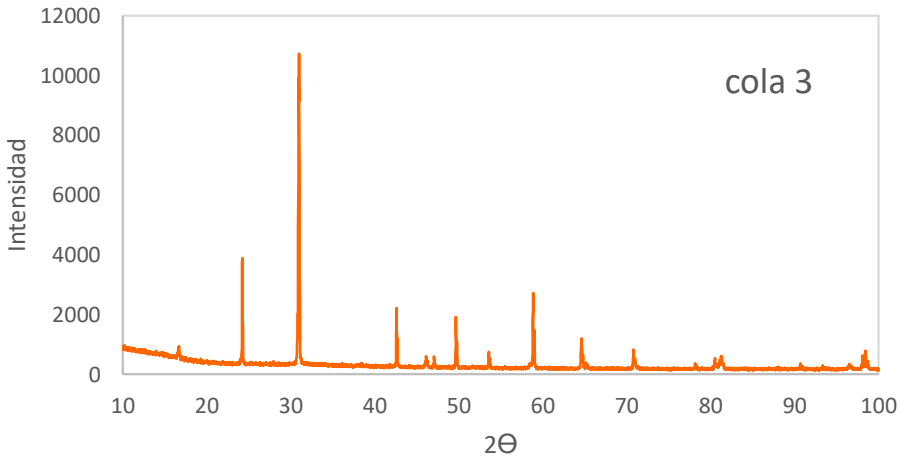


Figura 14. Difactograma de la cola 3

Con el difractograma (figura 15) nos muestra una gran intensidad de molibdenita en la posición 15 y 46, con respecto a MoO_2 en la posición 24, MoO_3 en la posicion 30, cuarzo en la posición 51 y hierro en 59 y cal en 71.

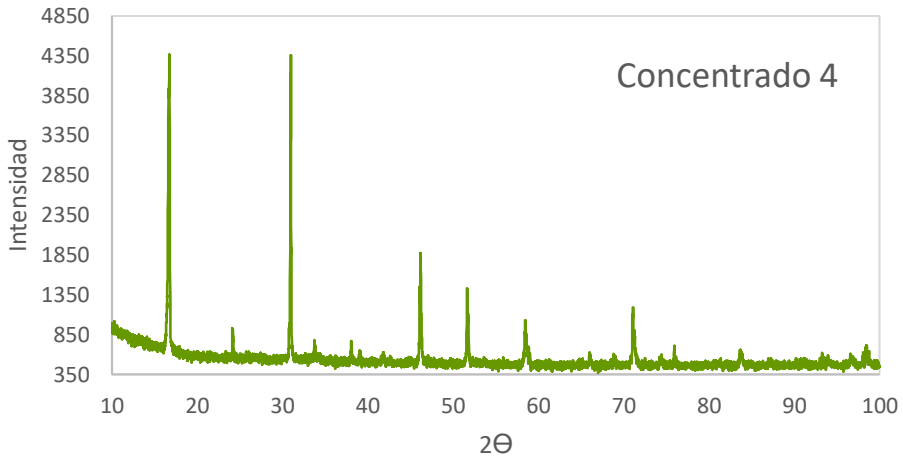


Figura 15. Difactograma del concentrado 4

Con la relación de los resultados de la cola 4, nos muestra una intensidad de MoO_2 en la posición 30 y intensidades bajas de cal como se muestra en difractograma (figura 16).

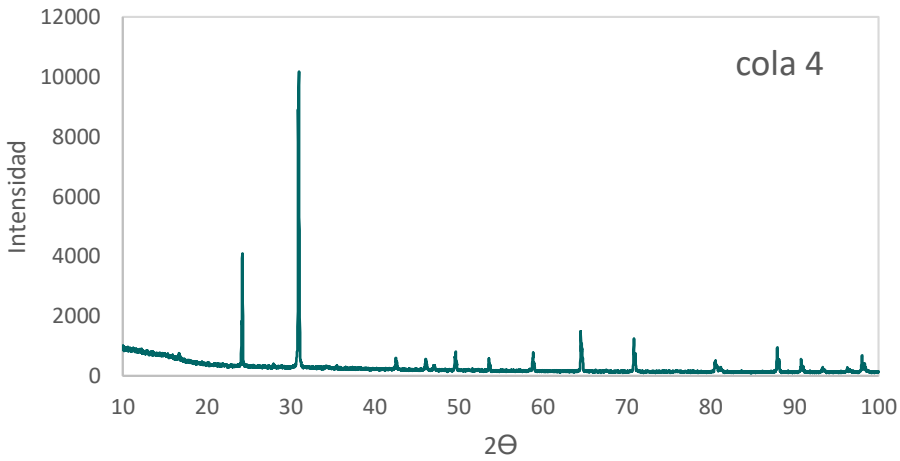


Figura 16. Difactograma de la cola 4

Con el difractograma de la figura 17 nos muestra una gran intensidad de molibdenita en la posición 15 y 46, con respecto a MoO_2 en la posición 24, MoO_3 en la posicion 30, cuarzo en la posición 51 y hierro en 59 y cal en 49, 71, 83.

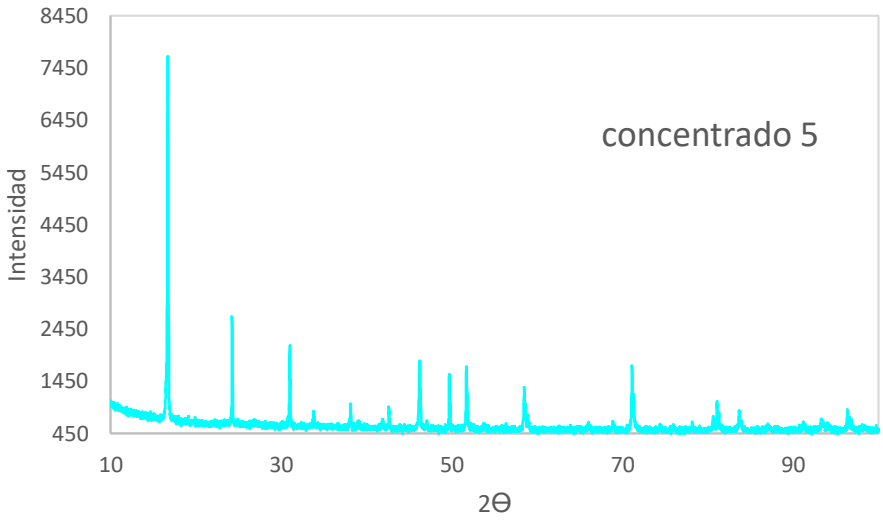


Figura 17. Difactograma del concentrado 5

Con la relación de los resultados de la cola 5, nos muestra una intensidad de MoO_3 en la posición 30 y una intensidad alta 58 de pirita y intensidades bajas de cal como se muestra en difractograma (figura 18).

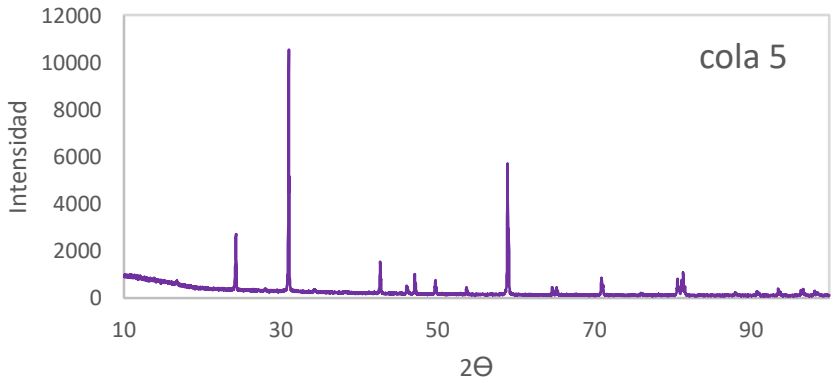


Figura 18. Difactograma de la cola 5

V. CONCLUSIONES

1.- Con relación de la caracterización de fluorescencia de rayos x (FRX), nos muestra todos los elementos que presenta la muestra dando el mayor porcentaje de molibdeno

2.- Con la caracterización mineralógica del mineral, nos dio presencia de molibdeno en el tamiz 100 y 140 y los estudios mineralógicos definieron como principales minerales de molibdeno como molibdenita, presencia de hierro como pirita, silicio como cuarzo y calcio

como cal, y cabe destacar que esta malla es la optima para el proceso de flotación por ello esta caracterización.
3.- Con la caracterización de Espectrometría de Masa con Plasma Acoplado Inductivamente (ICP) corroboro la caracterización mineralógica ya que se encontró mayor presencia de molibdeno.
4.- Con respecto a la Espectroscopia Raman, se hizo este análisis para poder detectar las transformaciones de la molibdenita dando las bandas características de MoS_2, MoO_2 y MoO_3, lo cual podemos concluir que se dieron esta transformaciones por el xantato isopropílico de sodio, que en las investigaciones recientes se hacen notorias pero haciendo lixiviaciones, mas sin embargo en nuestra investigación se logro estas transformaciones gracias a la acidez del colector.
5.- Con la caracterización de Difracción de Rayos X, podemos hacer notar que en los concentrados se dieron grandes intensidades del Sulfuro de molibdeno a altas intensidades, mientras que en las colas se noto la presencia de pirita, cal y cuarzo. El mayor porcentaje de sulfuro de molibdeno fue en el concentrado 3.

VI. AGRADECIMIENTOS

La estudiante agradece a la dra Claudia Reyes por todas las atenciones prestadas en el lab de extractiva asi como al dr Francisco Raul carrillo por uso de espectro de fluorescencia de rayos x

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

[1] Clubensayos.Com. Recuperado el 29 de noviembre de 2021 de https://www.clubensayos.com/Temas-Variados/Breve-Historia-De-La-Flotacion/1584227.html

[2] Blogspot.Com. Recuperado el 29 de noviembre de 2021 de http://procesaminerales.blogspot.com/2012/09/flotacion-minerales.html

[3] Metodosdeseparaciondemezclas.Win. Recuperado el 29 de noviembre de 2021 de https://metodosdeseparaciondemezclas.win/flotacion/

[4] Minmineria.Cl. Retrieved November 29, 2021, from https://www.minmineria.cl/glosario-minero-f/flotacion/

[5] (Dakota del Norte). Udec.Cl. Recuperado el 29 de noviembre de 2021 de http://repositorio.udec.cl/bitstream/11594/3451/6/Tesis_Optimizacion_de_la_flotacion_de_molibdenita%20.Image.Marked.pdf

MICROSCOPÍA ÓPTICA EN LA IDENTIFICACIÓN DE MINERALES OPACOS

Luis Alberto Ibarra Cázares
Universidad Autónoma de San Luis Potosí
Coordinación Académica Región Altiplano
Carr. a Cedral km 5 + 60
Matehuala, 78700 San Luis Potosí, S.L.P.
a279207@alumnos.uaslp.mx

Jonatan Andrade Martínez
Universidad Autónoma de San Luis Potosí
Coordinación Académica Región Altiplano
Carr. a Cedral km 5 + 60
Matehuala, 78700 San Luis Potosí, S.L.P.
jonatan.andrade@uaslp.mx

Resumen — En este proyecto se presenta a la microscopía óptica para identificar minerales opacos presentes en un concentrado, presuntamente de cobre, teniendo en cuenta el tipo de yacimiento del que provenía, después de la molienda a tamaño de partícula fino. Para lograrlo, se realizó el proceso de preparación de la muestra en resina, para posteriormente desbastar y pulir la muestra, con el fin de que los minerales puedan ser vistos bajo la luz del microscopio mineragráfico. Una vez pulida, se llevó al análisis óptico del microscopio, tomando en cuenta las propiedades de cada especie observada, como el color, pleocroísmo, dureza de pulido, anisotropía, maclado, etc. Finalmente se identificaron diferentes especies de cobre, como la calcopirita, covellita, entre otros.

Palabras clave — Microscopía óptica, caracterización mineralógica, mineralogía, mineral opaco.

Abstract — In this project, optical microscopy is presented to identify opaque minerals present in a concentrate, presumably copper, considering the type of deposit from which it came, after grinding to fine particle size. To achieve this, the process of preparing the sample in resin was carried out, to later roughen and polish the sample, so that the minerals can be seen under the light of the mineragraphic microscope. Once polished, it was subjected to optical microscope analysis, considering the properties of each species observed, such as color, pleochroism, polishing hardness, anisotropy, twinning, etc. Finally, different copper species were identified, such as chalcopyrite, covellite, among others.

Keywords — Optical microscopy, mineralogical characterization, mineralogy, opaque mineral.

I. INTRODUCCIÓN

La identificación de minerales es de suma importancia para las empresas mineras, ya que esto les ayuda a conocer el yacimiento sobre el cual poseen concesión, sean cuales sean sus motivos, generalmente de exploración. Para ello se requieren diferentes técnicas de caracterización mineralógica.

Existen diferentes técnicas de caracterización mineralógica, como lo son la microscopía óptica, la microscopía electrónica de barrido, la difracción de rayos X, la absorción atómica, etc. Para obtener una caracterización mineralógica con mayor precisión, se requiere utilizar más de una de estas técnicas, aunque en algunos casos, las empresas pequeñas-medianas, no cuentan con la tecnología o los recursos necesarios para hacer estos estudios, por lo tanto, muchas de estas empresas acuden a la microscopía óptica, al ser una opción más accesible. Esta técnica suele ser efectiva si se tiene la experiencia necesaria, ya que un mineralogista con trayectoria podría reconocer con facilidad la muestra bajo el microscopio.

En esta ocasión se requiere identificar mediante la microscopía óptica, una muestra de mineral molido a un tamaño de partícula no mayor a 150 μm, obtenido de una planta de procesamiento de minerales de mena de cobre, ubicada en el municipio de La Paz, San Luis Potosí. Dicha planta es alimentada del mineral extraído de las minas de la Sierra del Fraile. El objetivo es encontrar el principal mineral de mena de cobre que se cree que es la calcopirita.

El distrito tiene dos modelos principales de yacimiento, el de vetas (Mesotermal) y el Metasomático de contacto (*skarn*), de este último se extrajo el mineral de la muestra. El yacimiento de *skarn* del Distrito Minero La Paz se clasifica como *skarn* cálcico y desde el punto de vista económico un *skarn* de cobre, ya que este es el principal producto generado.

Los minerales de mena son calcopirita, bornita, covellita, calcosina y los de ganga arsenopirita, pirita, fluorita, cuarzo y calcita. Es este yacimiento el que se encuentra actualmente en explotación con dos minas, Dolores con una producción diaria de 4900 toneladas (1.50 g/t Au, 50 g/t de Ag y 0.90 % de Cu) y la mina de Cobriza con 4250 toneladas por día (0.80 g/t Au, 60 g/t de Ag y 1.20 % de Cu) [1].

II. MARCO TEÓRICO

El estudio de minerales opacos en una sección pulida utilizando el microscopio de luz reflejada de polarización es la técnica más importante para la identificación y caracterización de las fases opacas en una muestra y de las relaciones texturales entre ellas. Dado que la mayoría de los minerales metalíferos están compuestos de minerales opacos, este estudio se ha conocido tradicionalmente como microscopía de minerales opacos y ha encontrado sus mayores aplicaciones en el estudio de los yacimientos minerales.

La luz natural es aquella en la que la radiación vibra en todos los planos perpendiculares a la trayectoria. La luz cuyas vibraciones están restringidas a determinadas direcciones en el espacio se denomina luz polarizada. Existen tres tipos de polarización, pero en esta ocasión la que nos interesa es la polarización lineal. En la luz linealmente polarizada el fotón se desplaza vibrando perpendicularmente a la trayectoria y describiendo una onda contenida en un plano. A los materiales que convierten la luz blanca en luz linealmente polarizada se les denomina polarizadores.

El microscopio de polarización es un microscopio compuesto al que se le ha provisto de dos polarizadores y una platina giratoria. El primer polarizador se ubica antes de la muestra, para de esta forma estudiar los objetos con luz linealmente polarizada. La platina giratoria permite girar la muestra y de esta forma la dirección de vibración de la luz linealmente polarizada incide en la muestra con diferentes orientaciones. El polarizador (analizador) superior se ubica entre la muestra y el ocular permitiendo analizar si el mineral estudiado es capaz de hacer variar la dirección de la luz linealmente polarizada incidente. Los microscopios de polarización presentan un sistema de luz transmitida para el estudio de minerales transparentes y otros de luz reflejada para el estudio de minerales opacos (figura 1) [2].

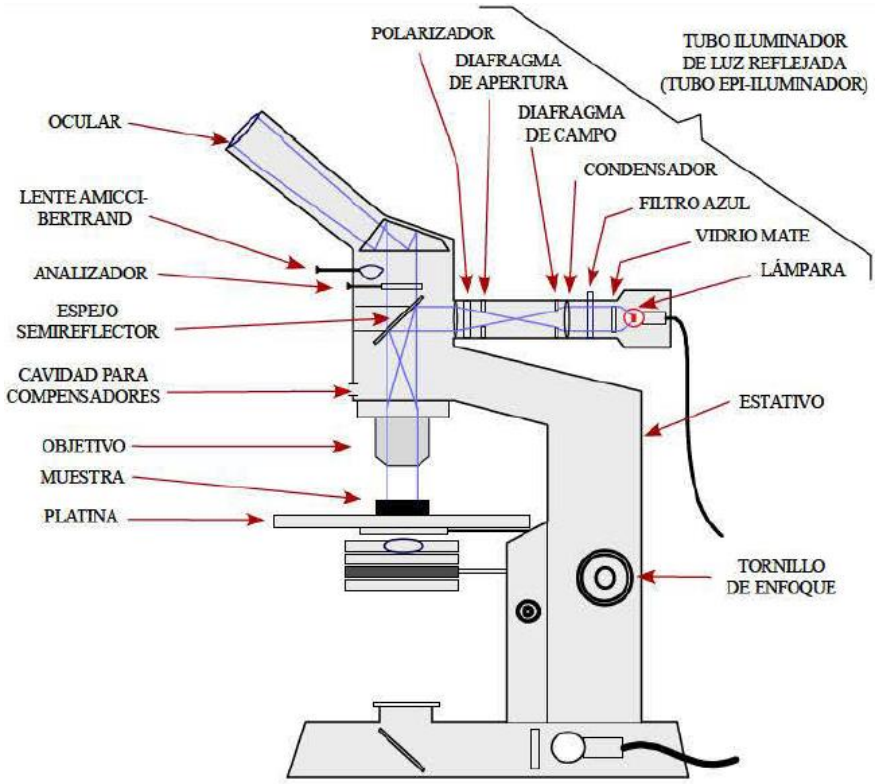


Fig. 1. Microscopio de luz reflejada.

Las propiedades de los minerales, que pueden ser observadas bajo el microscopio de luz reflejada son el color, la reflectividad, birreflectividad y pleocroísmo de reflexión y la dureza de pulido, con nícoles paralelos, es decir, sin analizador, mientras que con nícoles cruzados, es decir, con analizador, se puede observar el color de polarización, la isotropía/anisotropía, las reflexiones internas y el maclado.

III. MATERIALES Y METODOLOGÍA

Los materiales utilizados para la preparación de la muestra en resina (etapa 1) se enlistan a continuación en la tabla 1.

Tabla 1. Materiales utilizados para la elaboración de la briqueta.

Material	Especificaciones
Concentrado mineral	A un tamaño de partícula 10 – 150 µm
Espátula	De acero inoxidable
Vaso de precipitado	500 mL
Moldes de silicón	Cilíndricos, 3 cm de diámetro interior
Lubricante	Vaselina
Resina y endurecedor	Epóxica para fines metalúrgicos

a) b)

Fig. 2. a) Muestra en resina fresca. b) Muestra 24 h después de su preparación y desmoldada.

El procedimiento para elaborar la muestra se explica en dos partes, la primera consta de la etapa de preparación de la briqueta, que consiste en montar el concentrado mineral en resina para que esta solidifique y pasar a la segunda etapa del proceso, que es la etapa del desbaste y pulido de la briqueta, para que el concentrado sea visible al microscopio.

Proceso de preparación de la muestra

La primera etapa consiste en el cuarteo del concentrado para obtener una muestra representativa del yacimiento que fue extraído y de la muestra general obtenida, ya que, de esta, se utilizaron aproximadamente 4 g de concentrado para la briqueta. Este cuarteo consiste en colocar en una superficie plana el concentrado formando un montículo y a la vez girando la superficie, puede ser esta una lámina flexible y limpia, una vez formado este montículo, se partirá en 4 cuadrantes, de los cuales se conservan dos, el cuadrante I y III, por ejemplo, mientras que el concentrado restante regresa a la muestra original. Este proceso se repetirá hasta obtener la cantidad necesaria para elaborar la muestra.

Una vez obtenida la cantidad de concentrado necesaria, se preparó la resina, para ello se tuvo qué mezclar con el endurecedor, con una relación de 15 partes de resina y 2 de endurecedor. En esta ocasión se utilizaron 9.09 mL de resina y 0.91 mL de endurecedor. Esta debe mezclarse por al menos 20 minutos, de manera suave y constante para evitar la formación de burbujas. Una vez mezclado, se lubricó el molde con vaselina y se agregó una pequeña cantidad de resina al fondo, después se agregó el concentrado del mineral y por último se añadió la resina restante. Se dejó secar la muestra al interior del laboratorio durante 24 horas. Posterior a este tiempo, la briqueta se llevó al proceso de desbaste y pulido (etapa 2). Ver la figura 2.

La etapa 2 del proceso, como se mencionó con anterioridad, consiste en el desbaste y pulido, este proceso es más tardado que la etapa 1 y es más complicado, para esto además del material, se requiere un equipo especializado en desbaste y pulido, en esta ocasión se utilizó una pulidora METPOL-2V de MetLab.

El resto de los materiales utilizados, así como sus especificaciones, se enlistan a continuación en la tabla 2.

Tabla 2. Materiales utilizados para el desbaste y pulido de la muestra.

Material	Especificaciones
Discos piano de diamante MetLab	Piano 120 y piano 220
Lijas de agua	Tamaño 300, 400, 500, 600, 1000, 1500 y 2000
Discos de pulido	Paño Dia Dac (M615-8MD) y paño Micron (M500-8MD).
Suspensión policristalina de diamante	3µ y 1µ
Lubricante azul de diamante	A base de etanol
Alúmina	< 1µ

Proceso de desbaste y pulido de la muestra

El procedimiento de la etapa 2 consiste en desbastar la muestra, para ello se tuvo que utilizar la pulidora, comenzando en esta ocasión con el piano 120 a 300 rpm, el tiempo necesario hasta dejar la superficie libre de rugosidades, posterior a ello, se utilizó el piano 220 para eliminar las rayas que dejó el piano 120. Cabe mencionar que en todo el proceso de desbaste se debe utilizar un flujo de agua constante, como lubricante para evitar que la resina se caliente con la fricción. Después de haber utilizado el piano 220, se utilizaron lijas de agua, comenzando con la lija 300 para eliminar las rayas del desbaste anterior y así sucesivamente con cada una de las lijas hasta llegar a la lija 2000.

Por último, se pulió la muestra, para ello, se programó la pulidora a 400 rpm y en sentido contrario al desbaste. Se colocó el paño Dia Dac en la pulidora y al centro de este se añade una cantidad pequeña de suspensión policristalina de diamante de 3µ, con lubricación intermitente de extender azul de diamante. El procedimiento se repitió, pero en la segunda ocasión se utilizó suspensión de diamante 1µ y por último se colocó el paño micrón y se pulió la muestra con alúmina con la finalidad de eliminar las rayas y obtener un acabado espejo.

Metodología de observaciones al microscopio

Para observar la muestra al microscopio, lo primero que se tuvo que hacer fue identificar las características de la muestra en nícoles paralelos y con el polarizador, de esta manera se debe utilizar con una intensidad de luz incidente baja, esto facilita la visibilidad de la muestra. Bajo los nícoles paralelos, las características que se observan son el color, la reflectividad, birreflectividad y pleocroísmo de reflexión y la dureza de pulido. Una vez analizadas estas propiedades, se comparan con las características de cada mineral para ver con cual o cuales minerales coinciden, esto se realizó con base en la experiencia y con apoyo de diferentes fuentes bibliográficas. Cabe aclarar que se debe girar la platina para observar propiedades como la birreflectividad y el pleocroísmo y también, se gira el revolver para aumentar el objetivo y poder analizar propiedades como la dureza de pulido.

