

ABRIL 20 - 21 2023

**UNIENDO MENTES Y
TRANSFORMANDO EL MUNDO
CON LA INGENIERÍA
- AJ FRESNILLO 2023**

TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN DEL CONGRESO
INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN ACADEMIA
JOURNALS FRESNILLO 2023

**CONGRESO
ACADEMIA JOURNALS
FRESNILLO 2023**

Título del Libro Electrónico: *Uniendo Mentes y Transformando el Mundo con la Ingeniería - AJ Fresnillo 2023*

ISBN 979-8-89020-008-2 online*

Este libro electrónico (e-book) contiene la colección de los trabajos de investigación presentados en el área de *ingenierías* en el Congreso Internacional de Investigación Academia Journals Fresnillo que fuera organizado los días 20 y 21 de abril de 2023 por Academia Journals en colaboración con el Patronato de Apoyo y Fomento para Zacatecas.

POLÍTICA DE COPYRIGHT

Con el fin de maximizar el valor para los autores de sus publicaciones en AJ, se observan la políticas de copyright aquí descritas. Academia Journals protegerá los intereses de los autores y de las instituciones donde ellos laboran. Como requisito para publicar en AJ, todos los autores y la institución donde ellos laboran transfieren a AJ cualquier derecho de copyright que tengan en su artículo. El copyright se transmite cuando el artículo es aceptado para su publicación. La asignación de copyright es nula y terminada en caso de que el artículo no sea aceptado para publicación. Para corresponder a la transferencia de los derechos de autor, AJ cede a los autores y a las instituciones donde ellos laboran el permiso y derecho de hacer copias del artículo publicado y utilizarlo para fines académicos. El autor retiene siempre los derechos de patentes descritas en el artículo. Después de que el artículo haya sido aceptado para su publicación en AJ, y dado que el copyright ha sido ya transferido, cualquier cambio o revisión al material debe hacerse solamente con la autorización de AJ.

CONSEJO ACADÉMICO

Dr. Rafael Moras (San Antonio, EEUU)
MA Ani Alegre (Austin, EEUU)
Dr. Ángel Esparza (Houston, EEUU)
Lic. David Moras (San Antonio)
MC Constantino Moras Sánchez (Orizaba, México)
Dr. Eloy Mendoza Machain (Morelia, México)
Dr. Pedro López Eiroá (CDMX, México)
Dr. Víctor Mendoza (Puebla, México)
Dr. Albino Rodríguez Díaz (Tepic, México)
Vicerrector Dante Agatón (Morelia, México)

DISEÑO Y PUBLICIDAD

contacto@academiajournals.com

COMENTARIOS Y SUGERENCIAS

contacto@academiajournals.com
+1 (210) 415-3353
3760 E. Evans
San Antonio TX 78259 USA
www.academiajournals.com

*El ISBN fue asignado a este libro por la Agencia de ISBN en Estados Unidos. Los números de copyright tienen validez mundial. Para comprobar la validez de un ISBN, favor de visitar la página bookwire.com.



| Paper | Título | Autores | Primer Autor | Página |
|--------|--|--|--------------------|--------|
| FRE125 | Producción de Albahaca (<i>Ocimum basilicum</i> L.) con Relación a la Nutrición Química y Biológica | Dr. Cid Aguilar Carpio Dra. Yessica Flor Cervantes Adame C. María Fernanda Mendoza Pérez C. Alondra Ruíz Arias C. Maarai Mendez Burgos MC. Adriana Pérez Ramírez Dr. José Alberto Salvador Escalante Estrada | Aguilar Carpio | 1 |
| FRE089 | Yodo Molecular: Un Eficiente Catalizador en la Síntesis de Biodiesel | Juan Carlos Álvarez Salazar Dra. Gloria Viviana Cerrillo Rojas Dr. Teodoro Ibarra Pérez Dr. Hans Christian Correa Aguado | Álvarez Salazar | 6 |
| FRE063 | Efectos Post-Incendio a un Suelo de Bosque de Pino-Encino en la Sierra Sur de Oaxaca | Ing. Rosario Aquino López Dr. Ernesto Castañeda Hidalgo Dr. Gerardo Rodríguez Ortiz Dr. Ángel Bustamante González Dr. Salvador Lozano Trejo | Aquino López | 12 |
| FRE027 | Diseño de Máquina Formadora de Piezas para Breaker de Seguridad | Raúl Daniel Banda Román Dr. Luis Carlos Méndez González Dr. Luis Alberto Rodríguez Picón MC. Abel Eduardo Quezada Carreón | Banda Román | 18 |
| FRE119 | Plataforma Web para la Valoración de Procesos Neurocognitivos | Maria Claudia Bonfante Juan Antonio Contreras Montes Mariana Pino Melgarejo | Bonfante Rodríguez | 24 |
| FRE002 | Integración de Célula para Proceso de Soldadura | Jesús Angel Corral Jara MC TSU Jesús Alan Ibón Medina | Corral Jara | 33 |

| Paper | Título | Autores | Primer Autor | Página |
|--------|--|---|--------------------|--------|
| FRE044 | Diseño e Implementación de un Sistema Fotovoltaico de Interconexión a la Red | Ing. Efraín de la Cruz Sánchez Álvaro Benítez Ríos Lic. Edgar Flores Castillejos Lic. Arturo Alavez Mayo Ing. Miguel Ángel Ulloa Castillejos Ing. Guillermo Urbieto Ulloa | de la Cruz Sánchez | 39 |
| FRE028 | Afinador Automático de Guitarra | Eduardo Holguín Vásquez Dr. Luz Angelica Garcia Villalba | Holguín Vásquez | 45 |
| FRE083 | Evaluación de la Viabilidad de Uso de un Enfoque de Programación por Restricciones para la Generación de Horarios en una Institución Educativa Pública de Nivel Superior | Mtro. Mario Francisco Fonseca Lozada | Fonseca Lozada | 50 |
| FRE082 | La Aplicación de las Matemáticas en el Ámbito Profesional e Industria 4.0 | M.I.I. José Emmanuel Franco Barrón Dr. José Alfredo Jiménez García Dr. Salvador Hernández González Dr. Carlos Eduardo Belman López M.I.I. Ricardo Ramírez Tapia | Franco Barrón | 56 |
| FRE113 | Simulación del Efecto de la Refrigeración Pasiva en el Rendimiento de Celdas Fotovoltaicas de Silicio Monocristalino en la Zona Metropolitana de Pachuca, Hgo. | MC. Demetrio Fuentes Hernández Violeta Ramírez Trejo Grecia Valeria Rodríguez Martínez Lic. Diego Noguez Ruíz Dra. Marissa Vargas Ramírez Dr. Felipe Legorreta García Dr. José Enrique Samaniego Benítez Dr. Edgar Arturo Chávez Urbiola | Fuentes Hernández | 61 |
| FRE039 | Establecimiento de Metodología de Sistema HACCP (Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control) | Ing. Ana Isabel Gil Jiménez | Gil Jiménez | 67 |

| Paper | Título | Autores | Primer Autor | Página |
|--------|--|--|------------------|--------|
| FRE068 | Estudio Numérico y Electrónico del Circuito de Chua | Ing. Jesús Alberto González Pedroza Dr. Carlos Leopoldo Pando Lambruschini Dra. María Monserrat Morín Castillo | González Pedroza | 73 |
| FRE060 | Sistema de Clasificación de Inventarios mediante una Herramienta de Análisis Multicriterio | Ing. Jorge Alberto Hernández Félix | Hernández Félix | 79 |
| FRE067 | Efectos del Hidrocarburo Ilegal en la Germinación de la Cebada (<i>Hordeum vulgare</i> L.) | Ing. Ana Laura Hernández Méndez Dr. Capulín Grande Juan Dra. Lira Pérez Juana Dr. Mateo Sánchez José Justo Dra. Reyes Santamaria Ma. Isabel Dr. Suarez Islas Alfonso | Hernández Méndez | 84 |
| FRE040 | Determinación de las Condiciones de Operación de un Proceso de Destilación de Doble Efecto No Convencional a Nivel Piloto para la Obtención de Bioetanol | Dra. Gabriela Leo Avelino Dra. María Guadalupe Aguilar Uscanga Dr. Javier Gómez Rodríguez Dr. Galo Rafael Urrea García M.C. María Teresa Cadenas González M.I. José Juan Ramos Valencia M.I. Carlos B. Castañeda Castañeda | Leo Avelino | 88 |
| FRE020 | Diseño de una Prótesis de Dos Grados de Libertad para Miembro Superior Humano Utilizando Sensores Mioeléctricos y Control Difuso | Celso Aram Lucero Ramirez Dr. David Luviano Cruz Mc. Diana Yaziel Ortiz Muñoz Francesco Jose Garcia Luna Luz Angelica García Villalba | Lucero Ramirez | 94 |
| FRE004 | Remoción de Color y Turbiedad con <i>Asclepias curassavica</i> y <i>Justicia comata</i> L. lam en Humedales Artificiales de Flujo Subsuperficial | Anel Magaña Flores Gaspar Lopez Ocaa Santiago Palma Ávalos | Magaña Flores | 100 |

| Paper | Título | Autores | Primer Autor | Página |
|--------|---|--|-------------------|--------|
| FRE034 | Riesgos Físicos para los Operados de Máquinas de Corte de Carne | Ángel Josué Mendiola Castillo Yadir Alejandro Estrada Ibarra Juan Antonio Acosta Ríos Ely Alejandro Córdoba Delgado Jeremy Macías Castro Diego Sebastián Villegas Mireles Ma. Martha Rincón Escobedo | Mendiola Castillo | 105 |
| FRE026 | Tendencias Surcoreanas vs Cultura Corporativa desde la Generación Centennials | Abigail Morales Luna Samantha Karina Aldana Roque Deniss Elvira Reyes Puentes Itzel Esmeralda Valenzuela Adame Dra. Ma. Martha Rincón Escobedo | Morales Luna | 109 |
| FRE140 | La Implementación de la Tecnología y la Programación para Mejorar la Calidad de Vida de Personas que Padecen alguna Discapacidad Visual | ISC. Juan Manuel Mora Valdez M.C. Naela Guadalupe García Altamirano Naila Yunuen Mora García Bremia Guadalupe Torres Díaz | Mora Valdez | 115 |
| FRE035 | Modelado Takagi-Sugeno y Control PI Difuso Aplicado a un Motor Trifásico con Variador de Frecuencia | Ing. Vanessa Orta Cano Ing. Emanuel Alfredo Romo Barrera M.C. Javier Hernández Pérez Dr. José Gerardo Benitez Morales Dr. Julio Cesar Ramos Fernández | Orta Cano | 119 |
| FRE070 | Diseño de Banda Transportadora con Control Difuso | Geovani Ramírez García Dr. David Luviano Cruz M.C. Francesco Jose Garcia Luna Dr. Luis Carlos Mendez González Dr. Luis Asunción Pérez Domínguez | Ramírez García | 123 |
| FRE059 | Una Revisión de la Situación Actual del Ingeniero en Logística | Dra. Irma-Delia Rojas-Cuevas M.I.I. Margarita Ponce y Loranca Calderón Dr. José-Rafael Mendoza-Vázquez | Rojas-Cuevas | 129 |

| Paper | Título | Autores | Primer Autor | Página |
|--------|--|---|--------------------|--------|
| FRE085 | DevOps: Una Lucha Contra las Paradojas Culturales | Lic. Elsa Velázquez Martínez | Velázquez Martínez | 135 |
| FRE075 | Comparación de Dos Adherentes en la Actividad Endófito del Hongo Entomopatógeno Beauveria bassiana en Semillas de Cebada y Avena | Ing. Guadalupe Monserrat Veloz Badillo Eduardo Gustavo Pizano Pérez Dr. Oscar Arce Cervantes Dr. Benito Flores Chávez Dra. Josefa Espitia López Dra. María Julissa Ek Ramos Dr. Paul Misael Garza López | Veloz Badillo | 142 |
| FRE074 | Efectos de Matarrasa en Factores Físicos, Químicos y Biológicos del Suelo Forestal | Ing. Dante Edain Villeda Fuentes Dr. Juan Capulín Grande Dr. Ramón Razo Zarate Dra. Ma. Isabel Reyes Santamaría Dr. Alfonso Suárez Islas Dr. Rodrigo Rodríguez Laguna | Villeda Fuentes | 147 |

Producción de Albahaca (*Ocimum basilicum* L.) con Relación a la Nutrición Química y Biológica

Cid Aguilar Carpio Dr.¹, Dra. Yessica Flor Cervantes Adame², María Fernanda Mendoza Pérez³, Alondra Ruiz Arias⁴, Maarai Mendez Burgos⁵, MC. Adriana Pérez Ramírez⁶, Dr. José Alberto Salvador Escalante Estrada⁷

Resumen— El objetivo del estudio fue evaluar el efecto la fertilización química y biológica sobre la producción de albahaca bajo condiciones de invernadero. El estudio se realizó en los invernaderos de la EESX-UAEM, Ayala, Morelos. En el cultivo de albahaca se aplicó una fertilizante químico (nitrofosca) y biológica (*Trichoderma harzianum* y *Rhizophagus irregularis*). Para evaluar la producción del cultivo se realizó un muestreo destructivo; en donde midió el área foliar, diámetro del tallo, altura de la planta, peso seco y fresco. A las variables se les realizó un análisis de varianza y prueba de comparación de medias con el programa estadístico del SAS ver 9.0. La mayor altura de la planta y peso fresco se obtuvo con la aplicación del fertilizante químico solo y en asociación con *Trichoderma harzianum* y *Rhizophagus irregularis*. En el peso seco de la planta se encontró que los valores más altos se lograron la aplicación del fertilizante químico en mezcla con *Trichoderma harzianum* y *Rhizophagus irregularis*. En cuanto al diámetro del tallo no se observó un efecto significativo con la aplicación de los tratamientos.

Palabras clave—producción, fertilizantes, biofertilizantes, planta medicinal.

Introducción

La albahaca (*Ocimum basilicum* L.) es una planta aromática, medicinal, ornamental, melífera y herbácea, anual que puede ser una alternativa de producción en condiciones de invernadero, por ser económicamente importantes, debido a la demanda en los mercados (Vázquez-Vázquez *et al.*, 2015; Aguilar *et al.*, 2023). La albahaca se cultiva en regiones con clima cálido, semicálido, seco, semiseco y templado (Reyes-Pérez *et al.*, 2013). En 2019, se cosecharon en México 387.5 ha de albahaca con una producción anual de 3,103.4 t y un rendimiento promedio de 8.0 t ha⁻¹. Dentro de los principales estados productores se encuentran Baja California Sur, Puebla, Morelos, Nayarit, Baja California y Guerrero. En el estado de Morelos, que es el tercer productor a nivel nacional se ha observado un aumento en la demanda del cultivo, actualmente se obtiene una producción de 338 t con un rendimiento promedio de 6.7 t ha⁻¹ (SIAP, 2022).

El uso excesivo de fertilizantes químicos genera un aumento en los costos de producción, así como contaminación del suelo y agua, por lo que la aplicación de fertilizantes biológicos (microorganismos) puede ayudar en la estabilidad del ecosistema agrícola, además de brindar protección contra la tensión ambiental (Rueda *et al.*, 2015, Sanjuán y Moreno, 2010). El uso de estos microorganismos conlleva una mejora en la nutrición y crecimiento de las plantas, lo cual se refleja en una mayor productividad del cultivo.

Existen diversos estudios en albahaca relacionados a la producción con el uso de sustratos orgánicos (Campos y Flores, 2013; Moncayo *et al.*, 2015; Vázquez-Vázquez *et al.*, 2015; Ruíz *et al.*, 2016), así como la distribución de la biomasa por efecto del nitrógeno y potasio (Yépez-Hernández *et al.*, 2016; Combatt *et al.*, 2018; Combatt-Caballero *et al.*, 2020). Los antecedentes indican que uso de fertilizantes biológicos impacta de manera positiva en la agricultura, por lo cual es importante seguir evaluando diferentes fuentes biológicas que nos ayuden a incrementar la producción en el cultivo de albahaca, por ende, el objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto la fertilización química y biológica sobre la producción de albahaca bajo condiciones de invernadero.

Metodología

El estudio se realizó en el campo experimental de la Escuela de Estudios Superiores de Xalostoc, Ayala, Morelos, México (18° 44' 14" latitud norte y 98° 54' 50" longitud oeste a 1289 msnm), de octubre de 2022 a enero de 2023. En invernadero de plástico color blanquecino y malla anti-áfidos en las paredes laterales. El 22 de octubre

¹ Cid Aguilar Carpio Dr. es Investigador Auxiliar Adjunto del Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, Texcoco, Estado de México. aguilar.cid@colpos.mx (autor corresponsal)

² La Dra. Yessica Flor Cervantes Adame es Profesora de la Escuela de Estudios Superiores de Xalostoc, UAEM, Ayala, Morelos. yessica.cervantes@uaem.mx.

³ La C. María Fernanda Mendoza Pérez es Estudiante de la Escuela de Estudios Superiores de Xalostoc, UAEM, Ayala, Morelos.

⁴ La C. Alondra Ruíz Arias es Estudiante de la Escuela de Estudios Superiores de Xalostoc, UAEM, Ayala, Morelos.

⁵ La C. Maarai Méndez Burgos es Estudiante de la Escuela de Estudios Superiores de Xalostoc, UAEM, Ayala, Morelos.

⁶ La MC. Adriana Pérez Ramírez, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Autónoma del Estado de Morelos, Cuernavaca, Morelos pera1283@yahoo.com.mx

⁷ El Dr. José Alberto Salvador Escalante Estrada es Profesor Investigador del Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, Texcoco, Estado de México. jasee@colpos.mx

se sembraron semillas de albahaca en bandejas de poliestireno de 200 cavidades, utilizando como sustrato de germinación a BM2 Berger®, en donde se colocó una semilla por cavidad. A los 30 días después de la siembra se realizó el trasplante en bolsas de polietileno (21 de noviembre 2022).

El experimento incluyó cinco tratamientos de fertilización químico-biológico y un testigo sin aplicación. Para la fertilización biológica se aplicó en el sustrato propágulos de la especie *Rhizophagus irregularis* y *Trichoderma harzianum*, en el caso de la fertilización química se utilizó nitrofoska. Los tratamientos fueron aplicados en la base de la planta a los 0, 15 y 30 días después del trasplante (ddt), las dosis utilizadas se muestran en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Tratamientos utilizados en el estudio.

| Tratamientos | Dosis |
|--|---|
| 1. Testigo | Sin aplicación |
| 2. Fertilización química (Nitrofoska) | 10 g L ⁻¹ de agua |
| 3. <i>Trichoderma harzianum</i> | 300 g ha ⁻¹ (1 x 10 ⁸ esporas por g) |
| 4. <i>Rhizophagus irregularis</i> | 1 kg ha ⁻¹ (30,000 esporas por kg) |
| 5. Fertilización química + <i>T. harzianum</i> | 10 g L ⁻¹ de agua + 300 g ha ⁻¹ (1 x 10 ⁸ esporas por g) |
| 6. Fertilización química + <i>R. irregularis</i> | 10 g L ⁻¹ de agua + 1 kg ha ⁻¹ (30,000 esporas por kg) |

El diseño experimental fue completamente al azar con seis tratamientos y tres repeticiones. La unidad experimental estuvo conformada por 8 bolsas de polietileno color negro de 8 L de capacidad, llenadas con composta de hoja como sustrato.

Durante el desarrollo del estudio se registró la temperatura (°C) dentro del invernadero con un registrador de datos ambientales Hobo Modelo U12-012 (Onset®).

La producción del cultivo se evaluó en función de la fertilización química y biológica, mediante un muestreo destructivo de seis plantas por tratamiento a los 45 ddt; en cada muestreo se midió el diámetro del tallo (mm), la altura de la planta (cm), peso fresco y seco por planta (g) cuantificada con una báscula digital (OHAUS®). Las muestras se secaron a 70 °C en una estufa de circulación de aire forzado durante 72 horas.

A las variables en estudio se les aplicó un análisis de varianza con el programa estadístico de SAS versión 9.0 y la prueba de comparación de medias de Tukey ($\alpha = 0.05$).

Resultados

Temperatura

Las temperaturas máximas y mínimas registradas fueron 39 y 10 °C, respectivamente, con una media de 25 °C. Estas condiciones ambientales concuerdan con las de Aguilar *et al.* (2023) quienes, en el cultivo de albahaca en invernadero, reportaron que la temperatura osciló entre 42 y 14 °C. Los registros antes mencionados señalan que la especie en estudio se puede adaptar a ambientes semicálidos y cálidos, lo cual puede influir en una reducción en el ciclo del cultivo (Ruiz *et al.*, 2008; Aguilar *et al.*, 2023).

Altura de la planta y diámetro del tallo

En la Figura 1, se puede observar que la fertilización química y biológica mostró diferencias significativas en la altura de la planta, no así, en el diámetro del tallo. Para el caso de la altura, se encontró que la fertilización química no mostró diferencias a la asociación con los biológicos, solo respecto a testigo sin aplicación y a los biológicos aplicados de forma individual. Esto indica que la nutrición química es importante para promover un alargamiento celular del tallo en plantas de albahaca (Azcón-Bieto y Talón, 2008). Por su parte, Nicolás (2014) no observó respuesta al comparar urea con fuentes de fertilización orgánica en la altura de la planta de albahaca, no obstante, al evaluar el diámetro del tallo reportó un incremento significativo con la asociación de fertilizantes de origen orgánico y la urea con relación a la fertilización orgánica sola. Cabe señalar que, en el presente estudio la variable de diámetro del tallo no presentó diferencias entre la fertilización química y biológica respecto al testigo sin aplicación.

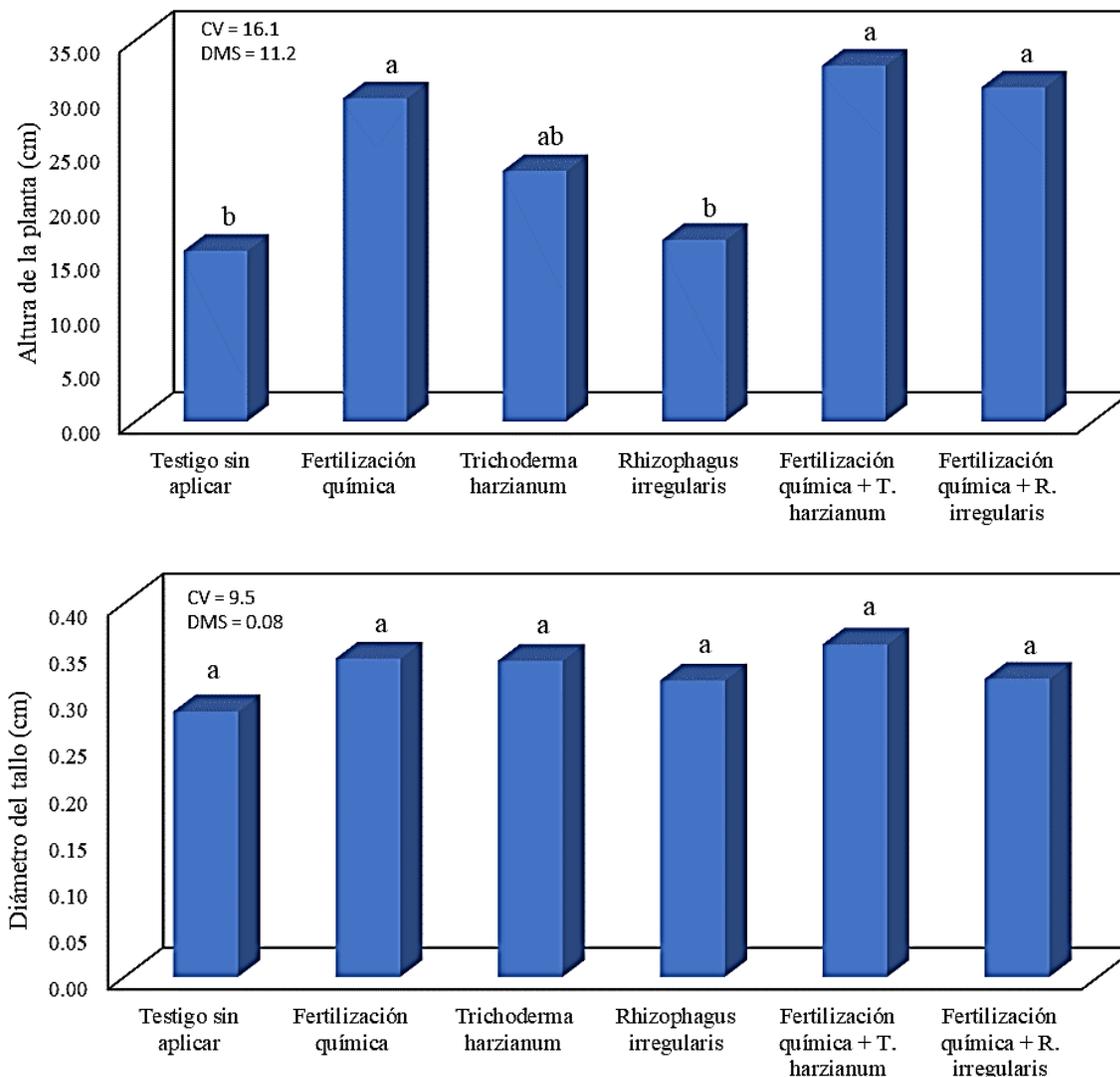


Figura 1. Efecto de la fertilización química y biológica en el diámetro del tallo (B) y altura de la planta (A) de albahaca.

Peso seco

En cuanto al peso seco, la aplicación del fertilizante químico en mezcla con *T. harzianum* y *R. irregularis* lograron incrementar el peso de la planta en comparación a la fertilización química (Figura 2). Lo anterior, indica que la generación del peso seco está directamente relacionada con la disponibilidad de los nutrientes en el suelo, y a su vez con el hongo, que favoreció la asimilación de nutrientes, generando un mayor peso del dosel vegetal. Contrario a lo reportado por, Yépez-Hernandez *et al.* (2016) quienes no observaron diferencias en el peso seco de plantas de albahaca con diferentes niveles de nitrógeno respecto al testigo sin aplicación.

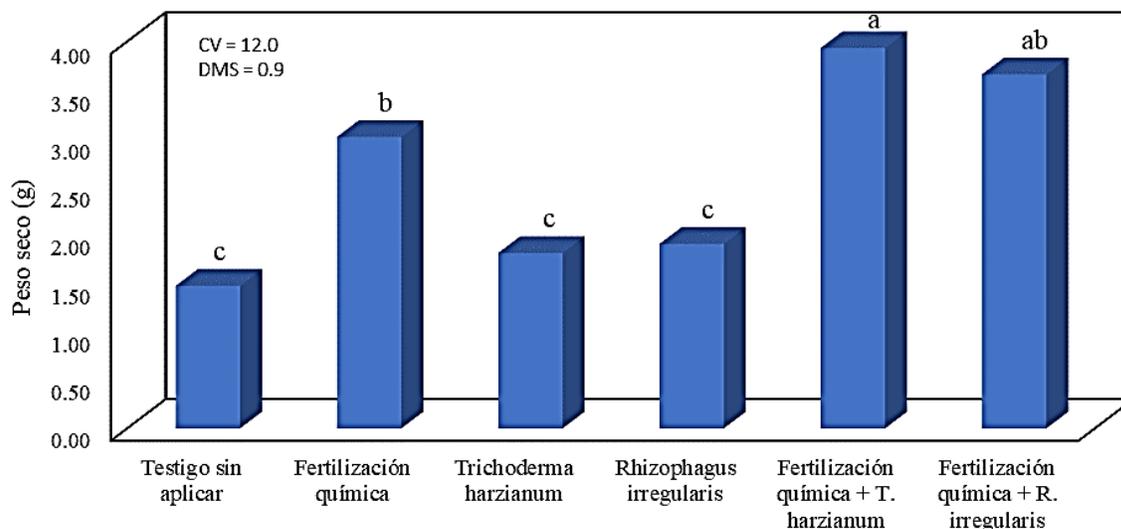


Figura 2. Efecto de la fertilización química y biológica en el peso seco de plantas de albahaca.

Peso fresco

En el peso fresco se observó que la aplicación de la fertilización química, así como la asociación con *T. harzianum* y *R. irregularis* presentaron los valores más altos, los cuales estadísticamente fueron diferentes a los demás tratamientos (Figura 3). Estos resultados confirman el hecho que la fertilización química puede afectar de manera significativa la producción de las plantas de albahaca (Moncayo *et al.*, 2015). Cabe señalar, que la fertilización biológica (*T. harzianum* y *R. irregularis*) no mostro efectos significativos con relación al testigo sin aplicación.

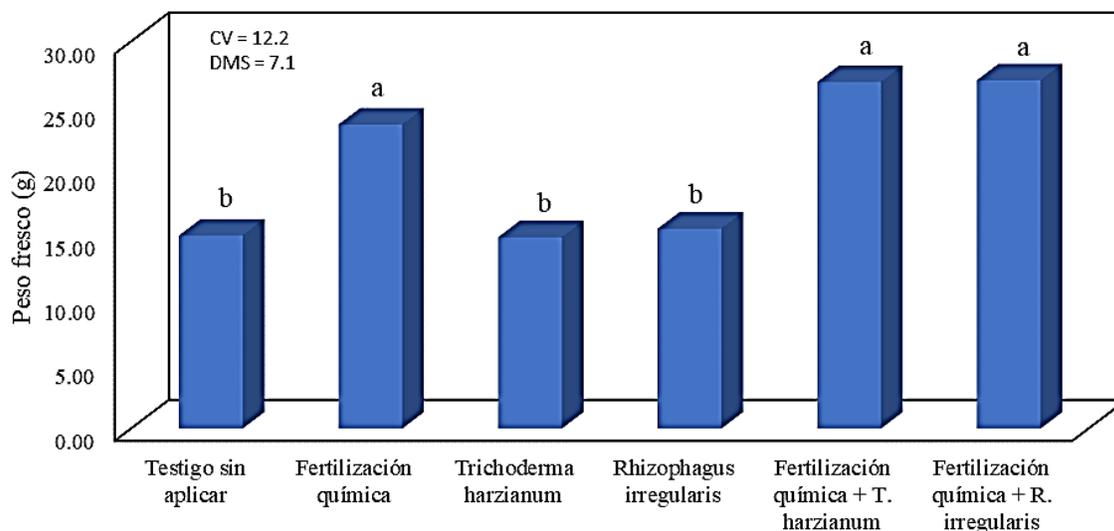


Figura 3. Efecto de la fertilización en el peso fresco de plantas de albahaca.