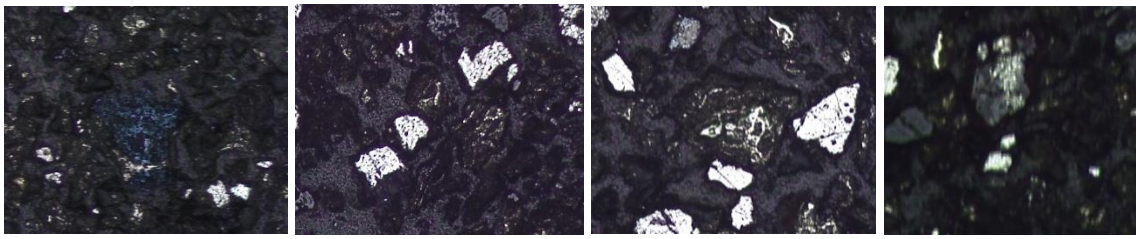
Además de lo anterior, la muestra también debe ser observada bajo nícoles cruzados, de esta manera, las propiedades que se pueden apreciar son el color de polarización, la isotropía/anisotropía, las reflexiones internas y el maclado. Todo esto se analiza de la misma forma que con nícoles paralelos, es decir, se tiene que girar la platina y observar la muestra con diferentes aumentos. Generalmente el análisis de estas muestras de minerales opacos se realiza de manera cualitativa y cuidadosamente.

III. RESULTADOS

Se obtuvieron diferentes resultados, es decir, la muestra presentó diferentes minerales, algunos de mena y algunos de ganga.

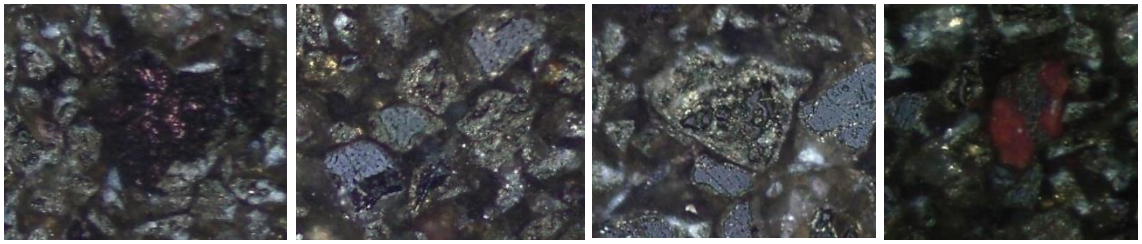
Los minerales de mena observados fueron la cuprita, la covellita, calcopirita, pirita, y en menor medida esfalerita y galena. Además de estos, hubo presencia de carbonatos y cuarzo.

De los minerales anteriormente mencionados, los más fáciles de identificar fueron la covellita, la calcopirita y la pirita, ya que sus características son muy evidentes, en el caso de la covellita, cuando se observa con nícoles paralelos se ve un color azul muy fácil de identificar, mientras que, cuando se observa bajo los nícoles cruzados se observa un color naranja rojizo (ver figura 3 y 4).



a) b) c) d)

Fig. 3. a) covellita, b) pirita, c) calcopirita y d) cuprita, bajo nícoles paralelos.



a) b) c) d)

Fig. 4. a) covellita, b) pirita, c) calcopirita y d) cuprita, bajo nícoles cruzados.

En los resultados se obtuvieron diferentes minerales, en su mayoría sulfuros de cobre y en gran mayoría calcopirita ($CuFeS_2$) que es de los principales minerales de mena de cobre, por lo que los resultados se consideran favorables para este proyecto, ya que se observaron

algunos minerales de los que generalmente se pueden encontrar en el yacimiento *skarn* de la Sierra del Fraile.

IV. CONCLUSIONES

Se concluye que la microscopía óptica efectivamente es una técnica de caracterización confiable, ya que se pudo observar una variedad de minerales presentes en el yacimiento del tipo *skarn* de la Sierra del Fraile como la calcopirita, y además es una técnica sencilla y accesible, por lo que se recomienda difundir el conocimiento sobre esta técnica de caracterización que puede servir como punto de partida para una caracterización mineralógica más precisa y complementada con las diferentes técnicas como DRX y AA, si es que se cuenta con los recursos para ello.

V. RECONOCIMIENTOS (O AGRADECIMIENTOS)

Expreso mi agradecimiento a la Coordinación Académica Región Altiplano, al doctor Jonatan Andrade y a mi compañero José Carlos Carranza, porque sin su ayuda, esto no hubiese sido posible.

REFERENCIAS

[1] J. M. González Ochoa, *Análisis Estructural de la Sierra del Fraile y Sistemas de Mineralización del Distrito Minero La Paz, S.L.P.* [Tesis de maestría]. Universidad Autónoma de San Luis Potosí, San Luis Potosí, S.L.P. 2013.

[2] L. H. Chirif Rivera. (2010), “Microscopía Óptica de Minerales”, *INGENMMET*, Boletín No.1 Serie J. Tópicos de geología. Disponible en https://hdl.handle.net/20.500.12544/379 [consultado en 2022].

EVALUACIÓN DEL EFECTO DEL DISOLVENTE EN LA ESTABILIDAD DE LA MOLÉCULA DE DELFINIDINA Y SU POSIBLE EFECTO ANTIOXIDANTE

Ana Paola Robles Sánchez
Universidad Autónoma de Querétaro
Facultad de Química
Cerro de las Campanas S/N, Centro Universitario, 76010 Santiago de Querétaro, Qro.
arobles07@alumnos.uaq.mx

María de los Ángeles Cuán Hernández
Universidad Autónoma de Querétaro
Facultad de Ingeniería
Cerro de las Campanas S/N, Centro Universitario, 76010 Santiago de Querétaro, Qro.
angelescuan@gmail.com

Resumen — Se examinaron tres estructuras predominantes de la delfinidina en tres distintos niveles de pH, mediante cálculos de la teoría funcional de la densidad (DFT) bajo un nivel B3LYP y un conjunto base 6-11+g(d,p), para cuatro diferentes solventes orgánicos (agua, metanol, etanol y acetona), Con el fin de obtener las cargas parciales atómicas y evaluar los posibles átomos con propiedades ácido básicas, para la estabilización de radicales libres. Se encontró que a pH menor a dos empleando metanol como disolvente el átomo de hidrógeno del grupo hidroxilo unido al carbono 4´ es el más propenso a donar hidrógenos.

Palabras clave — antocianinas, delfinidina, química computacional, efecto del solvente, pH, DFT, química computacional.

Abstract — Three predominant structures of delphinidin were examined at three different pHs levels through density functional theory (DFT). The calculations were carried out using B3LYP level and a basis set 611+g(d,p), for four different organic solvents (water, methanol, ethanol and acetone), in order to obtain the atomic partial charges and to evaluate the possible atoms with basic-acid properties for the stabilization of free radicals, it was found that the hydrogen atom of the hydroxyl bonded to the 4' carbon is the most likely to donate hydrogens when the pH is lower than two promoted by methanol as solvent.

Keywords — anthocyanins, delphinidin, computational chemistry, solvent effect, pH, DFT, computational chemistry.

I. INTRODUCCIÓN

Las antocianinas forman parte de la familia de flavonoides, son metabolitos generados por la misma via biosintética en plantas [1] y confieren la pigmentación azul, rojo o púrpura a diversas flores, frutos y vegetales [2], Como lo son las bayas (mora, aronia, saúco, uva, frambuesa, etc.), cereza, fresa, maíz morado, camote amarillo, granadas y cebolla roja [3,4]. Recientemente las antocianinas han sido ampliamente estudiadas por sus diversas actividades farmacológicas (actividad antioxidante, prevención de enfermedades neurodegenerativas, Cardioprotección) [3,10]. Las antocianidinas son la forma aglicona de las antocianinas, estas últimas poseen una o más azúcares enlazados al oxígeno de C3 o C3 y C5 principalmente. Además, de las más de 600 antocianinas que se han identificado, sólo 5 de estas se encuentran en mayor abundancia y se clasifican de acuerdo a los grupos hidroxilo del esqueleto flavylium que caracteriza a la antocianidina. [4,5].

El pH juega un papel fundamental en la estructura de las antocianinas al propiciar reacciones ácido básicas, de isomerización o de adición de una molécula de agua. Para un pH menor a 3 la estructura mayoritaria es el catión flavilio (HA+), con un pK_a de 4-5 para la formación de la base conjugada A (Base quinoidal). Una adición nucleofílica en el carbono 2 de H_2O resulta en la formación de la forma hemiacetal incolora, que tras un aumento en el pH conlleva a la formación de su tautómero incoloro Chalcona (Fig. 1) [6,7]. A parte de la importancia en el pigmento que adopta al variar el pH, en su utilización como colorante natural en aditivos de alimentos, en la enología [8] o incluso como indicador inteligente en el empacado de productos para acertar su frescura [9], durante la digestión, los diferentes niveles de pH en el cuerpo propician el estado mayoritario de una estructura u otra.

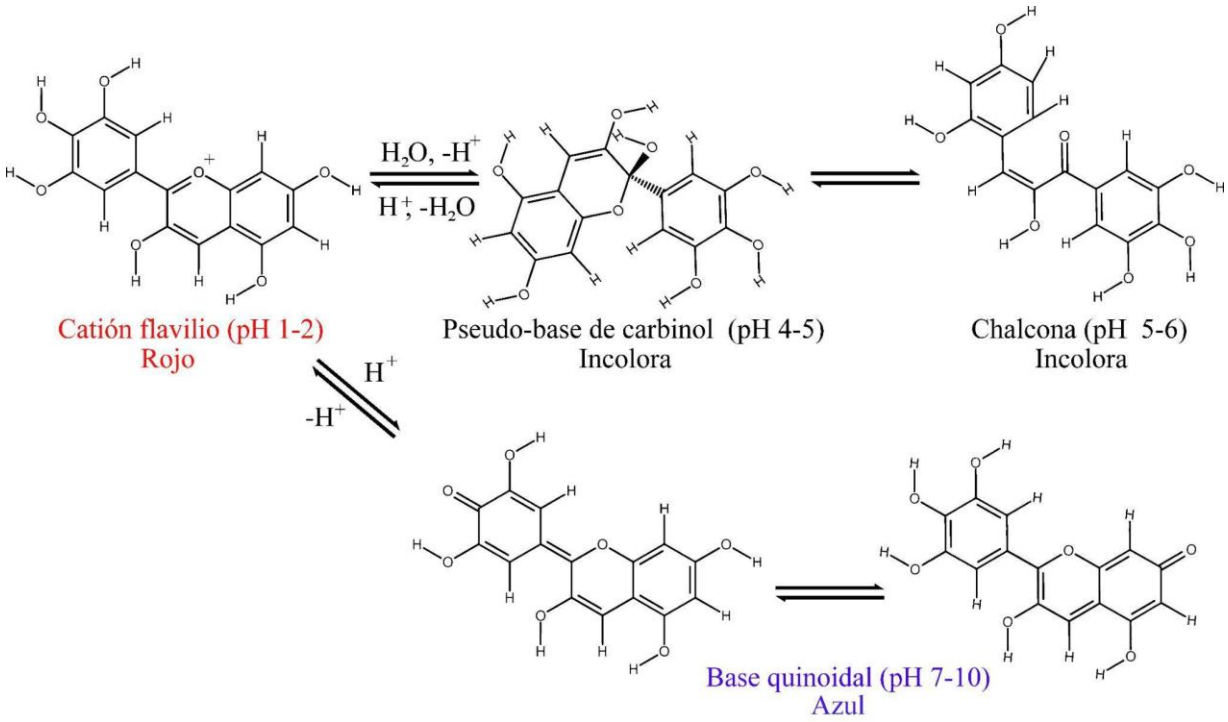


Fig. 1. Estructuras de la delfinidina a diferentes pH. Catión flavilio (pH 1-2) se observa la predominancia del ión oxonio en el anillo B. Pseudo-base de carbinol (pH 4-5) producto de la reacción de hidratación del catión flavilio. Base quinoidal (pH 7-10) producto de la reacción ácida del catión flavilio, los enlaces pi conjugados de la estructura le proporcionan la absorción en el espectro visible. Chalcona (pH 5-6) tautómero de la molécula pseudo-base de carbinol, resultado de la apertura del anillo de pirilio, con H_2O como catalizador.

La delfinidina junto con la cianidina es la principal antocianina presente en mora azul, granada, la uva roja, entre otras [7], siendo la segunda más abundante en plantas y vegetales con tan solo el 12 % es necesario un arduo trabajo de purificación, donde el disolvente juega un papel importante [11]. En este artículo se analizó la estabilidad de la molécula de delfinidina con diferentes disolventes empleando las diferentes estructuras predominantes de acuerdo al pH, con la finalidad de elucidar el mecanismo por el cual alcanzan su configuraciòn más estable, así como sus diferencias para su posible aplicaciòn en sistemas antiòxidantes.

II. MÉTODOS COMPUTACIONALES

Se utilizó el método *ab initio* de DFT para la optimización de las geometrías de los tres isómeros de delfinidina en su estado fundamental (EF), junto con el funcional de correlación de intercambio B3LYP (Becke, 3 parámetros, Lee–Yang–Parr) [12] para la optimización energética y el conjunto base con una función difusa "+" y funciones de polarización (p,d): 6-311+g(d,p). Todos los cálculos se realizaron con el paquete de programas Gaussian 09. Además, se realizaron los cálculos de frecuencia IR a 298.15 K, con el mismo nivel de cálculo para asegurarse de que exista concordancia entre las vibraciones obtenidas y las reportadas en la literatura [18].

Los efectos del solvente fueron calculados para cada estructura en EF utilizando el modelo de solvatación universal basado en densidad (SMD), representando el solvente implícitamente como un medio dieléctrico y su tensión superficial en el límite entre el soluto y el solvente [13]. Cada energía de solvatación se calculó como la diferencia de la energía libre de Gibbs en su estado solvatado menos la energía libre de gibbs en el vacío.

Se optimizaron las cargas por cargas puntuales derivadas del potencial electrostático en específico CHELPG, con la optimización de geometría anterior.

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Estructura de la delphinidina

La estructura optimizada obtenida en la fase gaseosa para el isómero catiónico (Catión flavilio) es completamente plana (Fig. 2). Los ángulos diedros ω1 (C2-C3-O-H), ω4 (C3′-C4′-O-H), ω5 (C2′-C3′-O-H), y ω6 (C4′-C5′-O-H) son anti-peri-planares, maximizando así la distancia entre los hidrógenos con carga parcial positiva del grupo hidroxilo, mientras que ω2 (C5-C6-O-H) y ω3 (C6-C7-O-H) son sin-peri-planares, lo que está acorde con la literatura [14-15], solo con la diferencia en el ángulo ω3, que en este caso es sin-peri-planar lo que podría sugerir que la siguiente estructura es un mínimo local y no un mínimo global.

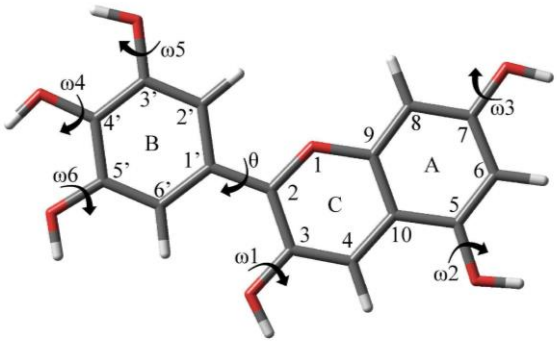


Fig. 2. Estructura optimizada de delfinidina en estado gaseoso [14]

Efecto del solvente sobre la estabilidad

Se evaluaron 4 solventes orgánicos puros: acetona, agua, metanol y etanol [16] para acertar su efecto estabilizante en la delfinidina de manera teórica. Cada geometría fue optimizada

para el mínimo de energía y comparada (Fig. 3) Considerando el ion flavilio con carga positiva +1.

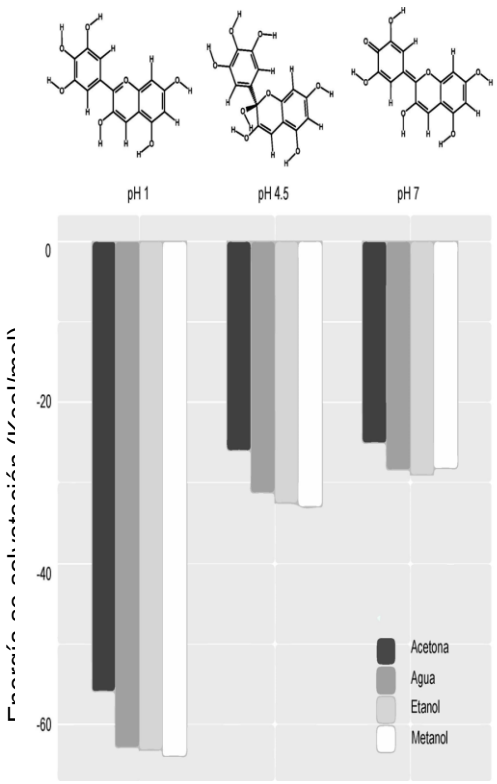


Fig. 3. Gráfica de la energía de solvatación de las diferentes estructuras pH<2: Catión flavilio, pH 4-5:Pseudo base de carbinol, pH>7 Base quinoidal evaluada en diferentes solventes orgánicos.

La de menor energía de solvatación obtenida conforme a la Ec. (1), corresponde a la geometría catiónica (pH<2).

$$\Delta G_{(solv)} = \Delta G_{(e\,s)} - \Delta G_{(e\,g)} \quad (1)$$

$$donde$$

$$\Delta G_{(solv)} = Energía\ de\ solvataciòn,\ \Delta G_{(e\,s)} = Energía\ libre\ de\ Gibbs\ en\ estado\ solvatado,$$

$$\Delta G_{(e\,g)} = Energía\ libre\ de\ Gibbs\ en\ estado\ gaseoso$$

Esto se atribuye a que el ión oxonio de la estructura flavilio, le confiere una mayor afinidad por el agua, además de el nivel de solvatación debida al solvente me mayor a menor fue de metanol > Etanol > Agua > Acetona, con las constantes dieléctricas 0.791, 0.789, 0.998, 0.788, respectivamente. De aquí podemos observar que cuando la constante dieléctrica se encuentra en el rango de 0.8 - 0.78 existe un aumento de la solubilidad conforme aumenta la polaridad del disolvente, sin embargo, esto no sucede en el caso del agua. Esto puede deberse a la diferencia en las polaridades entre el soluto y el agua, causando que las fuerzas de cohesión del agua sean mayores con respecto a las de la interacción agua-soluto, por lo que el agua interacciona entre sí con mayor fuerza y excluye en cierta medida

al soluto, además utilizando la acetona, a diferencia de los demás disolventes, ésta no forma puentes de hidrógeno, por lo cual se ve una marcada disminución en la energía de solvatación. Por otro lado entre el ph de 4-5 y ph>7 no parece haber una diferencia significativa esto puede deberse a que ambos son neutrales, lo anterior concuerda con resultados experimentales [16].

Carga de la molécula

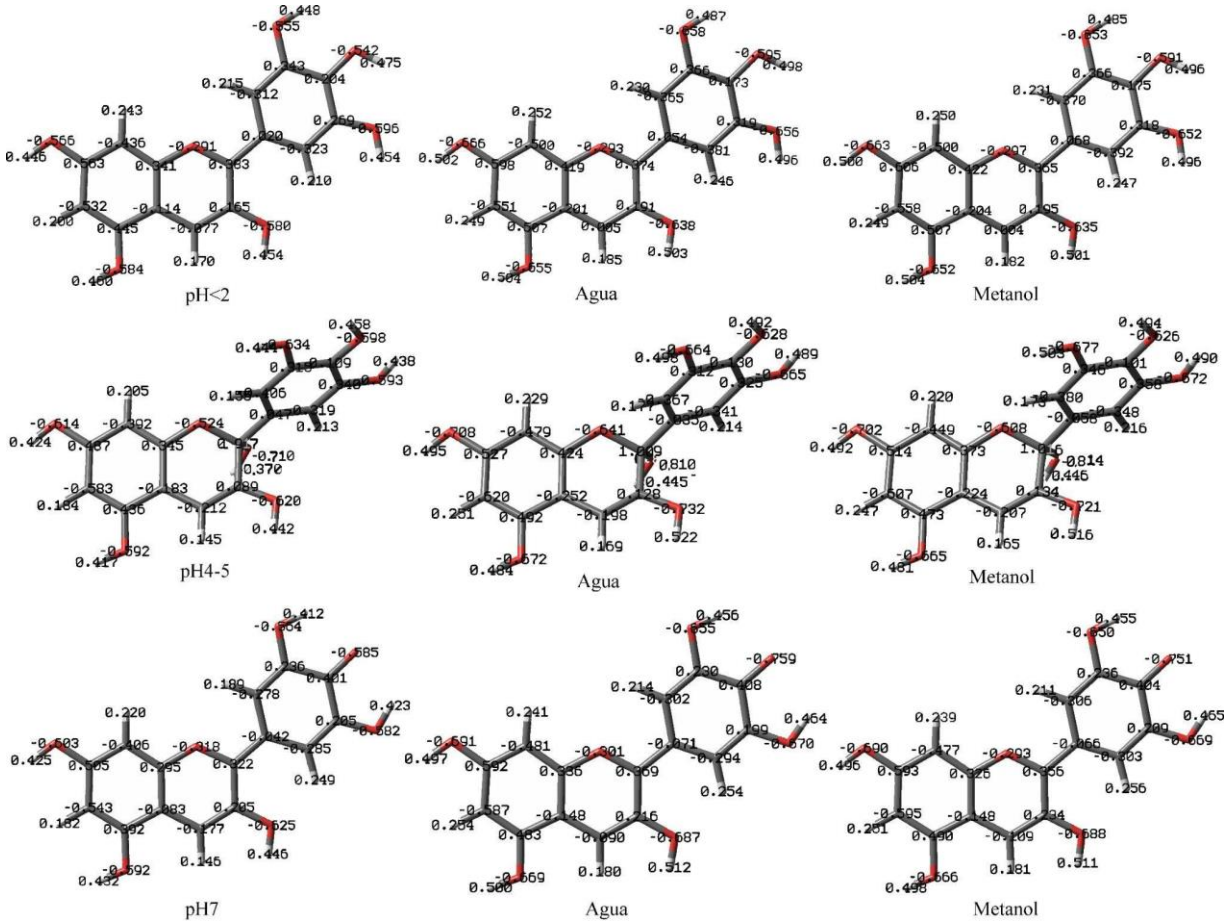


Fig. 4. Carga parcial atómica calculada con CHELPG, para el estado gaseoso puro del soluto y con los solventes agua y metanol.

En la estructura del pH<2 el O1 presenta una menor carga negativa que los demás oxígenos, en forma gaseosa (-0.291), no alcanza una carga +1 en este átomo debido a que las cargas se distribuyen en todos los átomos de la molécula, sin embargo, a comparación de los átomos de oxígeno restantes en la molécula, el O1 es ligeramente más positivo. El segundo oxìgeno con mayor carga parcial positiva es 4'C-OH, por lo que actuando como un ácido débil (AH), podría ser un lugar de eliminación de radicales por el mecanismo de transferencia de hidrógenos a la especie reactiva (R·) (HAT, por sus siglas en inglés), como se muestra en la siguiente reacción:

$$R\cdot + AH \rightarrow RH + A\cdot$$

La base conjugada producto de esta reacción (Base quinoidal) se estabiliza por puentes de hidrógeno de los hidroxilos 3'C-OH y 5'C-OH. [14], posterior a este el O de 5C-OH es el más positivo por lo que a pH 7, podría ser un posible grupo ácido, siendo esta estructura importante en la cavidad oral o en el intestino humano variando el pH en un rango de 5.6-7.9 y 6.7-7-4 respectivamente [16].

IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Utilizando el análisis teórico por la teoría de funcionales de densidad se logró conocer la energía de solvatación de la molécula de delfinidina que corresponde con los reportes experimentales, Además se calculó las cargas parciales atómicas de la molécula para predecir el grupo con mayor potencial antioxidante, entre los solventes utilizados, sin embargo en las fuentes de consumo se encuentra en la forma glicosilada que ha reportado una disminución de la actividad antioxidante además de que sufre una descomposición durante la digestión donde uno de sus metabolitos predominantes es el ácido protocatecuico, ácido cafeico o p comrie, por lo que su efecto antioxidante y por lo tanto sus efectos terapéuticos puede considerarse también a estos metabolitos [17].

V. RECONOCIMIENTOS (O AGRADECIMIENTOS)

Expresó mi agradecimiento a la Universidad Autónoma de Querétaro, a la doctora Ángeles Cuán Hernández y al estudiante de posgrado Oscar Ortiz quién también me apoyo en la realización de este proyecto.

REFERENCIAS

[1] S. K. Panchal, O. D. John, M. L. Mathai, and L. Brown, "Anthocyanins in chronic diseases: The power of purple," *Nutrients*, vol. 14, no. 10, p. 2161, 2022.
[2] H. E. Khoo, A. Azlan, S. T. Tang, and S. M. Lim, "Anthocyanidins and anthocyanins: Colored pigments as food, pharmaceutical ingredients, and the potential health benefits," Food & Nutrition Research, vol. 61, no. 1, p. 1361779, 2017.

[3] Bendokas, V., Stanys, V., Mažeikienė, I., Trumbeckaite, S., Baniene, R., & Liobikas, J. (2020). Anthocyanins: From the field to the antioxidants in the body. Antioxidants, 9(9), 819. https://doi.org/10.3390/antiox9090819

[4] C. Chaiyasut, B. S. Sivamaruthi, N. Pengkumsri, S. Sirilun, S. Peerajan, K. Chaiyasut, and P. Kesika, "Anthocyanin profile and its antioxidant activity of widely used fruits, vegetables, and flowers in Thailand," Asian Journal of Pharmaceutical and Clinical Research, vol. 9, no. 6, p. 218, 2016.
[5] R. Matera, S. Gabbanini, S. Berretti, R. Amorati, G. R. De Nicola, R. Iori, and L. Valgimigli, "Acylated anthocyanins from sprouts of Raphanus sativus CV. sango: Isolation, structure elucidation and antioxidant activity," Food Chemistry, vol. 166, pp. 397–406, 2015.
[6] O. Dangles and J.-A. Fenger, "The chemical reactivity of anthocyanins and its consequences in food science and Nutrition," Molecules, vol. 23, no. 8, p. 1970, 2018.

[7] H. E. Khoo, A. Azlan, S. T. Tang, and S. M. Lim, “Anthocyanidins and anthocyanins: Colored pigments as food, pharmaceutical ingredients, and the potential health benefits,” Food & Nutrition Research, vol. 61, no. 1, p. 1361779, 2017.
[8] K. Zhang, L. Yuan, Q. Li, R. Wang, and Z.-Z. Zhang, “Comparison of the anthocyanins composition of five wine-making grape cultivars cultivated in the wujiaqu area of Xinjiang, China,” OENO One, vol. 53, no. 3, 2019.
[9] S. Roy and J.-W. Rhim, “Anthocyanin food colorant and its application in ph-responsive color change indicator films,” *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, vol. 61, no. 14, pp. 2297–2325, 2020.
[10] J. Liu, H. Zhou, L. Song, Z. Yang, M. Qiu, J. Wang, and S. Shi, “Anthocyanins: Promising natural products with diverse pharmacological activities,” *Molecules*, vol. 26, no. 13, p. 3807, 2021.
[11] A. Castañeda-Ovando, M. de Pacheco-Hernández, M. E. Páez-Hernández, J. A. Rodríguez, and C. A. Galán-Vidal, “Chemical Studies of anthocyanins: A Review,” Food Chemistry, vol. 113, no. 4, pp. 859–871, 2009.
[12] K. Sakata, N. Saito, and T. Honda, “Ab initio study of molecular structures and excited states in anthocyanidins,” Tetrahedron, vol. 62, no. 15, pp. 3721–3731, 2006.
[13] A. V. Marenich, C. J. Cramer, and D. G. Truhlar, “Universal solvation model based on solute electron density and on a continuum model of the solvent defined by the bulk dielectric constant and atomic surface tensions,” *The Journal of Physical Chemistry B*, vol. 113, no. 18, pp. 6378–6396, 2009.
[14] L. Estévez and R. A. Mosquera, “Molecular structure and antioxidant properties of Delphinidin,” The Journal of Physical Chemistry A, vol. 112, no. 42, pp. 10614–10623, 2008.
[15] R. Guzmán, C. Santiago, and M. Sánchez, “A density functional study of antioxidant properties on anthocyanidins,” *Journal of Molecular Structure*, vol. 935, no. 1-3, pp. 110–114, 2009.
[16] A. C. Kumoro, D. S. Retnowati, and C. S. Budiyati, “Solubility of delphinidin in water and various organic solvents between (298.15 and 343.15) K,” *Journal of Chemical & Engineering Data*, vol. 55, no. 7, pp. 2603–2606, 2010.
[17] N. Tena, J. Martín, and A. G. Asuero, “State of the art of anthocyanins: Antioxidant activity, sources, bioavailability, and therapeutic effect in human health,” *Antioxidants*, vol. 9, no. 5, p. 451, 2020.
[18] Y.-K. Choong, “Fourier transform infrared and two-dimensional correlation spectroscopy for substance analysis,” Fourier Transforms - High-tech Application and Current Trends, 2017.

APLICACIÓN SIMPLIFICADA DE SISTEMA COMPUTACIONAL PARA DETECTAR PIE PLANO EN NIÑOS DE EDAD PREESCOLAR

Carlos Ismael Cabrera Pérez
Instituto Tecnológico Superior de IrapuatoIngeniería Mecatrónica
Carr, Irapuato – Silao Km 12.5
Colonia El Copal, C.P. 36821
Irapuato, Guanajuato.
isca5522rael@gmail.com

Miroslava Cano Lara
Instituto Tecnológico Superior de Irapuato
Ingeniería Mecatrónica
Carr, Irapuato – Silao Km 12.5
Colonia El Copal, C.P. 36821
Irapuato, Guanajuato
miroslava.cl@irapuato.tecnm.mx

Resumen — En este trabajo se presenta el estudio de la aplicación computacional en una población especifica de niños con edad preescolar en zona rural. Se procesan imágenes correspondientes a las huellas plantares de infantes con el fin de detectar anomalías en la bóveda plantar. El algoritmo cambia la imagen a una escala de grises y obtiene el contorno de las huellas, se realizar mediciones basadas en tres protocolos específicos para detección del pie plano. Finalmente se analizan los datos estadísticos y se relacionan con el índice de masa corporal, el sexo y la línea de Helbing, a fin de obtener un prediagnóstico tecnológico general sobre la prevalencia del pie plano en infantes.

Palabras clave — bóveda plantar, pie plano, análisis computacional.

Abstract — This paper presents the study of computational application in a specific population of preschool children in rural areas. Images corresponding to the plantar footprints of infants are processed in order to detect anomalies in the plantar vault. The algorithm changes the image to a grayscale and obtains the outline of the footprints, measurements will be made based on three specific protocols for detection of the flat foot. Finally, the statistical data are analyzed and related to body mass index, sex, and Helbing line, in order to obtain a general technological pre-diagnosis on the prevalence of flat foot in infants.

Keywords — plantar vault, flat feet, computational analysis.

I. INTRODUCCIÓN

El pie plano refiere a la no formación del arco plantar del pie, este es un problema común tanto en niños como en adultos. Cuando esta deformación se presenta en niños es llamado “pie plano pediátrico” existiendo casos sintomáticos y asintomáticos. El pie plano pediátrico, a pesar de ser considerado normal, puede desembocar en problemas graves a futuro si no se trata a tiempo. Su corrección con dispositivos ortopédicos sepuede lograr casi por completo en niños de edad preescolar (3 – 6 años), disminuyendo las probabilidades conforme el niño crece hasta llegar a la edad de 15 años.

Pese a que este problema requiere de oportuna atención, el hecho de que se considere normal, así como los altos costos de su tratamiento, provocan que solo algunos casos se atiendan a tiempo. Por consiguiente, se llevó a cabo un estudio de la bóveda plantar en niños de preescolar ubicados en zonas rurales, mediante técnicas de procesamiento de imágenes. Con el fin de detectar el pie plano y demostrar que es un problema que prevalece en niños de este rango de edad, emitiendo un prediagnóstico tecnológico para el oportuno tratamiento de este padecimient

II. MARCO TEÓRICO

Línea de Helbing

Es una medida de grado de pronación del retropié que toma como referencia la bisectriz posterior del calcáneo y la bisectriz posterior de la pierna. Se mide examinando el pie por su parte posterior y el sujeto en bipedestación [1].

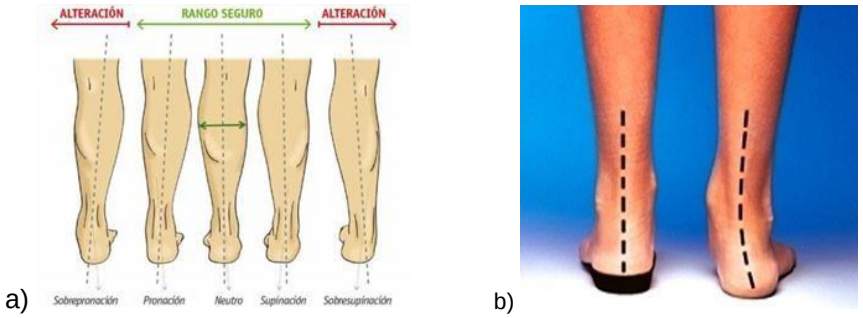


Fig. 1. a) Ángulo de la articulación Tibio – Calcánea (ATC), b) Línea de Helbing [2].

Huella plantar

Existen tres tipos básicos de pie: normal, plano y cavo, como se muestra en la Figura 2. El pie normal presenta un arco en la parte media del pie. El pie plano presenta un cambio en la forma del pie donde no se tiene un arco normal al estar parado. El pie cavo es una anomalía del pie que se caracteriza por un arco más pronunciado de lo normal [3].

Fig. 2. Tipos de huella plantar [3].

Protocolo Hernández Corvo

El índice Hernández-Corvo permite determinar el tipo de pie mediante una secuencia de pasos establecida (figura 3, a), así el pie se tipifica según las medidas obtenidas a través de la imagenplantar. Este índice es preciso en su clasificación y por ende su protocolo de valoración se emplea en el sistema computacional aplicado [4].

Angulo de Clarke

Es una medición de estudio estático para observar la tendencia de los pies planos o cavos, en el cual es posible observar el nivel de complicación. Para obtener este valor, tras la impresión de la huella plantar se marca una línea uniendo las prominencias internas del pie, posteriormente se traza una segunda línea uniendo el punto de la prominencia interna del antepié con el punto donde se unen las zonas del medio pie y antepié (figura 3, b) [5].

Angulo de Staheli-Chippaux

Estos índices calculan la relación entre la zona más angosta del medio pie con la zona más ancha del antepié, y el ancho máximo del retropié, en este caso el porcentaje para la valoración de pie normal es de 35%, inferiores para pie plano ysuperiores para cavos (figura 3, c) [6].

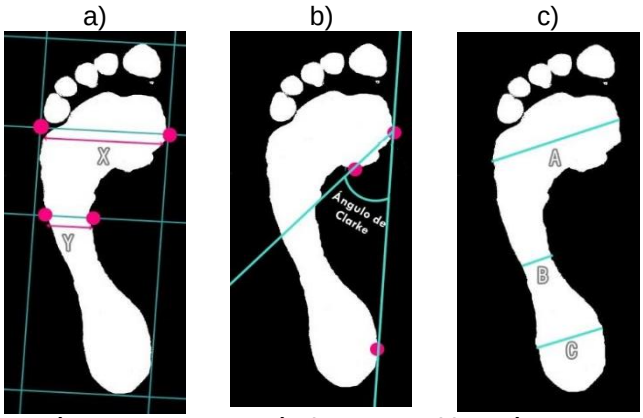


Fig. 3. a) Parámetros para Hernández Corvo, b) parámetros para Ángulo de Clarke, c) parámetros para Staheli Chippaux [4].

III. METODOLOGÍA

El sistema computacional aplicado corresponde al proyecto Miranda-Flores *et al* [4] para el procesamiento y medición de las huellas plantares. El proyecto contempla la generación de un banco de datos con casos de la población seleccionada, del cual se mantienen solo los datos pertenecientes a niños con pie plano y se emite un prediagnóstico tecnológico basado en la observación de la bóveda plantar, la comparativa entre los resultados de cadaprotocolo, y el estudio de la línea de Helbing.

La generación del banco de datos sigue el procedimiento:

1. Previo a la captura de las huellas de cada miembro de la población seleccionada, y con el consentimiento de los padres y los propios escolares, se peso y midió a cada sujeto, se les pregunto por su edad y se les pidió adoptar una postura de pie “correcta” con el fin de evaluar

la línea de Helbing de cada uno.

2. Se llevo a cabo el procesamiento y medición de las huellas de cada sujeto. Los resultados numéricos y clasificación de cada protocolo (Hernández – Corvo, Ángulo de Clarke yStaheli Chippaux), así como el contorneado de las huellas, fueron agregados a la tabla inicial con el fin de facilitar la comparativa y el análisis de cada caso.

3. Se contabiliza el número de niñas y niños que hay en la población, el número de casos de niños con posible desnutrición, en peso normal, sobrepeso y obesidad; además de contabilizar el número de niños que cuentan con pie plano, pie normal, pie cavo, de acuerdo con los resultados para cada protocolo.

Para el estudio exclusivo de casos de niños con pie plano, se procede a rescatar los casos más concluyentes y analizar sus datos en comparación con el IMC, el sexo, y el prediagnóstico de la línea de Helbing de cada niño.

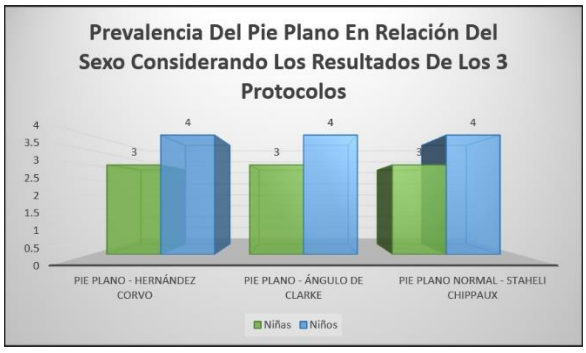
IV. RESULTADOS

Con el propósito de enfocar el estudio exclusivamente en niños y niñas con pie plano, se discriminaron los resultados de los sujetos con pie normal y pie cavo. De la población original de 20 infantes (10 niñas y 10 niños), 7 resultaron con problemas de pie plano en ambos pies, siendo estos mismos casos los utilizados para el presente análisis.

En la figura 4 a), se ilustra la prevalencia del pie plano de acuerdo con el sexo. Esta gráfica muestra que la tendencia a presentar pie plano es mayor en hombre que en mujeres.

Por otro lado, la prevalencia del pie plano en relación con el IMC se presenta en la figura 4 b). Con estos resultados se observó que la prevalencia del pie plano no necesariamente depende de tener un índice de masa corporal alto, aunque es necesario un estudio más completo para tener certeza en las hipótesis.

a)



b)

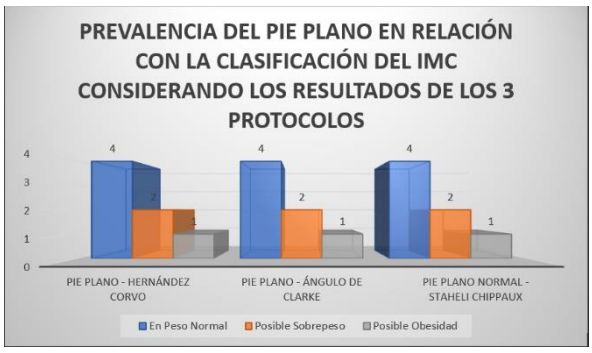


Fig. 4. a) Prevalencia del pie plano en relación con el sexo, b) Prevalencia del pie plano en relación con el IMC.

Los resultados del IMC y sexo vinculados al pie plano se relacionan y clasifican en base a cada protocolo. La revaloración de los datos se realizó con la finalidad de emitir un prediagnóstico tecnológico exclusivo para cada caso, como forma de contribuir al mejoramiento de la calidad de vida de la poblaciónseleccionada, al mismo tiempo que lográbamos comprender como se encuentra la población preescolar del estado de Guanajuato en temas referentes a problemas en la bóveda plantar.

La figura 5 se muestra uno de los caos de pie plano crítico, el prediagnóstico tecnológico del tipo de pie y el prediagnóstico de la línea de Helbing. Esta técnica se empleó para valorar todos los casos de pie plano que se estudiaron.

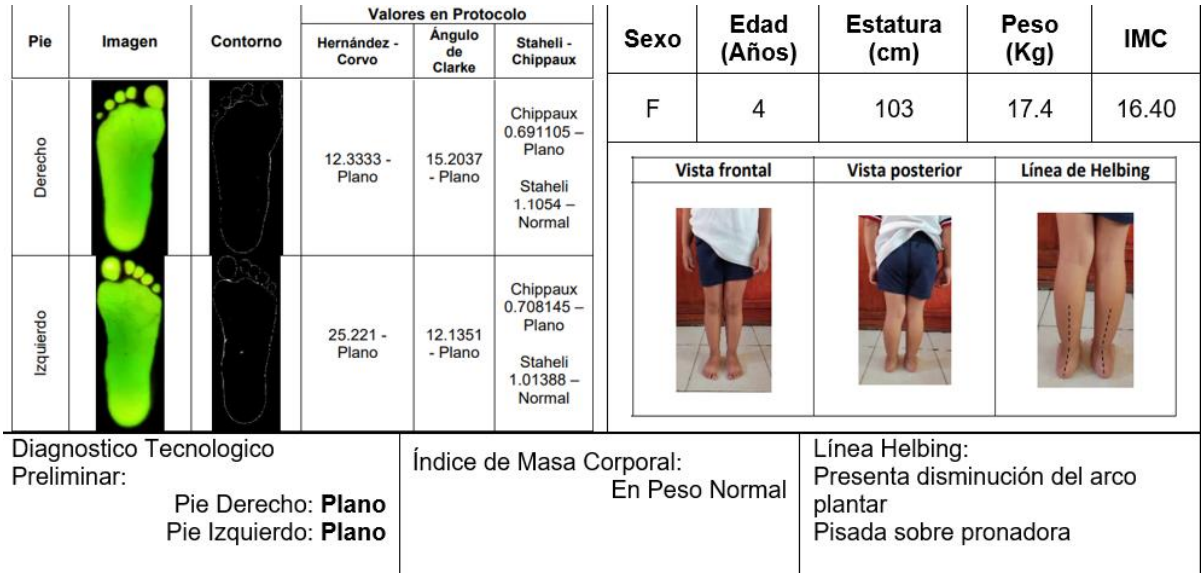


Figura. 5. Caso crítico de preescolar con pie plano.

V. CONCLUSIONES

En este proyecto se aplicó un sistema computacional diseñado con el fin de detectar anomalías en la huella plantar, en particular casos de infantiles con pie plano; de igual manera, se relacionaron datos como el índice de masa corporal, el sexo y un prediagnóstico de la línea de Helbing.Con la finalidad de conocer la prevalencia del pie plano en preescolares de zonas rurales de Guanajuato, y a su vez contribuir con un prediagnóstico tecnológico que motive a los padres a corregir el pie plano en sus hijos, se analizó estadísticamente la prevalencia del pie plano en referencia al sexo e IMC de los infantes, encontrando que este es más común en hombres que en mujeres y que no va directamente relacionado a alguna condición nutricional.

Los resultados y los prediagnósticos exclusivos de cada niño fueron compartidos con su educadora y a su vez con los padres de familia.

VI. RECONOCIMIENTOS

Expreso mi agradecimiento al Jardín de Niños Jaime Torres Bodet de la comunidad de Valtierrilla, Salamanca, Gto. por apoyar en el desarrollo del proyecto y actuar como enlace directo con los padres de los preescolares. Al proyecto INV-LGAC-IMECA-001-2022 “Pie plano en niños de pre-escolar, diagnóstico computacional como apoyo a comunidades” del ITESI-TecNM por el apoyo otorgado para la realización.

REFERENCIAS

[7] Lorenzo, A. O. (junio de 2016). “Comparación de la efectividad del vendaje funcional, vendaje neuromuscular y de las ortesis plantares en pacientes con pie pronado”

[8] Aguilera, J., Herendia, JR., & Peña, G. (abril de 2015). “Huella plantar, biomecánica del pie y del tobillo: propuesta de valoración”. Instituto Internacional de Ciencias del Ejercicio Físico y la Salud.

[9] Luengas, L., Díaz, M. & González J. (2015). “Determinación de tipo de pie mediante el procesamiento de imágenes”. Ingenium 17(34), pp 147-161.

[10] Miranda., H. & Flores., L. (2020) Desarrollo de interfaz para estudio estático de huella plantar en infante utilizando procesamiento digital, con diseño y manufactura de plantilla correctora. Tesis Profesional.

[11] Lara-Diéguez, S., Lara-Sánchez, A., Zagalaz-Sánchez, M.L., Martínez López, E. (2011). “Análisis de los diferentes métodos de evaluación de la huella plantar. Retos. Nuevas tendencias en Educación Física, Deporte y Recreación”, 19, 49–53.

[12] Gonzalez-Martin C, Pita-Fernandez S, Seoane-Pillado T, Lopez-Calvino B, Pertega-Diaz S, Gil- Guillen V. Variability between Clarke’s angle and ChippauxSmirak index for the diagnosis of flat feet. Colombia Medica. 2017; 48(1):25-31.

RECUPERACIÓN DE CU-FE-SI POR MEDIO DEL PROCESO DE FOTACIÓN Y LIXIVIACIÓN

Ricardo Bernardino Medrano Mendez [(1)] Claudia Veronica Reyes Guzman [(2)]
Gloria Guadalupe Treviño Vera [(3)] Samuel chacón de la Rosa [(3)]
(1) estudiante de 7 semestre de la carrera IQMM
(2) investigadora de la Universidad Autónoma de Coahuila, Facultad de Metalurgia, Carretera 57 Km 5, C.P. 25710 Monclova, Coah. @claudia_reyes_guzman@uadec.edu.mx
(3) Colaboradores del proyecto de investigación

I. INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de tesis profesional implementa el método de flotación para ello se necesitó saber que reactivos son más eficientes para la separación del cobre que se encuentra presente en la roca en combinación con distintos minerales.

Debido que el cobre se encuentra en mayor concentración, se decidió realizar distintas flotaciones realizando combinaciones con distintos reactivos con el fin de obtener como concentrado la mayor cantidad de cobre libre de los elementos que se encuentran en combinación.
En la flotación interviene la diferencia entre la masa volumétrica de los sólidos o flóculos y la del líquido en que se encuentran en suspensión. Sin embargo, contrariamente a lo que ocurre en la decantación, este proceso de separación sólido–líquido únicamente se aplica a partículas que tienen una masa volumétrica real o aparente, inferior a la del líquido que la contiene.

En la flotación aparente, se aprovecha la capacidad que tienen ciertas partículas sólidas o líquidas para unirse a burbujas de gas (generalmente aire) y formar conjuntos partícula–gases menos densos que el líquido que constituye la fase dispersa. La resultante de las fuerzas (gravedad, empuje de Arquímedes, fuerza de resistencia) conduce a un desplazamiento ascendente de los conjuntos partícula– gas que se concentran en la superficie libre del líquido.

Para que sea factible la flotación de partículas sólidas o líquidas más densas que el líquido, es preciso que la adherencia de las partículas a las burbujas de gas sea mayor que la tendencia a establecer un contacto entre las partículas y el líquido. Este contacto entre un sólido y un líquido se determina mediante la medida del ángulo formado por la superficie del sólido y la burbuja de gas.

Desarrollo Experimental

Flotación

Para dar inicio a las flotaciones del mineral primero fue necesario la reducción de tamaño de la roca proveniente de una mina de la región de Coahuila. Para ello se procesarán aproximadamente 10kg de mineral reduciéndolos mediante los procesos de trituración y molienda.

Para reducir el tamaño de la roca a un tamaño de entre ¾ y ½ pulg. se utilizó una trituradora de quijada mostrada en la **Figura 1** marca *DENVER* modelo *JAW CRUSHER.*

Procedimiento de operación de quebradora de quijadas

1. Antes de realizar cualquier trabajo, limpiar los equipos y el area de trabajo.
2. Comprobar que se tienen las herramientas y dispositivos de trabajo para la operación del equipo.

a) Muestra representativa de mineral a un tamaño no mayora 2.5 pulgadas y no menos a 0.5 pulgadas.
b) Recipientes y bolsas para recibir y colocar el mineral triturado.
c) Cepillos y brochas para la limpieza del equipo.
d) Equipo de seguridad personal: cubrebocas, lentes de seguridad, bata de laboratorio, guantes, zapato cerrado, no tenis.