Conclusiones

La mayor altura de la planta y peso fresco se obtuvo con la aplicación del fertilizante químico solo y en asociación con *Trichoderma harzianum* y *Rhizophagus irregularis*. En el peso seco de la planta se encontró que los valores más altos se lograron la aplicación del fertilizante químico en mezcla con *Trichoderma harzianum* y *Rhizophagus irregularis*. En cuanto al diámetro del tallo no se observó un efecto significativo con la aplicación de los tratamientos.

Referencias

- Aguilar, C. C., Juárez, L. P., Pérez, R. A. y Escalante, E. J. A. S. 2023. Crecimiento de albahaca (*Ocimum basilicum* L.) con relación a la nutrición química. In: Matemáticas y Ciencias Exactas para la Innovación y Desarrollo Tecnológico Sostenibles. Puebla, Puebla, México. Academia Journal. pp. 1-5.
- Azcón-Bieto, J. y Talón, M. 2008. Fundamentos de Fisiología Vegetal (2a ed.). McGRAW-HILL – INTERAMERICANA DE ESPAÑA, S. A. U.
- Campos, M. L. y Flores, S. D. 2013. Sustratos orgánicos como alternativa para la producción de albahaca (*Ocimum Selloi* Benth). Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas. 5: 1055-1061.
- Combatt-Caballero, E., Pérez-Polo, D., Villalba-Arteaga, J., Mercado-Lázaro, J. y Jarma-Orozco, A. 2020. Macronutrientes en el tejido foliar de albahaca *Ocimum basilicum* L. en respuesta a la aplicación de nitrógeno y potasio. Revista U.D.C.A. Actualidad & Divulgación Científica. 23(2): e1325.
- Combatt, C. E., Pérez, P. D. J. y Jarma-Orozco, A. 2018. Efecto del nitrógeno y el potasio sobre el intercambio gaseoso y la distribución de biomasa en albahaca (*Ocimum basilicum* L.). Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas. 12(1): 192-201.
- Moncayo, L. M. R., Álvarez, R. V. P., González, C. G., Salas, P. L. y Chávez, S. J. A. 2015. Producción orgánica de albahaca en invernadero en la Comarca Lagunera. Terra Latinoamericana. 33(1): 69-77.
- Nicolás, S. L. 2014. Evaluación intensiva del cultivo de albahaca (*Ocimum basilicum* L.) para mejorar el rendimiento y contenido de aceite esencial. Instituto Politécnico Nacional. Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional Oaxaca. Tesis de Maestría. Santa Cruz Xoxocotlán, Oaxaca, México. 53 p.
- Reyes-Pérez, J. J., Murillo-Amador, B., Nieto-Garibay, A., Troyo-Diéguéz, E., Reynaldo-Escobar, I. M., Rueda-Puente, E. O. y Cuervo, A. J. L. 2013. Germinación y características de plántulas de variedades de albahaca (*Ocimum basilicum* L.) sometidas a estrés salino. Revista Mexicana de Ciencias Agrícola. 4(6): 869-880.
- Rueda, P. E. O., Ortega, G. J., Barrón, H. J. M., López, E. J., Murillo, A. B., Hernández, M. L. G., Alvarado, M. A. G. y Valdez, D. R. D. 2015. Los fertilizantes biológicos en la agricultura. Invernus. 10(1): 10-17.
- Ruiz, E. F. H., Marrero, L. P., Cruz, P. O., Murillo, A. B., García, H. J. L. 2008. Influencia de los factores agroclimáticos en la productividad de albahaca (*Ocimum basilicum* L.) en una zona árida de Baja California Sur, México. Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias. 17(1): 44-47.
- Ruiz, E. F. H., Hernández, E. R., Beltrán, M. F. A., Zamora, S. S., Loya, R. J. G. y Luna, O. J. G. 2016. Macroalgas como componente en el sustrato para producción de plántula de albahaca. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas. 17: 3543-3555.
- Sanjuán, P. J. y Moreno, S. N. 2010. Aplicación de insumos biológicos: una oportunidad para la agricultura sostenible y amigable con el medioambiente. Revista Colombiana de Biotecnología. 12(1): 4-7.
- SIAP (Sistema de Información Agropecuaria). 2022. Sistema de Información Agropecuaria de Consulta. SAGARPA. México. <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>.
- Vázquez-Vázquez, C., Ojeda-Mijares, G. I., Fortis-Hernández, M., Preciado-Rangel, P. y Antonio-González, J. 2015. Sustratos orgánicos en la producción de albahaca (*Ocimum basilicum* L.) y su calidad fitoquímica. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas. 16(8): 1833-1844.
- Yépez-Hernández, F. J., Ferrera-Cerrato, R., Alarcón, A., Delgadillo-Martínez, J., Mendoza-López, M. R. y García-Barradas, O. 2016. Fertilización nitrogenada en el crecimiento, contenido de compuestos fenólicos y actividad antioxidante de albahaca. Revista Fitotecnia Mexicana. 39(1): 33-40.

Yodo Molecular: Un Eficiente Catalizador en la Síntesis de Biodiesel

Juan Carlos Álvarez Salazar¹, Gloria Viviana Cerrillo Rojas²
Teodoro Ibarra Pérez¹, Hans Christian Correa Aguado*¹

Resumen— El biodiesel (BD) es un combustible biodegradable y no tóxico para el ecosistema. Contiene bajos niveles de azufre, de compuestos aromáticos, y emite bajas cantidades de óxidos de nitrógeno y gases de efecto invernadero. Sin embargo, su síntesis tradicional (transesterificación ácida o alcalina) es costosa, presenta velocidades de reacción lentas y al utilizar catalizadores fuertemente oxidantes, es ambientalmente dañina y perjudicial para la salud. Por lo anterior, es indispensable la búsqueda de nuevos catalizadores que optimicen la producción de BD, que reduzcan los costos de obtención y reduzcan los efectos tóxicos del proceso. Para lo anterior, es necesario determinar las mejores condiciones de operabilidad del proceso para optimizar la respuesta de las variables. Aquí, se realizó la síntesis de BD con un catalizador novedoso y ambientalmente amigable como el yodo (I_2) y se implementó un diseño experimental por metodología de superficie de respuesta (MSR) para optimizar factores como temperatura, tiempo de reacción, relación estequiométrica de reactantes y cantidad de catalizador. Los resultados experimentales indicaron que el I_2 es un catalizador eficiente ya que se obtuvieron rendimientos de 83-93%. La predicción por MRS de la optimización en la síntesis de BD indicó que las condiciones para obtener un rendimiento superior al 99% son: 10.47% mol de I_2 , una relación de metanol:aceite de 17.42:1, temperatura de 41.73 °C bajo 1.53 h de reacción.

Palabras clave— Biodiesel, Catalizador, Transesterificación. Yodo.

Introducción

El uso de combustibles fósiles como fuente de energía a traído consigo problemáticas políticas, económicas y ambientales que han creado la necesidad de investigar y desarrollar nuevas fuentes de energía para mitigar el daño ambiental, producir energía de manera más sostenible y competir en costos de producción, de venta y potencial energético en comparación con los combustibles fósiles.

Los combustibles fósiles son indispensables para la economía mundial debido a las actividades en las que se utiliza, siendo las principales; la transportación, la industria, la residencial y la comercial. Sin embargo, estas actividades, generan alrededor de 78%-80% de las emisiones anuales totales de dióxido de carbono (CO_2) a la atmósfera a nivel mundial (Greer et al., 2019). Por lo anterior, la búsqueda de nuevas fuentes de energía tiene el objetivo de reducir la dependencia a los combustibles fósiles, para tratar de disminuir el calentamiento global por la emisión de gases de efecto invernadero (GEI), sin restringir el desarrollo económico y tecnológico global (Mathew et al., 2021).

El BD es un biocombustible alternativo, que se produce a partir de fuentes biológicas renovables como aceites vegetales y grasas animales (Singh et al., 2020). La quema de BD produce un 78% menos de CO_2 y emite menos contaminantes atmosféricos. Su biodegradabilidad, baja toxicidad y estar libre de azufre y aromáticos lo hace ventajoso sobre el petrodiesel. Además, su combustión reduce la toxicidad en el aire y, por ende, se reducen los riesgos a la salud. Además, su producción local reduce los gastos de transportación, lo que representa una ventaja económica extra.

El método tradicional y ampliamente utilizado para la producción de BD es la reacción de transesterificación de ácidos grasos y triglicéridos con un alcohol de cadena corta. En dicha reacción, los triglicéridos se hacen reaccionar con metanol o etanol y una base o ácido fuertes, para producir ésteres metílicos de ácidos grasos y glicerol (Singh et al., 2020). Diversos inconvenientes se presentan al realizar la reacción de transesterificación con estos catalizadores químicos, por ejemplo, velocidades de reacción bajas, consumo de altas cantidades de alcohol, un alto gasto energético (calor), el producto requiere neutralización del catalizador, se obtienen bajos niveles de conversión, altas tasas de glicerol y de productos saponificados (Asl, Tahvildari, & Bigdeli, 2020).

El yodo molecular (I_2) se ha utilizado generalmente como catalizador en diversas síntesis con procesos de alta simplicidad operativa, aplicabilidad general, condiciones suaves de reacción y en altos rendimientos. Además, el I_2 es un reactivo de inmediata disponibilidad y de naturaleza no tóxica, por lo que ha despertado gran interés en el ámbito de la química. Se ha observado que las reacciones catalizadas por I_2 son altamente eficientes, económicos y seguras en comparación con las reacciones catalizadas por hidróxidos o algunos metales de transición (Wang, Yan, & Wang, 2021).

El I_2 también ha mostrado una capacidad catalítica si no superior, al menos similar a la de los metales de transición ya que induce la formación de enlaces C-C en diversas reacciones como Diels-Alder, Adiciones Michael, y en

¹*El Dr. Hans Christian Correa-Aguado es Profesor en la UPIIZ del Instituto Politécnico Nacional, Zacatecas México. hcorreaa@ipn.mx

esterificaciones y transesterificaciones. Este compuesto es activo incluso en cantidades muy pequeñas, sin embargo, la causa del notable efecto catalítico aún no está totalmente esclarecido (Breugst, Detmar, & von der Heiden, 2016).

Las fuentes de aceite para producir BD son principalmente vegetales como el aceite de girasol, el aceite de palma y el aceite de soya. No obstante, el uso de aceites comestibles para producir biodiesel induce al debate perpetuo denominado en inglés “food or fuel”, es decir, alimentos o combustibles. El BD a partir de aceites comestibles se produce a expensas de millones de personas que enfrentan hambre en todo el mundo. Es por esto que, el uso de aceites de desecho de cocina (ADC) como materia prima para obtener BD, podría reducir problemas como la contaminación del agua, los bloqueos en los sistemas de drenaje de agua y, además, reducir la lucha moral del uso de aceites comestibles y tierras de cultivo para la producción de combustibles.

Actualmente la producción de BD a partir de ADC es menos rentable que el uso de combustibles fósiles, por lo que es imperativo mejorar el rendimiento, la calidad del combustible y reducir los costos (energéticos y económicos) del proceso. La metodología de superficie de respuesta (MSR) es un conjunto de técnicas estadísticas que permiten optimizar un experimento, ya que reduce significativamente el número de experimentos, estudia un gran número de parámetros y considera los efectos de interacción entre todas las variables involucradas en el proceso (Momeni, Kahfroushan, Abbasi, & Ghanbarian, 2018). Diversos diseños experimentales se han utilizado para optimizar la producción de biodiesel (Manojkumar, Muthukumaran, & Sharmila, 2022). Sin embargo, ninguno reporta el uso de I₂ como catalizador.

En este estudio se evaluó un diseño experimental por metodología de superficie de respuesta (MSR), utilizando yodo molecular como catalizador en la reacción de transesterificación de aceite de desecho vegetal para la síntesis de BD. Además, se determinaron las condiciones óptimas (temperatura, tiempo de reacción, % en peso catalizador/sustrato, relación molar aceite/metanol) para incrementar rendimiento de BD, disminuir los gastos energéticos, evadiendo mayores daños al medio ambiente y a la salud.

Metodología

Transesterificación de aceite de cocina usado con yodo (I) como catalizador

En un matraz de fondo redondo de 250 mL, se añadieron 10 g de aceite de vegetal, y diferentes volúmenes de metanol de acuerdo con la Tabla 1. Posteriormente, se añadió el catalizador en diferentes concentraciones (3-8% mol), y se agitó la mezcla de reacción a diferentes tiempos y temperaturas de reacción (Tabla 1). Enseguida, se realizó purificación del biodiesel.

Purificación del biodiesel

Una vez llevada a cabo la reacción de transesterificación, el crudo de reacción se agregó a un embudo de separación y se dejó en reposo por 24 h. Se separaron las fases orgánica y acuosa, y se pesó la glicerina obtenida. El biodiesel obtenido se lavó con agua destilada caliente (60 °C) (3 X 50 mL), se recuperó el biodiesel en un vaso de precipitado de 100 mL y se calentó en un horno a 60 °C durante 24h. Posteriormente, se determinó el rendimiento de la reacción por gravimetría.

Análisis estadístico

El diseño experimental por MSR se orientó en el rendimiento (%) del BD, definiendo cuatro factores para el análisis: tiempo de reacción, relación metanol/aceite de disolvente, % de catalizador y temperatura. Se estableció un diseño central compuesto (DCC) factorial completo 2³ (Tabla 1), y los datos obtenidos se analizaron con el software Design-Expert® v11 para Windows (STAT-EASE®).

Tabla 1. Factores y niveles del diseño experimental para la optimización de la síntesis de BD a partir de ADC

| Factor | Mínimo | Máximo | -alfa | +alfa |
|-------------|--------|--------|-------|-------|
| Metanol | 6 | 12 | 3 | 15 |
| Catalizador | 3 | 8 | 0.5 | 10.5 |
| Tiempo | 1 | 2.5 | 0.25 | 3.25 |
| Temperatura | 35 | 65 | 20 | 80 |

El modelo se ajustó a una ecuación polinomial de segundo orden según la ecuación 1:

$$Y = \beta_0 + \sum_{i=1}^k \beta_i x_i + \sum_{i=1}^k \beta_{ii} x_i^2 + \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^k \beta_{ij} x_i x_j + \varepsilon$$

ec. 1

Donde X_1, X_2, \dots, X_k son las variables independientes codificadas que influyen en la respuesta de Y ; $\beta_0, \beta_i (i = 1, 2, \dots, k), \beta_{ii} (i = 1, 2, \dots, k)$ and $\beta_{ij} (i = 1, 2, \dots, k)$, son los coeficientes de regresión para los términos de intercepción, lineales, cuadráticos y de interacción, respectivamente; k es el número de variables.

La calidad del ajuste del modelo se evaluó mediante los coeficientes de determinación (R^2) y por un ANOVA. Se construyeron gráficos de superficies de respuesta y de contorno utilizando la ecuación polinómica cuadrática ajustada.

Resultados

Para la síntesis de BD catalizado con I_2 , se realizaron 24 experimentos en orden aleatorio para reducir los efectos de variabilidad, con 6 réplicas en el punto central para un total de 30 ensayos. Las variables independientes fueron proporción molar aceite/metanol (X_1), % de catalizador (X_2), tiempo (X_3) y temperatura de reacción (X_4). El DCC junto con los resultados del rendimiento del BD obtenido luego de realizar los experimentos, se muestran en la Tabla 2.

Tabla 2. Parámetros evaluados en la síntesis de BD catalizada con I_2 .

| Ensayo | X_1 | X_2 | X_3 | X_4 | Respuesta |
|--------|-------------------------------|----------------------|-----------------|-----------------------|---------------|
| | A:Metanol (Relación molar) | B:Catalizador (%) | C:Tiempo (h) | D:Temperatura (°C) | % Rendimiento |
| 1 | 9 | 5.5 | 1.75 | 80 | 91 |
| 2 | 12 | 8 | 2.5 | 65 | 93.2 |
| 3 | 9 | 5.5 | 1.75 | 50 | 88.1 |
| 4 | 9 | 0.5 | 1.75 | 50 | 73.1 |
| 5 | 12 | 3 | 1 | 65 | 87.7 |
| 6 | 9 | 5.5 | 0.25 | 50 | 84 |
| 7 | 12 | 3 | 2.5 | 65 | 91.1 |
| 8 | 12 | 8 | 1 | 35 | 90.2 |
| 9 | 9 | 5.5 | 1.75 | 50 | 90 |
| 10 | 6 | 8 | 1 | 65 | 88.2 |
| 11 | 6 | 8 | 2.5 | 35 | 88.8 |
| 12 | 6 | 3 | 2.5 | 35 | 86.6 |
| 13 | 12 | 8 | 2.5 | 35 | 90.5 |
| 14 | 9 | 5.5 | 1.75 | 20 | 86 |
| 15 | 6 | 8 | 1 | 35 | 85.8 |
| 16 | 9 | 5.5 | 1.75 | 50 | 91 |
| 17 | 9 | 10.5 | 1.75 | 50 | 93.9 |
| 18 | 6 | 3 | 1 | 65 | 87 |
| 19 | 12 | 3 | 1 | 35 | 85.5 |
| 20 | 12 | 8 | 1 | 65 | 91 |
| 21 | 15 | 5.5 | 1.75 | 50 | 92.6 |
| 22 | 6 | 3 | 1 | 35 | 86.8 |
| 23 | 9 | 5.5 | 3.25 | 50 | 89.4 |
| 24 | 12 | 3 | 2.5 | 35 | 89 |
| 25 | 6 | 8 | 2.5 | 65 | 88.7 |
| 26 | 3 | 5.5 | 1.75 | 50 | 86 |
| 27 | 9 | 5.5 | 1.75 | 50 | 86.1 |
| 28 | 9 | 5.5 | 1.75 | 50 | 86 |
| 29 | 6 | 3 | 2.5 | 65 | 88 |
| 30 | 9 | 5.5 | 1.75 | 50 | 85.7 |

En la Tabla anterior, se observa que altas relaciones molares de metanol:aceite, mejoran el rendimiento de BD. Se destaca que, dependiendo de la combinación de las cantidades de metanol y de catalizador, es posible disminuir la

temperatura de reacción y con esto, el gasto energético global sin implicar una baja en el rendimiento del BD. Por otro lado, se muestra que el comportamiento general, respecto al tiempo de reacción, es que a mayor tiempo mejor es el % de rendimiento de BD. Aunque también, con tiempos bajos de reacción y cantidades considerables de metanol y de catalizador (ensayos 8,13 y 20) se generan altos rendimientos de BD (90-91%).

La significación estadística del diseño experimental se determinó mediante la prueba ANOVA F. La Tabla 3 muestra la relación estadística entre la respuesta y los factores seleccionados con un nivel de confianza del 95%. El análisis de regresión fue estadísticamente significativo, con un valor p en el modelo < 0.0001 (< 0.05). Los valores F y los valores p determinan la significación de cada coeficiente para los términos lineales, cuadráticos e interactivos. Una significación importante se representa mediante un valor F mayor y un valor p menor para cada coeficiente. El coeficiente de determinación $R^2 = 94.41\%$ indica que sólo el 5.59% de la variación en el modelo no se puede explicar, lo que confirma la aptitud del modelo para la simulación del rendimiento de la extracción total de lípidos. Los valores p de X_1 , X_2 , X_3 , y X_4 son inferiores a 0.05, lo que indica términos significativos del modelo. El porcentaje de catalizador (X_2) es el factor que tiene el mayor efecto sobre la respuesta (rendimiento de BD), seguido de la relación molar metanol:aceite.

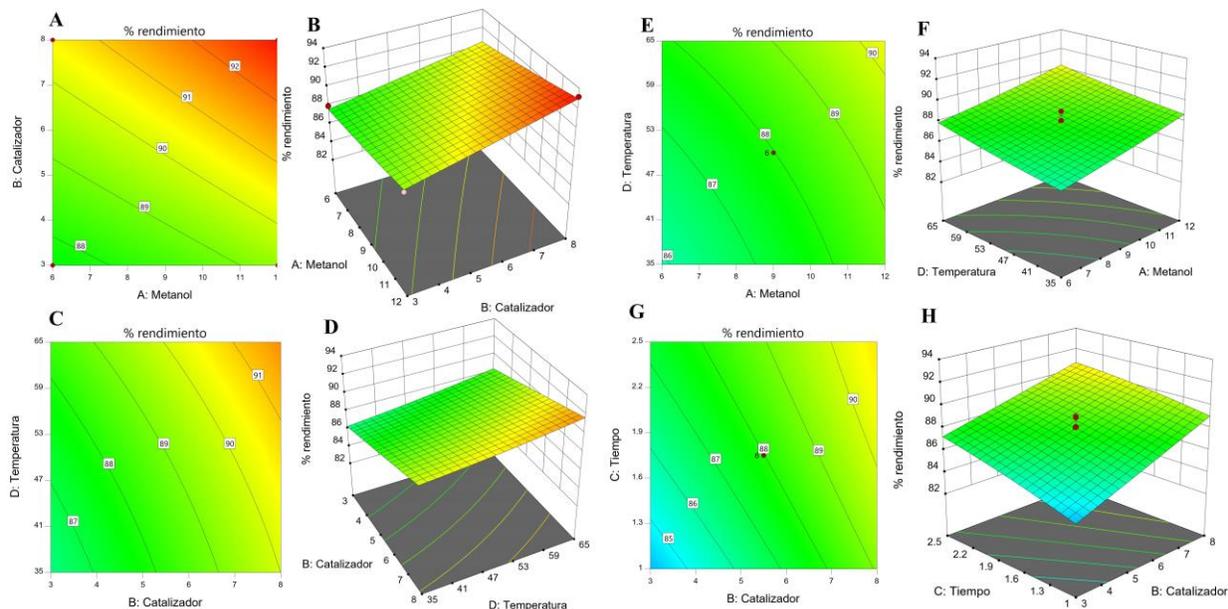
Tabla 3. Análisis de varianza (ANOVA) para el modelo cuadrático de superficie de respuesta.

| Fuente | Suma de cuadrados | GL | Cuadrado promedio | Valor F | Valor p |
|------------|-------------------|----|-------------------|---------|------------|
| Modelo | 197.10 | 4 | 49.27 | 105.56 | < 0.0001 |
| X_1 | 40.82 | 1 | 40.82 | 87.45 | < 0.0001 |
| X_2 | 104.58 | 1 | 104.58 | 224.05 | < 0.0001 |
| X_3 | 32.43 | 1 | 32.43 | 69.48 | < 0.0001 |
| X_4 | 19.26 | 1 | 19.26 | 41.26 | < 0.0001 |
| Residual | 11.67 | 25 | 0.4668 | | |
| Error Puro | 2.11 | 5 | 0.4217 | | |

Desv. Est. 0.6832, $R^2 = 0.9441$, R^2 ajustada = 0.9352, precisión adecuada = 15.74. X_1 : relación molar metanol:aceite, X_2 : % de I_2 , X_3 : tiempo, X_4 : temperatura.

Análisis

Se construyeron curvas de superficie de respuesta para determinar el valor óptimo de cada variable independiente y de esta forma obtener la máxima respuesta. La relación entre las variables independientes y dependientes se muestra en gráficos de superficie de respuesta tridimensionales (3D) y gráficos de contorno bidimensionales (2D) (Figs. 1A-1H). La Figura 1A-1B, muestra la superficie de respuesta desarrollada por el modelo para la interacción entre el % de catalizador y la relación metanol/aceite. Estas variables tuvieron efectos cuadráticos en la respuesta, ya que el porcentaje de BD aumentó a medida que se incrementa el % de catalizador. Tendencias similares se observaron en la transesterificación de aceite vegetales puros donde un 20% mol de I_2 produjo un rendimiento de ésteres metílicos de 90-94% (Ramalinga, Vijayalakshmi, & Kaimal, 2002). Los gráficos de contorno 1C y 1E muestran la poca interacción entre la temperatura (T) y el catalizador, y la T y el metanol. Sin embargo, también hay reportes de catálisis inducida por I_2 con menores porcentajes 1%-10%, aunque la síntesis es de otros compuestos como quinaxolinas, indoles entre otros (More, Sastry, Wang, & Yao, 2005). Por otro lado, las interacciones entre la T y metanol, y T con catalizador indican que conforme se incrementa la T, el rendimiento de BD se incrementa de igual manera. Las interacciones entre el catalizador y el tiempo no fueron significativas, demostrando que las variables más importantes son las cantidades de metanol y de catalizador, y por último la T de reacción (Figs. 1A-1H). El uso de catalizadores ácidos o básicos es reportado como el método más utilizado para la síntesis de BD. El hidróxido de potasio (KOH) y el ácido sulfúrico (H_2SO_4) fueron utilizados en la síntesis de BD a partir de aceites de desecho y, fue optimizada la producción por MSR. Los resultados que obtuvieron los autores fueron que en 1h de reacción con el catalizador alcalino obtuvieron un 84% de rendimiento con una relación metanol:aceite de 7:1. Mientras que con el catalizador ácido el rendimiento óptimo fue de 91% pero con 50 h de reacción y una relación de metanol:aceite grande 40:1 (Tacias-Pascacio et al., 2019). En este trabajo se predice que bajo un tiempo de 1.5 h, 10% mol de catalizador y una relación molar de metanol:aceite de 17:1 es posible obtener un rendimiento de 99%. Lo cual supera la catálisis básica o ácida optimizada reportada.



Conclusiones

Este trabajo demuestra que el I_2 es un catalizador competitivo comparado con los catalizadores químicos convencionales para la producción de BD, en términos de velocidad de reacción y rendimiento. Los resultados de este trabajo sugieren que el I_2 puede ser una excelente alternativa a la catálisis alcalina o ácida convencional debido a la eficiencia, menor toxicidad del proceso, menor consumo energético y condiciones más suaves.

El mayor rendimiento experimental obtenido fue de 93.9% con 9% mol de I_2 , 10.5 mol de metanol, 1.75 h y 50 °C. Mientras que la optimización generó los siguientes datos: 1.5 h, 10% mol de catalizador y una relación molar de metanol:aceite de 17:1 para un potencial rendimiento de 99%.

Por último, este proceso puede mejorarse utilizando otras estrategias como el uso de ultrasonidos o irradiación por microondas en lugar de un calentamiento convencional.

Referencias

- Asl, M. A., Tahvildari, K., & Bigdeli, T. (2020). Eco-friendly synthesis of biodiesel from WCO by using electrolysis technique with graphite electrodes. *Fuel*, 270. doi:10.1016/j.fuel.2020.117582
- Breugst, M., Detmar, E., & von der Heiden, D. (2016). Origin of the Catalytic Effects of Molecular Iodine: A Computational Analysis. *ACS Catalysis*, 6(5), 3203-3212. doi:10.1021/acscatal.6b00447
- Greer, K., Zeller, D., Woroniak, J., Coulter, A., Winchester, M., Palomares, M. L. D., & Pauly, D. (2019). Global trends in carbon dioxide (CO₂) emissions from fuel combustion in marine fisheries from 1950 to 2016. *Marine Policy*, 107. doi:10.1016/j.marpol.2018.12.001
- Manojkumar, N., Muthukumar, C., & Sharmila, G. J. J. o. K. S. U.-E. S. (2022). A comprehensive review on the application of response surface methodology for optimization of biodiesel production using different oil sources. 34(3), 198-208.
- Mathew, G. M., Raina, D., Narisetty, V., Kumar, V., Saran, S., Pugazhendi, A., . . . Binod, P. (2021). Recent advances in biodiesel production: Challenges and solutions. *Science of the Total Environment*, 794. doi:10.1016/j.scitotenv.2021.148751
- Momeni, M. M., Kahforoushan, D., Abbasi, F., & Ghanbarian, S. (2018). Using chitosan/CHPATC as coagulant to remove color and turbidity of industrial wastewater: optimization through RSM design. *Journal of Environmental Management*, 211, 347-355.
- More, S. V., Sastry, M. N. V., Wang, C. C., & Yao, C. F. (2005). Molecular iodine: a powerful catalyst for the easy and efficient synthesis of quinoxalines. *Tetrahedron Letters*, 46(37), 6345-6348. doi:10.1016/j.tetlet.2005.07.026
- Ramalinga, K., Vijayalakshmi, P., & Kaimal, T. N. B. (2002). A mild and efficient method for esterification and transesterification catalyzed by iodine. *Tetrahedron Letters*, 43(5), 879-882. doi:10.1016/s0040-4039(01)02235-3
- Singh, D., Sharma, D., Soni, S. L., Sharma, S., Sharma, P. K., & Jhalani, A. (2020). A review on feedstocks, production processes, and yield for different generations of biodiesel. *Fuel*, 262. doi:10.1016/j.fuel.2019.116553
- Tacias-Pascacio, V. G., Torrestiana-Sanchez, B., Dal Magro, L., Virgen-Ortiz, J. J., Suarez-Ruiz, F. J., Rodrigues, R. C., & Fernandez-Lafuente, R. (2019). Comparison of acid, basic and enzymatic catalysis on the production of biodiesel after RSM optimization. *Renewable Energy*, 135, 1-9. doi:10.1016/j.renene.2018.11.107
- Wang, X. L., Yan, F. Y., & Wang, Q. F. (2021). Molecular iodine: Catalysis in heterocyclic synthesis. *Synthetic Communications*, 51(12), 1763-1781. doi:10.1080/00397911.2021.1904992

Notas Biográficas

El C. a **Ing. Juan Carlos Álvarez Salazar** es estudiante de Ingeniería ambiental en UPIIZ-IPN. Recientemente está trabajando en su tesis de grado buscando nuevos catalizadores para la síntesis verde de biodiesel. y los otros autores tienen la opción de incluir una breve nota biográfica al final del manuscrito.

La **Dra. Gloria Viviana Cerrillo Rojas** tiene estudios de Posgrado en la ENCB-IPN y en la UAA. Es autora de diversos artículos científicos y capítulos de libros. Actualmente desarrolla su investigación en bioinformática y biología molecular aplicada a la Ingeniería ambiental.

El **Dr. Teodoro Ibarra Pérez** es doctor en Ingeniería por la UAZ. Sus principales líneas de investigación incluyen redes neuronales artificiales, métodos de optimización, sistemas embebidos y agricultura inteligente.