Figura 1. Trituradora de quijada

3. Comprobar que hay energia electrica y que el equipo esta funcionando adecuadamente. Esto se comprueba operando el boton de arranque del equipo a usar. Encendido el equipo oprimiendo dicho boton una sola vez, deje operando 20 segundos y apague en el mismo boton de arranque oprimiendo una vez. En caso de notar una operación deficiente, como ruido excesivo del motor, el no movimiento de las quijadas, derrame de aceite, o que el motor no opera, apague el equipo y avise al encargado.
4. Una vez finalizado los pasos anteriores, para triturar una muestra es necesario que el equipo a emplear este encendido.
5. Pasar la muestra de mineral por etapas (no alimentar continuamente); cuidar de colocar por partes la muestra a la entrada de quijadas, sin aventarlas ni colocando las manos dentro de la zona de quijada. En todo momento estar alerta por el posible salto de materiales aventado por las quijadas.
6. Una vez lleno el recipiente de material triturado, apague el equipo, sauqe el recipiente del equipo y vacielo en otro; en caso de continuar triturado, coloque el recipiente y repita la operación desde el paso 4.
7. Al finalizar su uso, limpiar cuidadosamente el quipo y area de trabajo.

Figura 2. Mineral obtenido de la trituración

Una vez teniendo el producto obtenido de la trituración, prosigue reducir aún más el tamaño del mineral hasta obtenerlo en forma de un polvo. Para ello se utilizó un molino de bolas **(Figuras 3 y 4)** marca *BINCO INC*. Modelo *P.O. BOX 6339* y bolas metálicas de diámetro de 2 y 5 pulgadas.

Procedimiento de operación del molino de bolas

1. Antes de realizar cualquier trabajo, limpiar los equipos y el área de trabajo.
2. Comprobar que se tienen las herramientas y dispositivos de trabajo para la operación del equipo.

a) Muestra representativa de mineral a un tamaño no mayor a 2.5 pulgadas y no menor a 0.5 pulgadas.
b) Recipientes y bolsas para recibir y colocar el mineral triturado.
c) Cepillos y brochas para la limpieza del equipo.
d) Equipo de seguridad personal: cubrebocas, lentes de seguridad, bata de laboratorio, guantes, zapato cerrado, no tenis.

3. Comprobar que hay energia electrica y que el equipo esta funcionando adecuadamente. Esto se comprueba operando el boton de arranque del equipo a usar. Encendido el equipo oprimiendo dicho boton una sola vez, deje operando 20 segundos y apague en el mismo boton de arranque oprimiendo una vez. En caso de notar una operación deficiente, como ruido excesivo del motor, el no movimiento de las quijadas, derrame de aceite, o que el motor no opera, apague el equipo y avise al encargado.
4. Una vez finalizado los pasos anteriores. Pasar el mineral que se va a agregar al equipo tomando en cuantra que solo puede ser aliemntado con 20kg pesando las bolas y mineral.

5. Se agrega el mineral al tambor giratorio y poner su tapa cerrando los tornillos sujetadores de esta.
6. Con en contabilizador de vueltas del tambor poner las vueltas que desee dar al molino.
7. Posteriormente aplanar el botón play para inicio de la molienda, el molino se para solo al momento de terminar las vueltas programadas.
8. Se abre la puerta del molino y se deja caer en el recipiente acoplando a este el mineral molido pasa su posterior uso.
9. Al finalizar su uso, limpiar cuidadosamente el equipo y área de trabajo.

Figura 3 y 4. Molino de bolas

Se introdujo al molino 1kg de mineral por cada 3kg de bolas como se muestran en la **Figura 7 y 8**.

Figura 5 y 6. Peso del mineral y bolas

Figura 7 y 8. Mineral y bolas en el molino

Una vez introducido el mineral junto con las bolas. Se programó el molino para dar un total de 9000 vueltas como se mesura en la **Figuras 9 y 10**.

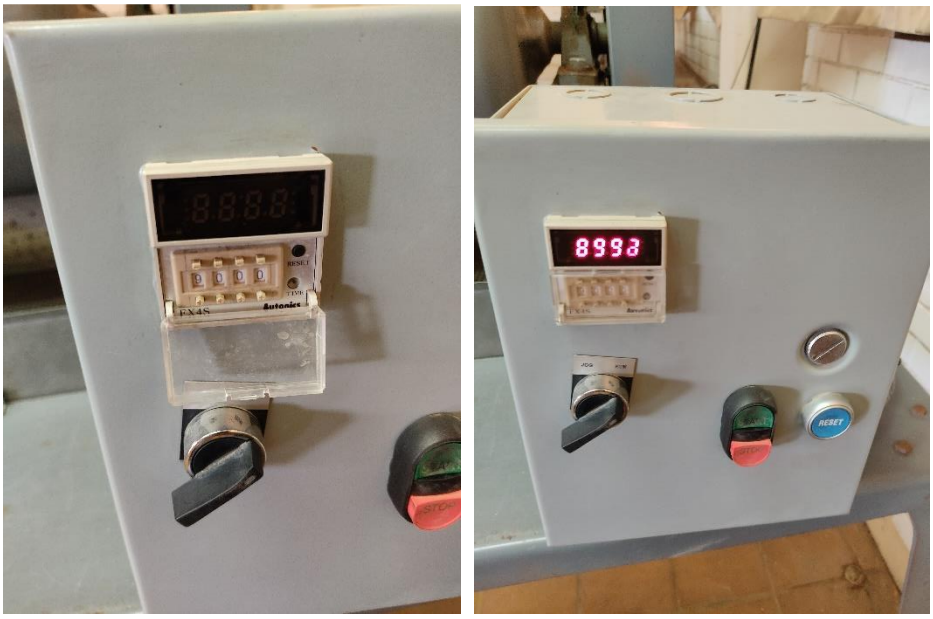


Figura 9 y 10. Vueltas del molino

Luego de haber concluido las 9000 vueltas, se obtuvo la cantidad de 0.770gr del mineral en forma de polvo. Representado en la **Figura 11**.

Figura 11. Mineral obtenido después de 9000 vueltas

Después de tener el producto en forma de polvo, habría que clasificarlo por tamaño de partícula, para poder realizar esa clasificación se utilizó un tamizador, utilizando distintos tamices con tamaño de malla que van desde la micra número 7, 60, 100, 230, 270, 325 y 400 con un tiempo de 20 min. Representado en las **Figuras 12 y 13**

Figura 12 y 13. Tamizado

Posteriormente se extrajo el mineral de cada uno de los tamices, pesando cada uno de ellos en una balanza para así conocer la distribución del mineral según su tamaño de partícula

Se tomaron en cuenta distintos factores, uno de estos fue conocer que reactivos se podían utilizar, por lo cual fue necesario conocer la composición química del mineral virgen.

Se podría tener una idea de la posible composición del mineral identificándolos por el color que presentaba este, pero este análisis se hizo para tener exactamente qué elementos se encontraban presentes.

Para este y posteriores análisis, fue necesario realizarlos por medio de espectrometría de fluorescencia de rayos X. Arrojando los resultados que se muestran en la **Figura 14**.

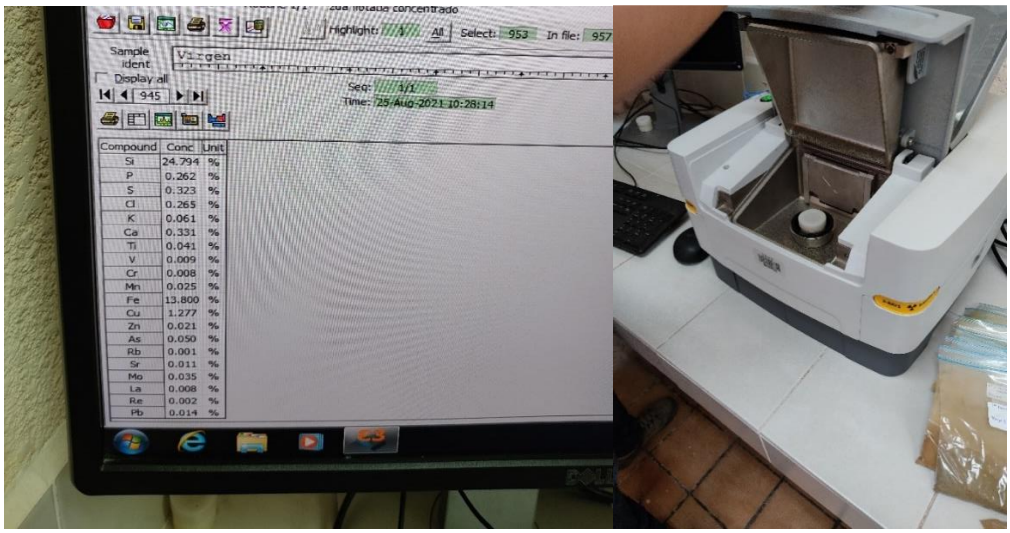


Figura 14. Equipo Florescencia de rayos X

En base a estos resultados se procedió a realizar la selección de los reactivos que eran más adecuados para este mineral, los cuales serían utilizados en las flotaciones.

Reactivos a utilizar:

- Colector xantato
- Depresor o activador sulfato
- Promotor F-1234
- Espumante Flottec F-160
- CaOH

Una vez teniendo estos reactivos se realizaron 4 métodos experimentales como se muestran en la **Tabla I**.

Tabla I. Modelo de experimentos

	1	2	3	4
Mineral	50gr	50gr	50gr	50gr
Xantato	15gr	15gr	5gr	5gr
Depresor	2gr	4gr	5gr	8gr
Promotor F-1234	10 gotas	10 gotas	7 gotas	7 gotas
Espumante Flottec F-160	10 gotas	10 gotas	15 gotas	15 gotas
CaOH	0.6gr	2.4gr	1.9gr	0.7gr
H20 Tridestilada	800ml	800ml	800ml	800ml

Una vez teniendo el modelo de experimentos con los diferentes reactivos se procede a realizar las flotaciones.

Se utilizo una celda de flotación marca *DENVER N12* a una velocidad de 10 R.P.M. representado en la **Figura 15**.

Procedimiento de operación de la celda de flotación

1. Antes de realizar cualquier trabajo, limpiar el equipo y el área de trabajo.
2. Determinar el volumen útil de la celda, dosificación de reactivos y mineral.
3. Revisar el funcionamiento de la celda.
4. Agregar la cantidad de agua de la celda.
5. Poner en funcionamiento la celda de flotación oprimiendo el botón de play.
6. Agregar el mineral lentamente.
7. Acondicionar la pulpa a un pH determinado (5min).
8. Agregar colectores y acondicionar (1min).
9. Abrir la entrada de aire de la celda.
10. Recibir el concentrado en un recipiente durante 1 min aproximadamente.
11. Una vez que la espuma este blanca, parar el funcionamiento de la celda.
12. Retirar el relave de la celda, lavando con cuidado el mecanismo de agitación.
13. Filtrar, secar y pesar el concentrado y relave

.

Figura 15 Celda de flotación marca *DENVER N12*

Lixiviación

Para ello se hicieron 8 lixiviaciones de 24hrs cada una, 4 con Ácido Cítrico ($C_6H_8O_7$) y 4 con Ácido Fosfórico (H_3PO_4). En base a los siguientes modelos de experimentos mostrados en las **tablas II y III**.

Tabla II. Modelo de experimentos del $C_6H_8O_7$

MATERIAL	1	2	3	4
Mineral (gr)	5	10	15	20
Concentración H_3PO_4	0.5 M	0.5 M	0.5 M	0.5 M
Solución (Lts)	0.5	0.5	0.5	0.5
Tiempo (hrs)	24	24	24	24
Sin mineral	2	2	2	2
pH Con mineral	2.3	2.1	2.1	2
Después de 24 hrs	2	2	2	2

Tabla III. Modelo de experimentos del H3PO4

MATERIAL	1	2	3	4
Mineral (gr)	5	10	15	20
Concentración $C_6H_8O_7$	0.5 M	0.5 M	0.5 M	0.5 M
Solución (Lts)	0.5	0.5	0.5	0.5
Tiempo (hrs)	24	24	24	24
Sin mineral	2.3	2.3	2.3	2.3
pH Con mineral	2.2	2.1	2.1	2.1
Después de 24 hrs	2.1	2.1	2.1	2

Resultados y discusiones

Caracterización por ICP

Los análisis químicos para cuantificar el contenido de elementos de interés en muestra de cabeza y productos de pruebas metalúrgicas para cobre, hierro y silicio.

	%
COBRE	38
HIERRO	24
SILICIO	32

Caracterización FTIR

Flotación

En la **figura 16** Nos muestra presencia de xantato, Panda *et al*. (2008) identificaron la presencia grupos xantatos por los picos aparecidos, a 661,5, 1080,5, 1163 y 1200 a 1250cm^{-1}. Mustafa *et al*. (2004) sostienen que las bandas de absorción característicos de los grupos xantatos, se encuentran en la región de 800-1200cm^{-1} (Núñez *et al.* 2016) como se mostraron en nuestra investigación.

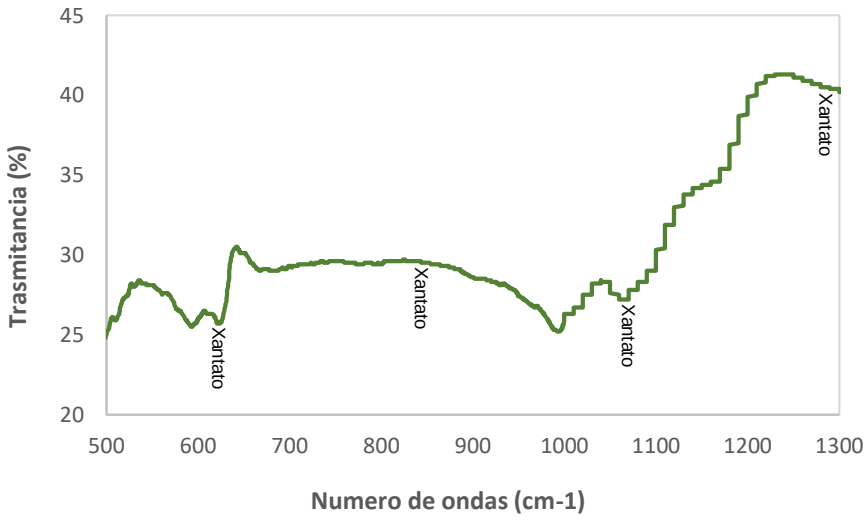


Figura 16. Presencia de Xantato

Lixiviación

Se analizaron muestra de lixiviación con ácido fosfórico como se muestra en la **figura 17** dando bandas a 2370 corresponden a vibraciones características de los fosfatos O-P-O y las bandas 1480 es P-O-H, 1270, 1020 P-O, mientras que la banda 652 y 591 son características de O-P-O de fosfatos ácidos.

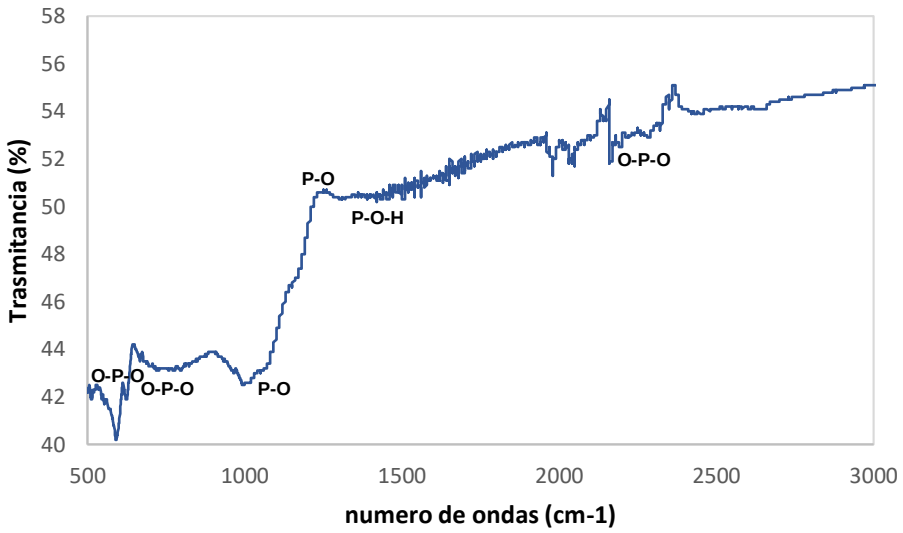


Figura 17. Bandas por vibraciones de fosfatos

Se presenta el espectro típico del ácido cítrico utilizado en nuestra investigación como se muestra en la **figura 18**, donde se muestran las bandas asociadas a los principales grupos funcionales presentes en la muestra. Las bandas a 892 y 1250 cm^{-1} corresponden a los enlaces O-H y -COO-, respectivamente. El enlace C=O del ácido carboxílico se hace presente en el pico a 1720 cm^{-1} y se observa un enlace O-H a 2360 cm^{-1}

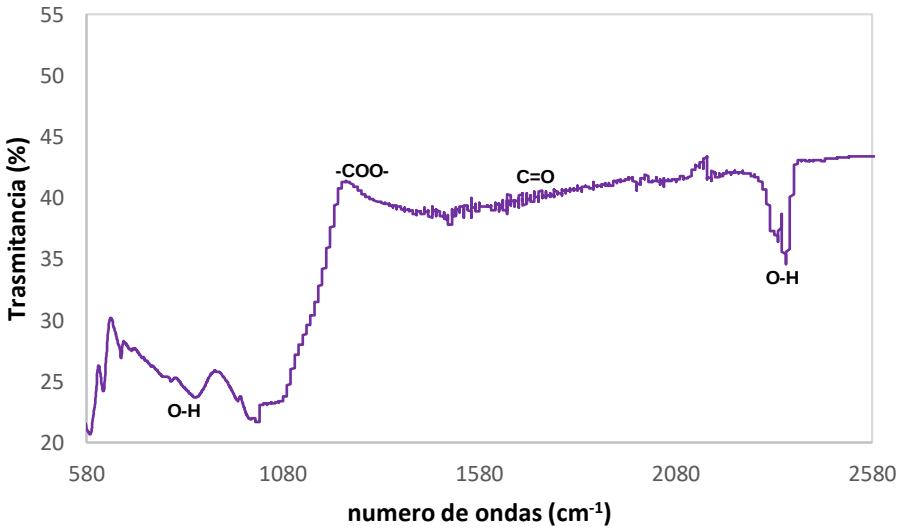


Figura 18. Bandas por vibraciones de O-H Y C-O

Caracterización por fluorescencia de rayos x

Es un método clásico para determinar los elementos principales y menores, así como algunos elementos de trazas.

Se le hizo la caracterización a las 19 muestras que salieron del diseño experimental del proceso de flotación y de lixiviación, reportándose solo los porcentajes mayores de los

elementos encontrados como cobre, hierro, azufre, silicio y calcio como se muestra en las **Tablas IV y V**.

La **Tabla IV,** producto del proceso de flotación, nos muestra alta presencia de cobre en los concentrados de flotación, aunque el mayor porcentaje fue la flotación número 3.

Con respecto a la **Tabla V**, Producto del proceso de lixiviación, nos muestra bajos porcentajes de cobre porque la mayoría se solubilizo en el ácido cítrico más sin embargo se pudo notar altos contenidos de silicio y hierro.

Tabla I. Resultados de flotación por FRX

$C_6H_8O_7$	1	2	3	4
COMPONENTE	**[ ]**	**[ ]**	**[ ]**	**[ ]**
% Si	21.557	21.8875	23.168	24.929
% Fe	7.442	7.687	9.666	7.539
% Cu	0.471	0.528	0.668	0.525
% S	1.217	0.987	0.754	0.569
% Ca	0.183	0.209	0.2	0.207
% P	0.218	0.238	0.235	0.256

Tabla V. Resultados de lixiviación con ácido cítrico por fluorescencia de rayos X

	1		2		3		4	
COMPONENTE	**[ ]**	**COLA**	**[ ]**	**COLA**	**[ ]**	**COLA**	**[ ]**	**COLA**
% Si	17.935	23.615	14.923	20.141	15.328	23.857	15.738	23.806
% Fe	16.223	6.557	13.492	8.279	14.933	9.394	16.247	7.73
% Cu	8.105	0.883	14.99	1.006	15.756	1.973	15.179	1.783
% S	7.33	1.139	10.215	0.855	10.494	1.04	10.901	2.245
% Ca	1.843	1.223	4.081	3.258	0.74	2.106	0.405	0.608

II. CONCLUSIONES

1. En la caracterización de plasma de acoplamiento inductivo ICP, nos dio como resultado que el mayor porcentaje encontrado fue de cobre seguido de silicio y posteriormente hierro.
2. Con relación a las muestras de lixiviación con ácido cítrico se observó la presencia de este, coayudando a la separación de cobre, silicio y hierro, así como la del ácido fosfórico dando grupos característicos de fosfatos.

3. Las muestras por la caracterización de fluorescencia de rayos x, FRX de las 16 muestras se observan porcentajes altos de silicio, hierro y cobre.
   De la lixiviación con cítrico y fosfórico, notamos en relación al cobre el mayor porcentaje se quedó en el líquido esto quiere decir que se hizo la separación de los elementos hierro silicio por lo cual se puede deducir que para este mineral, el proceso correcto es la lixiviación con ácidos orgánicos como se realizaron en esta investigación.

BIBLIOGRAFIA

[1] Angeles Bardellini, C. F. (2021). Estudio de la lixiviación de covelita en medio acídico.

[2] Torres Albornoz, D. A. (2021). Extracción de cobre y manganeso mediante procesos de lixiviación.

[3] Ugarte, J. D. D., & Fabiola, X. (2020). Lixiviacion de minerales oxidados mediante diseño factorial, para la extraccion de cobre a nivel laboratorio.

[4] Gutierrez, E. R. C., & Sarmiento, A. W. S. (2015). Evaluación del proceso de lixiviación en medio básico para minerales oxidados de Cobre. Revista Investigaciones Altoandinas, 17(3), 411-416.

[5] Lingan Cieza, R. E., & Lucano Ocas, R. C. (2014). Influencia del ph y la concentración del ácido cítrico en la lixiviación por agitación de minerales oxidados de cobre tipo crisocola del distrito de salpo-la libertad.

[6] Chucos Quispe, R., & Espinoza Rivera, Y. (2016). Influencia del pH y la concentración del ácido cítrico en la recuperación de cobre mediante lixiviación por agitación de minerales oxidados de tipo cuprita.

SÍNTESIS DE HIDROXIAPATITA A PARTIR DE CONCHAS DE OSTIÓN PARA APLICACIONES DE REGENERACIÓN DE TEJIDO ÓSEO.

Guadalupe Nirvana Guzmán Molina
TecNM Celaya
Antonio García Cubas 600, Celaya, Gto.
Wompe1999@gmail.com

Dra. Criseida Ruiz Aguilar
ENES Juriquilla, UNAM.
Blvd. Juriquilla 3001, Querétaro,Qro.
criseida@unam.mx

Resumen — La importancia del desarrollo de materiales sintéticos se debe a la disminución del riesgo de infecciones respecto a los materiales de origen natural como aloinjertos y xenoinjertos. La hidroxiapatita ($Ca_{10}(PO_4)_6(OH)_2$) es la fase mineral que forma el tejido óseo, la cual es una alternativa para la regeneración de tejidos duros, puede ser sintetizada utilizando precursores, fuentes de calcio y fosfatos. En la presente investigación se logró sintetizar hidroxiapatita a partir de conchas de ostión como fuente de $CaCO_3$ obteniendo CaO mediante tratamiento térmico, el cual, se mezcló con Na_2HPO_4 a 67°C ± 1°C y pH de 11.09, por lo que se pudo corroborar que las conchas de ostión son un material precursor de calcio para la síntesis de hidroxiapatita.

Palabras clave — Conchas de Ostión, hidroxiapatita, termal. regeneración ósea.

Abstract — The importance of the development of synthetic materials is due to the decrease of infections risk in respect of materials with natural origin such as allograft and xenograft materials. Hydroxyapatite ($Ca_{10}(PO_4)_6(OH)_2$), is the mineral phase that forms bone tissue, which is an alternative for the regeneration of hard tissues, it can be synthesized using precursors, calcium and phosphate sources. In the present investigation, hydroxyapatite was synthesized from oyster shells as a source of $CaCO_3$ obtaining CaO by heat treatment, which was mixed with Na_2HPO_4 at 67°C ± 1°C and pH 11.09, so it was possible to corroborate that oyster shells are a calcium precursor material for the synthesis of hydroxyapatite.

Keywords — Oyster shells, Hydroxyapatite, thermal, bone regeneration.

I. INTRODUCCIÓN

El tejido óseo consiste en células rodeadas por una matriz compuesta por agua, fibras proteicas y sales minerales (en su mayoría fosfato de calcio), encargadas del mantenimiento y reparación del tejido óseo [1]. Existen circunstancias en las cuales estas cualidades se ven superadas, como defectos óseos mayores tamaño crítico (>2 cm, dependiendo del lugar anatómico), enfermedades degenerativas, defectos congénitos, entre otros [1],[2].

A lo largo del tiempo se han desarrollado diferentes materiales que puedan servir para emular el material extracelular durante el proceso de regeneración, funcionando como soporte mecánico para la fijación, proliferación y diferenciación celular. Los materiales naturales usados como injerto óseo se clasifican dependiendo del su origen: autoinjerto, aloinjertos, xenoinjertos y sintéticos. La importancia del desarrollo de materiales sintéticos se debe a la ausencia del riesgo de infecciones como en el caso de los aloinjertos y xenoinjertos, en el caso de los autoinjertos estos tienen un suministro limitado e implican cirugías y gastos adicionales [1]-[4].

La hidroxiapatita (HA) es un material biocompatible y osteoconductivo [5], con fórmula $Ca_{10}(PO_4)_6(OH)_2$, perteneciente a la familia de las apatitas que constituyen fases inorgánicas o minerales de tejidos calcificados normales (ej. huesos) y patológicas (ej. Cálculos urinarios), está compuesto por iones Ca^{-2}, PO_4^{-3} e OH^{-1} [3],[6],[7]. Diferentes métodos para su síntesis mediante diferentes reactivos, fuentes de calcio y fosfatos, se han implementado [3],[6], siendo un medio básico el preferente para la formación de la HA. En este reporte proponemos el uso de conchas de ostión como fuente de iones calcio siguiendo las metodologías realizadas por S. Das Lala, Y. Yang y S. Zhong para la síntesis de HA.

II. MATERIALES Y METODO

Para la síntesis de HA se utilizó como precursor químico las conchas de ostión calcinadas siguiendo las metodologías presentadas por Y. Yang y col. [8] y S. Zhong y col. [9] para la metodología 1, y S. Das Lala y col. [10] parar la metodología 2, En la figura 1 se muestra un resumen del proceso experimental.

Síntesis de óxido de calcio (CaO) a partir de conchas de ostión.

Las conchas de ostión contienen un alto porcentaje de carbonato de calcio ($CaCO_3$), del cual se puede obtener óxido de calcio por calcinación [11],[12]. Las conchas de ostión fueron recolectadas de un restaurante. Para posteriormente ser lavadas con agua y jabón utilizando apoyo de un cepillo mediante la abrasión mecánica retirando así la mayor cantidad de restos de comida. Se continúa con el proceso de secado en una estufa a 110°C por 48 h y se almacenan las conchas en un contenedor.

El tratamiento térmico de las conchas previamente limpias se realizó mediante calcinación a 900°C por 1 h y con un incremento gradual de 10°C por minuto. Con el propósito de hacer un tratamiento térmico uniforme se dividieron las conchas en dos grupos, grupo A (1006.9 g) y grupo B (1552.6 g).

Las conchas calcinadas fueron molidas empleando mortero de cerámica y ágata junto con su respectivo pistilo hasta obtener un polvo fino (inferior a 0.50 mm), luego fueron llevadas a un análisis por difracción de rayos X (DRX) para verificar el tipo de compuesto sintetizado para su uso en las siguientes metodologías.

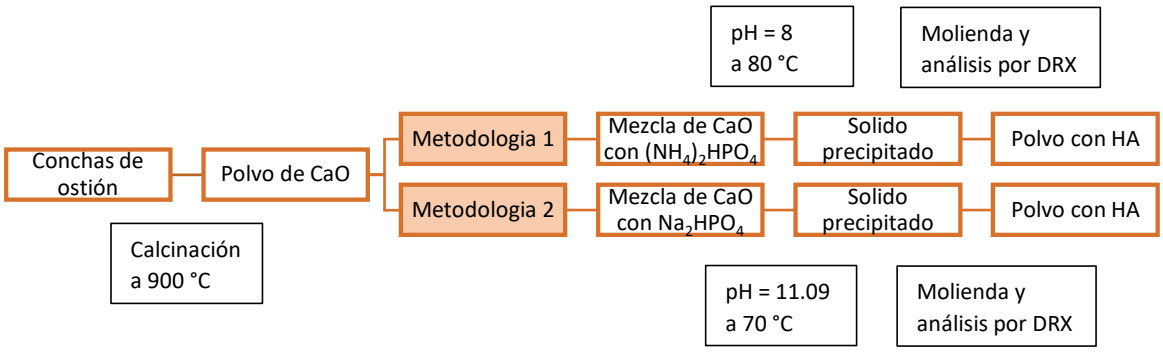


Figura 36. Síntesis de HA a partir de concas de ostión.

Síntesis de hidroxiapatita a partir del CaO de conchas de ostión

1) Metodología 1.

Los reactivos utilizados fueron CaO, generado como se describe en la sección 2.A y tamizado usando una rejilla con apertura de 0.50 mm, fosfato diamónico $(NH_4)_2HPO_4$ (Sigma Aldrich, pureza >98%) y agua desionizada (MEYER). Para ajustar el pH se utilizaron perlas de hidróxido de sodio NaOH (Macron Fine Chemicals).

Usando una parrilla de agitación y calentamiento, en un vaso de precipitado se mezclaron 2 g de polvo de CaO tamizado con 1.5847 g y $(NH_4)_2HPO_4$ en 50 ml de agua desionizada. El pH se ajustó a 8 utilizando NaOH. Una vez ajustado el pH la mezcla se mantuvo a una temperatura entre 75.4°C y 81.2°C por 2 h hasta la eliminación del agua.

El sólido obtenido fue molido usando un mortero de ágata y pistilo para tener un polvo para su caracterización por un análisis DRX, Cu (40 Kv, 30 mA), I(max)=887 y cuentas a 0.02º/min.

2) Metodología 2

Para la preparación de las soluciones se emplearon como reactivos el CaO sintetizado previamente, fosfato de sodio dibásico (Na_2HPO_4) al 99.7% de pureza marca J. T. Baker y agua desionizada marca MEYER.

Se prepararon dos soluciones, la primera de óxido de calcio 0.5 M (2 g de óxido de calcio en 71.3 ml de agua desionizada) y la segunda de fosfato de sodio dibásico 0.3 M. (2.965 g disueltos en 69.6 ml de agua desionizada).

Posteriormente, se mezclaron ambas soluciones manteniendo en agitación constante a 67°C ± 1°C por 4 horas, con un pH de 11.09, hasta la eliminación del líquido.

Se redujo el tamaño del sólido generado empleando un mortero, posteriormente se pesó y mandó a un análisis DRX para la caracterización del compuesto.

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A. Resultados de la síntesis de CaO

Como fuente de calcio se utilizó CaO como precursor, comprobando su obtención mediante el proceso de calcinación de las conchas de ostión [12] realizando un análisis DRX, la figura 2 muestra los resultados del análisis, donde se observa que el compuesto obtenido corresponde a CaO.

Cabe destacar que luego del proceso de calcinación, ecuación (1), se pierde más de la mitad de la masa en forma de CO_2, en la tabla 1 se observa la masa obtenida luego del proceso térmico.

$$CaCO_3 \xrightarrow[900°C]{} CaO + CO_2 \quad (1)$$

Tabla 24. Masa obtenida de CaO luego de la calcinación de las conchas de ostión ($CaCO_3$)

Grupo	$CaCO_3$ (g)	CaO (g)
A	1006.9	531.4
B	1552.6	847.5

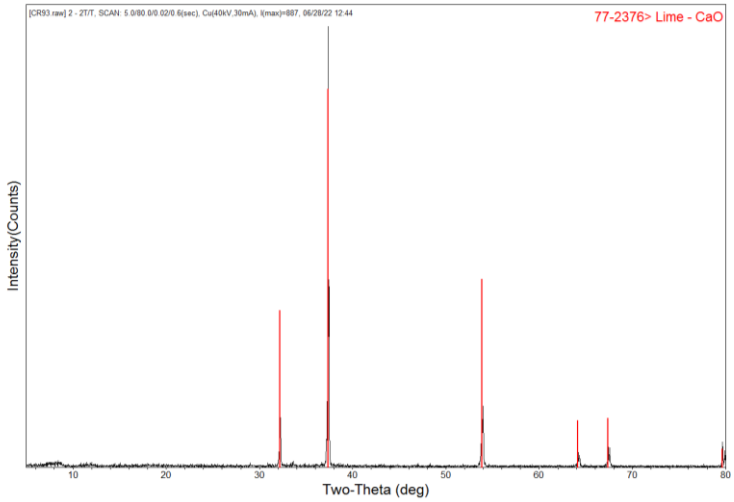


Figura 37. Difractograma del polvo de conchas de ostión calcinadas.

Resultados de la síntesis por la metodología 2

Una vez verificado la obtención de CaO, se realizaron dos metodologías para la síntesis de hidroxiapatita, sin embargo, este trabajo se enfocará en los resultados de la metodología 2, para los resultados de la metodología 1 consultar el Anexo 1.

El peso de polvo obtenido fue de 5.2483 g. La ecuación (2) muestra la reacción que ocurrió durante el proceso para obtener hidroxiapatita, sin embargo, los resultados del análisis DRX, figura 3, muestran que se obtuvieron diferentes compuestos, Na_3PO_4 (63%) y $Ca(OH)_2$ (15%). Cabe aclarar que durante el análisis se identificó uno de ellos como fluorapatita, sin embargo, ninguno de los compuestos añadidos contenía flúor, por lo cual se comparó el difractograma del producto obtenido con la de hidroxiapatita estándar donde se observa que coinciden [13]. La obtención de otros compuestos puede explicarse considerando que el Na_2HPO_4 reaccionó con el NaOH producido durante la primera reacción, ecuación (2) y (3), por lo que el CaO que no pudo interactuar quedo en forma de $Ca(OH)_2$, ecuación (4) [6],[10].

$$10\,CaO + 6\,Na_2HPO_4 + 4\,H_2O \longrightarrow Ca_{10}(PO_4)_6(OH)_2 + 12\,NaOH \quad (2)$$

$$Na_2HPO_4 + NaOH \longrightarrow Na_3PO_4 + H_2O \quad (3)$$

$$CaO + H_2O \longrightarrow Ca(OH)_2 \quad (4)$$

Un ambiente básico, entre 9.5 y 10.5 son favorables para la formación de hidroxiapatita, a niveles bajos esta podría degradarse y a niveles altos existen pocos núcleos que permitan la formación del compuesto teniendo aglomeraciones mayores que en un medio más ácido debido a la presencia de iones OH^{-1} en la superficie, en este caso se tuvo un medio por encima del rango. El uso de Na_2HPO_4 como reactivo se debe a la generación de NaOH, compuesto que hace del medio un ambiente básico haciendo innecesario la adición de un compuesto para regular el pH y que este interactúe con los reactivos [6],[7],[13]-[16].

Sin embargo, J. M. Villora [6] y M. D. Rodríguez B. [18] sugieren que la velocidad de adición de reactivos lenta es un factor importante debido a la variación de pH que existe.

IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En el presente trabajo se obtuvo, de acuerdo a los análisis por DRX, hidroxiapatita a partir de CaO derivado de conchas de ostión, mostrando ser un material precursor para la síntesis de apatitas, sin embargo, es recomendable realizar otros tipos de análisis, como espectrometría de absorción en el Infrarrojo (FTIR), para tener una mejor caracterización de la HA por la metodología de S. Das Lala. Por otra parte, la presencia de otros compuestos (Na_3PO_4 y $Ca(OH)_2$) en mayor porcentaje mediante la metodología 2, da un bajo rendimiento de 21.9% pudiendo incrementar siguiendo lo mencionado por J. M. Villora y M. D. Rodríguez B. adicionando la solución de Na_2HPO_4 lentamente en la solución CaO conservando la relación Ca/P de 1.67.

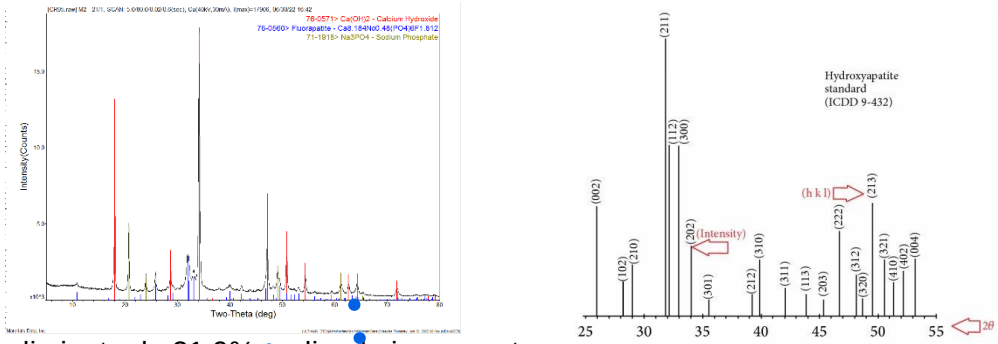


Figura 38. Difractograma del polvo obtenido en la metodología 2 y del estándar de la hirdoxiapatita.

V. AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Ana Lucía Sánchez Alfonso por haber apoyado en la recolección de las conchas de ostión e investigación de metodologías para la síntesis de hidroxiapatita, de igual forma a la ENES Juriquilla por las facilidades otorgadas para la realización del proyecto durante la estancia de verano. Se agradece a la Universidad Nacional Autónoma de México por financiar parcialmente la realización de este estudio por medio de los apoyos PAPIME PE101422 y PAPIIT-TA100522.

REFERENCIAS

[1] G. L. Koons, M. Diba y A. G. Mikos, “Materials Design for Bone-Tissue Engineering” Nature Reviews Materials, Vol. 5, pp. 584–603. Disponible en https://doi.org/10.1038/s41578-020-0204-2 [consultado en 2022].

[2] J. Zhou, Z. Zhang, J. Joseph, et al., “Biomaterials and nanomedicine for bone regeneration: Progress and future prospects” Exploration, Vol. 1, Issue 2, 20210011. Disponible en https://doi.org/10.1002/EXP.20210011 [consultado en 2022].
[3] T. Kokubo, “Bioceramics and their Clinical Applications”, Ed. Woodhead Publishing Limited. England, 2008.
[4] M. Bohner, B. L. G. Santoni y N. Döbelin “β-tricalcium phosphate for bone substitution: Synthesis and properties” Acta Biomaterialia, Vol. 113, pp 23–41. Disponible en https://doi.org/10.1016/j.actbio.2020.06.022 [consultado en 2022].
[5] Busch, A. Wegner, M. Haversath, et al., “Bone Substitutes in Orthopaedic Surgery: Current Status and Future Perspectives” Zeitschrift für Orthopädie und Unfallchirurgie, Vol. 159, Issue 3, pp 304-313. Disponible en https://doi.org/10.1055/a-1073-8473 [consultado en 2022].
[6] J. M. Villora, P. Callejas y M. F. Barba, “Métodos de síntesis y comportamiento térmico del Hidroxiapatito” Boletín de la Sociedad Española de Cerámica y Vidrio. Vol. 41, pp 443-450.
[7] N. I. Agbeboh, I. O. Oladele, O. O. Daramola, et al., “Environmentally sustainable processes for the synthesis of hydroxyapatite” Heliyon 6 (2020) e03765. Disponible en https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e03765 [consultado en 2022].
[8] Y. Yang, Q. Yao, X. Pu, et al., “Biphasic calcium phosphate macroporous scaffolds derived from oyster shells for bone tissue engineering” Chemical Engineering Journal, Vol. 173, Issue 3, pp 837-845. Disponible en https://doi.org/10.1016/j.cej.2011.07.029 [consultado en 2022].
[9] S. Zhong, Z. Wen, J. Chen, et al., “Effects for rapid conversion from abalone shell to hydroxyapaptite nanosheets by ionic surfactants” Materials Science and Engineering: C, Vol. 77, Issue 3, pp 708-712. Disponible en https://doi.org/10.1016/j.msec.2017.04.009 [consultado en 2022].
[10] S. Das Lala, E. Barua, P. Deb, et al., “Physico-chemical and biological behaviour of eggshell bio-waste derived nano-hydroxyapatite matured at different aging time” Materials Today Communications, Vol. 27, Issue 3, pp 2003-2012. Disponible en https://doi.org/10.1016/j.mtcomm.2021.102443 [consultado en 2022].
[11] N. D. Malau y F. Adinugraha, “Synthesis of hydrokxyapatite based duck egg shells using precipitation method” Journal of Physics: Conference Series, Ser. 1563. Disponible en https://doi.org/10.1088/1742-6596/1563/1/012020 [consultado en 2022].
[12] G.-L. Yoon, B.-T. Kim, B-Oon Kim, et al., “Chemical–mechanical characteristics of crushed oyster-shell” Waste Manag, Vol. 23, Issue 9, pp 825-834. Disponible en https://doi.org/10.1016/S0956-053X(02)00159-9 [consultado en 2022].
[13] S. Shahabi, F. Najafi, A. Majdabadi, et al., “Effect of Gamma Irradiation on Structural and Biological Properties of a PLGA-PEG-Hydroxyapatite Composite” The Scientific World Journal, Vol. 2014, Article ID 420616. Disponible en https://doi.org/10.1155/2014/420616 [consultado en 2022].
[14] M. T. Fulmer y P. W. Brown, “Effects of Na2HP04 and NaH2P04 on hydroxyapatite formation” Biomedical Materials Research, Vol. 27, Issue 8, pp 1095-1102. Disponible en https://doi.org/10.1002/jbm.820270815 [consultado en 2022].
[15] P. W. Brown, “Phase Relationships in the Ternary System CaO-P205-H 20 at 25°C” Journal of the American Cerumic Society, Vol. 75, Issue 1 pp 17-22. Disponible en https://doi.org/10.1111/j.1151-2916.1992.tb05435.x [consultado en 2022].
[16] J.A RiveraI, G. FetterI y P. BoschII, “Efecto del pH en la síntesis de hidroxiapatita en presencia de microondas” Revista Matéria, Vol. 15, Issue 4, pp 506-515. Disponible en https://doi.org/10.1590/S1517-70762010000400003 [consultado en 2022].
[17] L. S. Villaseñor-Ceróna, M. I. Reyes-Valderramaa, S. López-Ortiza, et al., “El pH como parámetro en la síntesis de hidroxiapatita y cloroapatita a partir del método hidrotermal asistido por microondas” Pädi Boletín Científico De Ciencias Básicas e Ingenierías Del ICBI, Vol. 9, No. Especial 2, pp 34-40. Disponible en https://doi.org/10.29057/icbi.v9iEspecial2.7727 [consultado en 2022].
[18] M. D. Rodríguez B., “Síntesis y análisis de hidroxiapatita”, Ingeniería e Investigación, No. 41, pp. 57–63. Disponible en https://doi.org/10.15446/ing.investig.n41.21060 [consultado en 2022].

REGISTRO SONORO DE VIALIDADES EN IRAPUATO

Ana Paola Anguiano Martínez
Alondra Mayte Martínez Flores
José Carlos Muñoz Vera
Instituto Tecnológico Superior de Irapuato
Carretera Silao – Irapuato Km 12.5 El Copal,
36821 Irapuato, GTO.
LIS18110177@irapuato.tecnm.mx
LIS18111266@irapuato.tecnm.mx
LIS18110240@irapuato.tecnm.mx

Daniel Armando Aguirre Ibarra
Instituto Tecnológico Superior de Irapuato
Carretera Silao - Irapuato Km 12.5 El Copal,
36821 Irapuato, GTO.
daniel.ai@irapuato.tecnm.mx

Resumen — El ruido del transporte aumenta el riesgo de adquirir diferentes enfermedades, sin embargo existen pocos estudios que han investigado estos temas. Por lo cual nuestro objetivo fue estudiar e investigar diferentes artículos referentes al tema y realizar una investigación de campo para comprobar si realmente el constante ruido de los vehiculos tiene repercusiones negativas en las personas.

Palabras clave — *Ruido, transportes y enfermedades.*

I. INTRODUCCIÓN

La siguiente investigación se realizó con la intención de dar a conocer las consecuencias que tiene el ruido emitido por los vehículos y como este afecta principalmente en la salud de las personas, debido a que en México no existe ningún tipo de estudio en el cual se de a conocer la información necesaria de este problema.

Para realizar esta investigación se hizo uso de distintos articulos realizados en distintos países tales como: EE.UU., Corea del Sur y regiones de Europa, en los cuales se analizaron las condiciones de salud de las personas y se concluyó que las personas que vivían cerca de una zona con un índice de trafico alto presentaban enfermedades a cierto tiempo de exposción al ruido.

Con respecto a lo mencionado anteriormente realizamos una investigación de campo en la cual tomamos muestras de distintas frecuencias del ruido en algunas avenidas y boulevares con mayor índice de tráfico y en diferente horario de la ciudad de Irapuato, Gto. Se empleó un método de recolección de información utilizando herramientas como: Sonometro y una aplicación móvil las cuales nos facilitaron realizar esta investigación.

II. MARCO TEÓRICO

A partir de la investigación realizada en Science Direct, se puede identificar que los autores tienen opiniones diversificadas sobre el impacto de la contaminación auditiva y como este afecta a la salud de las personas, se presentan distintos métodos de análisis sobre los diferentes panoramas de la contaminación auditiva.

Cabe resaltar que no todos los artículos investigados hacen referencia a la contaminación por parte de autos carreteros, sino que también abarca información sobre diferentes tipos transporte tales como: ferrocarril y aéreo.

Contaminación auditiva

La contaminación en la atmósfera no es el único tipo de contaminación en el entorno medioambiental que tiene efectos negativos en la salud de la sociedad, menciona (Khreis 2019). Sino que también existe la contaminación auditiva que, según la OMS, es uno de los factores ambientales que provoca más problemas de salud, en gran medida los índices de contaminación auditiva son provocados por distintos tipos de transporte siendo el carretero el más nocivo para la salud de los seres humanos, ya que la contaminación auditiva es mas preocupante de lo que las personas se imaginan, debido a que el simple hecho de que los vehículos emitan ruidos por ejemplo el hacer sonar su claxon, o ruidos provenientes del motor, esto en algunos casos por falta de mantenimiento, por esto es importante el saber identificar en que zonas y horarios esto afecta más.

Según (Tanel et al., 2022) los modos de transporte ferroviario y aéreo también generan contaminación auditiva, aunque con diferentes decibeles y con menor frecuencia de ocurrencia, tomando en cuenta que el nivel de contaminación sonora y las consecuencias que genere en las personas depende también de la infraestructura de la zona, de su posición geográfica y de su nivel socioeconómico. Así mismo es importante resaltar que el ferrocarril afecta más a las personas que se encuentran viviendo en edificios de gran altura, esto por la vibración de las vías y también por el ruido emitido por el mismo. Este argumento anteriormente mencionado toma mayor relevancia puesto a que (Jik et al., 2019) realizó un análisis en el cual estudiaron a 400 personas las cuales habitaban en un complejo de 4 departamentos en la provincia de Gyeonggi, Corea del Sur, los cuales estaban ubicados en las proximidades de carreteras con altos niveles de tráfico y ruta ferroviaria, al termino de este estudio de 10 años se logró determinar que las personas que vivían más cerca de las carreteras y del ferrocarril, en los pisos superiores de los departamentos, presentaron menor tolerancia al ruido y en un periodo (2 años y 10 meses) cambiaron de residencia.

Efectos nocivos a la salud

La exposición a los altos índices de ruido del trasporte podría afectar negativamente a la salud de las personas en cuestión de complicaciones de la salud tales como: el asma, problemas relacionados con conciliar el sueño, hipertensión, cardiopatía isquémica, infartos de miocardio entre muchas otras enfermedades. Así mismo esta exposición al ruido puede afectar el eje hipotalámico – hipotiitario el cual conduce a un aumento de la producción de hormonas de estrés.

Otras de las enfermedades más preocupantes a causa del ruido, es el cáncer de mama y la diabetes. Se han realizado diversos estudios en los cuales se comprueba, que el ruido del transporte aumenta el riesgo de enfermedades cardiovasculares según (M. Sorensen et al., 2021). En el país de Dinamarca se realizo un estudio para conocer el riesgo del cáncer

de mama en relación al ruido de transportes, en el cual se estudiaron a 1,8 millones de mujeres de 35 años con un periodo del 2000-2017, dando como resultado un total de 66,006 mujeres, las cuales resultaron con cáncer de mama.