El **Dr. Hans Christian Correa Aguado** tiene estudios de Posgrado en la ENCB-IPN y en la UAA. Desarrolla nuevos métodos de síntesis de biodiesel de 2da y 3era generación a partir de novedosos catalizadores y materias primas. También trabaja con sistemas microbiológicos aplicados a la remediación de aguas y a la producción de metabolitos de interés industrial. Actualmente es jefe del departamento de investigación en UPIIZ-IPN.

Efectos Post-Incendio a un Suelo de Bosque de Pino-Encino en la Sierra Sur de Oaxaca

Ing. Rosario Aquino López¹, Dr. Ernesto Castañeda Hidalgo²,
Dr. Gerardo Rodríguez Ortiz³, Ángel Bustamante González⁴, Dr. Salvador Lozano Trejo⁵

Resumen— Los incendios constituyen disturbios de muy diverso origen y variadas implicancias. Además de los efectos sobre la vegetación, pueden afectar los componentes y las propiedades de los suelos. Las modificaciones en los suelos, a su vez, suelen incrementar los procesos de erosión y de transporte de sedimentos. El objetivo fue determinar el efecto pos-incendio sobre las características del suelo en un bosque de pino-encino en el sur de Oaxaca, México. En el año 2022 se establecieron 12 sitios de forma dirigida en tres áreas con diferente condición de severidad (alto, medio y bajo) de un incendio ocurrido en 2019, dentro de cada sitio se establecieron dos subsitios de 1 m², para un total de 24 subsitios. En cada cuadrante de 1 m² se colectaron muestras de suelo a las que se les determinaron sus propiedades químicas (pH, K, Ca, NO₃, CE) (P<0.05). Para detectar diferencias en las características de suelo entre niveles de severidad se hizo una prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis. Todas las variables químicas analizadas presentaron diferencias significativas, excepto el Potasio (K).

Palabras clave— Efecto, erosión, propiedades, suelo.

Introducción

Los incendios forestales a nivel mundial cada vez incrementan por diversas causas, lo que genera un aumento de efectos sobre el recurso suelo (Rosero y Osorio, 2013). El suelo es uno de los componentes principales del ecosistema, refiriéndose a la cubierta fina que se compone de minerales, aire, agua y microorganismos vegetales y animales formado a través del tiempo (FAO, 2016).

El impacto del fuego sobre los suelos, depende de numerosos factores, tales como: tipo de vegetación presente, intensidad y severidad del fuego, tipo de suelo, contenido de humedad en el momento de la quema, duración e intensidad de precipitación postincendio y calidad y grado de incorporación de cenizas (Minervini *et al.*, 2018). El incremento en la disponibilidad de nutrientes que se detecta tras el fuego se debe a la deposición de las cenizas, al calentamiento y a los cambios post-incendio que incrementan las tasas de mineralización. Asimismo, el almacenamiento de nutrientes en el suelo pos-incendio dependerá de las características de la vegetación, frecuencia del fuego y tiempo transcurrido del incendio (Caon, 2014). Debido al daño provocado en los ecosistemas, es indispensable conocer las alteraciones que provocan los incendios en el suelo en el corto y largo plazo, y las consecuencias de estas alteraciones en el funcionamiento del sistema suelo.

La comunidad de Agua Blanca, Nejapa de Madero, Oaxaca; tiene aprovechamiento maderable en 928.7 ha de pino-encino y en el año 2019 un rodal de 19.89 ha se incendió accidentalmente. Esto debido a la falta de manejo y ejecución de actividades complementarias enfocadas a reducir la gran cantidad de residuos sobre la superficie después del aprovechamiento, lo que con junto con otros factores indujo al incendio con diferentes intensidades y severidades dentro del rodal. Este evento generó efectos negativos sobre el ecosistema. De acuerdo con lo anterior, el objetivo de la presente investigación fue determinar el efecto pos-incendio sobre las características del suelo en el bosque de pino-encino de la comunidad de Agua Blanca.

La información generada pretende proveer datos relevantes de interés en la planificación de actividades silviculturales que promuevan la recuperación y restauración del suelo degradado después de un incendio y que la comunidad sea participe en las decisiones, elaboración y ejecución de las estrategias de manejo a proponer mediante un enfoque incluyente y participativo, ya que son los principales dueños y poseedores del bosque quienes encuentran sus medios de vida mediante la práctica del manejo forestal comunitario.

¹ La Ing. Rosario Aquino López es estudiante de maestría en el Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca, México. rousaquino94@gmail.com (autor correspondiente)

² El Dr. Ernesto Castañeda Hidalgo es Profesor Investigador del Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca, México. casta_h50@hotmail.com

³ El Dr. Gerardo Rodríguez Ortiz es Profesor Investigador del Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca, México. gerardo.rodriguez@voaxaca.tecnm.mx

⁴ El Dr. Ángel Bustamante es profesor investigador del colegio de Posgraduados Campus Puebla. angelb@colpos.mx

⁵ El Dr. Salvador Lozano Trejo es profesor investigador en el Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca. lozanos2004@gmail.com

Metodología

Área de estudio

El estudio se realizó en la comunidad de Agua Blanca, Nejapa de Madero, distrito de San Carlos Yautepec, en el estado de Oaxaca, México. El área se ubica a una altitud media de 2,160 m, en las coordenadas geográficas 16° 39' 25" N y -95° 44' 28" O. El clima es C(w2), catalogado como templado subhúmedo, con una temperatura promedio de 12 a 18 °C, lluvias en verano en un rango de 200-1,800 mm al año (INEGI 2022). Posee una superficie total de 9,325 ha, una orografía montañosa y alberga diferentes estructuras vegetales conformadas por encino-pino, pino-encino, pastizales y selva baja caducifolia. Los suelos son someros y se desarrollan sobre material parental poco consolidado, se presentan tres tipos de suelo, corresponden a regosoles, luvisoles y umbrisol según la clasificación de FAO-UNESCO

Diseño de muestreo

En el 2022 se realizaron recorridos de campo e identificación de los diferentes niveles de severidad de incendio (NSI) en una superficie de 19,89 ha. Para la generación de la información se establecieron 12 sitios circulares de 400 m² tomando en cuenta la compensación por pendiente acorde a la metodología reportada por Chávez-Pascal et al. (2017). Se distribuyeron cuatro sitios de manera dirigida por cada área con distinto NSI (I bajo, II medio y III alto). Dentro de cada sitio se establecieron dos subsitios de 1 m², en total fueron seleccionados 24 subsitios. La condición de severidad de los mismos se determinó con base en la variabilidad de las condiciones topográficas (pendiente, exposición, altitud) y densidad arbórea, a través de recorridos en campo y con ayuda del software ArcGIS 10.3 y fotografías satelitales se sobrepuso el área de estudio para corroborar el paso del fuego.

Muestreo de suelo

En cada cuadrante de 1 m² se colectaron las muestras de suelo, se introdujo un tubo de PVC de 30 cm de longitud y 4 cm de diámetro sobre el suelo, para extraer una muestra de (10-30 cm) que se cubió (cm³) con la fórmula de Smallian (Romahn de la Vega & Ramírez, 2010). Las muestras fueron trasladadas al laboratorio del Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca (ITVO) para su posterior análisis.

Análisis de laboratorio

Las propiedades químicas evaluadas fueron: pH, Fosforo (P), Potasio (K), Calcio (Ca), Nitritos (NO₃) y conductividad eléctrica (CE).

| Propiedad | Método |
|--|---------------------------------|
| p ^H | Agua destilada |
| K (Cmol kg ⁻¹) | Acetato de Amonio |
| Ca (Cmol kg ⁻¹) | Acetato de Amonio |
| NO ₃ (mg kg ⁻¹) | Kjeldahl |
| P (mg kg ⁻¹) | Bray II Colorimetría Bray Kurtz |
| CE (dS m ⁻¹) | Potenciómetro |

Cuadro 1. Propiedades químicas evaluadas y métodos de determinación.

Fuente: Laboratorio de Agroecosistemas del Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca.

Análisis de datos

Para los análisis de datos se aplicó la prueba no-paramétrica de Kruskal-Wallis para identificar diferencias estadísticas por rangos en las características del suelo, evaluadas entre todos los sitios afectados por los diferentes NSI y posiciones topográficas. Los análisis se realizaron usando el software estadístico SAS 9.4 (Statistical Analysis System) (SAS Institute, 2017).

Resultados

Todas las variables químicas analizadas presentaron diferencias significativas (P<0.05), excepto el Potasio (K) (P>0.05) (Cuadro 1).

| Variable | Nivel de severidad de incendio | | | |
|--|--------------------------------|--------------|----------------------|--------|
| | GL error | \sqrt{CME} | Cuadrado medio (CME) | CV (%) |
| p ^H | 2 | 0.038 | 0.0015** | 0.77 |
| CE (dS m ⁻¹) | 2 | 1 | 1** | 20 |
| K (Cmol(+) kg ⁻¹) | 2 | 0.031 | 0.00098ns | 15.63 |
| Ca (Cmol(+) kg ⁻¹) | 2 | 0.81 | 0.66* | 16.32 |
| NO ₃ (mg kg ⁻¹) | 2 | 2.04 | 4.16 * | 40 |
| P (mg kg ⁻¹) | 2 | 1.59 | 2.55* | 31.97 |

GL= grados de libertad. ** = altamente significativo (P≤0.01), * = significativo (P≤0.05), ns= no significativo (P>0.05). Valores en rangos de la prueba de Kruskal-Wallis (α=0.05).

Cuadro 1. Resumen del análisis de varianza del efecto del nivel de severidad de incendio sobre las propiedades del suelo

En el caso del p^H de las muestras de suelo provenientes de los tres NSI, se encuentran en valores entre 4.87 y 5.19, y de acuerdo a la clasificación de suelos para uso agrícola NOM-021-RECNAT-2000 se clasifican como suelos fuertemente ácidos y moderadamente ácidos. El valor más alto se presentó en el NSI alto.

El PH del suelo tendió a ser menor en el NSI bajo y medio e incrementó ligeramente en el NSI alto, este incremento puede ser debido al aporte de bases de las cenizas provenientes de la quema total de la vegetación. La CE se clasificó para el NSI medio como un suelo salino y para el NSI bajo y alto como un suelo moderadamente salino. El incremento en el NSI alto puede ser a consecuencia del incremento de componentes solubles originados por la combustión de las plantas (Cuadro 2).

| Variable | Nivel de severidad de incendio | | |
|--|--------------------------------|------------------------|------------------------|
| | I Bajo | II Medio | III Alto |
| p ^H | 4.91±0.025b | 4.87±0.02b | 5.19±0.02a |
| CE (dS m ⁻¹) | 5(0.05)±0.57 (0.001)b | 2(0.04)±0.57(0.002)c | 8(0.06)±0.57(0.001)a |
| K (Cmol(+) kg ⁻¹) | 6(0.02)±2.29(0.007)a | 6(0.17)±0.86(0.007)a | 3(0.20)±0.86(0.007)a |
| Ca (Cmol(+) kg ⁻¹) | 2(0.01)±0(0)b | 8(0.05)±0.57(0.006)a | 5(0.02)±0.57(0.0007)b |
| NO ₃ (mg kg ⁻¹) | 6.33(32.5)±1.30(1.44)a | 2.33(27.5)±0.88(1.44)b | 6.33(32.5)±1.30(1.44)a |
| P (mg kg ⁻¹) | 4.33(4.6)±1.20(0.86)b | 2.66(3.33)±0.88(0.23)b | 8(7.75)±0.57(0.60)a |

Letras distintas en la misma fila representan diferencias significativas. La media incluye ± error estándar. ¶Se indican los valores en rangos de la prueba de Kruskal-Wallis y (valores reales).

Cuadro 2. Efecto de la severidad de incendio sobre las características de suelo.

Rosero y Osorio (2013) indican que los incendios forestales inciden en el incremento del p^H y la CE debido a la acumulación de cenizas sobre el suelo, pero dicha disminución de la acidez tiende a volverse a incrementar una vez inician las lluvias, debido a la lixiviación de las cenizas almacenadas. Rosales-Rodríguez *et al.* (2018) reportan resultados similares, 5.1 y 5.3 de p^H para los suelos de un bosque post-incendio. Diversos estudios han demostrado el aumento del p^H tras el paso del fuego, en este estudio no fue tan notable este incremento, por el paso del tiempo al realizar el estudio, ya que el aumento del p^H suele ser significativo durante las primeras semanas después del incendio, debido a que los cationes básicos son remitidos durante la quema.

Mogollon *et al.* (2017) opinan que los incrementos en CE están relacionados a la afiliación de los compuestos originados de las cenizas, que respectivamente están compuestos por cantidades significativas de iones solubles inorgánicos expuestos por la combustión de la materia orgánica (MO). En general, la CE de los suelos aumenta después de un incendio, en este caso, si no se llegan a alcanzar niveles tóxicos de salinidad, se puede suponer que esto implica un aumento de la fertilidad del suelo.

Respectivamente para el P a pesar de las diferencias significativas entre los NSI los almacenamientos se clasifican como muy bajos. De acuerdo con Camargo-García *et al.* (2012), el P es uno de los elementos más dinámicos sobre el suelo, tiende a incrementar después de un incendio, lo que puede estar relacionado con la mineralización de

la materia orgánica en el momento de la quema. En este estudio se encontró un efecto contrario en este elemento al no haber un incremento significativo de este.

Respecto al K y Ca, a pesar de que hubo diferencias en este almacenamiento en los tres NSI su disponibilidad los tres se clasifica dentro de bajo contenido. Esto se atribuye a la aminoración de la capacidad de cambio catiónico del suelo, al quemarse parte de la MO. Se plantea que el K^+ son constituyentes no volátiles por lo cual se acumulan en la superficie del suelo en forma de cenizas. Respectivamente el aumento de cationes se presenta de manera temporal, ya que a mediano plazo el suelo se vuelve a empobrecer por la lixiviación, lo que aminora el complejo adsorbente para detener nutrientes (Rosero y Osorio, 2013). Sin embargo, (Yildiz *et al.*, 2010) mencionan que la disminución de los nutrientes depende de la pendiente, grado de infiltración del suelo, lluvias posteriores y distribución de cenizas.

Respectivamente para el Nitrato (NO_3) disponible en el NSI medio fue menor 6.33 mg kg^{-1} (Figura 1). Vega *et al.* (2000) verifican que todos los nutrientes de la capa orgánica del suelo se aminoran para el nitrógeno hasta en un 30%, y para los demás elementos hasta del 50%. En diversos estudios existe variabilidad en cuanto a la modificación de N almacenado en el suelo post-incendio, algunos reportan incremento y otra disminución y de no modificación. Sin embargo, la volatilización del NO_3 durante la combustión está asociada con la cantidad de MO consumida; el NO_3 que no se volatiliza permanece como parte de los combustibles no quemados, los incrementos temporales de NO_3 post-incendio es utilizado rápidamente por las plantas dentro de los primeros años después de éste (Certini, 2005). La respuesta entonces de los diferentes ecosistemas a los cambios de NO_3 varía con el tipo de vegetación, la fertilidad del suelo y la habilidad para reponerlo.

En la siguiente figura se puede observar las diferencias en los almacenamientos de los elementos químicos en los diferentes NSI, lo que indica en el NSI alto tenemos un mayor contenido de P, CE y p^H a diferencia del NSI medio donde se tiene mayor contenido de Ca y el NSI bajo un incremento ligero sobre los otros niveles de los elementos NO_3 y K.

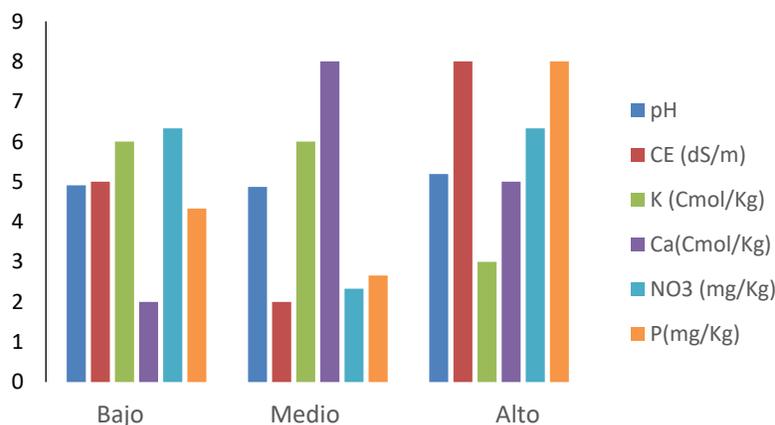


Figura 1. Efecto del incendio sobre los elementos evaluados del suelo.

El 95% de la biomasa almacenada en las coníferas está formada por Carbono (C), Oxígeno (O) e H. El resto incluye los elementos esenciales N, P, Azufre (S), K, Ca y Magnesio (Mg) (Zavala, 2000). La respuesta activa de la regeneración en sitios con quema moderada puede ser por el aumento en la cantidad de nutrientes fijados, en particular el N asimilado por las plantas ya que se vuelve accesible para su absorción por la planta después de ser liberado por la quema de biomasa (Stavi, 2019).

En general un incendio genera diferentes condiciones en el suelo, que puede condicionar la respuesta de la regeneración natural. Urretavizcaya (2010) reporta que la regeneración natural en el corto plazo no estaría condicionada solamente por las alteraciones de fertilidad del piso forestal, sino por diversos factores como la disponibilidad de semillas y los cambios en los patrones de temperatura de suelo en las áreas quemadas, asociados a las modificaciones de la cobertura arbórea y arbustiva.

Conclusiones

A los dos años de un incendio forestal y como consecuencia del aporte de cenizas, se observa en los suelos diferencias significativas de los elementos (pH, Ca, NO_3 , CE, P) ($P < 0.05$).

El pH mostró diferencias significativas en los tres NSI mostrando un aumento ligero en el NSI alto y clasificándose para los tres niveles como ácidos y moderadamente ácidos. Debido al tiempo transcurrido el p^H del suelo puede haberse recuperado por la lixiviación de cenizas por las lluvias. No se presentaron diferencias significativas en el elemento químico K clasificándose como de bajo almacenamiento en los tres NSI.

Limitaciones

La única limitación para realizar la presente investigación fue el difícil acceso al área de estudio y ubicación de los sitios de muestreo por las condiciones topográficas, lo que incrementó el tiempo en la generación de los datos.

Recomendaciones

Se recomienda que, dentro de los objetivos de restauración del suelo, la gestión de los bosques quemados se tenga en cuenta las características del suelo para ejecutar obras de restauración de suelo. Ello implica que la extracción total de la madera muerta sea de forma estratégica y que se apliquen las medidas de gestión que se favorezca la regeneración natural de todo el ecosistema para mitigar las posibles pérdidas de nutrientes y favorecer la recuperación de las propiedades de suelo.

Considerar el estudio del suelo como un indicador del estado real post-incendio el cual debe ser incorporado en cualquier evaluación y/o ejecución de planes de manejo forestal, ya que cualquier intervención puede traer como efecto directo o indirecto alteraciones sobre el suelo.

La información generada en este estudio contribuirá a seguir desarrollando investigaciones futuras enfocadas a seguir entendiendo el efecto post-incendio sobre el recurso suelo. Evaluar las características de suelo nos permitirá tomar decisiones sobre las intervenciones de restauración de suelo, buscando recuperar los procesos ecológicos.

Agradecimientos

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por el financiamiento otorgado al primer autor para estudiar en el programa de Maestría en Ciencias en Productividad en Agroecosistemas del Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca. Se agradece al Tecnológico Nacional de México (TecNM); por el financiamiento otorgado para llevar a cabo el desarrollo del proyecto de investigación titulado “Regeneración natural post-incendio de bosques de pino-encino, caso Nejapa de Madero, Oaxaca. Clave: 15324.22-P. En el marco de la Convocatoria para Proyectos de Desarrollo Tecnológico e Innovación para Estudiantes 2022. A la comunidad de Agua Blanca por permitir realizar el proyecto en su bosque. Al ingeniero Narciso López Lázaro por brindar las facilidades y asesoría en el desarrollo de las actividades realizadas en campo.

Referencias

Rosero-Cuesta, J. y Osorio G. (2013). Efectos de los incendios forestales en las propiedades del suelo, Cuaderno Activa, 5, 59–67. Consultada por Internet el 21 de febrero del 2023. Dirección de internet: <https://ojs.tdea.edu.co/index.php/cuadernoactiva/article/view/130#:~:text=Se%20considera%20que%20la%20ocurrencia,y%20en%20la%20actividad%20biol%C3%B3gica>.

Camargo-García, J.C., M.A., Dossman, J.A., Rodríguez, L.M., Arias, J.H. Galvis-Quintero. 2012. Cambios en las propiedades del suelo, posteriores a un incendio en el Parque Nacional Natural de los Nevados, Colombia. 61(3), 147–161

Caon, L., Vallejo, V. R., Ritsema, C. J., y Geissen, V. (2014). Effects of wildfire on soil nutrients in Mediterranean Ecosystems, Earth-Science Reviews, 139, 47-58.

Chávez-Pascual, E. Y., Rodríguez-Ortiz, G., Enríquez-Del Valle, J. R., Velasco-Velasco, V. A., & Gómez-Cárdenas, M. (2017a). Compartimentos de biomasa aérea en rodales de Pinus oaxacana bajo tratamientos silvícolas. Madera Bosques, 23(3), 147–161. . Consultada por Internet el 21 de febrero del 2023. Dirección de internet: <https://doi.org/10.21829/myb.2017.2331627>.

Rosales-Rodríguez, J. A., Esquivel-Segura, E. A., Acevedo-Tapia, M. A., González-Ortega, M., & Cartes-Rodríguez, E. (2018a). Situación pre y post-incendio, de un ecosistema del tipo forestal Roble-Hualo, Región del Maule, Chile. Revista Forestal Mesoamericana Kurú, 16(38), 55–68. <https://doi.org/10.18845/rfmk.v16i38.3997>.

Certini, G. (2005). Effects of fire on properties of forest soils: A review. O ecología, 143(1), 1–10. . Consultada por Internet el 28 de enero del 2023. Dirección de internet: <https://doi.org/10.1007/s00442-004-1788-8>

Yildiz, O., Esen, D., Sarginci, M., & Toprak, B. (2010). Effects of forest fire on soil nutrients in Turkish pine (Pinus brutia, Ten) Ecosystems. Journal of Environmental Biology, 31(2), 11–13.

Zavala Chávez, F. (2000a). El fuego y la presencia de encinos. Ciencia Ergo Sum, 7(3), 268–276. Consultada por Internet el 15 de febrero del 2023. Dirección de internet: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=10401909>

Stavi, I. (2019). Wildfires in grasslands and shrublands: A review of impacts on vegetation, soil, hydrology, and geomorphology. *Water (Switzerland)*, 11, (5), 1–20. Consultada por Internet el 21 de abril del 2023. Dirección de internet: <https://doi.org/10.3390/w11051042>

Vega, A. A., Corral-Rivas, S., Corral-Rivas, J. J., & Diéguez-Aranda, U. (2022). Modelación de las estructuras diamétricas en bosques naturales de Pueblo Nuevo, Durango. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 13(73), 75–101. . Consultada por Internet el 10 de febrero del 2023. Dirección de internet: <https://doi.org/10.29298/rmcf.v13i73.1187>.

Romahn de la Vega, C. F., & Ramírez, M. H. (2010). *Dendrometría*. Universidad Autónoma de Chapingo. México, DF, 312 p. <http://dicifo.chapingo.mx/pdf/publicaciones/dendrometria.pdf>

Institute SAS. (2017). *Base SAS 9.4 procedures guide: statistical procedures*.

Urretavizcaya, M.F.(2010). Propiedades del suelo en bosques quemados de *Austrocedrus chilensis* en Patagonia, Argentina. *Revista Bosque*, 31(2), 140-149. Consultada por Internet el 18 de febrero del 2023. Dirección de internet: https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-92002010000200007

Minervini, M.G., Morras, H.J.M., Taboada, M.A. (2018). Efectos del fuego en la matriz del suelo: Consecuencias sobre las propiedades físicas y mineralógicas. *Ecología austral*, 28(1), 12-27. Consultada por Internet el 18 de febrero del 2023. Dirección de internet: http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1667-782X2018000100012

Diseño de Máquina Formadora de Piezas para Breaker de Seguridad

Raúl Daniel Banda Román¹, Dr. Luis Carlos Méndez González², Dr. Luis Alberto Rodríguez Picón³, MC. Abel Eduardo Quezada Carreón⁴

Resumen— En base a los requerimientos de un cliente se diseñó mediante un software CAD una máquina que automatizó el procedimiento de doblar un cable de una pieza utilizada en brakers de seguridad incrementando así la producción de dicha pieza, se redujo el número de piezas no buenas y también hubo una reducción del recurso humano en esa tarea para así poder dirigirlo a otra área de producción.

Palabras clave—Diseño, integración, maquina, control eléctrico.

Introducción

En la industria de la manufactura, el trabajo repetitivo realizado por el elemento humano puede ser reemplazado (y mejorado) por la automatización, ya que está es capaz realizar trabajos de mayor precisión, con mayor fuerza aplicada y sin caer en el problema de la fatiga mental (Gustavo Gutiérrez et al. de la Mora y Gálvez y Cárdenas, 2010).

La automatización se refiere al proceso de utilizar la tecnología para realizar tareas que anteriormente eran realizadas por los humanos. La automatización se ha vuelto una parte cada vez más importante de la sociedad actual a medida que avanza la tecnología, lo que hace posible automatizar una gran cantidad de actividades en diversas industrias. La automatización cuenta con numerosos beneficios, incluida una mayor eficiencia, menos errores y una mayor productividad. La automatización también ha tenido un impacto significativo en el mercado laboral, con algunos trabajos siendo reemplazados por sistemas automatizados, mientras que otros requieren nuevas habilidades para operar y mantener estos sistemas. A medida que la automatización continúa evolucionando, es probable que transforme la forma en que vivimos y trabajamos.

Para poder realizar el trabajo de automatización, en la actualidad, lo más común es el control electroneumático (Gustavo Gutiérrez et al. de la Mora y Gálvez y Cárdenas, 2010), y por tradición, este es al que se recurrió para la realización de este proyecto, pues es con el que se ha trabajado previamente.

Una empresa cliente tuvo un aumento en la producción de una pieza pequeña que requería un dobles en uno de sus cables. Para solucionar problema mencionado anteriormente se propuso un diseño en base al tiempo, espacio y presupuesto con el que se contaba para hacer el proyecto y de esta manera poder redirigir el recurso humano a otras áreas.

Por lo que en este artículo se presenta el diseño de una máquina que auxilie a doblar ciertos cables en el ángulo deseado por el cliente por medio de la automatización del proceso manual repetitivo que se tenía con anterioridad.

Aunque se menciona un poco del proceso de integración, este es un proyecto que se encuentra centrado en el diseño de la maquina formadora.

Descripción del Método

El software CAD

Se optó por usar un software CAD (computer aided design, en español diseño asistido por computadora) 3d pues estos consiguen una reducción importante de tiempo y dinero en comparación a los métodos convencionales de diseño 2d que cada vez se usan menos (Pedro Company et al. Gonzales, 2013).

Gracias al software SolidWorks en su versión 2022 y que la empresa cliente otorgó una pieza muestra se empezó con el proceso de diseño de la máquina formadora.

SolidWorks es un popular software de diseño utilizado por diseñadores e ingenieros para crear modelos 3D de piezas y ensamblajes. El software es usado en industrias como la aeroespacial, automotriz, productos de consumo y

¹ Raúl Daniel Banda Román es estudiante de ingeniería Mecatrónica en la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez. al159828A@alumnos.uacj.mx

² El Dr. Luis Carlos Méndez González es Profesor Investigador del departamento de Ingeniería Industrial y Manufactura en la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez luis.mendez@uacj.mx

³ El Dr. Luis Alberto Rodríguez Picón profesor de tiempo completo e investigador del Departamento de Ingeniería Industrial y Manufactura de la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, México. luis.picon@uacj.mx

⁴ MC. Abel Eduardo Quezada Carreón profesor de tiempo completo e investigador del Departamento de Ingeniería Eléctrica y Computación de la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, México. abquezad@uacj.mx

equipos industriales. Proporciona una interfaz fácil de usar y una amplia gama de herramientas para crear, modificar y analizar diseños. También permite a los usuarios crear ensamblajes de piezas, que pueden probarse en busca de movimiento, interferencia y colisiones (recurso que se usó mucho en la elaboración de este proyecto).

El producto

La pieza que se quiere moldear es una lámina de cobre con 2 cables soldados a ella, un de forro negro calibre 12 de un solo hilo y un cable rojo calibre 14; la pieza ya viene soldada de otro proceso realizado por el cliente. De estos 2 cables, el negro es el que debe tener dos dobleces, el primero a un ángulo 17.43° y el segundo a 35° con una separación entre ambos como se es mostrado en la Figura 2.

En la Figura 1 se muestra algunos ejemplos de la pieza anteriormente mencionada. Mientras que la pieza doblada a mano en la Figura 1 no cuenta con el ángulo especificado en la Figura 2, la pieza doblada por la máquina si cuenta con las especificaciones deseadas ayudando de esta manera con la reducción de scrap en la empresa pues las piezas malas se redujeron y la velocidad de producción aumento ya que ahora un solo operador produce 6 piezas buenas en menos de 10 segundos, lo que sustituyo a 6 operadores produciendo cada uno una pieza que podría o no estar buena.



Figura 1. Pieza.

Diseño de la máquina

Para que el proceso fuera automatizado se propuso una máquina de 40 pulgadas por 36 pulgadas por 58.81 pulgadas de alto, pues el cliente solicitó que la maquina fuera manejada por un operador sentado en un banco con una libertad de espacio de 45 pulgadas por 45 pulgadas y en base a esa solicitud se tomó la decisión de las medidas ya mencionadas, pues una maquina más grande haría que la persona estire más los brazos de lo necesario (lo que no sería ergonómico) o se requeriría de otra persona (lo que se quiere evitar con esta máquina).

La máquina está conformada por varias piezas que fueron maquinadas por técnicos herramientitas que fueron quienes interpretaron los planos hechos por el diseñador y de esta manera poder llevar a lo físico el diseño realizado. Uno de los tantos planos realizados es el mostrado en la Figura 2.