Análisis en distintos entornos

En los últimos años se han desarrollado distintos estudios sobre los efectos nocivos de la contaminación auditiva en los seres humanos, tal es el caso de (Soheil et al, 2020) el cual determino que tan solo en Houston 302 muertes prematuras (adultos 30 a 75 años) se podrían atribuir al ruido del trasporte, esto en 2016. Esto podría interpretarse de manera que de cada 100 muertes prematuras en la ciudad, 2 son causadas por efectos nocivos de la contaminación acústica. Tomando como ejemplo otro caso de estudio realizado por (Jik et al., 2019) en Corea del sur en el cual se tomo una muestra de 400 personas, dentro de un complejo de 4 edificios citados a la cercanía de una carretera con un índice de tráfico alto y una vía férrea, todo esto las 24 horas del día. Dicho estudio logró determinar que las personas que se encontraban viviendo mas cerca de las vías férreas y carretera, tuvieron un tiempo de residencia menor a las personas que mantenían una distancia más considerable de estas rutas de vialidad y trasporte. Dicho comportamiento de las personas que no lograron superar los 2 años de residencia en estos complejos podría estar relacionado ampliamente a que los altos niveles de estrés causados por la frecuencia del ruido. Dentro de esto mismo cabe señalar que dicho estado de estrés puede llegar a interrumpir la recuperación nocturna del sistema inmunitario y contribuir a los procesos proinflamatorios en las vías respiratorias, así lo plantea (Ikenna et al., 2018) ya mediante un análisis realizado en Suiza se reflejó que la exposición al ruido del tráfico vial a corto plazo se asoció con un aumento de la tasa de llamadas realizadas al 911 y hospitalizaciones con sintomas respiratorios, esto tomando datos del Estudio de la Cohorte Suiza sobre Contaminación del Aire y Enfermedades Pulmonares y Cardíacas en Adultos (SAPALDIA).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

Para esta investigación, se realizaron métodos de muestreo como el conteo de diferentes tipos de vehículos mediante una aplicación llamada TRAFFIC COUNTER, en la que se registraron la cantidad de: Autos, motocicletas, camiones de carga y camiones de pasajeros. Así mismo utilizamos otra herramienta llamada sonómetro, que sirve para poder medir los decibeles emitidos por los vehículos en las zonas con más tráfico vehicular de la ciudad de Irapuato, como: Blvd. Los Reyes, Avenida Insurgentes, Avenida Guerrero, Blvd. Díaz Ordaz y Blvd. Solidaridad.

Imagen 1. Sonómetro.

IV. RESULTADOS

A continuación, se presentan los resultados del trabajo de campo. En la Imagen 2 se muestra uno de los aforos vehiculares; y en la Imagen 3 se presentan los niveles de ruido generado en las vialidades.

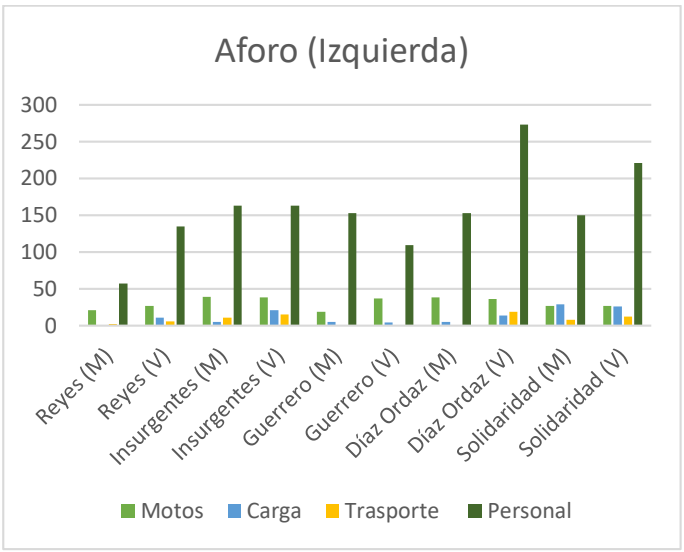


Imagen 2. Aforo vehicular.

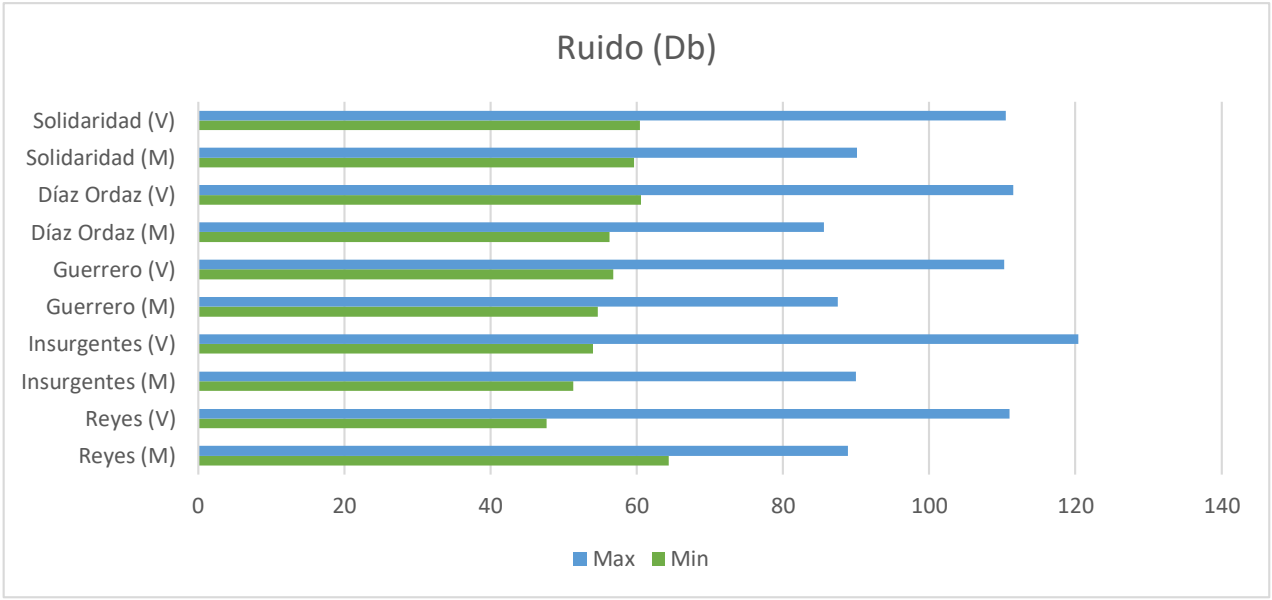


Imagen 3. Niveles de ruido.

V. DISCUSIÓN

Hasta donde sabemos, este es una de las pocas investigacines relacionadas con los problemas de salud que presentan las personas a un largo plazo de exposición al ruido emitido por los distintos vehículos carreteros. Nuestros resultados mostraron que los índices de ruido dentro de la ciudad superan a los emitidos en distintos países de Europa y Asia, dentro de los cuales dichas condiciones representan factores de riesgo a la salud de las personas. En nuestras muestras obtenidas en las distintas avenidas de la ciudad se logró registrar que el lugar con menor índice de ruido fue la avenida los Reyes con tan solo 47.7 Db en un periodo vespertino, por contraparte el lugar con mayor índice de frecuencia fue la avenida insurgente en un periodo vespertino el cual alcanzo los 120.4 Db.

VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En la actualidad el ruido es un factor determinante para muchos problemas de salud, tema del cual existe muy poca información y pocos estudios que solamente se han realizado en el extranjero y ninguno en México. Es por esto la importancia de esta investigación, ya que el ruido generado por vehiculos es un factor de alto riesgo que puede ser relacionado con enfermedades como: Hipertensión, cáncer, diabetes y es comparable incluso con cifras registradas por suicidio en algunas partes del mundo.

Así mismo, se recomienda hacer una investigación exhaustiva sobre los demas tipos de transporte que tambien generan un impacto negativo en las personas tal como: el ferrocarril ya que tambien hay estudios que comprueban que personas que viven cerca de las vías del tren sufren afectaciones en la salud por este mismo problema.

El tema se seguirá trabajando para ampliar los resultados y determinar una correlación entre diversos factores identificados.

REFERENCIAS

[1] Moreyra Krishnamurthy et al., “The impact of exposure to transportation noise on the rates of myocardial infarction in New Jersey”, Journal of the American College of Cardiology, Vol. 79, Issue 3, p 1148. Disponible en: https://doi.org/10.1016/S0735-1097(22)02139-8 [consultado en 2022].

[2] Ikenna C. Eze, Maria Foraster, et al., “Transportation noise exposure, noise annoyance and respiratory health in adults: A repeated-measures study”, Environment International, Vol. 121, pp 741-750. Disponible en: https://doi.org/10.1016/j.envint.2018.10.006 [consultado en 2022].

[3] Jik Leea et al., “Association between transportation noise and blood pressure in adults living in multi-storey residential buildings”, Environment International, Vol. 132, pp 1-8. Disponible en: https://doi.org/10.1016/j.envint.2019.105101 [consultado en 2022].

[4] Khreis Haneen. “Transportation and Public Health: A Burden of Disease Analysis of Transportation Noise”. Environment International, Vol 14. Disponible en: https://doi.org/10.1016/j.jth.2019.100686 [consultado en 2022].

[5] Sorensen, A. Harbo Poulsen, et al., ¨ Ruido de carreteras y riesgo de cáncer de mama: un estudio nacional que cubre Dinamarca¨, Investigación Ambiental, Vol.195, pp 2020-2021. Disponible en: https://doi.org/10.1016/j.envres.2021.110739 [Consultado en 2022].

[6] S. Sohrabi, et al., “Burden of disease from transportation noise and motor vehicle crashes: Analysis of data from Houston, Texas”, Environment International, Vol. 136, pp 1-12. Disponible en: https://doi.org/10.1016/j.envint.2020.105520 [consultado en 2022].

[7] T. Heber, et al., “Health impact assessment of transportation noise in two Estonian cities”, Environmental Research, Vol. 204. Disponible en: https://doi.org/10.1016/j.envres.2021.112319 [consultado en 2022].

SÍNTESIS BAJO LA INFLUENCIA DE CAMPO MAGNÉTICO DE MATERIALES NANOESTRUCTURADOS

José Eduardo Maya Zapata
Universidad Autónoma de Querétaro
Carr. a Chichimequillas s/n
C.P. 76140, Querétaro, Qro.
jmaya21@alumnos.uaq.mx

María de los Ángeles Cuán Hernández
Universidad Autónoma de Querétaro
Carr. a Chichimequillas s/n
C.P. 76140, Querétaro, Qro.
angelescuan24@yahoo.com.mx

Resumen — Las perovskitas son minerales hechos a partir de metales y oxígeno que han sido de interés últimamente debido a que se pueden utilizar para diseñar fotocatalizadores. En este trabajo se sintetizaron las perovskitas conformadas por estroncio, hierro y oxígeno por el método de Sol-Gel en presencia de un campo magnético generado por un toroide. Se realizó una rampa de calcinación a la muestra hasta una temperatura de 650°*C, pero al observar los resultados de la difracción de rayos X, la muestra mostraba reflexiones de Bragg correspondientes a sus precursores. Es por esto, que se realizó una segunda calcinación hasta 1074°C y tras realizar el análisis de rayos X, se observó la eliminación de los precursores en la muestra, obteniendo así la perovskita.*

Palabras clave — Perovskita, toroide, fotocatálisis.

Abstract — Perovskites are minerals made from metals and oxygen that have been of recent interest because they can be used to tailoring photocatalysts. In this work, perovskites made up of strontium, iron and oxygen were synthesized by the Sol-Gel method assisted with magnetic field, which was generated by a toroid. A calcination ramp was carried out on the sample up to a temperature of 650°C, but by means of its X-ray pattern analysis, it was observed that the sample showed Bragg reflections corresponding to its precursors. For this reason, a second calcination was carried out up to 1074°C and after performing the X-ray analysis, the elimination of the precursors in the sample was observed, thus obtaining the perovskite.

Keywords — Perovskite, toroid, photocatalysis.

I. INTRODUCCIÓN

Los fotocatalizadores son semiconductores de banda ancha que producen pares hueco-electrón que tienen un alto potencial oxidante o reductor permitiendo neutralizar contaminantes orgánicos e inorgánicos presentes en el aire. Los materiales que fungen como fotocatalizadores deben cumplir con ciertas características como una alta resistencia a la fotocorrosión, anchos de banda que se activen por medio de la luz solar, una baja toxicidad, entre otros [1].

Al elegir un material que funciones como fotocatalizador debemos considerar que su band gap ofrezca una respuesta ante el efecto de la luz. Las perovskitas emergen como un material que promete para ser un buen fotocatalizador, ya que dependiendo de los metales que utilicemos en su síntesis, podemos ajustar su banda prohibida para obtener una fotorrespuesta pertinente a una aplicación en específico.

Las perovskitas presentan la formula general de ABO_3, donde A es el catión más grande y B el catión más pequeño [2]. Idealmente en la fórmula química de la perovskita hay tres oxígenos, pero en la realidad obtenerlos es muy complicado, lo común suele ser obtener 2.5 lo cual se considera un material tipo perovskita que tiene propiedades diferentes a la

perovskita; a partir de valores de 2.6 en adelante el material ya empieza a exhibir propiedades correspondientes a la perovskita.

La estructura cristalina de algunas perovskitas es de tipo cúbica y con propiedades paraeléctricas, pero gracias a la influencia de un campo magnético generado por un toroide, podemos modificar ese acomodo de átomos a una estructura tetragonal que exhibe un comportamiento ferroeléctrico; esto es debido a un desplazamiento de los iones en la red [3]. Esto confiere propiedades a la perovskita útiles en su aplicación como fotocatalizadores siendo resistentes a la radiación y responder a estímulos mecánicos y térmicos.

Para este trabajo se utilizó estroncio como el catión de tamaño mayor, hierro como el catión de tamaño menor y se buscó obtener una cantidad superior a 2.6 de oxígeno. Así mismo, se utilizó un toroide para la generación del campo magnético que permitió la síntesis de la perovskita con propiedades ferroeléctricas.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

Los reactivos necesarios para la síntesis fueron: nitrato de estroncio, nitrato de hierro nonahidratado, ácido cítrico, hidróxido de amonio y agua desionizada.

El procedimiento para la síntesis de la perovskita fue el siguiente:

1. Se calentaron 50 mL de agua desionizada a 75°*C con agitación magnética.*
2. Se encendió el sistema de generación de campo magnético, el cual constaba de un toroide conectado a un generador de funciones que enviaba una señal de 10 VPP a una frecuencia de 1 kHz.
3. Una vez encendido el campo magnético, se reguló el pH de la solución a 3.5 añadiendo 305.4 mg de ácido cítrico y 0.06 mL de hidróxido de amonio.
4. Después, se agregaron 141 mg de nitrato de estroncio y 134.66 mg de nitrato de hierro nonahidratado, y se dejó reducir hasta 8 mL.
5. Se sacó la solución del sistema anteriormente mencionado, se trasvasó el líquido a un crisol y se introdujo en una estufa a 80°C por 5 horas.
6. Posteriormente, se dejó calcinar en una mufla siguiendo la rampa de calcinación (ver figura 1).
7. A continuación, se realizó una segunda calcinación a 1074°C por 8 horas.
8. Finalmente, se hizo una molienda manual y se obtuvo la muestra deseada.

Para comprobar la influencia del campo magnético en la síntesis de la perovskita, se llevó a cabo un blanco, es decir, una muestra en cuya síntesis no se utilizó el sistema de generación de campo magnético.

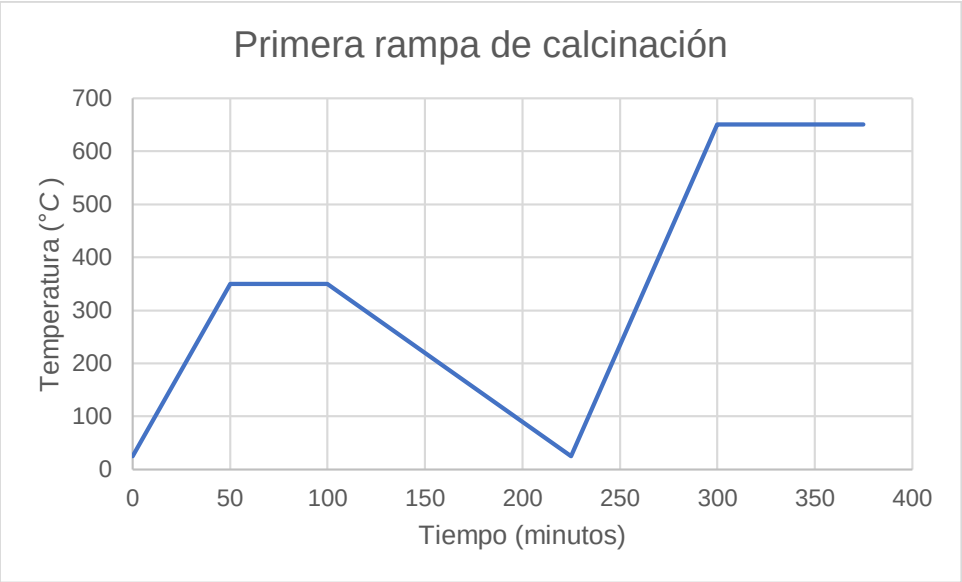


Fig. 1. Rampa de calcinación.

III. RESULTADOS

Para la muestra del blanco, se realizó un análisis XRD para reconocer fases presentes (ver figura 2). Tras compararlo en una base de datos, se identificó la presencia de estroncianita en un 56.9% y perovskita $SrFeO_{2.75}$ con estructura cristalina ortorrómbica en un 43.1%.

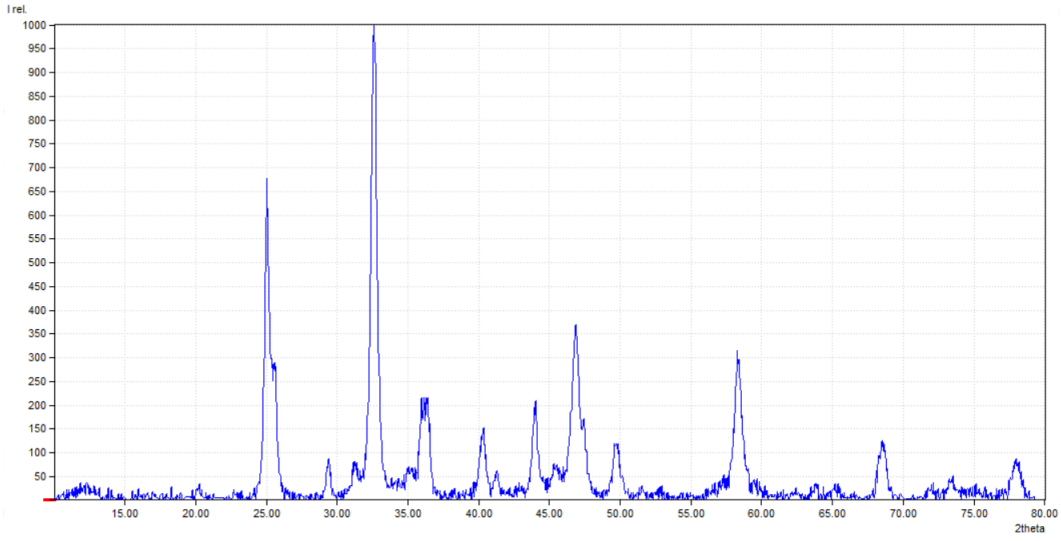


Fig. 2. Difractograma del blanco.

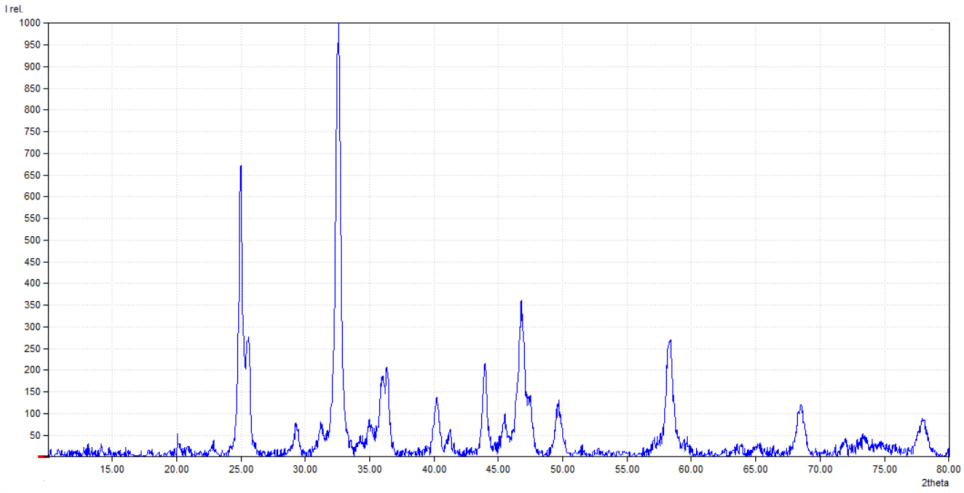


Fig. 3. Difractograma de la muestra a 1 kHz con calcinación a 650°*C*.

Posteriormente se llevó a cabo síntesis de la perovskita con campo magnético a frecuencia de 1 kHz, para esta primera muestra se realizó la rampa de calcinación mostrada en la figura 1, pero al realizar un análisis de XRD a la muestra, esta mostraba reflexiones de Bragg que no pertenecían a la perovskita (ver figura 3). Tras comparar el difractograma en una base de datos, se pudo observar que la muestra aun contenía algunos precursores, se había formado estroncianita y no se había obtenido la estructura cristalina deseada; el análisis mostró que la muestra tenía un 56.6% de estroncianita y un 43.3% de perovskita $SrFeO_{2.75}$ con estructura ortorrómbica.

Gracias a los resultados de la síntesis con la calcinación de 650°*C, se* observó que la temperatura no era lo suficientemente alta para eliminar a los precursores de la muestra y lograr el acomodo de átomos deseado que dieran una estructura cristalina tetragonal. Es por esto, que se hizo un análisis termogravimétrico (TGA) en el cual se vio una pérdida de masa a los 100°C, correspondiente a la deshidratación de la muestra, y otra perdida a los 1074°C que significaba la pérdida de los precursores.

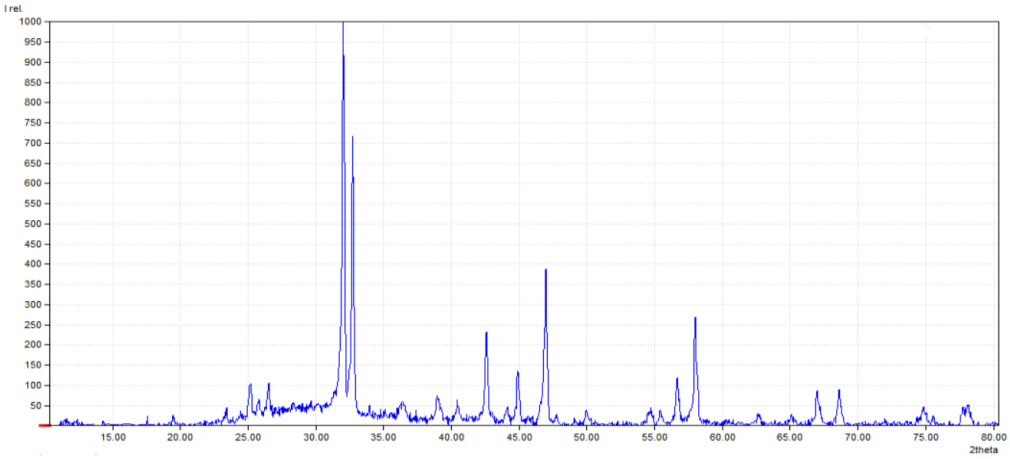


Fig. 4. Difractograma de la muestra a 1 kHz con recalcinación a 1074°*C*.

Posteriormente, se recalcinó la muestra a 1074°*C* para eliminar los precursores y se realizó nuevamente un análisis de XRD para observar si había cambios en el difractograma (ver figura 4). Tras realizar la comparación con la base de datos, se logró comprobar que los precursores se habían eliminado de la muestra y se había obtenido la perovskita $Sr_3Fe_2O_{6.73}$ con estructura cristalina tetragonal, la cual era la estructura que se buscaba obtener.

IV. CONCLUSIONES

Como se logró observar en los resultados, la temperatura a la que se calcina la muestra es fundamental para obtener la estructura cristalina tetragonal que confiere las propiedades ferroeléctricas a la perovskita, en caso de no llevarse a la temperatura correcta, la muestra aun tendrá precursores presentes que no permitirán el acomodo correcto de los átomos. Así mismo, es importante la frecuencia con la que se realiza la síntesis, ya que, si se utiliza una frecuencia menor, el campo magnético, al ser inversamente proporcional a la frecuencia, aumentaría considerablemente, por lo que se obtendría una estructura cristalina diferente.

Con este trabajo se logró comprender que factores influyen en la síntesis de la perovskita y cuáles son las características que debe tener para ser un fotocatalizador. Esto se puede extender a la síntesis de dobles perovskitas, que son materiales que muestran un comportamiento ferromagnético y pueden ser aprovechados también como catalizadores.

VI. RECONOCIMIENTOS

Agradezco a la Dra. Ángeles Cuán por haberme capacitado para utilizar gran parte del equipo del laboratorio y a la Universidad Autónoma de Querétaro por el apoyo brindado a lo largo de las cinco semanas de la estancia de verano.

REFERENCIAS

[1] L. E. Lisbona García, *Materiales fotocatalíticos y sus aplicaciones en construcción* [Tesis de maestría]. Universitat Politècnica de Catalunya, Barcelona, Cataluña, 2016.

[2] Kanhere, P., & Chen, A review on visible light active perovskite-based photocatalysts. *Molecules*, *19*(12), 19995-20022. Disponible en https://doi:10.3390/molecules191219995 [Consultado en 2022].

[3] Dudhe, C. M., Khambadkar, S. J., & Dhoke, N. V, Toroidal ferroelectricity in perovskite nanoparticles. *Scripta Materialia*, *131*, 89-92. Disponible en https://doi.org/10.1016/j.scriptamat.2017.01.016 [Consultado en 2022].

ESTUDIO DE LA HIDROLISIS ENZIMÁTICA DE FRUCTANOS DE AGAVE Y SU IMPACTO EN LA PRODUCCIÓN DE MEZCAL.

Maria Fernanda Bata Medina
Tecnológico Nacional de México en Celaya
Antonio García Cubas 600, Fovissste,
C.P. 38010 Celaya, Gto.
18032494@itcelaya.edu.mx

Ana Karen Mancera Ferrel
Tecnológico Nacional de México en Celaya
Antonio García Cubas 600, Fovissste,
C.P. 38010 Celaya, Gto.
18031383@itcelaya.edu.mx

Resumen — El presente trabajo tiene como objetivo analizar la hidrolisis enzimática que se produce en los fructanos contenidos en la planta de agave con la utilización de una cepa de levadura (*K. marxianus*) la cual tiene la capacidad de secretar la enzima fructanasa que es la responsable de realizar este proceso, que en comparación de otras hidrolisis como la ácida, nos ayuda a evaluar los impactos de producción e impactos económicos que ayuden a incrementar la producción de mezcal, ya sea enfocado a un destilado alguna otra aplicación y así obtener un proceso más eficiente.

Palabras clave — Hidrolisis, enzima, levadura, fructanos, agave

Abstract — The objective of this work is to analyze the enzymatic hydrolysis that occurs in the fructans contained in the agave plant with the use of a yeast strain (K. marxianus) which has the ability to secrete an enzyme called fructanase that is responsible to carry out this process, to obtain a comparison with other hydrolysis such as acid hydrolysis, which helps us to evaluate the production impacts and economic impacts that increase the production of mezcal, whether it is focused on a distillate or any other application and thus obtain a process more efficient and therefore more profitable.

Keywords — Hydrolysis, enzyme, yeast, fructans, agave.

I. INTRODUCCIÓN

El género Agave pertenece a la familia de las Agavaceae y comprende numerosas especies originarias de las zonas desérticas de América. La mayor parte de las planas son monocárpicas, es decir que florecen una sola vez en su vida y después de su floración y la maduración de los frutos, mueren. El agave es utilizado para la elaboración de bebidas alcohólicas. Los fructanos se encuentran presentes en algunas de estas especies de agaves y son hidratos de carbono que consisten principalmente en unidades de fructosa unidas a través de enlaces fructosil-fructosa en forma lineal o ramificada, de manera que son pieza importante en la industrial alimentaria, pues son usados como sustitutos de azúcar e incluso como prebióticos. En el mercado se insertan dentro de materias primas, ya que, al no ser hidrolizados prácticamente durante la digestión, generan un número mínimo de calorías, es decir, es una materia prima hipocalórica y contribuye a la prevención de enfermedades. En nuestro país los fructanos se obtienen principalmente del Agave tequilana Weber var. azul debido a que este es considerado el centro de origen y biodiversidad de este género. (Espinoza y Urias, 2012)

II. MARCO TEÓRICO

Los fructanos por su configuración química no pueden ser hidrolizados por las enzimas digestivas del hombre y de animales, por lo que permanecen intactos en su recorrido por la parte superior del tracto gastrointestinal, pero son hidrolizados y fermentados en su totalidad por las bacterias de la parte inferior del tracto gastrointestinal.

Las fructanasas son producidas por diversos microorganismos, pertenecen a la familia 32 de glicosilhridolasas, que también pueden ser llamadas como invertasas. Son las responsables de hidrolizar enlaces s β-2-1 o β-2-6 de los fructanos para liberar fructosa. Dentro de este grupo de enzimas podemos encontrar a las que hidrolizan fructanos desde su extremo reductor β-2-1 o β-2-6, un ejemplo son las exo-β-fructosidasas (exoinulinasas y exolevansas).

Las levaduras que pertenece al género *Kluyveromyces* y particularmente *Kluyveromyces marxianus,* son las más estudiadas pues esta especie tiene la capacidad de secretar enzimas y una de ella es la fructanasa y esta puede ser secretada al medio de cultivo en donde se encuentre la levadura o bien permanecer asociada a la pared celular, además *K. marxianus* es termotolerante, es decir puede crecer por arriba de los 45° C ya que tiene la capacidad de asimilar fuentes de carbono a altas temperaturas.

El desarrollo de aplicaciones biotecnológicas con *K. marxianus* ha sido motivada por una serie de ventajas, pues posee la propiedad deseada por la industria para el procesamiento rentable de enzimas de bajo costo y mediano valor, ya que el tipo de enzimas que secreta esta levadura puede ser utilizadas para la producción de jarabes de alta fructosa y de oligofructanos.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

Piñas de agave

Medio óptimo para producción de extracto enzimático

Medio de cultivo líquido potato-dextrose-agar (PDB)

Levadura Kluyveromyces marxianus

Espectrofotometría con base al contenido de azucares reductores (método DNS)

Cuantificación de proteínas (método de Bradford)

Cuantificación se células por cámara de Neubauer

La hidrolisis enzimática de fructanos de agave consta de varias etapas hasta la formación de fructosa, en la primera etapa se realizó la propagación de Kluyveromyces marxianus usando técnicas de microbiología tradicional en medio líquido PDB a las siguientes condiciones:

- Temperatura: 28°C
- Agitación: 100 rpm
- Tiempo: 24 hrs

Trascurrida la primera etapa, se hizo el conteo de células con ayuda de la cámara de Neubauer, para mayor control de la concentración. Se procedió a la producción de extracto enzimático inoculando la K. marxianus en campana de flujo laminar en medio óptimo que tiene como base la peptona de caseína a las siguientes condiciones:

- Temperatura: 33°C
- Agitación: 150 rpm
- Tiempo: 72 hrs

Se cuantifico la concentración de proteínas por método de Bradford usando un Nanodrop, para la etapa de hidrolisis enzimática fue extraído el jugo de la piña de agave que previamente fue trozada y licuada con agua caliente para obtener mayor concentración de fructanos, se modificaron los grados Brix para trabajarlos como variable en la hidrolisis enzimática.

El extracto enzimático se obtuvo mediante centrifugación y en una relación 1:1 se mezcló homogéneamente con el jugo de agave para dejarlo actuar a las siguientes condiciones:

- Temperatura: 45°C
- Agitación: 120 rpm
- Tiempo: 24 hrs
- pH: 4.3

La solución obtenida fue amortiguada con un buffer de acetatos para asegurar la actuación de la enzima y su producción de fructosa. Transcurridas las 24 horas se determinó el contenido de azucares reductores por espectrofotometría (método DNS) observando el rendimiento de la reacción en base a los grados Brix del jugo de agave.

IV. RESULTADOS

Previamente se realizó la curva patrón para azucares reductores usando una solución patrón de fructosa, obteniéndose la siguiente curva y su ecuación (figura 1) correspondiente que se utilizó para el cálculo de la concentración de azucares en cada hidrolizado.

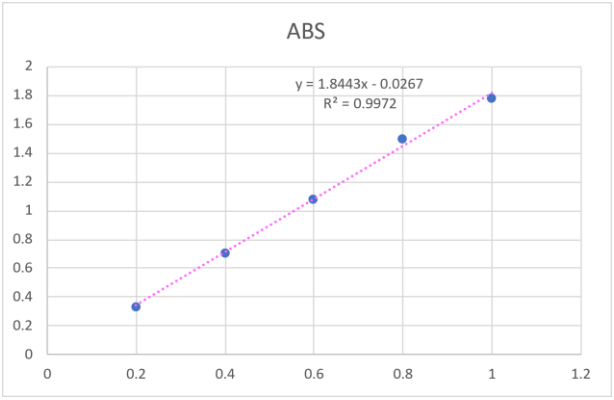


Figura 39

Con la finalidad de comparar y seleccionar el mejor rendimiento se realizaron hidrolisis enzimáticas a diferentes grados Brix a las cuales se les cuantifico la concentración de proteínas y de azucares reductores obteniéndose los siguientes resultados (tabla 1):

Tabla 25. Concentración de azucares reductores por hidrolizado

Medio (Brix)	Concentración de proteínas (µg/mL)	Concentración de azucares reductores (g/L)
9	53.630	59.6811
10	55.932	47.9694
12	60.332	69.0847
24	61.766	106.7451

V. ANALISIS DE RESULTADOS

Al observar los resultados de la hidrolisis enzimática de los fructanos de la piña de agave mediante la levadura Kluyveromyces marxianus se revelo la formación de fructosa en los hidrolizados, teniendo como mayor rendimiento los grados Brix de 9 y 24. Por lo que el tiempo de obtención del hidrolizado de jugo de agave se da en tan solo 5 días sumando el paso de destilado y envasado es mucho menor que un proceso tradicional de elaboración de Mezcal.

VI. CONCLUSIONES

Podemos concluir que la hidrólisis enzimática tiene como principal ventaja la alta especificidad de acción de las enzimas lo que hace que no se produzcan reacciones secundarias inesperadas, aumenta el rendimiento y por consecuencia el tiempo de fermentación sea más rápido en comparación con la hidrolisis ácida que afecta disminuyendo el rendimiento y aumentando el tiempo de fermentación alcohólica.

Por lo que la hidrolisis enzimática con la *K. marxianus* es una alternativa viable en la producción de mezcal sustituyendo la metodología convencional de la hidrolisis acida, ahorrando tiempo eliminando el paso del cocimiento de la piña de mezcal de mínimo 72 horas y el paso de la fermentación.

VI. RECONOCIMIENTOS

Expresamos nuestro agradecimiento al Tecnológico Nacional de México en Celaya, al CONACyT y en especial al Dr. José Luis Navarrete Bolaños por las facilidades y el apoyo otorgado para la realización de la estancia del verano de la ciencia.

REFERENCIAS

[1] Madrigal, L. (s. f.). *La inulina y derivados como ingredientes claves en alimentos funcionales*. SciElo. Recuperado 19 de agosto de 2022, de http://ve.scielo.org/scielo.php?pid=S0004-06222007000400012&script=sci_arttext

[2] Nuñez Lopez, G. (2015, agosto). *ESTUDIO DE CAMBIOS FISIOLÓGICOS DE Kluyveromyces marxianus PRODUCTORA DE FRUCTANASAS POR EL EFECTO DE TEMPERATURA Y MINERALES*. CIATEJ. Recuperado 19 de agosto de 2022, de https://ciatej.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1023/486/1/Gema%20Nu%C3%B1ez.pdf

VIRTUALIZACIÓN DE EQUIPOS DE LABORATORIO DE CARACTERIZACIÓN DE AUTOPARTES PLÁSTICAS MEDIANTE REALIDAD VIRTUAL

Carlos Daniel Piña Cuellar
Universidad Politécnica de Querétaro
Ingeniería en Redes y Telecomunicaciones
Carretera Estatal 420 S/N, El Rosario, 76240,
76240 Santiago de Querétaro, Qro.
120034981@upq.edu.mx

Jonny Paul Zavala De Paz
Universidad Politécnica de Querétaro
Ingeniería en Redes y Telecomunicaciones
Carretera Estatal 420 S/N, El Rosario, 76240,
76240 Santiago de Querétaro, Qro.
jonny.zavala@upq.edu.mx

Resumen — En este trabajo se presenta el desarrollo de un sistema de virtualización para el laboratorio de Sistemas Tecnológicos Aplicados (STA), ubicado en la Universidad Politécnica de Querétaro. Esta virtualización permite poder mostrar a los estudiantes y personas externas a cerca de los equipos de caracterización de autopartes plásticas con los que cuenta el laboratorio dentro de las instalaciones de la Universidad, sin necesidad de estar de forma presencial. Este método de virtualización permite conocer el entorno en el que los profesores investigadores y estudiantes trabajan mediante realidad virtual. Se realizó los modelados de cada uno de los objetos, importarlos en un solo escenario, para poder obtener una simulación más cercana a lo que se tiene en la vida real.

Palabras clave — Virtualización, modelado, realidad virtual.

Abstract — This paper presents the development of a virtualization system for the Applied Technological Systems Laboratory (STA), located at the Polytechnic University of Querétaro. This virtualization allows to show students and external people about the plastic auto parts characterization equipment that the laboratory has within the University facilities, without the need to be in person. This virtualization method allows knowing the environment in which research professors and students work through virtual reality. The modeling of each of the objects was carried out, importing them in a single scenario, in order to obtain a simulation closer to what you have in real life.

Keywords — Virtualization, modeling, virtual reality.

I. INTRODUCCIÓN

Hace unos cuantos años atrás era necesario acudir de manera presencial a la realización de trámites y acciones, debido a las limitadas capacidades tecnológicas. Hoy en día no es necesario asistir a oficinas a cumplir una amplia variedad de tareas (como pago de recibos, agendar citas, compras, entrega y recibo de documentos, conferencias o juntas, etc.), por el hecho de que estas se pueden realizar de forma virtual, presentando ventajas como el hacerlo desde nuestra ubicación o ahorrar en el coste de tiempo y desplazamiento. Pero ¿Qué pasa si es al contrario? Una tarea en la cual es obligatorio o necesario acudir al lugar en físico, para cumplir actividades. Por dicha razón se empezaron a crear simuladores, los cuales ayudaron a crear escenarios que podemos encontrar y manipular de manera física, ayudándonos a generar un escenario virtual [1-3].

Con la pandemia de COVID-19 muchas de las escuelas se dieron cuenta que no contaban con la tecnología necesaria para poder brindar una buena educación a sus alumnos, por lo que se buscaron alternativas, que ayudaron a enseñar de forma virtual las actividades que se necesitaban realizar de forma física. Se obtuvo un espacio lo más

cercano posible a los laboratorios, para poder darle al usuario una experiencia lo más parecida a lo que sería estar físicamente [4-6].

El impacto que ha tenido la realidad virtual tanto en el sector de los videojuegos como en el industrial ha hecho que se le considere una tecnología revolucionaria en estos últimos años. Así pues, nace la necesidad y la base de este proyecto, que pretende hacer llegar a distintos usuarios la ocasión de aprender sobre un tema concreto aprovechando todas las características que brinda esta herramienta.

II. MARCO TEÓRICO

Entorno Virtual

Se refiere a una experiencia simulada, basada o diferente al mundo real, a través de imágenes, video y/o audio y es usada para la industria del entretenimiento, educación, entrenamiento, o interacción [1-2].

En un comienzo y para la mayoría de las personas, la realidad virtual representa una fuente de entretenimiento, aunque ahora se están explorando nuevas capacidades. El programa llamado Artificial Intelligence Designed for Employment (AIDE), desarrollado por la Universidad de Syracuse permitió a veteranos y militares retirados una integración a la sociedad mediante la capacitación, examinaciones y validaciones [3-4].

Se espera, que, como este proyecto, varios más permitan la capacitación sin riesgos en las empresas, ni complicaciones de transporte entre los empleados. Los ejercicios de simulación permiten practicar y desarrollar habilidades fuera del lugar principal, reforzando lo aprendido.

La realidad aumentada es una combinación de lo que el usuario observa, añadiendo contenido generado que proporciona información adicional. Un ejemplo puede ser el juego Pokémon Go.

Blender

Blender es un entorno de creación 3D gratuita y de código abierto. Cuenca con la capacidad de modelado, montaje, animación, simulación, renderizado, composición y seguimiento de movimiento, incluso edición de video y creación de juegos. [1-3]

Blender fue desarrollada como una aplicación destinada a ser usada en la empresa holandesa Neo Geo Studios. En 1998, Ton Roosendaal, cofundador de Neo Geo, fundó NaN para comercializar con Blender, la cual quebró en el 2002, y fue fundada Blender Foundation, mismo año en el que Blender fue lanzado como programa de código abierto (Ver figura 1).

Está disponible en 36 idiomas, escrito en C + +, Python y C, además de operar en una multitud de sistemas operativos, entre ellos Windows, Mac OS y distribuciones de Linux.

Fig 1. Blender.

Unity

Es un entorno de desarrollo de videojuegos multiplataforma de la compañía Unity Technologies, el cual es capaz de crear aplicaciones ejecutables en computadoras, consolas, celulares, páginas web, e incluso es utilizado para industrias ajenas a los videojuegos como arquitectura, ingeniería o cinematografía. [5]

Cuenca con la capacidad de hacer simulaciones y cálculos físicos, herencia de objetos, creación de “niveles”, muestra un entorno visual, sombras dinámicas, importación y creación de objetos.

Las licencias gratuitas que puede otorgar son para estudiantes de 16 años o más, que estén en una institución acreditada y puedan proporcionar información; y para personas con ingresos inferiores a USD $100,000 al año (ver figura 2).

Fig 2. Unity.

III. METODOLOGÍA

1. El desarrollo de este proyecto se dividió y realizó en diferentes fases, las cuales son:

2. Investigación sobre los materiales, formas de diseño, programas y conocimientos que será necesario para dar inicio al proyecto.

3. Adquirir lo necesario, como lo pueden ser los equipos en donde se generó, instalación de programas en los cuales se hizo el modelado de todos los objetos/escenario, anotaciones/conocimiento sobre comandos y diversas maneras de usar los programas.

4. Sacar evidencia, medidas y listado de los objetos que se encuentran dentro del laboratorio, los cuales se necesitan modelar.

5. Dar inicio al modelado de los componentes, creando un diseño lo más semejante a lo que se tiene en la vida real, para que se tenga una mejor experiencia, ver figura 3.

Fig. 3. a) Cámara real, b) Cámara virtual.

6. Crear la virtualización de todo el escenario creado en Blender, y de esta forma poder empezar con la manipulación en los dispositivos de RV, como lo son los Oculus.

El entorno de desarrollo es presentado en la figura 4.

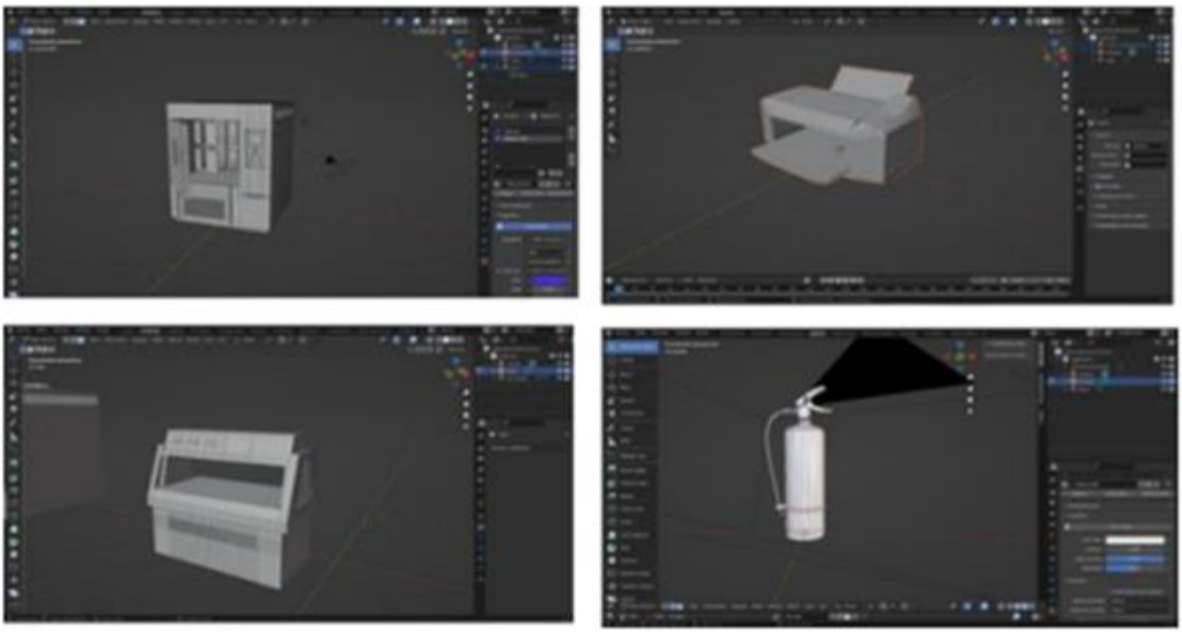


Fig. 4. Entorno de desarrollo de objetos de laboratorio.

IV. RESULTADOS

Con la finalidad de este proyecto podemos darnos cuenta de lo mucho que nos puede ayudar una herramienta creada en base a las necesidades que se tienen, las cuales se pueden solucionar de una forma que nos pueda ayudar tanto al creador (ahorro de

materiales, tiempos, etc.), como al usuario, ya que se está dando solución a un área de oportunidad.

Al momento de mostrar todos los puntos clave de este proyecto, podemos percatarnos que va muy de la mano con avances para acciones remotas, ya que toda actualización esta ayudando a las personas que realicen tareas de una forma que sea más cómodo, de forma que es desde su lugar, ya que se ahorra en tiempos y dinero.

La simulación obtenida, con el modelado de todos los objetos lo mas cercano posible a lo que se tiene en la vida real y el diseño del escenario, en este caso el cuarto de laboratorio, se obtuvo una experiencia lo más cercano al estar dentro del lugar, de forma que la persona se puede dar una idea de como se encuentra el lugar de trabajo de profesores y alumnos, como se observa en la figura 4.

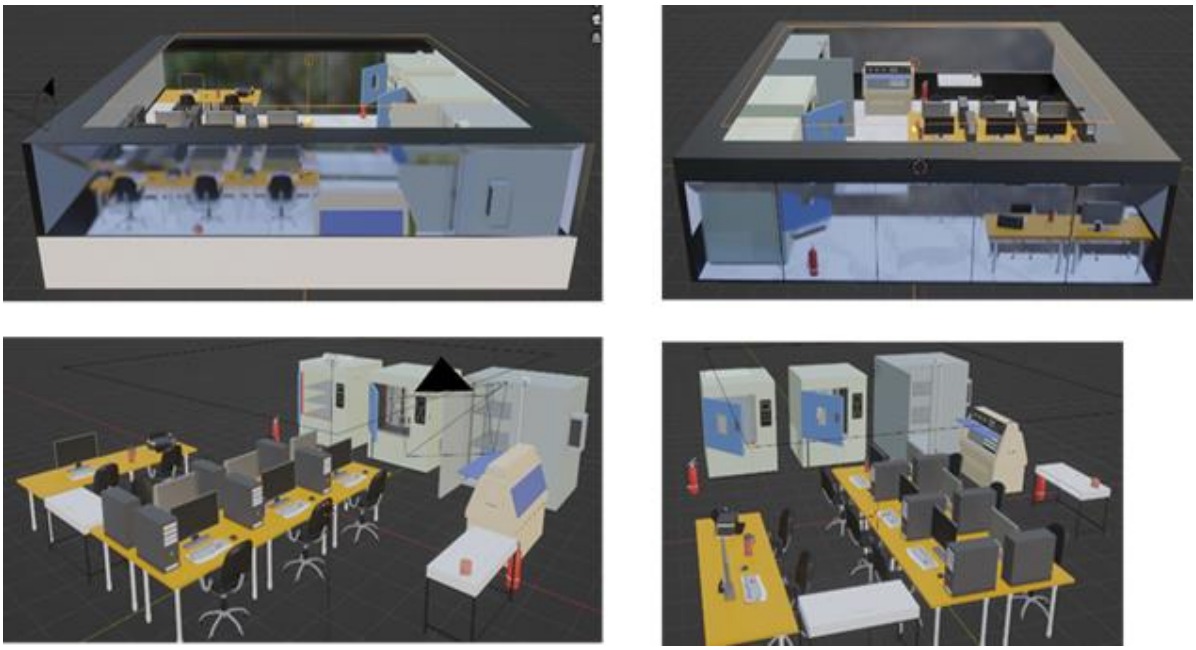


Fig. 4. Laboratorio de Sistemas Tecnológicos Aplicados.