Esta máquina cuenta con 5 pistones de distintas dimensiones que realizan el proceso de doblado del cable, pero lo que le da el ángulo deseado al cable es la pieza mostrada en la Figura 2.

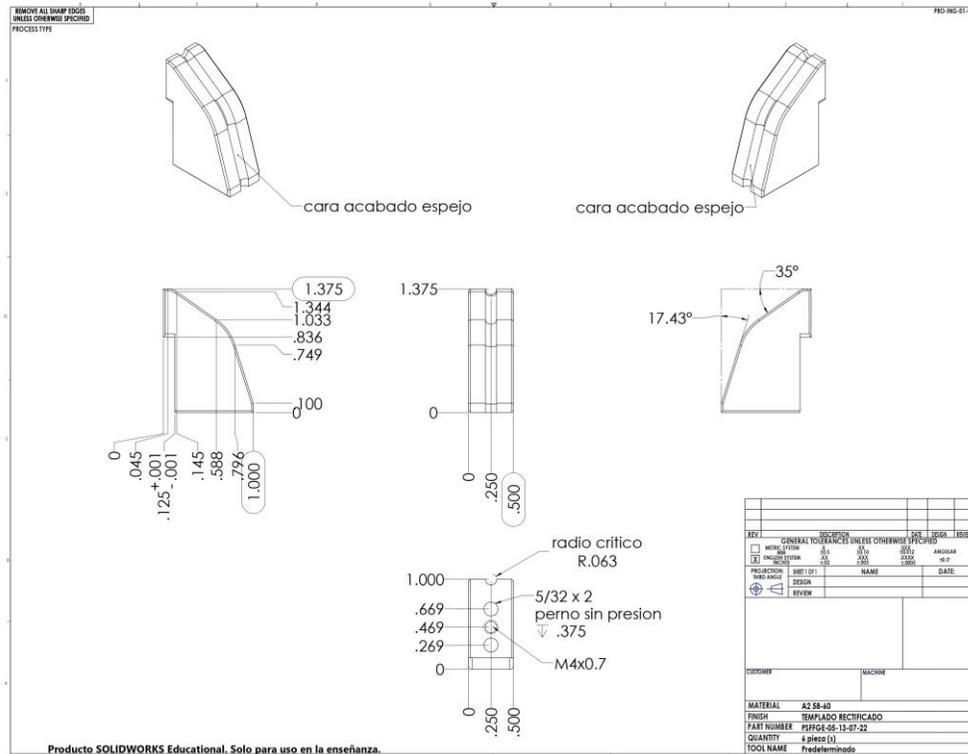


Figura 2. Plano utilizados en la elaboración de la máquina.



Figura 3. Diseño de máquina en SolidWorks.

Seguridad

El tema de seguridad en la automatización es Fundamental ya que los sistemas y máquinas automatizados pueden ser representantes de riesgos para los humanos, como aplastamiento, enredos, descargas eléctricas y exposición a sustancias nocivas. Los peligros mencionados son capaces de provocar lesiones graves, discapacidad o incluso la muerte.

La seguridad en la automatización es fundamental para proteger el bienestar de las personas que operan o están en contacto con sistemas automatizados.

también es importante recordar que muchos países cuentan con normas o reglas establecidas para el diseño de maquinaria. El incumplimiento de estas normativas puede significar sanciones financieras o consecuencias legales.

Los accidentes causados por máquinas y sistemas automatizados pueden generar tiempo de inactividad. Las medidas de seguridad pueden ayudar a prevenir accidentes y minimizar lo que es conocido como “tiempos muertos”, mejorando la eficiencia y productividad del sistema.

Las industrias maquiladoras siempre prestan especial atención en el área de seguridad (Ángel Pérez et al. Méndez y Rodríguez y Pérez, 2021), así que la máquina cuenta con protecciones de policarbonato (lexan) para que al operador le sea imposible acceder a la operación realizada por los pistones, si no es por enfrente (protegido por cortinas de seguridad) y por la puerta de atrás (que cuenta con un sensor, como se observa en la Figura 4, que manda una señal en caso de ser abierta la puerta).

La máquina cuenta con 2 paros de emergencia, uno posicionado al frente de la máquina (se observa en la Figura 4) y de fácil acceso; y otro ubicado en el gabinete de control debajo de la máquina. Al ser accionado uno de los paros de emergencia, que se haya activado las cortinas de seguridad y o se abra la puerta trasera, le es imposible trabajar a la máquina, pues la corriente esta deshabilitada.

El sistema cuenta con 2 sensores *opto touch* posicionados al frente de la máquina a los extremos (visibles en la Figura 4) que son los que accionan el inicio de la secuencia de los pistones, de esta manera el operador mantiene ambas manos ocupadas durante la secuencia de trabajo alejándolo de esta manera del riesgo.

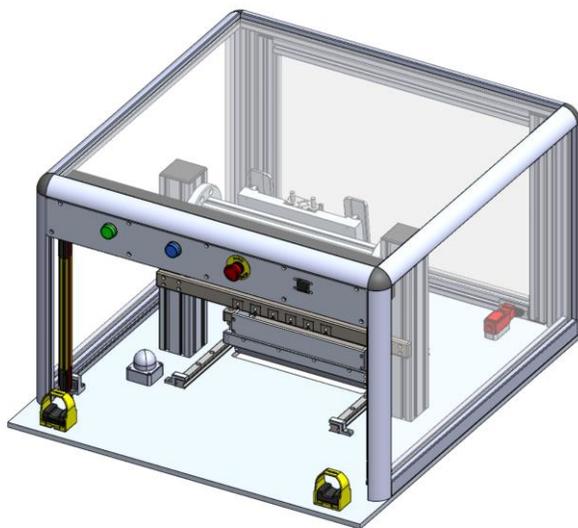


Figura 4. Parte superior de la máquina.

Integración

Aparte de los componentes de seguridad mencionados con anterioridad se utilizaron aún más como un domo indicador del estatus de la máquina, botones de inicio y reinicio de proceso e indicador de presión de aire.

Mientras que en la parte de control se utilizó un PLC MICRO 850 de la marca Allen-Bradley, pues se contaba con uno, significando un ahorro monetario para la realización del proyecto; dicho PLC es el que controla la secuencia de los pistones. Esto ubicado dentro de un gabinete de control que además del PLC tiene en su interior componentes como clemas, clemas de tierra, *breaks*, fuente de alimentación para el PLC, relevadores, relevadores de seguridad y los módulos de expansión del controlador como se ve en la Figura 5.



Figura 5. Gabinete de control.

Resultados

Se diseñó una máquina capaz de realizar la tarea de doblar varios cables a la vez en la forma deseada por medio de una secuencia de pistones mientras el único operador de la máquina está seguro de cualquier daño que pudiera hacerle estar en contacto con la secuencia realizada.

Se seleccionó un gabinete adecuado para contener los elementos de control y del espacio suficiente para poder ser colocado en la parte inferior de la máquina. Posteriormente se integraron los componentes necesarios para que la máquina pudiera realizar su correcto funcionamiento.

Se realizaron pruebas de dobles con 300 piezas de las cuales todas fueron aprobadas por el cliente.



Figura 6. Máquina Terminada.

Conclusiones

En conclusión, la automatización es una herramienta poderosa que tiene el potencial de revolucionar la forma en que vivimos y trabajamos. Al automatizar tareas que antes se hacían manualmente, podemos lograr una mayor eficiencia, reducir errores y mejorar la productividad. Sin embargo, es importante recordar que la automatización no es algo para tomarse a la ligera y debe implementarse con cuidado y consideración. De igual manera que con cualquier

nueva tecnología, existen riesgos y desafíos potenciales que deben abordarse, como el desplazamiento laboral y la necesidad de nuevas habilidades. Sin embargo, si se gestiona adecuadamente, la automatización tiene el potencial de generar beneficios significativos para las personas, las organizaciones y la sociedad en su conjunto. A medida que avanzamos tecnológicamente, es crucial que adoptemos la automatización como una herramienta valiosa y trabajemos para garantizar que se use de manera responsable y ética.

Con fundamento en la problemática que se quería resolver, se realizó el diseño de este sistema que junta métodos o componentes que han dado buenos resultados en la automatización del sector industrial previamente, pero nunca en busca del conformismo, pues lo que se quiere es la realización de sistemas completamente autónomos.

El funcionamiento del proyecto fue bueno, pero se realizaron pequeñas modificaciones estéticas (como el descansar pies visible en la Figura 6), no obstante, como se mencionó previamente el resultado final que se espera es que no haya un elemento humano operando la maquinaria y que esta tenga completa autonomía, lo que es un punto a considerar para futuros proyectos.

Referencias

Gustavo Gutiérrez C., Alberto D. Gálvez, Enrique Gálvez M. y Roberto Cárdenas R. "Automatización," *DE INGENIRÍA* (en línea), 6ª edición, consultada por Internet el 1 de marzo del 2023. Dirección de internet: www.deingenieria.com.

Pedro Company C. y Carmen González L. "CAD 3D con SolidWorks Tomo I: Diseño básico," *Universitat Jaume*, Primera edición, 2013.

Luis Ángel P.F., Dr. Luis Carlos M.G, Dr. Luis Alberto R.P. y Dr. Iván Juan C.P.H. "Diseño de sistema mecatrónico para corte de tablas electrónicas," *Revista Academia.edu* (en línea), consultada por Internet el 13 de marzo del 2023. Dirección de internet: <https://www.academia.edu>.

Plataforma Web para la Valoración de Procesos Neurocognitivos

Ing-Phd María Claudia Bonfante¹, Ing-Phd. Juan Antonio Contreras Montes²,
Phd Mariana Pino Melgarejo³

Resumen—Este trabajo pretende optimar la aplicación de la batería neuropsicológica (Neuropsí) que permite la valoración de procesos neurocognitivos de forma breve para crear un perfil del estado actual de sujetos, proporcionando un software de fácil uso por parte de los usuarios finales y así permitir la generación de perfiles que puedan utilizarse para la toma de decisiones relacionadas con el comportamiento de jóvenes infractores de la ley. Se construye una plataforma que permite mantener la información de sujetos, la aplicación de pruebas y tareas y consultar la información de dicho proceso en el momento en que se requiera. Para cumplir con el alcance propuesto, se aplica una metodología correspondiente con el enfoque tradicional de desarrollo de software estructurada en las fases de análisis, diseño, implementación y pruebas unitarias e integración y pruebas del sistema, de la cual se obtienen unos productos que permiten la documentación y el uso de buenas prácticas adoptadas por la industria de software.

Palabras clave—plataforma web, procesos neurocognitivos, jóvenes infractores, perfil psicológico.

Introducción

El déficit en funciones cognitivas en jóvenes infractores que muestran comportamiento delictivo o antisocial, reclusos por cometer delitos menores, pueden ser revelada a partir de información sociodemográfica, de familiares, emocionales, conductuales, aplicando técnicas de estadísticas descriptiva (Mancino, Navarro, and Rivers 2016). Estudios han demostrado la prevalencia de trastornos mentales en adolescentes detenidos como: enfermedades psicóticas, depresión, trastorno por déficit de atención/hiperactividad, de conducta y de estrés postraumático entre otras (Beaudry et al. 2021). Por otra parte, se analizan las experiencias emociones sociales complejas y sus anormalidades en adolescentes infractores (Byrne et al. 2021). El enfoque hacia los adolescentes infractores ha conducido al desarrollo de leyes para gestionar los problemas específicos de esta población, la culpabilidad dejó de ser el foco y en cambio, las intervenciones sociocognitivas se dirigieron a brindar apoyo y rehabilitación a adolescentes privados de libertad, lo cual favorece la predicción de riesgos para la adaptación e reintegración social (Grisso 2008). Por otro lado, los profesionales de la salud mental, requieren de aplicaciones de software que permitan minimizar el esfuerzo requerido para la aplicación de pruebas y tareas en sujetos, asimismo la presentación de resultados requiere de la realización de cálculos y análisis de información por parte del personal especialista, lo que se convierte en una tarea tediosa y de gran concentración a las respuestas del sujeto. Aunque existen diferentes aplicaciones de software que se han desarrollado para automatizar y valorar pruebas psicológicas para descubrir diferentes trastornos, el resultado se presenta ordenado cronológicamente de la siguiente manera:

DANA (Coffman et al. 2018) herramienta móvil de evaluación neurocognitiva, aplicada a una gran muestra de personal militar en servicio activo, que descubrió que las puntuaciones en evaluaciones psicológicas autoadministradas como PTSD, depresión y trastornos del sueño, problemas psicológicos que ocurren con una frecuencia relativamente alta entre estos sujetos impactaron negativamente en varias pruebas neurocognitivas.

Plataforma n-of-1 (Golden et al. 2020), se utilizó en un estudio piloto para investigar los efectos de las sustancias de consumo común en el rendimiento cognitivo: pensamiento creativo, velocidad de procesamiento y atención visual. Al finalizar el estudio, las personas reciben resultados personalizados que comparan el impacto de los dos tratamientos en cada una de las medidas de rendimiento cognitivo. La plataforma permite respaldar ensayos n-de-1 autodirigidos, que consta de incorporación de estudios virtuales, consentimiento informado visual, integraciones de dispositivos, evaluaciones en la aplicación y análisis de datos automatizado.

CogniSof (Petrova-Antonova et al. 2020), propuesto para la evaluación y rehabilitación de pacientes con trastornos cognitivos con discapacidades causados por la esclerosis múltiple (EM). La plataforma automatiza la prueba de Depresión de Beck (BDI-II) y pruebas diagnósticas para la evaluación de la memoria y funciones ejecutivas con base en la naturaleza de la Evaluación Cognitiva Internacional Breve para la EM.

El Mini-Examen del Estado Mental (MMSE) (Dahbour et al. 2021), prueba de detección simple, informativa y validada de las funciones cognitivas, que evalúa la orientación, la atención, la memoria inmediata y a corto plazo, el

¹ La Ing. María Claudia Bonfante es Profesor de Ingeniería de Sistemas de la Universidad del Sinú Seccional Cartagena Colombia y contratista de la Institución Universitaria de Barranquilla Colombia, maría.bonfante@unisinu.edu.co (**autor correspondiente**)

² El Ing. Juan Antonio Contreras Montes es Profesor de Posgrado de la Escuela Almirante Padilla y contratista de la Institución Universitaria de Barranquilla Colombia. juancontrerasm@itsa.edu.co

³ La Dra. Mariana Pino Melgarejo es docente de la Universidad Autónoma del Caribe de la Ciudad de Barranquilla, Colombia. Mariana.Pino@uac.edu.co

lenguaje y la capacidad de seguir órdenes simples verbales y escritas. Proporciona una puntuación total que coloca al individuo en una escala de función cognitiva. También es una medida común para clasificar el deterioro cognitivo, monitorear su evolución a lo largo del tiempo y estimar los efectos del tratamiento en la función cognitiva.

bWell (Shaiget et al. 2021) es una plataforma que proporciona un conjunto de tareas que evalúan con amplitud los déficits de funcionamiento cognitivo utilizando entornos inmersivos en 3D. Las características principales de bWell incluyen la implementación multimodal (totalmente, semi-inmersiva o no inmersiva) y multiplataforma (realidad extendida, móvil y PC), ejercicios configurables que combinan la evaluación estandarizada con variantes adaptativas y gamificadas para la terapia, una interfaz de usuario orientada al terapeuta para tareas administración y dosificación, y registro automatizado de datos de actividad.

CogniFit (Verghese et al. 2021) software que proporciona entrenamiento en múltiples dominios cognitivos, incluidas las funciones ejecutivas y otros procesos relacionados, como la velocidad de procesamiento, la atención dividida y las habilidades visoespaciales. El software se utilizó en un grupo de adultos de 70 años o más, lo cual evidenció resultados relevantes que favorecen la actividad de caminar y el rendimiento de los adultos mayores con alto riesgo de discapacidad de movilidad.

Batería Automatizada de Pruebas Neuropsicológicas de Cambridge (CANTAB) (Campbell et al. 2022), se utilizó para hacer una evaluación durante siete días y una Evaluación Cognitiva de Montreal (MoCA), con el objetivo de examinar la recuperación cognitiva temprana, primero es necesario establecer la viabilidad de repetir la evaluación cognitiva durante la fase aguda posterior al accidente cerebrovascular.

Cogstate (Cho et al. 2023) software utilizado para medir tres tareas de prueba cronometrada: RT simple (Detección; DET) y de elección (Identificación; IDN) y memoria de trabajo (One-Back; ONB), se aplicó para una evaluación cognitiva en participantes con esclerosis múltiple (EM), con el objeto de evaluar la variabilidad intra-individual (IIV), medida a través de tiempos de respuesta repetidos durante tareas psicomotoras continuas, es un marcador temprano de cambio cognitivo en el contexto de la neurodegeneración.

Siendo las aplicaciones de software de gran apoyo para minimizar esfuerzo del experto en salud mental al aplicar las pruebas, este trabajo propone una plataforma de software para la evaluación cognitiva de jóvenes en conflicto con la ley. La plataforma automatiza el Test Neuropsicológico de Memoria y Atención Neuropsi (González-gonzález et al. 2018), estandarizado previamente para México por Ostrosky-Solis F, Gómez-Pérez E, Ardila A, y otros en el 2004. El instrumento incluye una base de datos normativos para personas de 6 a 85 años de edad. Neuropsi fue diseñado para evaluar de manera detallada e independiente los procesos de atención y memoria, así como para completar una estimación global entre pacientes psiquiátricos, geriátricos, neurológicos y otros que presentan diversas condiciones médicas. Las diferentes áreas de atención que incluyen son orientación, atención selectiva, atención sostenida y control atencional. Asimismo, evalúa diversos subtipos de memoria. Entre ellas, memorias de trabajo, verbales y visoespaciales a corto y largo plazo. La prueba proporciona estimaciones cualitativas y cuantitativas a partir de datos sin procesar y normalizados. Igualmente, Neuropsi proporciona información de desempeño en las categorías cognitivas de atención y memoria, y también en esta área de desempeño global. La subdivisión de la prueba en categorías y subcategorías permite al clínico o investigador identificar con precisión la presencia de déficits de atención o memoria en el paciente examinado. La batería de pruebas incluyen un conjunto de tareas a revisar, que exigen una puntuación (Ardila et al. 2000). Su automatización favorece una mejor percepción, evita sesgos como resultado de la realización de las clásicas pruebas en papel de procesos neurocognitivos, proporcionando una fácil administración y permite la recopilación de datos de manera uniforme, lo que facilita aún más el análisis mediante técnicas estadísticas y la presentación de la información para la toma de decisiones. El resultado de las pruebas posibilita el diagnóstico precoz, la evaluación temprana del riesgo reincidencia de jóvenes infractores, para posteriormente diseñar estrategias de rehabilitación para favorecer adaptación y reintegración en la sociedad, lo cual se constituye en una preocupación importante para la salud pública en diferentes países.

Metodología

Este proyecto plantea una metodología estructurada en fases, que a su vez se basa en la metodología tradicional de desarrollo, debido el caso de estudio que es la valoración de procesos cognitivos, exigía comprender extensamente el problema a solucionar debido a que el equipo de desarrollo no comprendía la terminología ni las características de cómo se debía aplicar el test Neuropsi, además de que los interesados debían aprobar cada uno de sus funcionalidades, se adoptó la metodología en Cascada (Cevallos 2018) propuesta por Winston W. Royce, divide los procesos de desarrollo en cinco niveles, de tal forma que permitiera abordar un conjunto de etapas de forma rigurosa y secuenciales, y al final cada etapa se evalúa si se obtuvieron todos los artefactos necesarios para avanzar a la segunda fase. El modelo presenta las fases que se presentan en la figura 1.

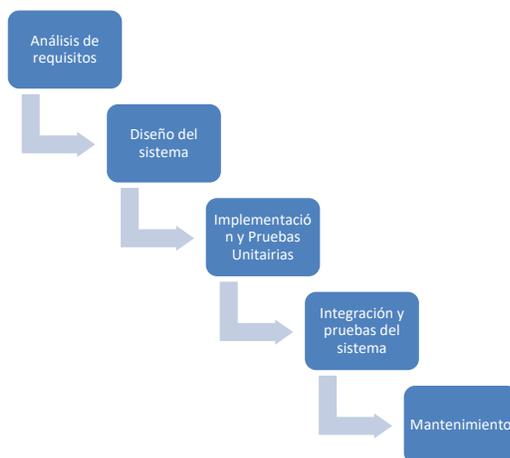


Figura 1. Modelo en Cascada, tomado de (Cevallos 2018)

Fase I. Análisis de Requisitos: Esta fase permite entender de forma global el problema de la mano del cliente (psicólogos e investigador principal del proyecto), utilizando técnicas de elicitación que permite obtener la información relevante y entender las actividades que el software soportará. Los analistas deberán seleccionar las herramientas de elicitación que permitan obtener la mayor cantidad de información para identificar los objetivos sistema, los requisitos funcionales y no funcionales del sistema. A partir de estos resultados, se hará el levantamiento de requerimientos utilizando el estándar IEEE 830 (IEEE 2009) para identificar los componentes principales y las funcionalidades que tendrá el producto de software.

Fase II. Diseño del software: Permite la construcción de la arquitectura del software que muestra los componentes y las tecnologías utilizadas, para esto contempla los diagramas en Lenguaje Modelado que ayudaran a entender el flujo definido que tendrán las funcionalidades de este, la creación de los prototipos no funcionales (Mockups) que estén alineadas con las reglas del proceso especificadas en la fase 1 y la elaboración de los modelos lógico y físico de bases de datos que cumpla con los requerimientos para el desarrollo del sistema.

Fase III. Implementación y pruebas del sistema: Esta fase abordará la codificación de la aplicación utilizando tecnologías emergentes y de uso libre basándose en los requerimientos funcionales y no funcionales levantados inicialmente, el diseño de la arquitectura, el diseño establecido en los mockups y los modelos lógico y físico de la base de datos, y se realizan las pruebas de cada uno de los componentes del sistema.

Fase IV. Integración y pruebas del sistema: En la fase se integran todos los componentes del sistema y se aplica un conjunto de pruebas para validar el funcionamiento de la plataforma en general teniendo en cuenta los aspectos de: interfaz, rendimiento y código.

Resultados

Cómo resultado se obtienen los productos de cada una de las fases aplicadas en el desarrollo del software:

Análisis del Sistema: En esta fase se realizó la gestión de Requisitos del software, para lo cual se adoptó el modelo Lineal propuesto por Kotonya y Sommerville, cuyas etapas son: Elicitación, Análisis y Negociación, Especificación, y Validación de requerimientos (Iqbal, 2020). La etapa de Elicitación de Requisitos, se obtienen los requisitos del cliente a partir de técnicas, la escogida para este proyecto fue entrevista, la cual permitió abordar a los usuarios interesados del software, en caso son los psicólogos interesados en la aplicación del test Neuropsi. Esta etapa arrojó una visión general del problema a resolver y la identificación de información como: proceso de aplicación del test, actores que intervienen y las actividades que realizada cada prueba, reglas que se deben validar antes de almacenar la información, operaciones o cálculos que se deben realizar, atributos que son obligatorios y opcionales, cuáles deben contener valores por defecto y variables categóricas, y cómo debían ser presentados los resultados para la toma de decisiones por parte del usuario final, cómo producto de está etapa se obtienen los objetivos del sistema:

La etapa de análisis y negociación arrojó un listado preliminar de requisitos que fueron especificados con mayor detalle siguiendo una plantilla coherente con el estándar IEEE 830 y posteriormente fueron validados contra criterios de calidad (Stephen and Mit 2020). Cómo producto de esta fase se obtienen el listado de requisitos de software que se relaciona en el cuadro 1, al igual que se establece su prioridad y estabilidad, lo cual esta relacionada con los posibles cambios.

| dni | Descripción | Prioridad | Estabilidad |
|-----|--|-----------|-------------|
| R1 | Crear, editar o eliminar usuarios del sistema | Alta | Baja |
| R2 | Crear, editar o eliminar parámetros como: Exámenes, Estado de alerta, Medicamentos, exámenes, antecedentes médicos, pruebas y subpruebas | Alta | Baja |
| R3 | Crear y editar pacientes con información personal, de contacto, nivel de escolaridad, y ocupación actual. | Alta | Baja |
| R4 | Registrar datos del paciente, fecha y motivo de la consulta | Alta | Baja |
| R5 | Ingresar los detalles médicos y neurológicos del paciente (exámenes, estados de alerta, medicamentos, dosis y antecedentes) | Alta | Baja |
| R6 | Aplicar y calificar prueba de orientación: Tiempo, Espacio y Persona. Ingresar las respuestas tal cómo las responde el paciente | Media | Baja |
| R7 | Aplicar prueba de atención y concentración: -dígitos en regresión: Mostrar una serie de números y el usuario la escribe en un orden regresivo. -Detección Visual: Mostrar al paciente una lámina para señalar aquellas figuras que sean iguales al modelo -20-3: Mostrar una operación matemática en donde el usuario debe entrar el valor calculado por el paciente. | Media | Media |
| R8 | Aplicar prueba de codificación -Memoria Verbal Espontanea: reproducir un audio para que el paciente pueda escuchar el orden de las palabras. -Proceso visoespacial: Mostrar una figura geométrica y solicitar que dibuje en papel, para digitar el número de figuras identificadas por el paciente. | Media | Media |
| R9 | Aplicar prueba de lenguaje -Denominación: a) Mostrar 8 de láminas de objetos, e indicar en el sistema las que reconoce el paciente. -Repetición: Reproducir un audio para que el paciente pueda escuchar la frase. y asignar un puntaje si lo logra. -Comprensión: Mostrar una lámina con figuras geométricas. Reproducir un audio con una serie de indicaciones sobre la pregunta. | Media | Media |
| R10 | Aplicar prueba de lectura Visualizar una lectura para que al paciente la lea en voz alta y solicitar responder 3 preguntas sobre la lectura. | Media | Media |
| R11 | Aplicar prueba de escritura. El usuario deberá producir el audio con las frases y entrar un puntaje si el paciente es capaz de escribirla | Media | Media |
| R12 | Aplicar prueba de funciones Ejecutivas -Semejanzas: Reproducir el audio de grupos de palabras e indicar en que se parecen. -Calculo. Reproducir el audio de operaciones matemáticas. -Secuenciación: El usuario deberá agregar figuras en la pantalla que le permitan seguir la secuencia. -Funciones motoras: Mostrar videos relacionados con movimientos de las manos del video | Media | Media |
| R13 | Aplicar Prueba de funciones de evocación-Memoria Visoespacial: Observar el no. de figuras que el paciente dibuja en papel. -Memoria Verbal Espontanea: Visualizar palabras y escoger a las mencionadas por el paciente. -Memoria verbal espontanea por claves: Digitar las palabras mencionadas por el usuario en cada categoría. -Reconocimiento: Reproducir un audio con palabras | Media | Alta |
| R14 | Asignar puntaje a pruebas-Visualizar las respuestas y confirmar el puntaje de cada prueba aplicada | Baja | Alta |
| R15 | Generar perfil psicológico: Mostrar los resultados en formato normalizado | Baja | Alta |

Cuadro 1. Listado de requisitos del software

Diseño del Sistema: La Arquitectura es la organización fundamental de un sistema incorporada en sus componentes, las relaciones con el entorno y los principios que conducen su diseño y evolución. La arquitectura de

software reúne todos los requerimientos técnicos y operacionales, que debe integrar el producto de software, las relaciones entre ellos, las propiedades y los patrones arquitectónicos que guían su desarrollo (Arias and Durango 2017) La arquitectura es un mapa necesario y fundamental para satisfacer los requisitos no funcionales, que están relacionados a los atributos de calidad como el rendimiento, seguridad y escalabilidad. Los componentes fundamentales son los patrones que integran un conjunto de elementos que proporcionan un marco para la construcción del software y proveen las características básicas y de comportamiento de una aplicación. La arquitectura del sistema Neuropsi, la conforman tres capas: Presentación, Capa de Negocios y capa de Datos o de persistencia. La arquitectura sigue enfoque de capas permite afrontar los cambios que se puedan presentar, la reutilización el desarrollo simultaneo y las pruebas independientes. La arquitectura del sistema en capas propuesta para el sistema Neuropsi se muestra en la siguiente figura 2.



Figura 2. Arquitectura lógica y física del sistema

Las Capa de Presentación: Se exponen las interfaces de usuario y de comunicación de la aplicación, donde el usuario final interactúa con la aplicación. Su objetivo principal es recopilar y mostrar la información al usuario. En la figura 3, se muestra el diseño de las interfaces para los requisitos R5, R9, R10 y R11

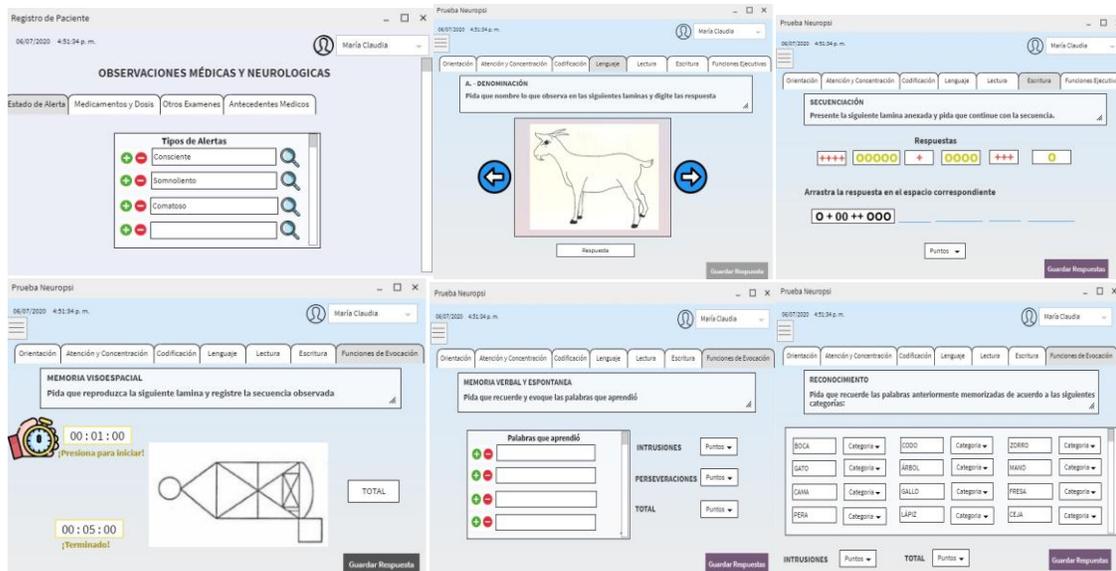


Figura 3. Diseño de interfaces gráficas

La Capa Lógica de Negocios: Se procesa la información recopilada en el nivel de presentación, tiene habilitado los puertos de acceso a la base de datos. envían sentencias o transacciones SQL de acuerdo a la lógica del negocio y además se encarga de validar las reglas del contexto de la aplicación, y en la Capa de Datos se mantiene la base de datos del sistema. El motor seleccionado es Mysql, el modelo entidad relación (figura 3) describe los conceptos más importantes en el problema y la relación entre los mismos.