V. CONCLUSIONES

Se puede mencionar que la pandemia vino a cambiarnos muchas cosas de nuestra vida cotidiana, tanto laboral, como escolar y familiar, pero esto no es para siempre, hay cosas como esta pandemia que tienen solución, nosotros como equipo pudimos llegar a la conclusión que no hay peor lucha que la que no se hace, y con trabajo, esfuerzo y dedicación, podemos resolver muchos problemas, en este caso ayudamos con nuestro proyecto a lograr trabajar de una manera remota sin la necesidad de estar de manera presencial dentro del lugar y así poder avanzar en investigaciones y futuros proyectos en las instalaciones de la universidad.

VI. RECONOCIMIENTOS

Expreso mi agradecimiento a la Universidad Politécnica de Querétaro por las facilidades y el apoyo otorgado para la realización del proyecto.

REFERENCIAS

[1] J. Jerald, The VR Book Human-Centered Design for Virtual Reality, ACM Books, 2015.

[2] T. Parisi, Learning Virtual Reality, Developing Immersive Experiences and Applications for Desktop, Web and Mobile, O'Reilly, 2015.

[3] Autodesk Inc., 2022, Virtual Reality (25 de junio de 2022), https://www.autodesk.es/solutions/virtualreality

[4] BBC, How virtual reality can help to recruit and train staff, By Bernd Debusmann Jr, (30 de junio de 2022),https://www.bbc.com/news/business-57805093

[5] Blender fundación, 2022, Blender, (30 de julio de 2022) https://www.blender.org/about/foundation/

[6] Unity Technologies, 2022, Unity prices, (03 de julio de 2022) https://store.unity.com/es#plansindividual

IDENTIFICACIÓN DE ERRORES EN PRENDAS DE VESTIR POR MEDIO IA

Leonardo Iván Guzmán Zamudio
Instituto Tecnológico Superior Del Sur De Guanajuato
Educación Superior 2000, Benito Juárez, 38980 Uriangato, Gto.
s18120189@alumnos.tisur.edu.mx

Jeziel Vázquez
Instituto Tecnológico Superior Del Sur De Guanajuato
Educación Superior 2000, Benito Juárez, 38980 Uriangato, Gto.
j.vazquez@itsur.edu.mx

Resumen — En el presente trabajo se muestra la implementación de un modelo de inteligencia artificial haciendo uso de la biblioteca de aprendizaje automático Tensor Flow desarrollado por la compañía Google, LLC. La intención principal del modelo es identificar, con ayuda de una cámara y el poder procesamiento de una Raspberry Pi, defectos en tejido y prendas textiles. Se busca beneficiarse, además, de la portabilidad que ofrece la Raspberry Pi para incluir el prototipo dentro de algún proceso de la confección textil y poder ayudar a identificar ene tapas tempranas lo defectos, apostando por una filosofía en la cual detectar un error antes de que se confeccione una prenda significa un ahorro importante de dinero a que si se detecta en etapas posteriores.

Palabras clave — Tensor Flow, Inteligencia Artificial, Raspberry Pi.

Abstract — This paper shows the implementation of an artificial intelligence model using the machine learning library TensorFlow developed by Google, LLC. The main intention of the model is to identify, with the help of a camera and the processing power of a Raspberry Pi, defects in fabric and textile garments. It also seeks to benefit from the portability offered by the Raspberry Pi to include the prototype in a textile manufacturing process and help identify defects in early stages, betting on a philosophy in which detecting an error before a garment is made means a significant saving of money than if it is detected at later stages.

Keywords — TensorFlow, Artificial Intelligence, Raspberry Pi.

I. INTRODUCCIÓN

La región sur del bajío del estado de Guanajuato alberga a los municipios de Moroleón y Uriangato, los cuales se caracterizan por ser la zona textil más importante del país. Muchas pequeñas y medianas empresas del giro textil (fábricas de tejido, maquilas de ropa, fábricas de suéter, etc.) se encuentran ubicadas en la zona generando año tras año una gran atracción de ingresos económicos provenientes de todo el país para el estado de Guanajuato.

La ropa fabricada por esta zona suele caracterizarse por la relación entre precio y calidad. Esto último aspecto es uno de los pilares del producto y un aspecto a cuidar para los fabricantes, pues se traduce en la imagen y como es percibida una marca antes el público objetivo. Sacar al mercado una prenda con severos defectos en la calidad, implicaría pérdidas económicas que ninguna empresa, fabrica o taller puede permitirse.

Dentro del proceso de confección textil muchas fábricas, empresas o talleres incluyen dentro de lo que hacen un control de calidad, designando a empleados a revisar

minuciosamente sus productos. Pero como en todo, somos humano y podemos cometer errores y en este caso se pueden pasar por alto algún defecto. Es por ello por lo que se recurre a la tecnología, en este caso específico a la rama de la inteligencia artificial y el aprendizaje automático para de esta manera con se puedan identificas los defectos en los textiles reduciendo en su mayoría el margen de error, esperando que este sea prácticamente nulo garantizando la detección de los errores en momentos claves y que implicarían el salvaguardar las inversiones de las empresas, fabricas o talleres textiles de la región.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

Material

- Tarjeta Raspberry Pi 4 Modelo B [1]
- Botón.
- Cables.
- Protoboard (Opcional).
- Led.
- Resistencia.
- Computadora con Thonny.
- Prendas con defectos en la tela.
- Cámara web de resolución HD.
- Anaconda (Distribución de Python) [5]
- Tensor Flow (Librería de modelaje de Inteligencia Artificial) [4]

Metodología

Se realizo en primer lugar la digitalización de los defectos encontrados en las prendas de ropa mediante el fotografiado de las zonas afectadas, las prendas fueron proporcionadas por un fabricante local del municipio.

Para crear la inteligencia artificial competente en la detección de defectos en las prendas de ropa, se tuvo entrenar un modelo de base de datos para hacer esto se tuvo que realizar un “etiquetado” de los defectos digitalizados. Esto se realizó con el software conocido como Labelimg. Dicho software, se trata de un programa que corre sobre la distribución de Python conocida como Anaconda [5], el proceso de instalación fue sencillo y únicamente fue realizar una instalación típica a través de la herramienta de instalación de Windows y ejecutar posteriormente los siguientes comandos en el recién instalado Anaconda Prompt:

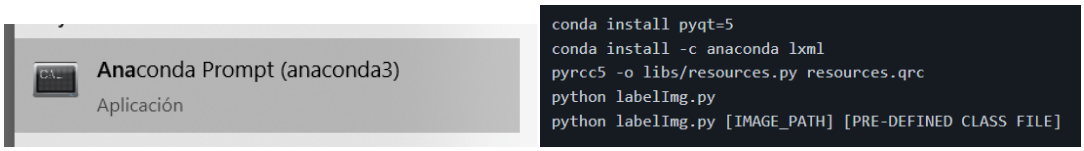


Fig. 1. Instalación de paquetes necesarios para correr Labelimg[5].

Ya que ejecutamos los últimos comandos se nos abrirá la interfaz de etiquetado, donde es importante tomar en cuenta los siguientes puntos que influyen en el proceso de etiquetado y las necesidades para entrenar un modelo de inteligencia artificial:

- Las imágenes deben de estar guardadas con la extensión jpeg.
- Dependiendo de la calidad de la imagen será el tiempo en que se procesará tanto para etiquetarla como para que la use de entrenamiento la IA.
- Mínimo deben de disponer de 100 imágenes etiquetadas para entrenar el modelo.
- Las etiquetas deben ser preestablecidas previamente para nombrar ciertos elementos similares con una diferente etiqueta, así la IA pueda usar pocas etiquetas como referencia de una manera más sencilla.

Finalmente, luego de culminar con el etiquetado de errores, el paso siguiente radico en crear el modelo de inteligencia artificial en Tensor Flow y entrenarlo. Dentro de lo que implico este proceso, se realizó la instalación y la importación de los paquetes necesarios a través de la ejecución de los siguientes comandos [5]:

Instalación de paquetes requeridos

```
!pip install -q tflite-model-maker

!pip install -q tflite-support
```

Importación de los paquetes

```
import numpy as np

import os


from tflite_model_maker.config import ExportFormat, QuantizationConfig

from tflite_model_maker import model_spec

from tflite_model_maker import object_detector


from tflite_support import metadata


import tensorflow as tf

assert tf.__version__.startswith('2')


tf.get_logger().setLevel('ERROR')

from absl import logging

logging.set_verbosity(logging.ERROR)
```

Una vez importados los paquetes, se añaden los archivos ya etiquetados de los defectos digitalizados:

Preparación de los datos

```
from google.colab import drive

drive.mount('/content/drive')

#!wget

!unzip -q drive/MyDrive/error_anotations.zip

train_data = object_detector.DataLoader.from_pascal_voc(

    'error_anotations/train',

    'error_anotations/train',

    ['Agujero','Puntos-blancos','Error-
puntada','Color','Deshilado','Mancha','Error-cuello','Desalineado']

)

val_data = object_detector.DataLoader.from_pascal_voc(

    'error_anotations/validate',

    'error_anotations/validate',

    ['Agujero','Puntos-blancos','Error-
puntada','Color','Deshilado','Mancha','Error-cuello','Desalineado']

)

spec = model_spec.get('efficientdet_lite0')

model = object_detector.create(train_data, model_spec=spec, batch_size
=4, train_whole_model=True, epochs=20, validation_data=val_data)

model.evaluate(val_data)

model.export(export_dir='.', tflite_filename='android.tflite')

model.evaluate_tflite('android.tflite', val_data)
```

Una vez realizado el proceso anterior, únicamente hay que descargar el TFLite model a nuestra computadora:

```
from google.colab import files

files.download('android.tflite')
```

III. RESULTADOS

Luego de haber realizado el etiquetado y haber entrenado con ello al modelo de inteligencia artificial, ahora al correr el programa se puede ya hacer una identificación de ciertos defectos en la ropa como se muestra a continuación en las imágenes:

Fig. 2. Agujero en el área de la axila detectado por IA.

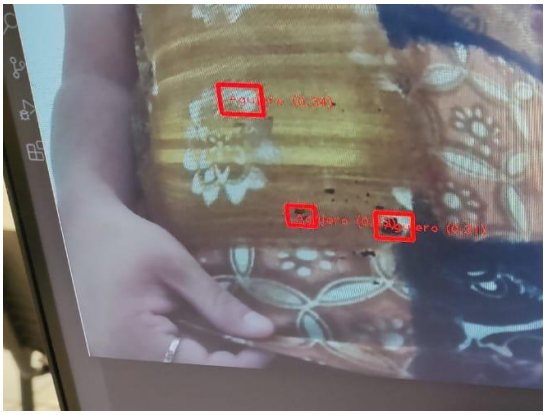


Fig. 3. Pequeños agujeros presentes en un extracto de tela de un rollo textil.

Fig. 4. Pequeños agujeros presentes en una playera.

Fig. 5. Defecto de rasgadura en el cuello detectada por IA.

Los errores van desde el detectar agujeros en el tejido de la prenda, manchas, despuntes o deshilado de la puntada en el tejido y defectos en la parte del cuello de las prendas superiores. Por el momento, fueron estos los errores principales que se tomaron a consideración, esto gracias a las muestras proporcionadas.

IV. DISCUSIÓN (O ANÁLISIS DE RESULTADOS)

De acuerdo con los resultados presentados, podemos someter a discusión el hecho de que, si bien funciona de manera correcta el modelo entrenando a base de las imágenes de referencia, aun no se ha logrado una eficacia importante en la detección de los errores. Esto se debe en gran medida al hecho de que para entrenar a un modelo de manera que este pueda ser más eficaz al detectar los errores en el tejido pues se debe de tomar una mayor cantidad de muestras y hacer uso de una cámara web de mejor calidad en la cual factores como la luz ambiente no afecte la toma de la imagen.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La inteligencia artificial es un campo que como personas estamos controlando apenas, es interesante ver como se intenta imitar el trabajo de un cerebro mediante un programa que al no estar conectado a otros sentidos como lo es el olfato, la vista, el tacto y el sabor puede cumplir mejores objetivos que una persona común y corriente, el delegar tareas a los robots se está haciendo cada vez más posible, en nuestro caso se pueden ahorrar tiempo de revisión de fallas e invertirlo en calidad, por el momento el ser humano se tiene que involucrar aun en algunos aspectos pero se está llegando el día en que las maquinas van a cuidar otras máquinas. Cabe recalcar también que el uso de varios softwares complementa de manera efectiva la realización de proyectos, en nuestro caso hubiera sido complicado entrenar a la IA sin tener acceso a Anaconda y a Labelimg.

VI. RECONOCIMIENTOS (O AGRADECIMIENTOS)

Agradecimientos especiales al profesor Jeziel Vázquez por permitirme participar en este proyecto durante el verano y poder llevar a una mayor exposición el proyecto realizado, con el fin de recibir retroalimentación que seguro servirá para pulir aún más el trabajo ya concretado. Se agradece a los compañeros Daniel García Paniagua y Cesar Domínguez Mosqueda por el apoyo en el presente proyecto y, por último, pero no menos importante, se agradece también al Departamento de Investigaciones del Instituto Tecnológico Superior del Sur de Guanajuato por el apoyo mostrado para poder participar en la presente edición de Verano de la Ciencia Región Centro.

REFERENCIAS

[1] MCIElectronics, "MCI Electronics," [Online]. Available: https://raspberrypi.cl/que-es-raspberry/.

[2] PC Componentes, "PC Componentes," 2022. [Online]. Available: https://www.pccomponentes.com/caracteristicas-raspberry-pi-4.

[3] Anaconda, "Data science technology for a better world.," 01 Mayo 2022. [Online]. Available: https://www.anaconda.com.

[4] Tensor Flow, "Plataforma de extremo a extremo de código abierto para el aprendizaje automático," 01 Mayo 2022. [Online]. Available: https://www.tensorflow.org/?hl=es-419.

[5] Programador clic, "herramienta de etiquetado labelImg," 01 Mayo 2022. [Online]. Available: https://programmerclick.com/article/11701269529/.

[6] M. I. L. Quintero, "Anaconda – Distribución Python," 18 Agosto 2016. [Online]. Available: https://www.linuxhispano.net/2016/08/18/anaconda-distribucion-python/.

REMOCIÓN DE METALES PESADOS EN EL AGUA USANDO RESIDUOS DE CAFÉ

Anette Priscila Lerma Lugo
Instituto Tecnológico Nacional de México Campus Monclova
Carretera 57 km 4.5 col. Los 90 s
H18050532@monclova.tecnm.mx

Nallely Guadalupe Picazo Rodríguez
Instituto Tecnológico Nacional de México Campus Monclova
Carretera 57 km 4.5 col. Los 90 s
Nallely.pr@monclova.tecnm.mx

Resumen — En este trabajo se presenta la implementación de residuos de café como adsorbente en el proceso de remoción de metales pesados en el agua a través del proceso de adsorción, el café recolectado pasa por dos diferentes tipos de tratamientos, el primero sería un tratamiento acido utilizando ácido sulfúrico y el segundo es tratado térmicamente, también se realizaron pruebas con los residuos de café natural, esto dio resultados positivos al obtener un buen porcentaje de remoción de Cr, por lo que se infirió que los residuos de café son una buena alternativa como bioadsorbentes.

Palabras clave — Remoción de metales pesados, residuos de café.

Abstract — In this work presents the implementation of coffee residues as an adsorbent in the process of removing heavy metals in water through the adsorption process, the collected coffee is subjected to two different types of treatment, the first would be an acid treatment using acid sulfuric. and the second is thermally treated, tests were also carried out with natural coffee residues, this gave positive results by obtaining a good percentage of Cr removal, so it was inferred that coffee residues are a good alternative as bioadsorbents.

Keywords — Removal of heavy metals, coffee residues.

I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad se están buscando nuevas maneras de reutilizar residuos sin ninguna utilidad y así ayudar un poco al medio ambiente, economía y sociedad. Es de suma importancia lograr conciencia en la sociedad sobre buscar nuevas alternativas para la reutilización de desechos de uso cotidiano.

Un ejemplo de esto es la implementación de los residuos de café como método de remoción de metales pesados en el agua a través del proceso de adsorción, debido a que diversos estudios de diferentes investigadores consideran que esto es posible gracias a los grupos funcionales por los que está compuesto el café.

A lo largo del documento se explicará con la información verídica el objetivo al que queremos llegar junto con el método se estará utilizando.

II. MARCO TEÓRICO

Existe una gran cantidad de agua contaminada por metales pesados, eso representa una amenaza tanto como para el medio ambiente, la salud e incluso para empresas ya que toda esa cantidad de agua que se contamina se está desperdiciando e implica más gasto por

parte de la empresa, debido a esto diferentes investigadores se han dado a la tarea de buscar maneras de remover estos metales.

Existen diferentes tipos de absorbentes entre ellos los sintéticos, que son los más usados, y los biosorbentes, dentro el primer grupo se encuentra las arcillas o carbón activado y en el segundo caso las algas, levaduras u hongos.(Carvajal-Flórez et al., 2020)

Investigaciones recientes tienen el concepto de que los residuos de café es un buen material adsorbente para la eliminación de metales pesados en el agua, haciendo varias pruebas con diferentes pH y agregándole arcilla, variando también las temperaturas para así llegar al resultado esperado. (Boonamnuayvitaya et al., 2004)

Como bien se sabe existen múltiples métodos de eliminación o remoción de metales pesados, como los son homogenización de células, sedimentación, floculación, electrocoagulación(c, 2008), entre otros muchos más, sin embargo estos procesos son muy costos, es por eso que vemos como mejor opción el proceso de adsorción ya que es uno proceso de bajo costo, rápido y sencillo.

El proceso de adsorción es uno de los tratamientos de aguas residuales más eficaces a la hora de tratar aguas con metales pesados. El carbón activado es el material más usado en esta técnica debido a su eficiencia, por consecuencia este material ha ido subiendo su precio logrando que sea cada vez más costoso tal proceso.

Por lo anterior se ve como una solución comenzar a utilizar residuos de café como material adsorbente, debido a que como es un residuo no implica un gasto considerable y aparte de esto se le estaría dando un uso útil a algo que se vota a la basura.

III. METODOLOGÍA

El primer paso en la etapa experimental consiste en la recolección de los residuos de café, una vez que se tengan se divide en tres porciones, el primero se etiqueta como residuo de café natural, esto debido a que no se le agrega nada, tal cual sale del proceso así se utiliza, el segundo se etiqueta como residuo de café tratado térmicamente, a este se le da un tratamiento térmico a 500° C en una mufla, por ultimo esta los residuos de café tratados con ácido sulfúrico (H_2SO_4) 1M.

Una vez se tengan los tres tipos de residuos listos se comienzan a hacer las pruebas de adsorción en vaso de precipitado de 200 ml, donde se pondrá el adsorbente y la solución del metal pesado que se pretende remover en este caso cromo, se realizaron diferentes pruebas en diferentes condiciones de pH y temperatura dejando en agitación durante 15 minutos.

Terminando el tiempo de agitación se procede a filtrar y a analizar por separado, los sólidos por Fluorescencia de rayos X y los líquidos por espectroscopia de absorción atómica.

IV. RESULTADOS

De acuerdo con lo obtenido se infiere que el residuo de café tanto natural, tratado con ácido o tratado térmicamente es una buena alternativa para la remoción de metales pesados en el agua través del proceso de adsorción, específicamente para el cromo, esto de acuerdo con los resultados que lanzo el análisis de espectroscopia de absorción atómica donde se ve claramente que el café tratado térmicamente logro remover hasta un 90% de cromo en la solución utilizada.

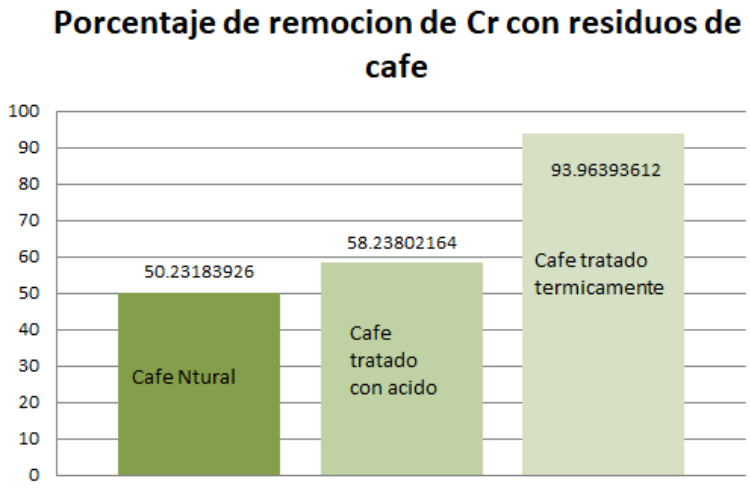


Tabla 26: Porcentaje de remoción de Cr con residuos de café

V. CONCLUSIONES

En este proyecto se propuso y realizó la implementación de utilizar residuos de café para la remoción de metales pesados en el agua utilizando soluciones reales de cromo.

Como un primer acercamiento con la solución de cromo y adsorbente de residuos de café se llegó a la conclusión que 15 minutos de agitación si fueron suficientes para la remoción de una buena cantidad de cromo en el agua, por lo que se cree que en un tiempo más alargado de agitación se podría llegar a remover más cantidad de metal.

Se puede afirmar que el residuo de café es una buena alternativa de adsorbente en el proceso de adsorción para la remoción de metales pesados en el agua.

VI. RECONOCIMIENTOS

Expreso mi agradecimiento al Tecnológico Nacional de México Campus Monclova por el apoyo que brindo en el desarrollo de esta investigación.

REFERENCIAS

[1] Boonamnuayvitaya, V., Chaiya, C., Tanthapanichakoon, W., & Jarudilokkul, S. (2004). Removal of heavy metals by adsorbent prepared from pyrolyzed coffee residues and clay. *Separation and Purification Technology*, *35*(1), 11–22. https://doi.org/10.1016/S1383-5866(03)00110-2

[2] c, A. M. (2008). Caracterización y tratamiento de aguas residuales. *Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería*, 305. http://cvonline.uaeh.edu.mx/Cursos/Especialidad/Modulo1_PDF/Gen12/ESTEM01T01E08.pdf

[3] Carvajal-Flórez, E., Fernanda, L., & Giraldo, M. (2020). Coffee Waste used as Biosorbent for Heavy Metals Removal in Wastewater. *Ingenierias USBMed*, *11*, 44–55. https://doi.org/10.21500/20275846.44477

[4] Zhiyang Lyu, Gwendolyn J.H. Lim, J. Justin Koh, Yi Li, Yanwen Ma, Jun Ding, Jinlan Wang, Zheng Hu, John Wang, Wei Chen, Yunfei Chen, Design and Manufacture of 3D-Printed Batteries, Joule, Volume 5, Issue 1, 2021, Pages 89-114, ISSN 2542-4351, https://doi.org/10.1016/j.joule.2020.11.010. (https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2542435120305183)

[5] Barrera, D. R., & Herrera, D. J. (06 de junio de 2022). Impresión 3D para la construcción de materiales grafénicos altamente porosos con aplicación potencial en electrodos de sistemas de almacenamiento de energía. Obtenido de Centro de Investigación en Química Aplícada: https://www.ciqa.mx/Impresion3d.aspx

[6] Wei C, He W, Zhang X, Shen J, Ma J. Recent progress in hybrid cathode materials for lithium ion batteries. New J Chem. 2016;40(4):2984-2999. doi:10.1039/c5nj02212f

[7] Tagliaferri S, Panagiotopoulos A, Mattevi C. Direct ink writing of energy materials. Mater Adv. 2021;2(2):540-563. doi:10.1039/d0ma00753f

[8] Naarmann, Herbert (2000). "Polymers, Electrically Conducting". Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry. doi:10.1002/14356007.a21_429. ISBN 3527306730.

[9] Nalwa, H.S., ed. (2000). Handbook of Nanostructured Materials and Nanotechnology. Vol. 5. New York, USA: Academic Press. pp. 501–575. doi:10.1016/B978-012513760-7/50070-8. ISBN 978-0-12-513760-7.

El presente volumen fue editado por el Departamento Editorial del Instituto Tecnológico Superior de Monclova en el marco del Verano de la Ciencia de la Región Centro 2022. Su edición es digital para su descarga y lectura gratuita en línea. El registro ISSN se encuentra en trámite.