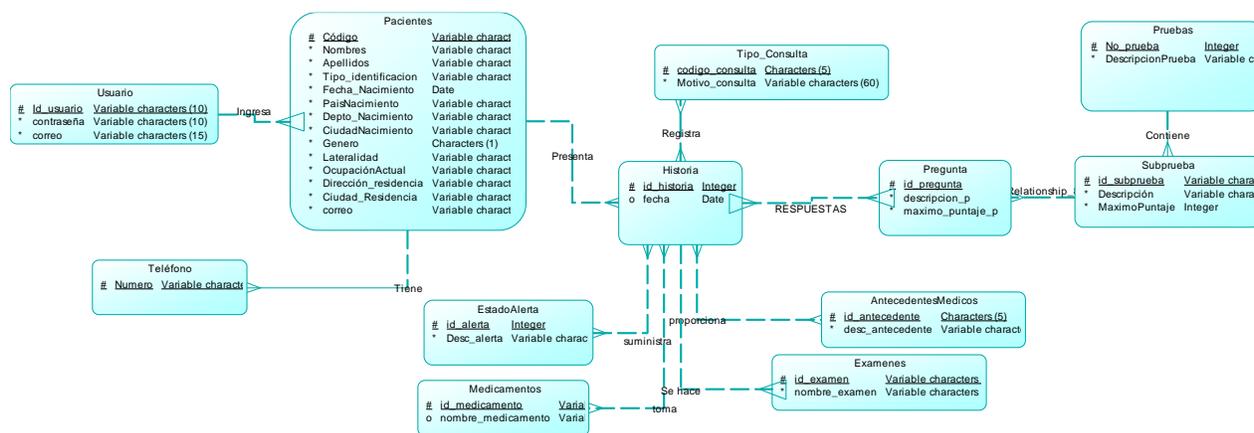


Figura 4. Modelo Entidad Relación

Desarrollo del Sistema: La Plataforma de Valoración de Procesos Neurocognitivos fue construida en el lenguaje de programación php en el editor de código abierto Visual Studio Code. Se utilizó el Framework Laravel, que utiliza PHP como su lenguaje de programación, además de JavaScript, HTML, CSS, Livewire, Bootstrap y para el manejo e integridad de los datos el motor de Base de datos Mysql. En el Diagrama de despliegue de la figura 5, se muestra la disposición física o recursos computacionales utilizados.

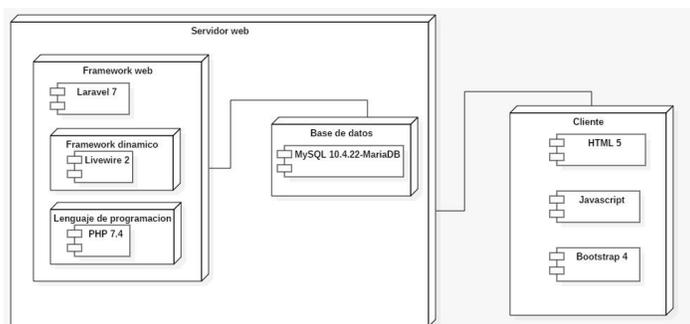


Figura 5. Diagrama de despliegue del sistema

Las interfaces de la aplicación final se muestran en la figura 6



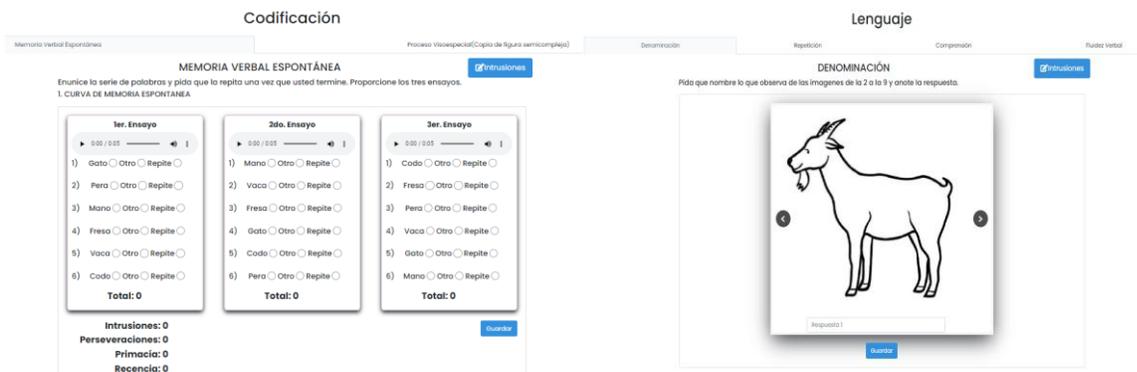


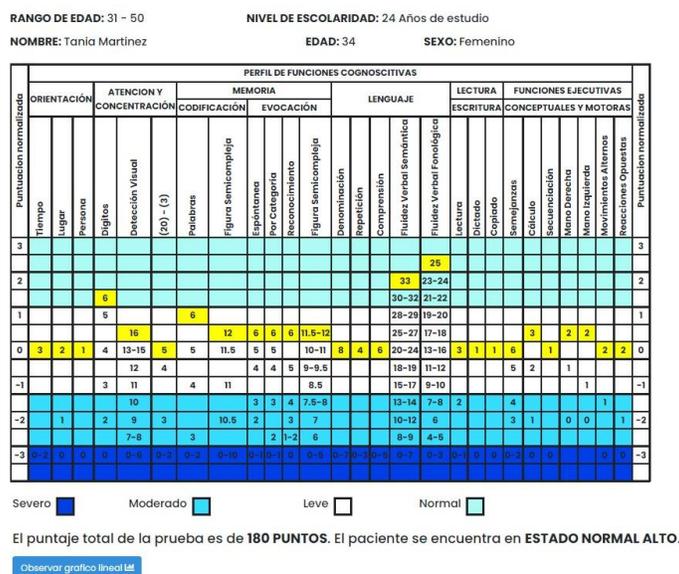
Figura 6. Interfaces de la plataforma de valoración de procesos Neurocognitivos

Pruebas del Sistema: En esta fase se probaron los requisitos funcionales levantados en la fase de análisis del sistema, antes de su puesta en producción, en el cuadro 2. Se detallan los casos de prueba al software, identificando las tareas, datos de prueba y el resultado esperado para algunos requisitos funcionales conforme a lo propuesto en (Santos et al. 2020)

| Id | Caso de Prueba | Tareas | Resultado Esperado |
|-----|---|--|---|
| R5 | Ingreso de los detalles médicos para el paciente previamente creado | -Buscar y seleccionar el paciente -Entrar en su orden: estados de alerta, medicamentos y dosis, exámenes y antecedentes médicos del paciente -Presionar los botones: + guardar y continuar -Verificar el despliegue del mensaje Iniciar Prueba -Presionar el botón Iniciar o Cancelar Prueba | -Recuperación del nombre del paciente en la interfaz. -Validar el registro de estados de alerta, medicamentos y dosis, exámenes y antecedentes médicos del paciente -Probar el botón + -Probar los botones guardar y continuar |
| R6 | Obtener el instructivo pdf al presionar el botón de descargar guía | -Visualizar el nombre del paciente -Dar click en el botón descargar guía | Descargar el archivo del instructivo de la prueba en pdf |
| R7 | Entrar los datos solicitados en la prueba de orientación y probar los botones y opciones de navegación | -Ingresar los datos para la pestaña tiempo y guardar -Presionar el botón finalizar la prueba | -Visualización del mensaje de guardado correcto en la base de datos y la navegabilidad por las pestañas |
| R8 | Entrar los datos solicitados en la prueba de atención y concentración y probar los botones y opciones de navegación | -Ingresar los dígitos en regresión para cada uno de las 6 series que muestra la interfaz, con y sin guion. Si acierta se pasa al siguiente ensayo -Probar la interfaz de Detección Visual y el visor de imágenes, colocar los errores y aciertos. -Probar la funcionalidad del botón guardar | -Guardado correcto en la base de datos y la navegabilidad por cada uno de los ensayos |
| R9 | Entrar los datos solicitados en la prueba de codificación y probar los botones y opciones de navegación | -Ingrese a la pestaña de Memoria Verbal Espontanea -de clic en el primer control audio -Escoja entre las tres palabras una para cada uno de las seis opciones. Repita lo mismo para los tres ensayos. | -Reproducción del audio -Visualización del mensaje de guardado correcto en la base de datos y la navegabilidad por cada uno de los ensayos |
| R10 | Entrar los datos solicitados en las pruebas de denominación, repetición, comprensión y fluidez verbal | - Pruebe los 4 controles de audio - Entre la información que escucha del audio -Pruebe el visor de los audios -Pruebe el check de audios | -Guardado correcto en la base de datos -Probar la reproducción de los audios -Probar que reconozca los nombre en Mayúscula y minúscula |
| R11 | Entrar los datos solicitados en la prueba de lectura y probar los botones y opciones de navegación | -Reproduzca el audio -entre respuesta para las siguientes preguntas: ¿Porque Se ahogó el gusano? ¿Qué pasó con el otro gusano? ¿Cómo se salvó el gusano? | -Guardado correcto en la base de datos -Probar la reproducción de los audios -Probar que reconozca los nombre en Mayúscula y minúscula |
| R12 | Entrar los datos solicitados en las pruebas de Escritura y probar los botones y opciones de navegación | Reproduzca el audio y entre el puntaje para la lectura | -Guardado correcto en la base de datos -Probar la reproducción de los audios |

Cuadro 2. Listado de casos de prueba para el software

Finalmente, se prueba que se genere correctamente el perfil psicológico (figura 7) con la información ingresada en cada una de las pruebas de las interfaces.



Conclusiones

La metodología adoptada para el desarrollo de la plataforma que soporta en el test Neuropsi correspondiente con el enfoque tradicional, permitió documentar cada una de las fases y atender el uso de buenas prácticas de ingeniería del software, que incluyen técnicas e instrumentos, por lo cual se puede afirmar que se siguió un proceso riguroso de aplicación para garantizar el posterior mantenimiento del software. El listado de requisitos validados contra una serie de características de calidad obtenido en la fase de análisis de requisitos fue el punto de partida para la construcción, lo que posteriormente permitió el diseño detallado del sistema, representando la arquitectura en capas, sus componentes, la relación y la independencia entre ellos. El diseño de las interfaces proporcionó a los usuarios finales la apariencia de las interfaces gráficas, lo cual comprobó que los requisitos se hubieran entendido de forma correcta. Finalmente, se probaron el 100% de los requisitos aplicando casos de prueba antes de su puesta en producción para uso de los psicólogos del centro de reclusión de jóvenes infractores.

Referencias

Ardila, Alfredo, Feggy Ostrosky-Solis, Mónica Roseelli, and César Gómez. "Age-Related Cognitive Decline During Normal Aging : The Complex Effect of Education." *Archives of Clinical Neuropsychology*, 15 (6): 495-513. 2000.

Arias, Angel, and Alicia Durango. *Arquitectura de Software.Pdf*. Edited by IT Campus Academy. 2017

Beaudry, Gabrielle, Rongqin Yu, Niklas Långström, and Seena Fazel. "An Updated Systematic Review and Meta-Regression Analysis: Mental Disorders Among Adolescents in Juvenile Detention and Correctional Facilities." *Journal of the American Academy of Child and Adolescent Psychiatry* 60 (1): 46-60. <https://doi.org/10.1016/j.jaac.2020.01.015>. 2021.

Byrne, Daniel Franco-o, Agustín Ibáñez, Hernando Santamaría-garcía, and Michel Patiño-saenz. "Neuroanatomy of Complex Social Emotion Dysregulation in Adolescent Offenders." *Cognitive, Affective, & Behavioral Neuroscience*. <https://doi.org/https://doi.org/10.3758/s13415-021-00903-y>. 2021.

Campbell, Alana, Louise Gustafsson, Hannah Gullo, Mathew Summers, Ingrid Rosbergen, and Rohan Grimley. "Uncharted Territory: The Feasibility of Serial Computerised Cognitive Assessment the First Week Post-Stroke." *Journal of Stroke and Cerebrovascular Diseases* 31 (9): 106614. <https://doi.org/10.1016/j.jstrokecerebrovasdis.2022.106614>. 2022.

Cevallos, Harry Vite. "Metodologías Ágiles Frente a Las Tradicionales En El Proceso de Desarrollo de Software Agile." *Espirales Revista Multidisciplinaria de Investigación*, no. June. <https://doi.org/10.31876/re.v2i17.269>. 2018.

Cho, Hyein, Giuseppina Piloni, Raisa Tahsin, Pamela Best, Lauren Krupp, Cheongun Oh, and Leigh Charvet. "Moving Intra-Individual Variability (IIV) towards Clinical Utility: IIV Measured Using a Commercial Testing Platform." *Journal of the Neurological Sciences* 446 (October 2022): 120586. <https://doi.org/10.1016/j.jns.2023.120586>. 2023.

Coffman, Ian, Helaine E. Resnick, James Drane, and Corinna E. Lathan. "Computerized Cognitive Testing Norms in Active-Duty Military Personnel: Potential for Contamination by Psychologically Unhealthy Individuals." *Applied Neuropsychology:Adult* 25 (6): 497-503. <https://doi.org/10.1080/23279095.2017.1330749>. 2018.

Dahbour, Said, Maha Hashim, Ahmad Alhyasat, Anas Salameh, Abdallah Qtaishat, Ruba Braik, Touleen Mufeed, and Awni Alnimer. "Mini-Mental State Examination (MMSE) Scores in Elderly Jordanian Population." *Cerebral Circulation - Cognition and Behavior* 2 (December 2020): 100016. <https://doi.org/10.1016/j.cccb.2021.100016>. 2021.

Golden, Eddy, Matthew Johnson, Michael Jones, Ryan Viglizzo, Jason Bobe, and Noah Zimmerman. "Measuring the Effects of Caffeine and L-Theanine on Cognitive Performance : A Protocol for Self-Directed , Mobile N-of-1 Studies." *Frontiers in Computer Science* 2 (February):

- 1–10. <https://doi.org/10.3389/fcomp.2020.00004>. 2020.
- González-gonzález, Gabriel, F Bernardo Pliego-rivero, Mario Rodríguez-camacho, Gustavo Mendieta, and Gloria A Otero. "Assessment of Cognitive Performance among Mexican Children and Adolescents Afflicted by Simple to Complex Congenital Heart Diseases ..Preliminary Study." *Progress in Pediatric Cardiology* 48 (November 2017): 93–97. <https://doi.org/10.1016/j.ppedcard.2018.02.004>. 2018
- Grisso, Thomas. 2008. "Adolescent Offenders with Mental Disorders." *Future of Children* 18 (2): 143–64. <https://doi.org/10.1353/foc.0.0016>.
IEEE.. "IEEE Recommended Practice for Software Requirements Specifications." *IEEE Computer Society*. Vol. 1998. <https://doi.org/10.1109/9781118156674.ch3>. 2009
- Iqbal, M Aqeel. "Stakeholder ' s Training Process for GSD Based Requirements Elicitation Frameworks." In *IEEE 7th International Conference on Engineering Technologies and Applied Sciences (ICETAS) Stakeholder 's*. IEEE. 2020.
- Mancino, Maria Antonella, Salvador Navarro, and David A. Rivers. "Separating State Dependence, Experience, and Heterogeneity in a Model of Youth Crime and Education." *Economics of Education Review* 54: 274–305. <https://doi.org/10.1016/j.econedurev.2016.07.005>. 2016.
- Petrova-Antonova, Dessislava, Ivaylo Spasov, Yanita Petkova, Iliana Manova, and Sylvia Ilieva. "Cognisoft: A Platform for the Automation of Cognitive Assessment and Rehabilitation of Multiple Sclerosis." *Computers* 9 (4): 1–13. <https://doi.org/10.3390/computers9040093>. 2020.
- Santos, Italo, Silvana Melo, Paulo Sergio Lopes De Souza, and Simone Souza. "Towards a Unified Catalog of Attributes to Guide Industry in Software Testing Technique Selection." *Proceedings - 2020 IEEE 13th International Conference on Software Testing, Verification and Validation Workshops, ICSTW 2020*, 398–407. <https://doi.org/10.1109/ICSTW50294.2020.00071>. 2020.
- Shaigetz, Vincent Gagnon, Catherine Proulx, Anne Cabral, and Nusrat Choudhury. "An Immersive and Interactive Platform for Cognitive Assessment and Rehabilitation (BWell): Design and Iterative Development." *JMIR REHABILITATION AND ASSISTIVE TECHNOLOGIES* 8: 1–15. <https://doi.org/10.2196/26629>. 2021.
- Stephen, E., and E. Mit.. "Evaluation of Software Requirement Specification Based on IEEE 830 Quality Properties." *International Journal on Advanced Science, Engineering and Information Technology* 10 (4): 1396–1402. <https://doi.org/10.18517/ijaseit.10.4.10186>. 2020
- Verghese, Joe, Jeannette R Mahoney, Emmeline Ayers, Anne Ambrose, Cuiling Wang, and Roe Holtzer. "Computerised Cognitive Remediation to Enhance Mobility in Older Adults : A Single-Blind, Single-Centre, Randomised Trial." *The Lancet Healthy Longevity* 2 (9): e571–79. [https://doi.org/10.1016/S2666-7568\(21\)00173-2](https://doi.org/10.1016/S2666-7568(21)00173-2). 2021

Notas Biográficas

La Ing y Phd. María Claudia Bonfante es docente de la Universidad del Sinú de la ciudad de Cartagena – Colombia e investigador de la Institución Universidad de Barranquilla ITSA. Su campo de interés es la Ingeniería de Software, Sistemas de Información y la Gestión de Procesos de Negocio línea en la cual ha escrito varios artículos.

El ing y Phd Juan Antonio Contreras Montes es docente en la Escuela Naval Almirante Padilla y también está vinculado con la Institución Universitaria de Barranquilla ITSA como director de proyecto. Su campo de interés incluye la identificación de sistemas, Control Inteligente y el desarrollo de métodos de modelación y control difusos línea en la cual ha escrito varios artículos. Es Miembro Senior actual de la IEEE.

La Phd Mariana Pino Melgarejo es docente de la Universidad docente Autónoma del Caribe de Barranquilla Colombia. Su campo de interés son procesos neurocognitivos en población en conflicto con la ley línea en la cual ha escrito varios artículos.

Integración de Célula para Proceso de Soldadura

Jesus Angel Corral Jara MC.¹, TSU Jesus Alan Ibón Medina²,
Mtro. Carlos Alberto Domínguez Hernández³, Mtro. Marco Antonio Zuñiga Martínez⁴ y Mtro. Alberto Tudón
Martínez⁵

Resumen—La industria actual presenta la problemática de incumplimiento de entregas de productos al cliente, esto debido a intervenciones correctivas durante los diferentes turnos en maquinarias por parte de mantenimiento. Por lo que la finalidad de este proyecto es incrementar el indicador de disponibilidad en el área de Integradas en una empresa automotriz de San Luis Potosí, el cual busca aumentar un 2% para el año 2022, actualmente cuenta con 96%. Logrando con ello distribuir la demanda entre las células existentes.

Palabras clave—Mantenimiento- Célula de Soldadura- Disponibilidad- Rines.

Introducción

El presente proyecto está enfocado en el incremento al indicador de disponibilidad en el área de integradas de una empresa en San Luis Potosí dedicada a la fabricación de rines automotrices, tanto para vehículo liviano, de transporte y camión de carga. Actualmente la disponibilidad en el área de integradas es baja; lo que genera incumplimientos en producción, baja calidad e incumplimiento en los mantenimientos preventivos.

El propósito principal es alcanzar la meta de disponibilidad a un 98% en la línea para este año 2022, para ello es necesario un equipo multidisciplinario al momento de realizar este proyecto, el cual se lograra distribuyendo la demanda de trabajo que se tiene en el área de integradas con la nueva célula a instalar.

Descripción del Método

Objetivo

En base a históricos se ha demostrado baja eficiencia y baja disponibilidad en los equipos por lo que el objetivo principal es diseñar e implementar una nueva célula de soldadura, en una empresa dedicada a la fabricación de rines automotrices para cumplir con los requerimientos y la alta demanda por parte de sus clientes.

Propuesta de Mejora

Este proyecto surge de la necesidad del cumplimiento de demanda de producto con los clientes principales de vehículos pesados. En el área de integradas, como lo son células de soldadura, se ha tenido un decremento en el cumplimiento de los lotes solicitados y esto es derivado a la baja disponibilidad que ofrecen estos equipos en su estado actual.

Este indicador ha estado en decremento a causa del mismo deterioro del equipo, llegando hasta un 96% de disponibilidad.

La propuesta realizada respecto a la integración de una nueva célula de soldadura, nos permitirá generar una demanda distributiva entre las tres células actuales, logrando así mejorar la disponibilidad en los equipos del área, beneficiando al departamento de mantenimiento y lograr continuar con la fabricación de rines en base a las especificaciones de calidad por los clientes. Colocando como nueva meta para este 2022 un incremento en la línea de hasta 98%, al culminar la liberación del equipo.

Implementación

Descripción del Proceso Seleccionado.

La línea de producción en la cual se encontró el área de oportunidad, recibe el nombre de “Integradas Célula 1”.

¹ Jesus Angel Corral Jara MC es Profesor de Tiempo Completo en la Universidad Tecnología de San Luis Potosí, San Luis Potosí, México. jcorral@utslp.edu.mx

² El TSU Jesus Alan Ibón Medina es Alumno de la Ingeniería en Mantenimiento Industrial en la Universidad Tecnología de San Luis Potosí, San Luis Potosí, México alanibon.m@gmail.com

³ El Mtro. Carlos Alberto Domínguez Hernández es Profesor de Tiempo Completo en la Universidad Tecnología de San Luis Potosí, San Luis Potosí, México. cdominguez@utslp.edu.mx

⁴ El Mtro. Marco Antonio Zuñiga Martínez es Profesor de Tiempo Completo en la Universidad Tecnología de San Luis Potosí, San Luis Potosí, México. mzuniga@utslp.edu.mx

⁵ El Mtro. Alberto Tudón Martínez es Profesor de Tiempo Completo en la Universidad Tecnología de San Luis Potosí, San Luis Potosí, México. atudon@utslp.edu.mx

En esta área se obtiene como resultado el rin ya conformado por sus dos partes principales. Aro y Disco; el proceso se muestra en la siguiente imagen.

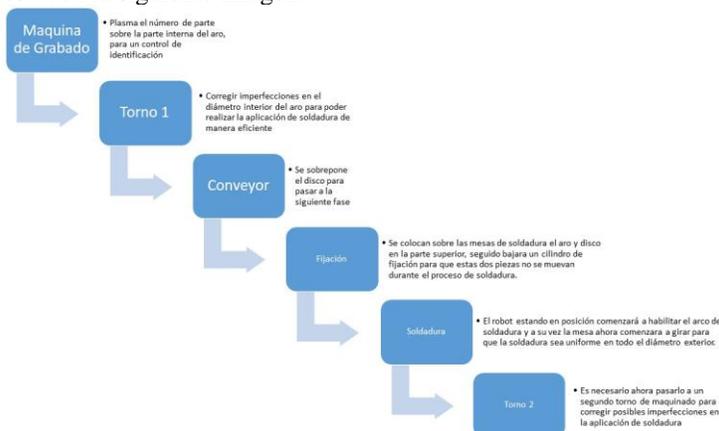


Ilustración 1; Proceso de Elaboración de Rin. (Fuente Propia)

Ilustración 2; Método de trabajo en área de integradas (Fuente Propia)

Al analizar reportes de turno por equipos de correctivo, se identificó un modo de fallo con frecuencia elevada y este es referente a “fin de vida útil en componentes electromecánicos”. Se detectó un desgaste elevado en componentes eléctricos, como lo son: Relevadores, Contactores, Relevadores de seguridad, Disyuntores, Cableado obsoleto, Daño en canaletas, Botoneras de mandos manuales, entre otros (Ilustraciones 3 y 4).



Ilustración 3; Exceso de suciedad en el interior de tablero de control. (Fuente Propia)



Ilustración 4; Daño en canaletas y cableado fuera de lugar. (Fuente Propia)

En gran medida el descuido que se observa en las fotografías previas es derivado de un aplazo frecuente en las intervenciones planeadas de preventivo, a causa de un incremento en demanda de rines de estas líneas, las jornadas de trabajo se han elevado al grado de trabajar los tres turnos continuos, esto con la finalidad de alcanzar los lotes requeridos por los clientes. El resultado son cancelaciones para las ejecuciones de preventivos en equipos críticos que lo necesitan por lo que al analizar la causa raíz dio como resultado el deterioro de los componentes.

En la ilustración 5 se muestra el grafico respecto al monitoreo del año en curso, referente a la disponibilidad del equipo.

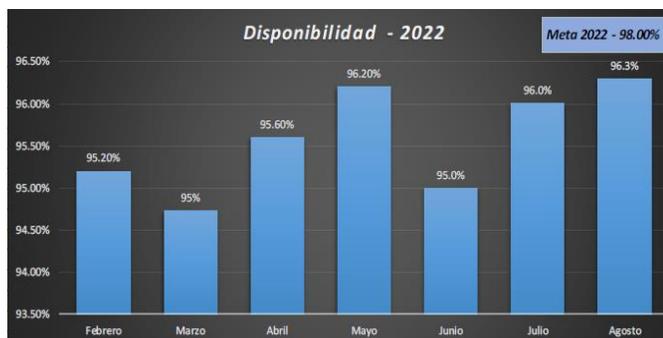


Ilustración 5; Disponibilidad del equipo del año en curso. (Fuente Propia)



Se tomó la decisión de generar la integración del nuevo equipo por personal interno a la compañía. Se realizó la comparativa entre las propuestas generadas, considerando aspectos importantes como lo son, tiempo de entrega, costos de inversión, mano de obra, personal calificado, calidad en el trabajo.

Generando simulaciones referentes al modo de trabajo para la unidad mecánica que se instalará, con ello se puede tener una mayor referencia respecto al objetivo que se quiere llegar y poder identificar alguna anomalía a tiempo para su corrección correspondiente.

La integración de una nueva unidad mecánica de un fabricante distinto, será un área de oportunidad, ya que será la primera célula de soldadura integrada con Robot de la marca Fanuc

Actualmente las otras dos células se encuentran trabajando con una unidad de la marca Cloos. Siendo modelos ya obsoletos y de los cuales ya no

se cuenta con un stock confiable de refacciones tanto mecánicas y eléctricas, se decidió integrar una nueva marca.

Implementación de la Mejora

Identificar el proceso de trabajo en el área de integradas.

Como inicio del proyecto fue necesario identificar el modo de trabajo, el cual se emplea en el área de integradas. Esto con el objetivo de poder identificar nuevas áreas de oportunidad y aspectos los cuales mejorar en el proceso de esta nueva integración. En área de integradas se trabaja con rines de 19.5". Estos productos son clasificados como rines para vehículo pesado, ya que una vez culminado su proceso en planta y entregados, estos rines serán montados en vehículos de trabajo pesado como lo indica la marca de nuestro cliente.



Ilustración 6; Flujo actual de trabajo en célula 2.. (Fuente Propia)

Análisis de compatibilidad para el nuevo diseño del tablero de control.

Posterior al análisis realizado en el modo de trabajo con el que cuentan actualmente las células de soldadura, se comenzó a valorar lo necesario para el retrofit en la parte de control del equipo.

Al hablar de una actualización en el control del equipo, es necesario contemplar a qué nivel de componentes se desea migrar, tomando aspectos como disponibilidad de refacciones por proveedor y si el dispositivo que será seleccionado para el proyecto puede cumplir con lo solicitado en el proceso.

Actualmente la célula de soldadura se encuentra trabajando con un procesador Micrologix 1500 1756-24BWA de la familia Allen Bradley, el cual hoy en día se considera un equipo obsoleto a nivel planta, tomando en cuenta que se tiene muy pocas refacciones para este controlador.

Como se puede apreciar en la ilustración previa, las condiciones del controlador con el que se encuentra trabajando actualmente una de las células son malas. Partiendo del punto en que es muy complicado hoy en día el conseguir refacciones para este procesador por algún daño interno del sistema.



Ilustración 7; Controlador utilizado actualmente. (Fuente Propia)

Es por ello que se considera un equipo crítico y es necesario realizar la actualización correspondiente al control del equipo a manera gradual.

Considerando la manera en cómo será diseñada la nueva célula de soldadura y las mejoras que se desean agregar al funcionamiento del equipo, se decidió trabajar con un procesador más reciente, el cual pueda cumplir con la comunicación de señales entre los periféricos del equipo y el equipo de soldadura. Se trabajará con un controlador Compact Logix 5370, de la familia Allen Bradley, considerando todos los equipos periféricos que se desean controlar y dejando la puerta abierta a futuras modificaciones en proceso.

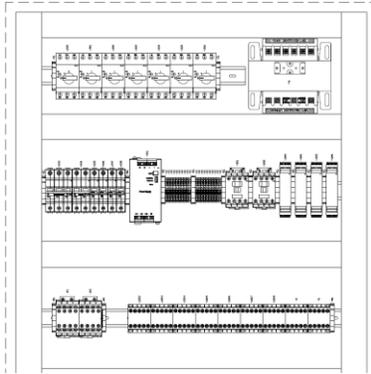


Ilustración 8; Diseño de LayOut de componentes requeridos. (Fuente Propia)

Levantamiento de componentes para nuevo gabinete.

Se realizó un LayOut referente al modo de montaje de los componentes en el gabinete, verificando distancias entre cada uno y corroborando el espacio suficiente para el equipo necesario.

Esta es una vista previa del diseño realizado para el armado del nuevo gabinete de control, en la ilustración se puede observar lo más demandante en el montaje, como son. Transformador, disyuntores, contactores, relevadores de control, controlador lógico programable, clemas de control y fuerza, riel din entre otros.

Migración de programa a nuevo controlador.

A diferencia de las otras células, esta nueva contará con mayor control automático, partiendo desde la alimentación de producto, como lo es aro y disco. Será por medio de bandas motrices las cuales trabajaran de manera automática según la demanda de producto.

Referente a los softwares de comunicación hacia el procesador, se continuará utilizando el mismo, ya que la marca Allen Bradley lo ha estandarizado para sus diferentes categorías de controladores.

En tener un mayor control respecto a la cantidad de señales que son controladas por tu procesador, puede ayudar bastante al personal técnico al momento de querer rastrear alguna señal o identificar algún problema en el equipo.

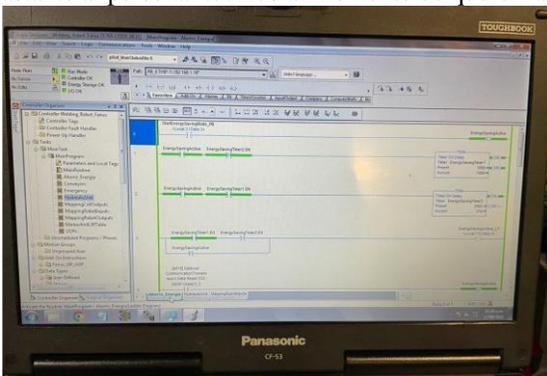


Ilustración 9; Generación de secuencias a modo de trabajo. (Fuente Propia)

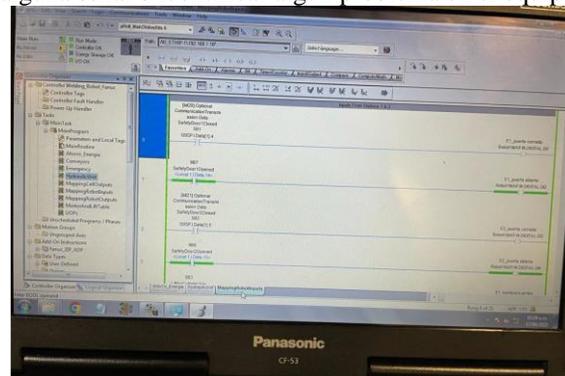


Ilustración 10; Asignación de variables a nuevo programa. (Fuente Propia)

El realizar de esta manera un proyecto, puede beneficiar en distintos aspectos al personal que se encuentre verificando, ya que en algún rastreo de señales será más fácil encontrarla, por el número de etiqueta con la cual cuenta el dispositivo en campo y esa misma será la que se encuentre en la sección de entradas/salidas.

Una vez que se tiene el proyecto realizado y ya hecho pruebas de interacciones de señales, se realiza una copia de seguridad del proyecto y se coloca en el servidor del departamento en cuestión, junto con los demás archivos del proyecto.

Ensamble de nuevo gabinete

Al identificar el dimensionamiento del gabinete requerido y ya teniendo realizados los diseños del control a implementar es posible comenzar con el montaje de los componentes.

Teniendo como referencia la cantidad de componentes y las dimensiones de cada uno, es posible obtener medidas exactas para poder realizar la fijación de riel din y canaletas según lo requerido, ya que estos son elementos que ya no se podrán mover una vez instalados es por ello la importancia de un LayOut previo al montaje.



Ilustración 11; Montaje de componentes en base a diseño. (Fuente Propia)



Ilustración 12; Diseño general en tablero de control. (Fuente Propia)

Como se puede observar en la imagen previa, es importante contemplar los espacios a ocupar para todo el diseño, de esta manera se puede aprovechar mejor el espacio en el gabinete. En todo diseño a realizar es necesario mantener un etiquetado correspondiente a lo que se tiene en el diagrama eléctrico del equipo, de esta manera cuando se necesite rastrear algún dispositivo o señal, podrá ser más rápido debido a las referencias que se tiene.

En algunos equipos es factible el implementar un Panel View para el control del equipo, en este caso no fue posible debido a que el personal operativo tiene constante contacto con solubles y esto puede afectar al dispositivo al momento de manipularlo. En este caso se colocaron los pulsadores necesarios al alcance del preparador, como lo son el modo manual, automático y dispositivo de paro de emergencia. Cada uno de estos con su luz indicadora y su etiquetado correspondiente en base al diagrama eléctrico.

Es importante mantener señalizaciones preventivas para el personal que interactúa con los equipos, en este caso se colocaron señalizaciones de riesgo eléctrico y el voltaje al cual trabaja la sección de potencia dentro del tablero eléctrico.

Esto con la finalidad de disminuir riesgos y hacerle saber al personal operativo que tienen prohibido el abrir este tipo de gabinetes y manipularlos sin el conocimiento previo.

Montaje y puesta en marcha en línea de producción

Paralelo al montaje del tablero, el resto del equipo continuo con el armado de la célula de soldadura, para posterior a ello poder continuar con la instalación de componentes periféricos y ruteo de cableados que así lo requiera.

Se requiere de energía hidráulica para realizar la sujeción correcta del aro y disco al momento de ser unidos por soldadura. En esta nueva célula se decidió instalarla en la parte exterior a la cabina, esto con la finalidad de si requiere hacer un ajuste de presión o identificar un fallo en el sistema hidráulico, sea más fácil el acceso y la corrección del problema.

En las otras células se ha vuelto complicado el identificar un problema en el sistema hidráulico, y esto debido a que la unidad hidráulica se encuentra en la parte interna de la cabina y es difícil el monitorearla en automático por la distancia que se tiene hasta la parte externa donde puede estar el personal técnico. Es por ello la reubicación del sistema hidráulico.



Ilustración 13; Montaje de equipos en área de producción. (Fuente Propia)



Ilustración 14; Montaje de equipos en área de producción. (Fuente Propia)

Culminado la etapa de montaje de los equipos en el área asignada, se dio inicio a la habilitación del equipo y poder comenzar a energizar componentes para las primeras pruebas de trabajo.

Una vez teniendo los equipos listos para ser operados de manera completa, fue necesario el solicitar la presencia de uno de los preparadores para comenzar a capacitarlo en el modo de uso para el equipo. Esto con la finalidad de que al término del proyecto y la liberación del mismo, se cuente con un preparador de línea el cual pueda comenzar a capacitar a sus relevos en cada turno de manera gradual para que todos tengan la información necesaria de cómo manipular el equipo.

Fue necesario asignar una cantidad de piezas, tanto aro y disco para comenzar a realizar pruebas con el equipo. Partiendo desde la primera etapa, la cual consiste con el grabado de aro y el maquinado de pestaña exterior. Y continuar con el proceso de unión por soldadura en la nueva cabina instalada. Cada pieza que pasa por el proceso de soldadura debe ser inspeccionada por personal capacitado previamente.

De esta manera se mantiene un mejor control respecto al tipo de soldadura que se está aplicando en el material y de ser necesario, poder informar al preparador de línea para realizar el ajuste que sea necesario y así evitar el producir piezas con defectos.

En esta etapa del proyecto fue necesario estar 100% en la línea de producción dando soporte al personal operativo, ya que debido a que son las primeras pruebas en el equipo fue necesario el realizar pequeños ajustes en la máquina. Por ejemplo, el modo de activación para los conveyors automáticos, los tiempos de trabajo para los extractores de humo en la cabina de soldadura.



Ilustración 15; Monitoreo de funcionamiento en línea de producción. (Fuente Propia)



Ilustración 16; Liberación de equipo. (Fuente Propia)

Posterior a la etapa de monitoreo y últimos ajustes por parte de mantenimiento para el correcto funcionamiento de los equipos. La línea fue liberada de manera correcta y puesta a disposición al departamento de producción para ser trabajada en los tres turnos disponibles.

Para llegar a esta etapa fue necesario brindar soporte continuo al personal operativo para realizar los ajustes necesarios según lo requerían y de igual manera poder capacitarlos para el uso correcto del equipo y aclarar toda duda generada durante el proceso de puesta en marcha

Resultados

Se culmina el proyecto realizado en base al plan de trabajo propuesto de manera previa. Logrando hacer un entregable como lo es una nueva célula de soldadura integrada en su totalidad por personal interno a la compañía. Se logra alcanzar el objetivo propuesto en base a mejorar la disponibilidad del área de integradas y lograr distribuir la carga de trabajo en las tres células para alcanzar los lotes solicitados.

Referencias bibliográficas

- Allen Bradley (2016). Controladores Compact Logix 5370.
- Allen Bradley (2015). Configuración de la red EtherNet/IP.
- (Bolton, 2006). Mecatrónica, Sistemas de Control Electrónico en la Ingeniería Mecánica y Eléctrica.
- (Kosow, 2006). Control de Máquinas Eléctricas.

Diseño e Implementación de un Sistema Fotovoltaico de Interconexión a la Red

Ing. Efraín de la Cruz Sánchez¹, Álvaro Benítez Ríos², Lic. Edgar Flores Castillejos³, Lic. Arturo Alavez Mayo⁴,
Ing. Miguel Ángel Ulloa Castillejos⁵, Ing. Guillermo Urbietta Ulloa⁶

Resumen— Se presenta la propuesta del diseño e implementación de un sistema fotovoltaico de interconexión a la red eléctrica de CFE en la localidad de Salina Cruz para disminuir la facturación de energía. Se presenta un análisis para determinar el mejor de los sitios dentro de la vivienda, así como el material necesario para la implementación de este sistema.

El sistema fotovoltaico propuesto consta de la etapa de generación de energía y la proyección con la que contribuirá a la reducción mensual de consumo de energía eléctrica a CFE, así como la disminución del pago de facturación de la misma.

Palabras clave—Panel fotovoltaico, Energías limpias, Generación de energía, sustentabilidad

Introducción

El uso de las energías renovables se ha vuelto cada vez más amplio debido a la cultura de optimizar recursos y disminuir los contaminantes, lo que provoca la necesidad de establecer proyectos en los cuales se aporte información que conlleve a un mejor funcionamiento o implantación de este tipo de sistemas.

México se caracteriza por un alto nivel de consumo energético en las diferentes áreas de las actividades personales, recreativas, laborales, etc.; cabe mencionar que los sistemas e instalaciones destinados a este fin son determinantes para el ahorro de electricidad y la disminución de las emisiones contaminantes, cuya importancia, justifica la integración de sistemas fotovoltaicos interconectados a la red eléctrica de CFE que permita generar energía eléctrica de manera alterna.

En esta propuesta de generación de energía eléctrica se analizarán y compararán los beneficios actuales contra los que se obtendrían al implementarse un sistema fotovoltaico de interconexión a la red eléctrica de CFE, finalmente se hará una relación costo-beneficio y se calculará el tiempo estimado de amortización del proyecto propuesto.

Componentes de un sistema fotovoltaico de interconexión

La conexión de un sistema fotovoltaico a la red eléctrica cuenta con distintos elementos que es necesario conocer para su correcta instalación. A continuación, se ejemplifican cada uno de los procesos para un mayor entendimiento sobre el tema.

Paneles solares:

Los paneles solares son módulos fotovoltaicos individuales que captan la energía que proporciona el sol convirtiéndola en electricidad. Están formados por celdas solares que a su vez contienen células solares individuales hechas de materiales semiconductores como el silicio (cristalino y amorfo) que transforman la luz (fotones) en energía eléctrica (electrones).

Como se aprecia en la figura 1 los paneles solares son los encargados de convertir la radiación solar en energía eléctrica, por medio de su efecto fotovoltaico. Aunque, esta es de corriente continua [1].

¹ El Ing. Efraín de la Cruz Sánchez es Profesor de Ingeniería Eléctrica y Electrónica en el Instituto Tecnológico del Istmo, México y Jefe del laboratorio de Ingeniería Eléctrica, fain_07@hotmail.com

² El C. Álvaro Benítez Ríos es alumno de la carrera de Ingeniería Eléctrica en el Instituto Tecnológico del Istmo, alvarobenitezrios11@gmail.com

³ El Lic. Edgar Flores Castillejos es Profesor de Económico-Administrativo en el el Instituto Tecnológico del Istmo, México, edgarcastillejos515@gmail.com

⁴ El Lic. Lic. Arturo Alavez Mayo es Profesor de Económico-Administrativo en el el Instituto Tecnológico del Istmo, México, ldg.arturo.alavez@gmail.com

⁵ El Ing. Miguel Ángel Ulloa Castillejos es Profesor de Ciencias de la Tierra en el Instituto Tecnológico del Istmo, México, MIGUEL.UC@istmo.tecnm.mx

⁶ El Ing. Guillermo Urbietta Ulloa es Profesor de Metal-Mecánica en el Instituto Tecnológico del Istmo, México, memourbieta@outlook.com

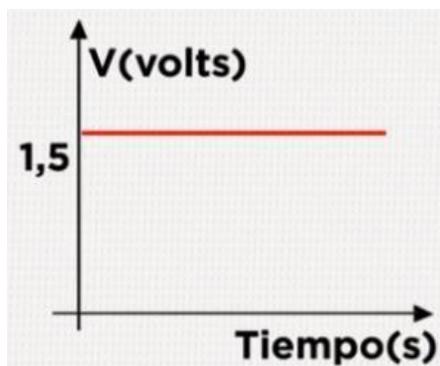


Figura 1. Corriente continua producida por paneles Solares

Inversor:

Los inversores se utilizan en una gran variedad de aplicaciones, desde pequeñas fuentes de alimentación para computadoras, hasta aplicaciones industriales para controlar alta potencia. Los inversores también se utilizan para convertir la corriente continua generada por los paneles solares fotovoltaicos, acumuladores o baterías, etc., en corriente alterna y de esta manera poder ser inyectados en la red eléctrica o usados en instalaciones eléctricas aisladas.

En la figura 2 el inversor como objetivo principal transforma la corriente continua generada por las celdas solares, en corriente alterna (energía útil para el consumo diario). También, tiene como finalidad en optimizar el funcionamiento de las placas fotovoltaicas.

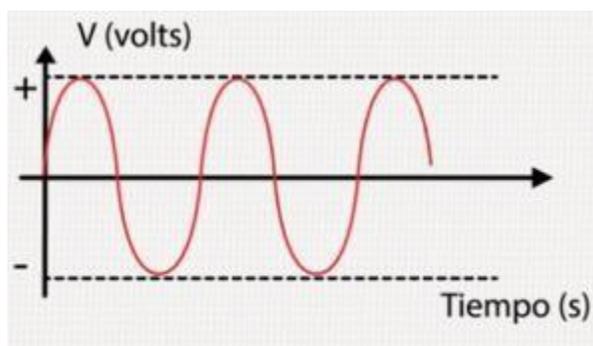


Figura 2.-Corriente alterna derivada de un inversor

Tablero de distribución

Los tableros de distribución eléctrica figura 3 Son equipos de instalación eléctrica, que concentran dispositivos de protección y de maniobra o comando. Desde los cuales se puede proteger y operar toda la instalación eléctrica de un inmueble.



Figura 3.- Tablero de distribución eléctrica

Medidor bidireccional

Este importante elemento cuenta con un sistema de entrada y salida. El cual se encarga de cuantificar cuanta energía produjeron los paneles solares y cuanta energía suministro la red de CFE.

La diferencia de este medidor a los que vemos comúnmente instalados en todas las casas y negocios. Es su capacidad de también girar de forma inversa. Esto le permite registrar la entrada y salida de energía en el inmueble. (Figura 4).



Figura 4.- Medidor bidireccional de sistema de interconexión

Es importante conocer cómo funciona un sistema de interconexión. Así como ¿Cuáles son sus principales componentes? Para que como usuarios conozcamos lo que están poniendo en nuestro domicilio. Así podemos asegurarnos de que nuestra instalación trabaje adecuadamente y cubra el consumo de energía necesario.[2]

Esquema y componentes de una instalación solar conectada a red

En el esquema básico de una instalación solar fotovoltaica conectada a la red se debe tener los siguientes componentes:

Un grupo de placas solares fotovoltaicas para transformar la radiación solar en energía eléctrica.

¿Cuántos paneles solares se necesitan para dar energía a una casa?

Como se muestra en la figura 5 el número de paneles solares que necesita una vivienda varía entre 4 y 18 módulos de placas fotovoltaicas. Dependiendo del consumo anual de electricidad de la vivienda es más conveniente optar por más o menos placas para rentabilizar la inversión de la instalación [3].



Figura 5.- Placas fotovoltaicas

Es importante tener en cuenta que si queremos producir una gran cantidad de energía es posible que estemos limitados por la superficie disponible (Tabla 1). En esos casos es mejor contar con placas de mayor potencia que generan más energía en el mismo número de metros cuadrados.

Tabla 1
Paneles solares según el consumo anual

| Consumo anual | Numero de placas solares | Perfil de consumo |
|------------------|--------------------------|-------------------|
| < 2000 kWh | 2 - 4 | Bajo |
| 2000 – 4000 kWh | 4 – 6 | Medio – Bajo |
| 4000 – 6000 kWh | 7 – 9 | Medio |
| 6000 – 8000 kWh | 10 – 15 | Medio – Alto |
| 8000 – 10000 kWh | 16 – 20 | Alto |

Factores influyen en el número de placas solares que necesita una vivienda

Aunque el consumo que realizamos es fundamental para poder dimensionar la instalación fotovoltaica de nuestra casa, hay otros factores que también es importante que tengamos en cuenta a la hora de calcular el número de paneles solares.

1. Consumo anual de la vivienda
2. Calidad y rendimiento de las placas
3. Tipo de panel solar
4. Potencia de la instalación
5. Orientación de tejado
6. Situación geográfica

Consumo anual de electricidad

Para tener una estimación rápida de nuestro consumo anual podemos hacer uso de la última factura. Por ejemplo, si nuestra factura es de dos meses, multiplicamos el total de kWh consumidos por 6. Si recibimos la factura cada mes multiplicamos por 12.

No obstante, como muchas veces el consumo de electricidad no es igual en todos los meses del año, puedes entrar en el área de cliente para conocer con exactitud tu consumo anual en kWh.

Calidad y rendimiento de las placas fotovoltaicas

La calidad de los paneles es fundamental para su rendimiento a la hora de producir energía. Los sistemas de mayor calidad tienen un coste un poco más elevado. Sin embargo, aprovechan mejor la luz del sol y son capaces de producir más electricidad.

La buena elección de las placas solares de la vivienda permite reducir el número de placas solares que necesitamos instalar. Además, con placas de mayor rendimiento se amortiza más rápido la inversión de la instalación.

Siempre es recomendable utilizar placas de fabricantes con experiencia y reputación en la producción de placas fotovoltaicas.

Los beneficios de tener paneles solares como resultado de la puesta en marcha en un sistema de interconexión

Ahorrar en energía eléctrica en muchas ocasiones creemos que es algo un poco más complicado, ya que implica cambiar focos, electrodomésticos y más.

Ahora, es posible, instalar en tu domicilio o negocio, tu propia fuente de energía renovable o sistema de cogeneración en pequeña ó mediana escala y realizar un contrato de interconexión con CFE (Comisión Federal de Electricidad), esto a partir de la Ley para el Aprovechamiento de Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética establecida desde el anterior Plan de Desarrollo 2007-2012. Así que la ley está de tu lado [4].

Los beneficios de contar con paneles solares:

*Es renovable.

*Es abundante. La tierra recibe 120 mil Tera watts de radiación solar, 20 mil veces de energía que la energía que se necesita en el mundo entero

*Amigable con el ambiente. Propiamente la energía del sol no causa contaminación. Reduce los costos de electricidad. Con los nuevos medidores bidireccionales es posible que si un hogar produce más energía de la que consume pueda regresar a la red eléctrica de CFE con lo que el usuario obtiene crédito a favor.

*Sistemas compartidos. No todas las casas o edificios tienen espacio para ubicar decenas o centenas de paneles solares, es por ello que se están creando los “jardines solares comunitarios”, de tal manera que la gente se puede suscribir a estos parques y ahorrar electricidad.

*Es silenciosa. No hay ningún ruido asociado.

*De bajo mantenimiento. Apenas se necesita limpieza de los paneles, los cuales llegan a tener hasta 20 años de garantía.

Como se aprecia en la figura 6 es sin duda, la alternativa más económica, segura y fácil de instalar. Empieza a producir tu propia energía eléctrica y olvídate de las altas tarifas eléctrica.



Figura 6.- Puntos importantes en el aprovechamiento del sistema fotovoltaico residencial.

Resultados obtenidos en el análisis del comportamiento operativo de los sistemas fotovoltaicos interconectados a la línea de CFE

Los resultados del estudio demuestran que un sistema fotovoltaico de 100 kW enlazado a la red eléctrica de la compañía CFE, se podría suministrar 82% de su consumo de electricidad a un costo competitivo (0.2 \$USD/kWh) en relación con la proveniente de la red convencional (0.3 \$USD/kWh).

En este caso, para 6% de tasa de interés el PR (plazo de recuperación) de la inversión sería de 11 años, mientras que si el costo de los módulos FV disminuye un 50% se alcanzarían PR de 5 a 6.5 años.

Esta disminución en costos haría a los sistemas FV (foto voltaicos) más competitivos aún para valores de la radiación solar promedio diaria igual a 3.64 kWh/m^2 , lo que facilitaría la diseminación de tales sistemas en México y en particular, en el estado de Oaxaca (Figura 7) [5].



Figura 7.- Índice de generación y captación de energía eléctrica por día.

Conclusiones

Las siguientes recomendaciones van enfocadas a que la presente propuesta de proyecto sea más viable y el retorno de inversión más viable:

Cuidar el factor de potencia. De los recibos de CFE y de la tabla 2.3 se observan cargos por un factor de potencia fuera de rango, mismos que se podrían evitar teniendo control con un banco de capacitores.

Periodo Punta. Teniendo un mejor control de las cargas en el horario punta, se reducirá considerablemente el importe por la energía consumida en este periodo, recordando que unos de los rubros de facturación es la “demanda facturable” y que en ésta influye mucho la demanda máxima en Punta.

Áreas climatizadas. La falta de control sobre los equipos de aire acondicionado hace que el consumo de energía se incremente considerablemente en los periodos Intermedio y Punta. Teniendo control sobre los equipos de aire acondicionado trae un impacto muy favorable en la reducción del consumo energético, requiriéndose un sistema FV menor al propuesto en el presente trabajo, y, por lo tanto, más económico y con un mejor retorno de inversión.

Iluminación led. Una forma de contribuir a que el consumo energético disminuya es el uso de la tecnología led en la iluminación, reemplazando las tecnologías antiguas y menos eficientes tanto para salones como para iluminación exterior.

Automatización. La implementación de sistemas automatizados para control de equipos de aire acondicionado, de iluminación de salones y laboratorios disminuye considerablemente la energía no aprovechada correctamente.

Referencias

- [1] Solar Energy International. “FOTOVOLTAICA Manual de diseño e instalación”.
- [2] Colegio Oficial de Ingenieros de Telecomunicación. “Energía Solar Fotovoltaica”. ISBN: 978-84-935049-6-0.
- [3] Jutglar Banyeres, Luis (2012). “Generación de energía solar fotovoltaica”. Ed. Marcombo, Primera edición.
- [4] Vicente Mascarós Mateo. “Instalaciones generadoras fotovoltaicas”. Ed. Paraninfo, Primera edición. ISBN: 9788428337243.
- [5] Walter Hulshorst, ECON Internacional. “Manual Práctico Energía Fotovoltaica”. Leonardo ENERGY.

Afinador Automático de Guitarra

Eduardo Holguin Vasquez¹, Dr. Luz Angelica Garcia Villalba²,

Resumen—Desarrolló un afinador automático de guitarra. El sistema recibe la señal de la guitarra y la envía a la PC de destino que ejecuta XPC. Utilice el sistema para calcular los armónicos y fundamentales de las notas tocadas y compárelos con el patrón deseado. La diferencia de frecuencia se utiliza como entrada para un controlador de lógica difusa que establece automáticamente la tensión de cuerda deseada, del uso de un instrumento musical de cuerda es que se presenta el problema de lograr una afinación correcta.

Cada cuerda del instrumento, al momento de vibrar, produce una nota musical específica. La tensión de las cuerdas varía, lo que resulta en una vibración distinta a la deseada para producir la nota musical correcta. En otras palabras, las cuerdas se desafinan y el usuario debe verificar que estén correctamente afinadas cada vez que se disponga a utilizar el instrumento. Esta acción requiere destreza por parte del usuario, además de tiempo y capacidad de verificación, es decir, quién afina un instrumento necesita tener un muy buen oído y ser capaz de igualar y comparar notas e intervalos musicales con el oído.

Palabras clave—Guitarra, afinación, control, servos, micrófono.

Introducción

El sistema utiliza un microcontrolador para controlar los movimientos de los servomotores, que presionan las cuerdas de la guitarra para producir los acordes. El sistema se probó con éxito en una guitarra acústica y se demostró que podía tocar acordes de manera precisa y consistente. El artículo discute las posibles aplicaciones de este sistema en la enseñanza de la guitarra y en la producción musical.

presenta un estudio comparativo de diferentes técnicas de procesamiento de señales digitales para afinar una guitarra acústica. Los autores analizan y comparan el rendimiento de tres métodos diferentes: el método de autocorrelación, el método de transformada rápida de Fourier y el método de análisis cepstral. Los resultados muestran que el método de análisis cepstral es el más preciso y eficiente para afinar una guitarra acústica. Además, los autores discuten las limitaciones y posibles mejoras de cada método.

El procesamiento de la señal se realiza utilizando la transformada rápida de Fourier (FFT) y se explica cómo se utiliza la FFT para identificar la frecuencia fundamental de la nota tocada. También se discuten las limitaciones del sistema, como la necesidad de que la guitarra esté afinada aproximadamente antes de usar el afinador y la dificultad para identificar notas que se tocan simultáneamente. El artículo también describe la interfaz gráfica de usuario (GUI) utilizada para mostrar la información de afinación al usuario. La GUI muestra la nota tocada, la frecuencia detectada y la desviación de la frecuencia de la nota afinada. Además, se discuten posibles mejoras para futuras versiones del afinador, como la incorporación de un micrófono para permitir la afinación de guitarras acústicas y la implementación de un algoritmo de seguimiento de tono para mejorar la precisión del afinador.

los componentes necesarios para construir el afinador, incluyendo un micrófono para capturar el sonido de la guitarra y una tarjeta de sonido para procesar la señal. El programa utiliza técnicas de procesamiento de señales para determinar la frecuencia de cada nota y mostrarla en una interfaz gráfica de usuario. El programa también incluye un modo automático que permite al usuario afinar la guitarra sin necesidad de ajustar manualmente cada cuerda.

Descripción del Método

ENCONTRAR LA FRECUENCIA FUNDAMENTAL DE UNA CUERDA DE GUITARRA EN PARTICULAR.

La primera fase del proyecto trata de encontrar la frecuencia de una nota de guitarra tocada. Para hacer esto, la cuerda se puntea una vez y el sonido se muestrea en una variable de matriz. Los filtros se pueden usar para eliminar el ruido y las frecuencias no deseadas por encima o por debajo del rango esperado. La señal se convierte al dominio de la frecuencia utilizando la transformada rápida de Fourier. Sin embargo, una computadora puede representar señales usando solo valores discretos.

alumno de la carrera de ingeniería de mecatrónica de la universidad autónoma de ciudad Juárez
al159846@alumnos.uacj.mx

²Dr. Luz Angelica Garcia Villalba es profesor investigador del departamento de ingeniería industrial y manufactura en la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez lugarcia@uacj.mx

Por lo tanto, la señal que se convierte al dominio de la frecuencia se traza en posiciones discretas igualmente espaciadas.

Estas posiciones igualmente espaciadas se conocen como contenedores. Cuanto menor sea la distancia entre los contenedores, más precisa será la señal.

La resolución de frecuencia (es decir, la distancia entre los contenedores) se calcula utilizando la siguiente fórmula: [1]

La frecuencia fundamental máxima esperada de la cuerda al aire de una guitarra es de unos 440 Hz.[2] Los armónicos de la cuerda ocurrirán en múltiplos de la frecuencia fundamental. Nuestro algoritmo requiere el uso de al menos 3 armónicos de la señal. Por lo tanto, requerimos que el filtro pase frecuencias de hasta aproximadamente $440 \times 3 = 1320$ Hz. La frecuencia mínima esperada de la cuerda al aire de una guitarra es de unos 75 Hz.

| Nota | Nombre de nota | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|------|----------------|------|------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|---------|---------|
| 1 | Do | 16.4 | 32.7 | 65.4 | 130.8 | 261.6 | 523.3 | 1046.5 | 2093 | 4186 | 8372 | 16744 |
| 2 | Do# | 17.3 | 34.6 | 69.3 | 138.6 | 277.2 | 554.4 | 1108.7 | 2217.5 | 4434.9 | 8869.8 | 17739.6 |
| 3 | Re | 18.4 | 36.7 | 73.4 | 146.8 | 293.7 | 597.3 | 1174.7 | 2349.3 | 4698.6 | 9397.3 | 18794.5 |
| 4 | Re# | 19.4 | 38.9 | 77.8 | 155.6 | 311.1 | 622.3 | 1244.5 | 2489 | 4978 | 9956.1 | 19912.1 |
| 5 | Mi | 20.6 | 41.2 | 82.4 | 164.8 | 329.6 | 659.3 | 1318.5 | 2637 | 5274 | 10548.1 | |
| 6 | Fa | 21.8 | 43.7 | 87.3 | 174.6 | 349.2 | 698.5 | 1396.9 | 2793.8 | 5587.7 | 11175.3 | |
| 7 | Fa# | 23.1 | 46.2 | 92.5 | 185 | 370 | 740 | 1480 | 2960 | 5919.9 | 11839.8 | |
| 8 | Sol | 24.5 | 49 | 98 | 196 | 392 | 784 | 1568 | 3136 | 6271.9 | 12543.9 | |
| 9 | Sol# | 26 | 51.9 | 103.8 | 207.7 | 415.3 | 830.6 | 1661.2 | 3322.4 | 6644.9 | 13289.7 | |
| 10 | La | 27.5 | 55 | 110 | 220 | 440 | 880 | 1760 | 3520 | 7040 | 14080 | |
| 11 | La# | 29.1 | 59.3 | 116.5 | 233.1 | 466.2 | 932.3 | 1864.7 | 3729.3 | 7458.6 | 14917.2 | |
| 12 | Si | 30.9 | 61.7 | 123.5 | 246.9 | 493.9 | 987.8 | 1975.5 | 3951.1 | 7902.1 | 15804.2 | |

Tabla 1 Frecuencia de las notas musicales.

Se determina un ancho de banda de transición de 25 Hz para proporcionar suficiente atenuación para eliminar el ruido, especialmente aquellos en el límite inferior de la banda de paso. Para desarrollar una detección de frecuencia más precisa, aprovechamos los datos armónicos presentes en la señal. Cuando se puntea una cuerda de guitarra, vibra no solo a la frecuencia fundamental sino también a frecuencias que son múltiplos de la frecuencia fundamental. Estos múltiplos de la frecuencia fundamental se conocen como armónicos. [5] Se propone aplicar un filtro de paso de banda a la señal que se crea utilizando una ventana de hamming.

La ventana de hamming proporciona una transición suave y proporciona características de fase lineal. Proporciona una atenuación superior a 50 db para los lóbulos laterales que es adecuada para nuestro requerimiento. Las frecuencias de corte del filtro paso banda se sitúan en 75 y 1320 Hz. Dado que la resolución de frecuencia es 0,5 (el tiempo de muestreo es de 2 segundos), multiplicamos las frecuencias por 2 para obtener los números de muestra correspondientes (es decir, 150 y 2640 Hz respectivamente).

DETERMINACIÓN DE LA CANTIDAD DE GIRO A DAR A LA PERILLA DE AFINACIÓN DE LA GUITARRA.

El cambio en la frecuencia de una cuerda por cuarto de vuelta (o por grado de vuelta) de la perilla de afinación se encontró tomando muestras. Según los datos, se calculará el cambio promedio en la frecuencia por cuarto de vuelta (o por grado de vuelta) y se utilizará como referencia para afinar cualquier guitarra. Según la diferencia entre la frecuencia real y la frecuencia deseada de la cuerda, se mostrará la cantidad de giro que se le dará a la cuerda. Para la automatización completa de la guitarra, el trabajo adicional puede explorar la posibilidad de usar servos motores para girar automáticamente las cuerdas en la cantidad requerida.

Primero se probó la frecuencia de la cuerda y luego se tomó otra muestra después de girar la clavija de afinación 180 en el sentido de las agujas del reloj. La clavija de afinación se giró 180 en el sentido contrario a las agujas del reloj y se tomó la siguiente muestra. Este proceso se repitió 3 veces para cada hilo. Los siguientes fueron los datos obtenidos al ensayar cada uno de los hilos (Tabla I).

De la tabla vemos que hay una diferencia insignificante entre apretar y aflojar en una cuerda en particular. Sin embargo, hay una gran diferencia en los valores para diferentes cadenas. Esto se debe a que el material de cada cuerda se fabrica de forma ligeramente diferente según el rango de frecuencia en el que se espera que se utilice.

Del análisis de los datos recopilados, se toma el mismo valor para apretar que para aflojar la cuerda. Usando esta aproximación, el cambio de frecuencia por grado de giro se calcula para cada cuerda dividiendo el valor obtenido por el número de grados de giro. es decir, 180 grados.

Una vuelta completa del tornillo sinfín provoca el avance de un diente de la corona. Esto permite realizar una transformación de “velocidad en fuerza” es decir, varios giros del tornillo sinfín, provocarán un movimiento mucho más leve en la corona, pero sin involucrar grandes esfuerzos para realizarlo. Mientras más grande es la corona, más giros se necesitan del tornillo sinfín para hacerla moverse, pero también se necesitará menos fuerza para realizar el movimiento.[3]

La diferencia entre el valor deseado de la frecuencia se obtiene de la Tabla I. La diferencia entre este valor y el valor actual de la cadena (obtenido mediante el análisis de la entrada de 2 segundos) se multiplica por el valor de la cadena correspondiente en la Tabla II.

| Cambio en la frecuencia por vuelta de grado. | | |
|--|----------|------------------------|
| Cadena | Calculo | Valor final (Hz/grado) |
| E (CUERDA 6) | 4/180 | .022 |
| A (CUERDA 5) | 4.5/180 | .025 |
| D (CUERDA 4) | 5/180 | .028 |
| SOL (CUERDA 3) | 12/180 | .067 |
| B (CUERDA 2) | 13.5/180 | .075 |
| E (CUERDA 1) | 15/180 | .083 |

Tabla II Cambio de frecuencia

Estos valores se utilizan para estimar el número de grados de giro necesarios para llevar una cuerda desafinada a la frecuencia adecuada. Esto se hace de la siguiente manera. Según si la diferencia fue positiva o negativa, se sugiere al usuario la acción adecuada.

EL CENT.

Existe una unidad de medida para dimensionar diferencias en la tonalidad de dos sonidos de forma lineal. El cent es la unidad mínima de distancia tonal que se usa en música para medir intervalos y se expresa con el símbolo [¢]. Un semitono es la distancia lineal, usando la medida logarítmica, que existe entre dos notas musicales consecutivas. Por ejemplo, la diferencia de frecuencia que hay entre un *Mi1* y un *Fa1* es de $43.7 - 41.2 = 2.45[\text{Hz}]$, pero en escala logarítmica es de $\log_2 43.7 / 41.2 = 0.0833$; por otro lado, la diferencia en frecuencia entre un *Mi5* y un *La5* es de $698.5 - 659.3 = 39.2[\text{Hz}]$, pero en la escala de igual temperamento la diferencia es de $\log_2 698.5 / 659.3 = 0.833$, igual que en la primera octava. Entonces, se dice que, en la escala de igual temperamento para todas las notas musicales, la distancia entre dos notas consecutivas (un semitono) es siempre la misma. La medida de un cent es igual a 100 de semitono, es decir $1[\text{tono}] = 200[\text{¢}]$. La relación matemática para obtener la distancia en cents entre dos frecuencias distintas f_1 y f_2 está dada por [5]:

$$\text{¢} = 1200 \times \log_2 (f_2 / f_1)$$

INTERFACES CAPTURADORAS DE SONIDO

Anteriormente se mencionó que este trabajo propone un sistema que permite ajustar el sonido producido por una cuerda vibrante de un instrumento musical a una frecuencia específica. Para poder estudiar la frecuencia que tiene un sonido emitido, es necesario registrarlo de alguna forma. Existen distintas técnicas para poder transformar un sonido o vibración acústica en una señal eléctrica. Esto es, en efecto, el trabajo de una interfaz capturadora de sonido: transformar las vibraciones del sonido que produce el instrumento musical, en una respuesta eléctrica medible y tratable. A continuación, se mencionan algunos tipos de interfaces que capturan sonido.

Ya se mencionó que, para aumentar la resolución de frecuencia, es necesario aumentar el número de muestras N . Asumiendo que no se puede variar la tasa de muestreo f_s , la única forma de aumentar N sería capturar una señal de mayor duración en el tiempo. Para el diseño de un dispositivo afinador, esta solución no es muy atractiva pues el usuario no va a desear ejecutar una nota musical por un período más largo de tiempo, además que

un tiempo mayor de captura implicaría un mayor tiempo total necesario para la identificación de la nota musical, lo que podría entorpecer el uso del dispositivo.

Existe una herramienta matemática que permite obtener la misma información sobre el espectro de frecuencias de una señal que la Transformada de Fourier, pero que tiene la utilidad de sólo utilizar términos reales para su cálculo. La Transformada de Hartley. De esta forma, la Transformada de Hartley pasa desde valores reales a valores reales, reduciendo el costo de memoria computacional para realizar el cálculo, a la mitad.[4]

Conclusiones

El describe los detalles sobre los factores involucrados en la afinación de una guitarra. Siendo el factor importante la frecuencia fundamental de las notas, los métodos para encontrar la misma se discuten utilizando el espectro de productos armónicos.

Los factores que afectan la detección de la frecuencia fundamental, como la frecuencia de muestreo, la duración del muestreo, el ruido de fondo y la naturaleza logarítmica de los intervalos de señal en las notas musicales, etc., se analizan en detalle. El concepto de que la naturaleza armónica de las notas de la guitarra podría usarse para determinar con precisión la frecuencia fundamental fue fundamental para simplificar el algoritmo de detección de frecuencia.

Resumen de resultados

La mayoría de los tiempos de afinación de cada cuerda oscilan entre los 4 y 5 segundos, lo que es un valor razonable para preparar el uso de un instrumento antes de una presentación en vivo, por ejemplo 24 segundos en afinar una guitarra completamente. se propone una solución en base al conocimiento adquirido luego de observar el estado del arte; se hace uso de herramientas existentes para aplicaciones alternativas a las que fueron diseñadas; se implementa una interfaz de utilización de fácil uso. Todos los resultados negativos son casos particulares que dependen de las condiciones bajo las que se realizaron las pruebas y tienen una razón técnica que las explica, o sea, pueden ser corregidos.

Recomendaciones

Para finalizar este trabajo, se deja una ventana abierta que permita continuidad en los estudios aquí abordados. En primera instancia, se podrían mejorar los aspectos de funcionamiento según las siguientes sugerencias:

Incluir más funcionalidades al dispositivo afinador. Por ejemplo, agregar dos botones más que hagan girar el motor SERVO a su máxima velocidad en ambos sentidos independiente de las lecturas que se estén obteniendo. Esta sería una herramienta útil para ayudar a encordar un instrumento y acelerar el proceso de enrollar la cuerda en la clavija antes de afinarla.

- Mejorar el desempeño del diseño aquí propuesto. Existen varias formas de lograr continuidad del proyecto abarcando este punto, por ejemplo, se puede comenzar el diseño de una versión dedicada del afinador propuesto en este trabajo. Si se construye un afinador, por ejemplo, dedicado sólo a afinar guitarras, se tiene un espectro de frecuencias mucho más limitado para detectar, lo cual permite aumentar la resolución de los bins, liberar memoria utilizada por el código que se carga en el micro-controlador. Además, con una propuesta de este tipo, se podrían incluir filtros pasa banda en el pre-tratamiento de la señal que eliminen las frecuencias residuales o armónicas que no sean de interés. Otra alternativa es, en la medida que el presupuesto lo permita, reemplazar los módulos usados en este diseño por elementos con mayor capacidad motor con mayor torque, micro-controlador con más memoria, fuentes de voltaje controladas para pantalla, etc.

- Incluir programas dedicados en el diseño propuesto. De manera que el usuario pueda, por ejemplo, seleccionar qué instrumento desea afinar y comenzar un algoritmo secuencial que afine las notas específicas de cada cuerda. Esto implicaría almacenar una base de datos de distintos tipos de instrumentos y sus afinaciones específicas.

- Investigar sobre métodos alternativos de detección de frecuencia que funcionen en tiempo real y no involucren almacenamiento de muestras periódicas que usen recursos limitados.

Referencias

- [1] R. O. P. Javier Luzuriaga, La física de los instrumentos musicales, Buenos Aires: Universidad de Buenos Aires, 2007.
- [2] J. B. Marion, «La cuerda vibrante,» de Dinámica Clásica de las Partículas y Sistemas, Barcelona, Reverté, 2003,
- [3] O. M. Peralta, «Memoria de Titulación: Arpa Eólica,» Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Valparaíso, 1981.

[4] Gorrell, L. & R. S, "Automatic Guitar Tuner", Senior Design Project, Departamento de Ingeniería Eléctrica e Informática, Universidad de Illinois en Urbana-Champaign, diciembre de 2002.

[5] Brain .M, "Cómo funcionan las guitarras acústicas". HowStuffWorks.com, septiembre de 2008

[6] Eduardo H., "Automatic Guitar Tuner", trabajo de tesis, Universidad Autónoma de Ciudad Juárez UACJ.

Evaluación de la Viabilidad de Uso de un Enfoque de Programación por Restricciones para la Generación de Horarios en una Institución Educativa Pública de Nivel Superior

MCC. Mario Francisco Fonseca Lozada¹

Resumen—Este artículo presenta un enfoque de programación por restricciones para la generación automática de horarios en una institución educativa pública de nivel superior. Se describe la implementación del algoritmo utilizando la librería "python-constraint". Los resultados muestran que se logró una solución satisfactoria al problema planteado, generando horarios para cada uno de los 108 grupos y 150 docentes en un tiempo significativamente menor al requerido en el proceso de generación manual de horarios. Se destaca la eficiencia del algoritmo en la asignación de aulas y profesores, respetando las restricciones necesarias para garantizar la disponibilidad de recursos en todo momento. Se discuten posibles mejoras para el enfoque presentado, como la incorporación de lógica difusa y otras técnicas de optimización. En general, se concluye que el enfoque propuesto es efectivo en la solución de problemas complejos en instituciones educativas públicas de nivel superior.

Palabras clave—programación por restricciones, python-constraint, horarios universitarios, planificación académica.

Introducción

La generación de horarios para una institución educativa puede ser una tarea compleja y demandante de tiempo, especialmente si se consideran múltiples restricciones y consideraciones, como la disponibilidad de las aulas, la carga horaria de los docentes, la preferencia de asignación de materias y la capacidad de los grupos. El proceso de asignación de horarios de manera manual es sumamente tedioso y propenso a errores, lo que puede afectar la calidad del proceso de enseñanza-aprendizaje y la satisfacción tanto de los estudiantes como de los docentes. Para abordar este problema, se han desarrollado diferentes enfoques, entre ellos la programación por restricciones, que se enfoca en encontrar una solución a través de la definición y satisfacción de un conjunto de restricciones.

En este artículo se presenta una evaluación de la viabilidad del uso de un enfoque de programación por restricciones con la librería "python-constraint" para la generación de horarios en una institución educativa pública de nivel superior. Se describen las restricciones y consideraciones que se tomaron en cuenta, así como el método utilizado para generar los horarios. Además, se presentan los resultados obtenidos y se explora el potencial de este enfoque para optimizar el proceso de generación de horarios, facilitando la adaptación a las características y requerimientos particulares de instituciones educativas de nivel superior.

Descripción del Método

En esta investigación, se llevó a cabo un estudio de tipo exploratorio y descriptivo con el objetivo de analizar el impacto del enfoque de programación por restricciones en la eficiencia y eficacia de la generación de horarios en una institución educativa pública de nivel superior en México.

Para ello, se formularon tres preguntas de investigación que permitieron abordar distintos aspectos del problema y obtener información relevante para evaluar la viabilidad del enfoque de programación por restricciones en la generación de horarios. Se planteó una hipótesis principal en este estudio, la cual establece que el enfoque de programación por restricciones es más eficiente en términos de tiempo requerido para generar horarios en una institución educativa pública de nivel superior, en comparación con los métodos manuales utilizados actualmente.

El diseño metodológico utilizado fue de tipo mixto, combinando la recolección de datos cuantitativos y cualitativos. Para la recolección de datos cuantitativos se utilizaron encuestas y análisis documental, mientras que para la recolección de datos cualitativos se realizaron entrevistas semiestructuradas a los docentes y encuestas mixtas al personal involucrados en el proceso de generación de horarios. Los participantes para las entrevistas y encuestas se seleccionaron mediante un criterio de disponibilidad y se eligieron aquellos que estuvieran directamente involucrados en el proceso de generación de horarios, que tuvieran experiencia y familiaridad con el mismo.

También se utilizó la observación participante para conocer de primera mano las restricciones y características propias de la institución y del proceso de generación de horarios.

¹ MCC. Mario Francisco Fonseca Lozada es Profesor del Departamento de Sistemas y Computación del Tecnológico Nacional de México Campus Tapachula. mar.fonseca@tapachula.tecnm.mx (autor correspondiente)

La función objetivo definida en esta investigación tuvo como objetivo evaluar la calidad de los horarios generados por el enfoque de programación por restricciones, y estuvo relacionada con la minimización del número de conflictos de horarios, la maximización del uso de salas de clases y profesores, y la distribución equitativa de los cursos en los días de la semana.

Se utilizó un software de programación por restricciones específicamente diseñado para la generación de horarios en una institución educativa pública de nivel superior en México. Este software fue validado mediante pruebas con conjuntos de datos de dos periodos escolares.

Una vez recopilados los datos, se procedió al análisis de los resultados obtenidos en la generación de horarios. Se evaluó la calidad y eficiencia de los horarios generados mediante el enfoque de programación por restricciones y se compararon con los horarios generados de forma manual. Se tomaron en cuenta las consideraciones éticas y de confidencialidad en todo momento durante la recolección y análisis de datos.

En este trabajo, se utilizó la librería "python-constraint" de Python para implementar un modelo matemático que permita encontrar una asignación de horarios que cumpla con las restricciones planteadas.

El problema que se aborda en este trabajo es el de asignar horarios a las materias de seis carreras universitarias, cada una de ellas con nueve semestres y dos grupos (uno matutino y otro vespertino), con una asignación de entre cinco y seis materias por grupo. Además, se cuenta con una plantilla de 150 profesores y 36 aulas, con capacidad para 30 estudiantes cada una.

En cuanto al escenario o contexto del problema, se consideró un semestre escolar de 16 semanas y la existencia de 108 grupos, distribuidos en seis carreras, cada una con dos grupos (uno matutino y otro vespertino). Las carreras se denotaron como carrera1, carrera2, carrera3, carrera4, carrera5 y carrera6. Además, se consideraron los días de la semana (lunes, martes, miércoles, jueves y viernes), las horas del día (de 7 a 22 horas), los semestres (del 1 al 9), los turnos (matutino y vespertino), los profesores (del 1 al 150), las materias (de la 1 a la N), los grupos (según la carrera, el semestre y el turno, con dos opciones: 'A' y 'B') y las aulas (de la 1 a la 36).

Para garantizar la eficacia y eficiencia de la generación de horarios, se deben considerar diversas restricciones que permitan asegurar una asignación adecuada de profesores, grupos y aulas. En este sentido, se han definido un total de 30 restricciones, de diferentes tipos y categorías, que se detallan en el cuadro 1.

Reseña de las dificultades de la búsqueda

La generación de horarios en instituciones educativas de nivel superior presenta diversas dificultades que deben ser consideradas. Una de las principales dificultades es la complejidad del problema, debido a la gran cantidad de restricciones y consideraciones que se deben tomar en cuenta, como la disponibilidad de recursos, la demanda de horas frente a grupo por parte de los docentes, y el número de estudiantes por materia. Otra dificultad es encontrar una solución que permita maximizar el uso de los recursos disponibles y minimizar los tiempos muertos, sin violar ninguna restricción o consideración establecida. Adicionalmente, se deben tomar en cuenta las preferencias de asignación de materias y horarios por parte de los docentes y estudiantes.

Para abordar estas dificultades, se propone el enfoque de programación por restricciones, el cual se ha demostrado eficiente en la resolución de problemas de asignación y programación en diferentes áreas. Este enfoque se basa en la formulación de restricciones y consideraciones en forma de restricciones lógicas, y en la búsqueda de soluciones que satisfagan todas las restricciones y consideraciones al mismo tiempo.

Referencias bibliográficas

La generación automática de horarios es un problema NP-difícil que ha sido extensamente investigado en la literatura. En general, este problema consiste en asignar un conjunto de cursos a un conjunto de aulas y horarios, considerando un conjunto de restricciones que deben ser satisfechas (Rossi et al., 2006). En particular, el problema de generación de horarios en una institución educativa implica también la asignación de profesores a los cursos y aulas correspondientes.

La programación con restricciones (PC) es una técnica ampliamente utilizada para abordar el problema de la generación de horarios en instituciones educativas. Esta técnica consiste en definir un conjunto de variables y restricciones que modelen el problema, y utilizar un algoritmo de búsqueda para encontrar una solución que satisfaga todas las restricciones (Ouelhadj & Petrovic, 2009). En el caso específico de la generación de horarios en instituciones educativas, se han propuesto diversos enfoques basados en PC, como el enfoque de programación por restricciones (Rossi et al., 2006) y el enfoque de supernodos formulado por Burke et al. (2010).

| No. | Restricción | Tipo | Categoría |
|-----|---|--------|------------------------------|
| 1 | Se busca que, en la medida de lo posible, que las horas frente a grupo y las horas de descarga de cada docente sean asignadas de forma continua en una jornada laboral diaria | Blanda | Carga horaria de profesores |
| 2 | Se debe indicar el rango horario en el que se asignan las horas de descarga para cada docente, procurando que estas horas estén ubicadas al inicio o al final de la jornada laboral | Blanda | Carga horaria de profesores |
| 3 | Se debe garantizar que la distribución de horas frente a grupo se realice de manera justa y equitativa entre los docentes disponibles | Blanda | Carga horaria de profesores |
| 4 | Los docentes tienen preferentemente horario corrido o continuo | Blanda | Carga horaria de profesores |
| 5 | El rango de horario de los docentes es independiente de los demás docentes | Blanda | Carga horaria de profesores |
| 6 | Se busca minimizar la cantidad de intervalos de tiempo vacíos en el horario de cada estudiante | Blanda | Horarios de grupos |
| 7 | Las jornadas de trabajo pueden ser continua o discontinua, acorde a las necesidades de la institución, sin embargo, de preferencia se busca que el horario sea continuo | Blanda | Horarios de grupos |
| 8 | Las materias pueden tener diferente número de horas a impartirse según el día de la semana y no todos los días que se imparten deben tener el mismo rango horario | Blanda | Horarios de grupos |
| 9 | Garantizar que todas las materias ofertadas sean asignadas al horario de clases | Blanda | Plan de estudios |
| 10 | Solo puede haber un grupo por aula al mismo tiempo | Dura | Asignación de aulas |
| 11 | Todas las materias deben tener un aula asignada | Dura | Asignación de aulas |
| 12 | Todas las materias deben tener un aula asignada y ser adecuada para cada tipo de materia | Dura | Asignación de aulas |
| 13 | Sólo se debe asignar un profesor por materia | Dura | Asignación de profesores |
| 14 | Los profesores deben estar capacitados y autorizados para impartir las materias que les son asignadas | Dura | Asignación de profesores |
| 15 | Se debe asignar un número adecuado de profesores para cada una de las materias en cada grupo | Dura | Asignación de profesores |
| 16 | Un profesor no puede estar programado en 2 o más materias simultáneamente | Dura | Asignación de profesores |
| 17 | En ningún caso se le asignará a los docentes más de tres materias diferentes | Dura | Asignación de profesores |
| 18 | Garantizar que todos los docentes disponibles sean asignados al horario de clases | Dura | Asignación de profesores |
| 19 | Se deben programar las materias de tal forma que los profesores puedan cumplir con su carga horaria | Dura | Carga horaria de profesores |
| 20 | Indicar el horario de cada maestro y el límite de horas que aplicará para estar frente a grupo | Dura | Carga horaria de profesores |
| 21 | Se debe garantizar que la carga horaria de cada docente se encuentre dentro de los límites establecidos para su tipo de plaza, tanto en las cargas máxima y mínima de horas frente a grupo por semana | Dura | Carga horaria de profesores |
| 22 | El número de horas continuas o discontinuas que se asignan a un docente diariamente, una vez que ya se consideraron las horas de descarga, no debe exceder las 8 horas por día | Dura | Carga horaria de profesores |
| 23 | Cada carrera destina una hora a la semana para realizar una junta de academia | Dura | Disponibilidad de profesores |
| 24 | Las materias del mismo semestre y distinto grupo deben ser asignadas en intervalos de tiempo distintos | Dura | Horarios de grupos |
| 25 | Cada grupo debe tener asignado un horario único y exclusivo para cada materia | Dura | Horarios de grupos |
| 26 | Agregar grupos y asociar un turno, ya sea matutino o vespertino, para cada grupo | Dura | Horarios de grupos |
| 27 | Las asignaturas se programan para un grupo en bloques de 1 hora o 2 horas al día | Dura | Horarios de grupos |
| 28 | Cada carrera debe tener un plan de estudios que se ajuste a los 9 semestres | Dura | Plan de estudios |
| 29 | Se deben programar las materias de tal forma que los grupos de cada carrera puedan cumplir con los requisitos curriculares y avanzar adecuadamente en su plan de estudios | Dura | Plan de estudios |
| 30 | Un grupo debe cargar 5 a 6 materias por período escolar | Dura | Plan de estudios |

Cuadro 1: Restricciones del problema para la generación de horarios

El enfoque de supernodos propuesto por Burke et al. (2010) consiste en definir un modelo matemático que representa las restricciones del problema de generación de horarios y utilizar un solucionador de PC para encontrar una solución óptima. Este enfoque ha sido utilizado con éxito en diversas instituciones educativas para resolver problemas de timetabling, incluyendo la asignación de cursos a aulas y profesores.

Cheng et al. (1996) presentan una encuesta tutorial sobre problemas de programación de talleres utilizando algoritmos genéticos. Aunque su enfoque se centra principalmente en la programación de talleres, las técnicas y representaciones utilizadas en su trabajo también pueden aplicarse a la generación de horarios en instituciones educativas.

El trabajo de Bai et al. (2010) es relevante en el contexto de la generación de horarios, ya que presentan un enfoque híbrido evolutivo para abordar el problema de la elaboración de horarios de enfermería. Aunque este trabajo no se centra específicamente en la generación de horarios en instituciones educativas, las técnicas y algoritmos empleados en este enfoque híbrido pueden adaptarse y aplicarse a problemas similares, como la generación de horarios universitarios.

Yokoo et al. (2001) desarrollaron un enfoque de solución para el problema de satisfacción de restricciones distribuidas (DCSP). Aunque el enfoque DCSP no se centra específicamente en la generación de horarios en instituciones educativas, sus técnicas y algoritmos pueden aplicarse a problemas de generación de horarios que involucren múltiples agentes y restricciones distribuidas.

Otro enfoque relevante en la generación de horarios en instituciones educativas es el trabajo de Karaboga y Ozturk (2011), quienes propusieron un enfoque basado en el algoritmo de colonia de abejas (ABC) para abordar el problema, considerando restricciones como la asignación de aulas, horarios, profesores y estudiantes. El algoritmo imita el proceso de búsqueda de alimento de las abejas melíferas, donde las soluciones candidatas al problema de generación de horarios se exploran y explotan a través de la interacción y la comunicación entre las abejas en la colonia. El enfoque basado en ABC ha demostrado ser eficaz y eficiente en la generación de horarios en instituciones educativas, proporcionando soluciones de alta calidad que satisfacen las restricciones del problema. Además, este enfoque es altamente adaptable y puede aplicarse a diferentes contextos y entornos educativos con diversos conjuntos de restricciones y requisitos.

Comentarios Finales

Resumen de resultados

Los resultados obtenidos muestran que el enfoque de programación por restricciones fue efectivo en la generación de horarios para una institución educativa pública de nivel superior. Se logró cumplir el 66.66% de las restricciones establecidas en el proyecto, lo que indica una solución satisfactoria al problema planteado. La ejecución del algoritmo permitió la generación de horarios para cada uno de los 108 grupos y 150 docentes a través de 86 iteraciones en un tiempo promedio de 15 horas con 12 minutos, lo que representa una reducción significativa del tiempo requerido en la generación manual de horarios.

Se utilizó la librería "python-constraint" para la implementación del algoritmo, con un tiempo promedio de procesamiento de 8 minutos y 53 segundos por cada horario generado. La asignación de aulas y profesores se realizó de manera eficiente, respetando las restricciones necesarias para garantizar la disponibilidad de los recursos en todo momento.

Conclusiones

Los resultados resaltan la importancia y la viabilidad de utilizar enfoques computacionales, como la programación por restricciones, para resolver problemas complejos en instituciones educativas públicas de nivel superior. La eficiencia y efectividad del algoritmo desarrollado en este estudio sugieren que puede ser aplicado en otros contextos educativos, mejorando la asignación de recursos, así como la planificación y organización de las actividades académicas.

Recomendaciones

Los investigadores interesados en continuar esta investigación podrían explorar otras técnicas de optimización, como programación lineal, algoritmos de búsqueda local, algoritmos de recocido simulado, algoritmos de ascenso de colinas, algoritmos de descenso de gradiente, algoritmos de búsqueda tabú, algoritmos genéticos, algoritmos de colonia de hormigas, algoritmos de optimización basados en el comportamiento de enjambres de animales, optimización por enjambre de partículas y otros métodos de optimización, para resolver el problema de generación de horarios en instituciones educativas públicas de nivel superior, con el objetivo de evaluar el rendimiento, tiempo y esfuerzo requerido por cada técnica para encontrar la solución óptima y determinar cuál es la más adecuada para resolver el problema en cuestión.

Además, se podría considerar la incorporación de lógica difusa en el sistema experto para la asignación de materias a los profesores y viceversa, lo que podría optimizar aún más el proceso y mejorar la calidad de la educación ofrecida por la institución. La lógica difusa permitiría considerar la incertidumbre y ambigüedad en la relación entre las habilidades y conocimientos de los profesores y las materias a impartir, y así generar sugerencias más precisas y flexibles en la asignación de materias a los profesores. Asimismo, esto permitiría identificar aquellos profesores que, si bien no tienen experiencia previa en cierta materia, podrían tener habilidades transferibles y adaptarse a la impartición de nuevas materias. La inclusión de esta mejora podría optimizar el proceso de asignación

de materias y profesores, aumentando la eficiencia del sistema utilizado y mejorando la calidad de la educación ofertada a los estudiantes.

Referencias

- Bai, R., Burke, E. K., Gendreau, M., Kendall, G., & McCollum, B. (2010). A hybrid evolutionary approach to the nurse rostering problem. *IEEE Transactions on Evolutionary Computation*, 14(4), 580-590. DOI: 10.1109/TEVC.2009.2033583
- Burke, E. K., Marecek, J., Parkes, A. J., & Rudova, H. (2010). A supernodal formulation of vertex colouring with applications in course timetabling. *Annals of Operations Research*, 179(1), 105-130. DOI: 10.1007/s10479-010-0716-z
- Cheng, R., Gen, M., & Tsujimura, Y. (1996). A tutorial survey of job-shop scheduling problems using genetic algorithms—I. Representation. *Computers & Industrial Engineering*, 30(4), 983-997. DOI: 10.1016/0360-8352(96)00047-2
- Karaboga, D., & Ozturk, C. (2011). A novel clustering approach: Artificial Bee Colony (ABC) algorithm. *Applied Soft Computing*, 11(1), 652-657. DOI:10.1016/j.asoc.2009.12.025
- Quelhadj, D., & Petrovic, S. (2009). A survey of dynamic scheduling in manufacturing systems. *Journal of Scheduling*, 12(4), 417-431. DOI: 10.1007/s10951-008-0090-8
- Rossi, F., van Beek, P., & Walsh, T. (2006). *Handbook of Constraint Programming*. Elsevier.
- Yokoo, M., Durfee, E. H., Ishida, T., & Kuwabara, K. (2001). The distributed constraint satisfaction problem: Formalization and algorithms. *IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering*, 10(5), 673-685. <https://doi.org/10.1109/69.7297077>.

Apéndice

Encuesta para el personal involucrado en la elaboración de horarios en instituciones educativas de nivel superior.

1. ¿Qué tan compleja es la generación de horarios en su institución educativa?
 - A. Muy compleja
 - B. Moderadamente compleja
 - C. Poco compleja
 - D. No es compleja
2. ¿Qué enfoques se utilizan actualmente en su institución para la generación de horarios?
 - A. Enfoques manuales
 - B. Software de generación de horarios basados en reglas predefinidas
 - C. Software de optimización de horarios
 - D. Otro (especifique)
3. ¿Cuáles son los principales desafíos que enfrenta su institución en la generación de horarios?
 - A. Restricciones de disponibilidad de profesores
 - B. Restricciones de disponibilidad de salas de clases
 - C. Conflictos de horarios de profesores
 - D. Conflictos de horarios de cursos
 - E. Restricciones específicas de la institución (especifique)
4. ¿Cuánto tiempo toma en promedio generar un horario manualmente en su institución educativa?
 - A. Menos de una semana
 - B. Entre una y dos semanas
 - C. Entre dos y cuatro semanas
 - D. Más de cuatro semanas
5. ¿Ha considerado su institución el uso de un enfoque basado en programación por restricciones para la generación de horarios?
 - A. Sí
 - B. No
6. ¿Qué factores podrían influir en la decisión de implementar un enfoque basado en programación por restricciones para la generación de horarios en su institución?

- A. Efectividad en la generación de horarios
- B. Eficiencia en el proceso de generación de horarios
- C. Costo de implementación
- D. Capacidad técnica de la institución para utilizar el enfoque
- E. Otro (especifique)

7. ¿Consideraría su institución la posibilidad de implementar un enfoque basado en programación por restricciones para la generación de horarios en el futuro?

- A. Sí
- B. No
- C. No estoy seguro

8. ¿Con qué frecuencia se realizan cambios en el horario una vez generado?

9. ¿Cuánto tiempo se tarda en hacer cambios en el horario una vez generado?

10. ¿Cuánto tiempo en promedio se tarda en notificar a los estudiantes y docentes sobre cambios en el horario?

11. ¿Ha habido alguna queja por parte de los estudiantes o docentes sobre el horario generado?

12. ¿Cómo calificaría la satisfacción general de los estudiantes y docentes con el horario generado en el periodo escolar actual?

13. ¿Ha habido alguna vez un conflicto de horarios que haya afectado negativamente el proceso de enseñanza-aprendizaje?

14. ¿Cuál es el mayor desafío que enfrenta su institución en la generación de horarios?

15. ¿Tiene algún comentario o sugerencia adicional sobre la generación de horarios en su institución educativa?

¡Muchas gracias por su colaboración!

La Aplicación de las Matemáticas en el Ámbito Profesional e Industria 4.0

José Emmanuel Franco Barrón M.I.I.¹, Dr. José Alfredo Jiménez García²,
Dr. Salvador Hernández González³, Dr. Carlos Eduardo Belman López⁴ y M.I.I. Ricardo Ramírez Tapia⁵

Resumen— El presente trabajo comparte 2 casos de estudio en los que se emplearon ciencias como: ingeniería económica, diseño mecánico, análisis ergonómico, entre otras. En las cuales se hacen uso y aplicación de las matemáticas para la solución de problemas industriales, incluso dentro del contexto de industria 4.0. En cada uno de los casos de estudio se identificaron los pasos donde las matemáticas fueron aplicadas llegando así a la solución de los problemas planteados. De esta forma pudo demostrarse que las matemáticas constituyen una ciencia básica muy importante e indispensable hoy en día para dar soluciones a múltiples problemas actuales en el ámbito profesional, industrial y de industria 4.0.

Palabras clave— Análisis económico, análisis ergonómico, costos, diseño mecánico, matemáticas.

Introducción

A lo largo de la historia, todo pueblo civilizado ha dirigido su esfuerzo al estudio de las matemáticas, apreciando la importancia de esta ciencia desde Egipto y Babilonia hasta la fecha (Bell, 2021). Las matemáticas han ayudado al hombre a explicar su realidad, ya que él, naturalmente intenta explicarse todo lo que le rodea, obteniendo así el conocimiento sobre el fenómeno de su interés en su realidad.

Sin embargo desde el punto de vista del autor, las matemáticas pueden ser complejas o fáciles de comprender y de utilizar dependiendo del tipo de conocimiento que el hombre desee obtener, ya sea un conocimiento del tipo intuitivo, empírico o conocimiento científico. En primera instancia el conocimiento intuitivo es todo aquel aprendizaje que se obtiene de manera implícita o inconsciente, sin necesidad de efectuar algún análisis profundo o reflexión (Bravo et al., 2022). Un ejemplo de conocimiento intuitivo es cuando una persona desea saber la hora, solo basta con observar un reloj ya sea digital o analógico para saber si se tratan de las 2:30 o 5:15, de este modo la persona no necesita hacer un análisis previo, solo basta con observar el reloj y conocerá la hora de forma automática, intuitiva e incluso sin estar consciente completamente que se ha hecho uso de las matemáticas para conocer el tiempo. Por otra parte, el conocimiento empírico es aquel aprendizaje que se basa en la experiencia, es decir que se obtiene como resultado de haber estado en contacto directo en repetidas ocasiones con el fenómeno de interés en la realidad (González, 2011). Algunos ejemplos de conocimiento empírico es cuando la persona aprende a leer y a escribir, incluso cuando aprende aritmética, ya que para la obtención de estos conocimientos es necesaria la práctica, o dicho en otras palabras, para aprender a sumar es necesario hacer una y otra vez varias sumas hasta obtener el conocimiento empírico de como sumar. Por último, el conocimiento científico es aquel que se obtiene a través del uso de métodos científicos y/o la experimentación para aproximarse a la realidad o dar solución a un determinado problema o necesidad (Ñaupás et al., 2018). Siendo en este tipo de conocimiento donde las matemáticas cobran un mayor sentido de utilización.

No obstante, uno de los grandes retos de las matemáticas es implementar estrategias para su aprendizaje. Esto supone un reto para los docentes hoy en día quienes, en la mayoría de los casos, no se desprenden del modelo educativo de enseñanza tradicional, cuya consecuencia es la presencia de aprendices desmotivados y con dificultades para el aprendizaje matemático. De este modo la contextualización de esta ciencia se deja de lado causando en el aprendizaje cuestionamientos como ¿para qué son útiles las matemáticas?, ¿realmente se aplica este conocimiento en el ámbito profesional?, entre otras preguntas más. Estos cuestionamientos dan sentido a estudios que corroboran que el porcentaje de interés y de logros de los aprendices en matemáticas mejoran cuando se ayuda a estos a mostrarles aplicaciones reales en el ámbito profesional sobre el uso de las matemáticas (Tapia & Murillo, 2020).

Por esta razón el objetivo principal de este trabajo es compartir 2 casos de aplicación de las matemáticas en el ámbito profesional basada en la experiencia del presente autor.

¹ M.I.I. José Emmanuel Franco Barrón. Estudiante del doctorado en ciencias de la ingeniería del TecNM en Celaya, Guanajuato. d1903022@itcelaya.edu.mx (Autor correspondiente)

² Dr. José Alfredo Jiménez García. Profesor e investigador del TecNM en Celaya, Guanajuato. josealfredo.jimenez@itcelaya.edu.mx

³ Dr. Salvador Hernández González. Profesor e investigador del TecNM en Celaya, Guanajuato. salvador.hernandez@itcelaya.edu.mx

⁴ Dr. Carlos Eduardo Belman López. Doctor en ciencias de la ingeniería del TecNM en Celaya, Guanajuato. carlosbelman@gmail.com

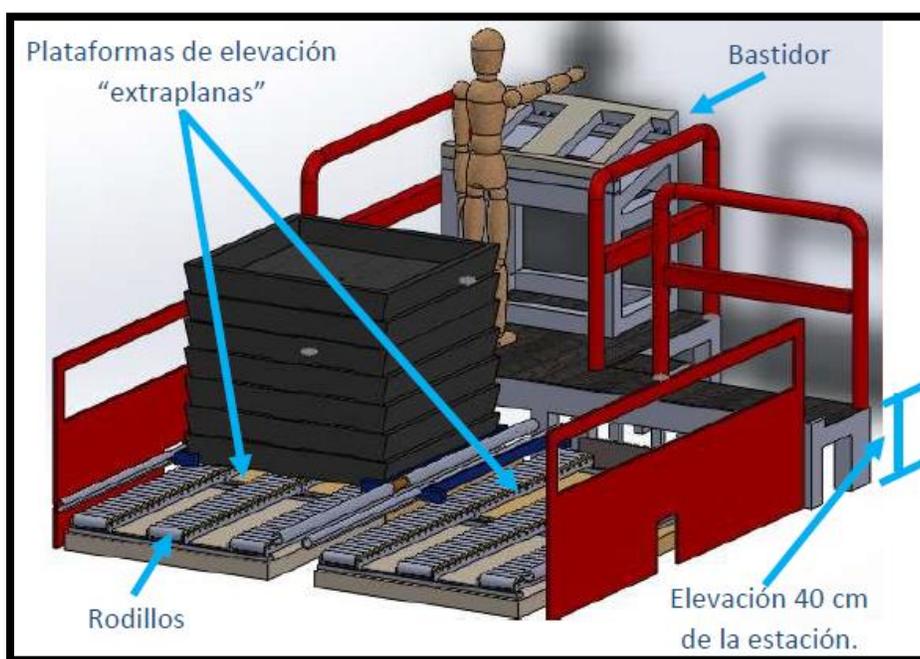
⁵ M.I.I. Ricardo Ramírez Tapia. Maestro de ingeniería industrial en el TecNM en Celaya, Guanajuato. raigchardo12@gmail.com

Descripción del Método

Caso de estudio I: Utilización matemática mediante el diseño mecánico para la solución ergonómica industrial

Este caso de utilización fue aplicado en una organización manufacturera del sector automotor que se encuentra en un proceso de migración hacia la industria 4.0. En esta se realizó una evaluación de cargas en cada una de sus estaciones de trabajo para determinar si las actividades que realizaban los operadores eran seguras o no ergonómicamente. Como resultado de esta evaluación se obtuvo que, tanto la flexión del brazo como la del torso en los operadores, excedían el rango permitido causando riesgo al desgaste en las articulaciones y riesgo de lesión en la espalda, hombro y/o brazo. Por esta razón para dar solución a este problema se propuso como una posible solución el rediseñar de manera mecánica las estaciones de trabajo con base a los rangos permisibles ergonómicos para que, de esta forma las nuevas estaciones de trabajo permitan al operador cumplir con sus actividades sin poner en riesgo sus articulaciones y espalda dando solución al problema planteado.

Para rediseñar mecánicamente la estación de trabajo primeramente se hizo un levantamiento dimensional, es decir tomar cada una de las medidas y dimensiones de cada uno de los elementos que conforman a la estación y con base a los rangos permisibles ergonómicos de carga y flexión se pudo modelar en 3D el nuevo diseño de la estación de trabajo que solucionaría el problema de ergonomía (ver cuadro 1).



Cuadro 1. Modelo en 3D de la nueva estación de trabajo.

El cuadro 1 muestra cada uno de los elementos que conformarían a la nueva estación de trabajo, la cual permite que el operador desarrolle sus actividades dentro de los rangos permisibles de carga y de flexión. Dentro de los elementos que pueden observarse en la estación se encuentran las plataformas de elevación, las cuales dan solución a la excesiva flexión de tronco permitiendo que esta no suceda a más de lo permisible de manera ergonómica. También sobre las plataformas de elevación, se añadieron rodillos que solucionan el problema de desplazamiento de los contenedores, logrando que estos tanto vacíos como llenos puedan ser colocados y retirados con un mínimo esfuerzo de las estaciones de trabajo.

Una vez aprobada la idea, se prosiguió con la estimación de costos los cuales fueron aprobados excepto el de los rodillos, ya que el costo de estos bajo el contexto del esquema del cuadro 1 sería excesivo, debido a que para cada línea de producción habría 2 plataformas de elevación, con 144 rodillos por línea a un costo aproximado de \$800 MXN cada uno es decir, un costo de \$115,200 MXN por línea debido al uso de rodillos. No obstante un rodillo hueco de un mismo material que un rodillo sólido resulta ser entre 50% a 80% más económico, dependiendo del número de calibre, sin embargo para saber que tan hueco puede ser un rodillo sin exponer a ningún peligro de carga es necesario realizar el diseño mecánico de este.

Para determinar el calibre del rodillo se utilizó una teoría de falla para su análisis. La teoría utilizada fue la teoría de la energía de distorsión o también conocida como teoría de falla Von Mises. Esta teoría a diferencia de las

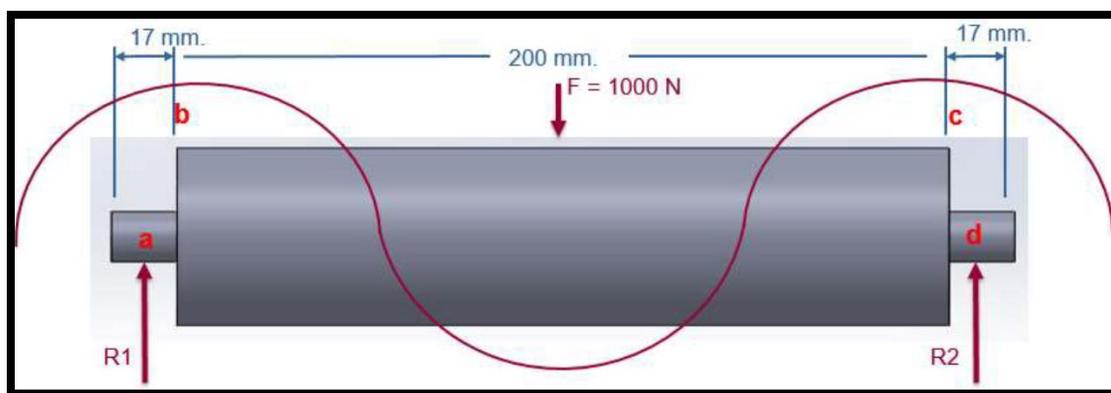
demás teorías tales como esfuerzo cortante máximo (EMC) o Mohr Coulomb (CDM), es la más empleada para los materiales dúctiles y se recomienda para los problemas de diseño mecánico, siendo esta la razón por la cual se optó por el uso de esta teoría y no de otra (Budynas, 2018).

Este esfuerzo es representado por el símbolo σ' y llamado así (Von Mises), en honor al doctor R. Von Mises, quien contribuyó en elaborar la teoría. Así, la fluencia, puede escribirse como (ver ecuación 1):

$$\sigma' = (\sigma_x^2 - \sigma_x\sigma_y + \sigma_y^2 + 3\tau_{xy}^2)^{1/2} \geq S_y \quad \text{Ecuación 1}$$

Resultados

Para saber que tan hueco puede ser el rodillo, primeramente se debe saber la carga máxima a la cual se someterá el rodillo. Para conocer esta información se consultó al área de empaquetado la cual tiene un registro de 815 kg como el peso máximo de los contenedores. Se sabe entonces que esta masa equivale a 8000 Newtons, entre los 72 rodillos a utilizar por cada plataforma de elevación, se obtuvo que cada rodillo cargará 111 Newtons. Sin embargo, se optó que la carga máxima fuera de 1000 N, teniendo un factor 10 veces mayor sobre el nominal, esto debido a cargas excesivas accidentales que puedan ocurrir en la vida real. Una vez obtenidos todos los datos necesarios tales como dimensiones del rodillo y carga máxima a soportar, se elaboró un diagrama de cuerpo libre (ver cuadro 2).



Cuadro 2. Diagrama de cuerpo libre del rodillo.

El cuadro 2, muestra además de las reacciones, los puntos críticos para el análisis, estos puntos son: a , b , c , d y F (que es el punto donde se aplica la fuerza F). Puede suponerse que el mayor momento ocurrirá en el punto F , ya que es en este punto donde se lleva a cabo la aplicación de la fuerza, pero los puntos b y c presentan un cambio de sección o mejor dicho una concentración de esfuerzos y es por esta razón se realizó un diagrama de esfuerzo cortante y momento flector, determinando por este medio que efectivamente en el punto F ocurre el mayor momento flector que resultó ser de 54.25 N.m .

Debido a que el rodillo no está sometido a torsión sino únicamente a un esfuerzo normal debido al momento flector, el esfuerzo efectivo Von Mises es (ver ecuación 2):

$$\sigma' = \sigma_{\text{máx}} = \sigma_{\text{nom}} = \frac{Mc}{I} \quad \text{Ecuación 2}$$

Donde:

$$M = \text{Momento} = 54.25 \text{ N.m.}$$

$$c = \text{Centroide del rodillo} = \frac{0.045}{2} \text{ m}$$

$$I = \frac{\pi(D^4 - d^4)}{64}$$

$I = \text{Momento de inercia para una geometría cilíndrica hueca con diámetro externo } D \text{ y diámetro interno } d$

Como el diámetro externo D del rodillo es de 45 mm y se propone un calibre de 5 mm es decir, un diámetro interno d igual a 40 mm y sustituyendo estos en la ecuación 2 junto con los valores obtenidos, el esfuerzo Von Mises σ' resulta ser (ver ecuación 3):

$$\sigma' = \frac{54.25(0.0225)64}{\pi(0.045^4 - 0.040^4)} = 16.14 \text{ Mpa} \quad \text{Ecuación 3}$$

La ecuación 3 muestra el esfuerzo Von Mises que también representa el esfuerzo máximo al cual estarán sometidos cada uno de los rodillos, sin embargo, es necesario la propuesta de material del cual estaría hecho el rodillo para determinar su factor de seguridad n . Para el diseño de los rodillos se propuso el acero AISI 4130 normalizado a 870° C (por ser uno de los materiales más utilizados en planta) y el cual posee un esfuerzo a la fluencia S_y de 460 Mpa. Al sustituir estos valores en la ecuación del factor de seguridad se obtuvo (ver ecuación 4):

$$n = S_y / \sigma' = 460 \text{ Mpa} / 16.14 \text{ Mpa} = 28.5 \quad \text{Ecuación 4}$$

En general, la ecuación 4 quiere decir que con un diámetro externo del rodillo igual a 45 mm un diámetro interno de 40 mm hecho de un acero AISI 4130 normalizado a 870° C, el rodillo no fallará a una carga máxima de 1000 N ya que posee un factor de seguridad mayor a 1, es decir un factor de seguridad igual a 28.5. Por lo que es seguro usar los rodillos huecos propuestos.

Caso de estudio II: Utilización matemática mediante análisis económico para la implementación de tecnología 4.0

Otro caso de utilización de las matemáticas desarrollado por el presente autor es el presentado en noviembre del 2022 (Franco, 2022) donde se muestra el uso y aplicación de las matemáticas para evaluar de manera económica 3 proyectos resultando en la elección del proyecto económicamente más viable, de esta forma se pudo demostrar la importancia que tienen las matemáticas mediante la aplicación de la ingeniería económica para la toma de decisiones en la implementación de tecnologías industria 4.0 en organizaciones manufactureras actuales.

Comentarios Finales

Resumen de resultados

Para el caso de estudio I, se debe recordar que a pesar de ser un problema ergonómico termina siendo también un problema de costos, ya que el costo total por un rodillo sólido de acero AISI 4130 normalizado a 870° C tiene un costo por unidad de \$800 MXN y en cada línea de producción se necesitan 144 rodillos siendo un costo por línea debido a los rodillos de $800 \times 144 = \$115,200$ MXN. No obstante, el número total de líneas de producción son de 22, por lo que el costo total debido a los rodillos es de $115,200 \times 22 = \$2,534,400$ MXN. Sin embargo al hacer uso de las matemáticas por medio de las teorías de falla comprendidas en diseño mecánico, se logró reducir arriba del 80% del material a emplear significando una reducción de costo aproximado de \$2,000,000 MXN logrando un costo final total debido a los rodillos aproximado a \$500,000 MXN.

Conclusiones

Ambos casos de estudio compartidos arriba demuestran que el uso de las matemáticas se encuentra en cada una de las ciencias de ingeniería creadas para la solución de múltiples problemas. Tanto para el caso de estudio I como en II, donde los problemas a resolver son ergonómicos y económicos respectivamente, para llegar a dichas soluciones se tienen que hacer uso de otras ciencias como lo es el diseño mecánico, el estudio del trabajo, ingeniería económica, entre otras, donde de manera implícita se hace uso de matemáticas tales como la aritmética (suma, resta, multiplicación y división), propiedades de los números reales, (leyes de los signos, leyes de exponentes, operaciones con fracciones, porcentajes), álgebra (representación de magnitudes mediante símbolos, operaciones con símbolos y números, despejes de ecuaciones) y en algunos casos el uso de cálculo y de ecuaciones diferenciales. De esta forma puede demostrarse que las matemáticas constituyen una ciencia básica muy importante que han sido, son y serán indispensables ya que aportan soluciones mediante las ciencias ingenieriles a múltiples problemas actuales en ámbitos profesionales como es el industrial, industria 4.0, científico, educativo y más.

Referencias

Bell, Eric Temple. "Historia de las matemáticas" McGraw Hill, 3.^a edición, 2021. ISBN: 978-607-16-7154-7

Bravo, B., Pesa, M., Braunnüller, M. "IDAS: una metodología de enseñanza centrada en el estudiante para favorecer el aprendizaje de la física" *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2021-0326>

Budynas, R., Nisbett, J. "Diseño En Ingeniería Mecánica De Shigley" McGraw Hill, 10.^a edición, 2018. ISBN: 978-1456267568

Franco, J., Jiménez, J., Hernández, S., et al. "Utilización del Análisis Económico para la Implementación de Tecnología Industria 4.0 en Organizaciones Manufactureras Actuales" *Congreso Internacional Academia Journals*, Celaya Gto., Vol. 14, No. 9, p.705-708, 2022. ISSN: 1946-5351.

González, E. "Conocimiento empírico y conocimiento activo transformador: algunas de sus relaciones con la gestión del conocimiento" *ACIMED*, Vol. 22, No. 2, 2011. ISSN 1024-9435

Ñaupás, H., Valdivia, M., Palacios, Jesús., et al. "Metodología de la investigación Cuantitativa - Cualitativa y redacción de la Tesis" Ediciones de la U, 5.^a edición, 2018. ISBN: 978-958-762-876-0

Tapia, R., Murillo, J. "El método Singapur: sus alcances para el aprendizaje de las matemáticas" *Revista Muro de la Investigación*, Vol. 5, No. 2, 2020. DOI: <https://doi.org/10.17162/rmi.v5i2.1322>

Simulación del Efecto de la Refrigeración Pasiva en el Rendimiento de Celdas Fotovoltaicas de Silicio Monocristalino en la Zona Metropolitana de Pachuca, Hgo.

M. C. Demetrio Fuentes Hernández¹, Violeta Ramírez Trejo¹, Grecia Valeria Rodríguez Martínez¹, Lic. Diego Noguez Ruíz², Dra. Marissa Vargas Ramírez¹, Dr. Felipe Legorreta García¹, Dr. José Enrique Samaniego Benítez³ y Dr. Edgar Arturo Chávez Urbiola^{4*}

Resumen— Se realizaron cuatro simulaciones computacionales utilizando el software Solidworks, con el fin de determinar la temperatura de operación de celdas fotovoltaicas de silicio monocristalino refrigeradas mediante disipadores de calor de aluminio; aprovechando el flujo de aire en la zona metropolitana de Pachuca de Soto, Hidalgo. La velocidad del viento y su temperatura fueron medidos experimentalmente e introducidos en las simulaciones, las cuales fueron; a condiciones estándar sin disipador, a condiciones estándar con disipador y con disipador a velocidades del viento de 9.4 m/s y 2.11 m/s.

Palabras clave— Simulación computacional, refrigeración pasiva, celda fotovoltaica, convección, velocidad del viento.

Introducción

La necesidad de cubrir las demandas energéticas de los procesos económicos y de la población en general, ha incrementado la emisión de gases de efecto invernadero y, por ende, se han intensificado sus efectos en cada una de las actividades humanas. Es por ello y por la constante escasez de los productos de origen no renovable necesarios para la generación de dicha energía en los procesos convencionales, que se ha buscado en el sol una alternativa para obtener el preciado recurso (Baldera et al, 2009).

La energía solar se puede considerar prácticamente inagotable a escala de vida humana, por lo cual se han desarrollado diversos materiales que son capaces de convertir parte de la radiación solar en energía eléctrica mediante el efecto fotovoltaico (González Velasco, 2009) (Méndez Muñoz, et al, 2007). Sin embargo, el rendimiento de los sistemas fotovoltaicos se ve mermado por el incremento de temperatura de operación de los paneles fotovoltaicos, temperatura que incrementa al estar expuesto a la radiación solar; es por lo anterior que se plantea el uso disipadores de calor de aluminio que sean capaces de disminuir la temperatura de operación mediante convección natural, ya que de esta forma de intercambio de calor no se requiere sustraer energía adicional del sistema fotovoltaico para que el fluido de trabajo realice su movimiento (Nasrin et al, 2017) (Fuentes Hernández et al, 2020) (Fuentes Hernández, 2021).

Descripción del Método

Para el desarrollo de este trabajo de investigación se plantearon disipadores de calor fabricados de aluminio con tres velocidades de operación distintas, colocados en la sección trasera de una celda fotovoltaica de silicio monocristalino. La transferencia de calor se realizó mediante el módulo de simulación de fluidos de Solidworks

¹ El M.C. Demetrio Fuentes Hernández es profesor en el Área Académica de Ciencias de la Tierra y Materiales (AACTyM) de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo (UAEH) y estudiante del Doctorado en Ciencias de los Materiales en la misma institución. demetrio.fuentes.hdez@gmail.com

¹ Violeta Ramírez Trejo es estudiante de la Licenciatura en Ingeniería de Materiales en el Área Académica de Ciencias de la Tierra y Materiales (AACTyM) de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo (UAEH). ra422050@uah.edu.mx

¹ Grecia Valeria Rodríguez Martínez es estudiante de la Licenciatura en Ingeniería de Materiales en el Área Académica de Ciencias de la Tierra y Materiales (AACTyM) de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo (UAEH). ro422009@uah.edu.mx

¹ La Dra. Marissa Vargas Ramírez es profesora investigadora en el Área Académica de Ciencias de la Tierra y Materiales (AACTyM) de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo (UAEH). marissav@uah.edu.mx

¹ El Dr. Felipe Legorreta García es profesor investigador en el Área Académica de Ciencias de la Tierra y Materiales (AACTyM) de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo (UAEH). profe_974@uah.edu.mx

² El Lic. Diego Noguez Ruíz es egresado de la Licenciatura en Matemáticas Aplicadas del Área Académica de Matemáticas y Física (AAMyF) de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo (UAEH) no352657@uah.edu.mx

³ El Dr. José Enrique Samaniego Benítez es catedrático CONACYT en el Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada Unidad Legaria (CICATA Legaria). jose.samaniego@conacyt.mx

⁴ Dr. Edgar Arturo Chávez Urbiola es Investigador titular C en el Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada Unidad Querétaro (CICATA Qro.) eachavez@ipn.mx

(*Flow Simulation*) y el módulo de simulación térmica incluido en el complemento *SOLIDWORKS Simulation*, donde las variables de interés fueron, velocidad de flujo de aire, temperatura operación, voltaje, corriente y potencia de salida. La temperatura de operación inicial de la celda fue estimada mediante la ecuación propuesta por Ross (Ross, 1980).

$$T = T_a + G \left(\frac{NOCT-20}{800 \text{ W/m}^2} \right) \tag{1}$$

Donde:

T = Temperatura de operación de la celda fotovoltaica (°C)

T_a = Temperatura ambiente (°C)

G = Irradiancia (W/m^2)

NOCT= Temperatura nominal de diseño de la celda (°C)

Velocidad del viento

Esta medición se realizó mediante la estación meteorológica marca Davis modelo Vantage Pro2 Plus, perteneciente al Área Académica de Ciencias de la Tierra y Materiales, de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, en un periodo que comprende desde mayo de 2019 hasta septiembre del 2021.

Para las simulaciones se consideraron el valor máximo, promedio y mínimo registrados; este último, dentro de las condiciones estándar. El objetivo del uso de estos datos experimentales, es predecir el comportamiento del viento al entrar en contacto con la celda fotovoltaica y el disipador de calor de aluminio.

Dibujo de la celda de silicio monocristalino

Como se ha mencionado el software utilizado para realizar las simulaciones fue Solidworks, por lo que también se empleó para realizar las representaciones gráficas de los elementos necesarios para la simulación, tomando como referencia una celda fotovoltaica como las utilizadas en el panel de la marca Solartec modelo S01MC-60 (Solartec, 2023).

El material seleccionado para la celda fue silicio monocristalino, mientras que a los disipadores de aluminio se les asignó aluminio 1060, y aluminio anodizado para las líneas conductoras de la celda.

Disipador de calor

Para el caso del disipador de calor, se siguen las indicaciones mostradas en la Figura 2. Basadas en el modelo IUsever CPU cooler passive cooling, pero con modificaciones con la intención de que la celda entre en contacto por completo con la superficie del disipador y la transferencia de calor se realice de manera homogénea.

Simulación de flujo y transferencia de calor

Para realizar la simulación de transferencias de calor se utiliza el módulo *Flow simulation*, donde las variables de entrada son, la velocidad de entrada del viento, temperatura de la celda y del disipador, coeficiente de conducción y presión atmosférica. Los valores de las condiciones de frontera se muestran en la Tabla 1. Para la transferencia de calor por convección se utilizó el módulo de *SOLIDWORKS Simulation*, con datos de la misma tabla.

| | | | |
|---|------|------|------|
| Velocidad del viento (m/s) | 9.4 | 2.11 | 0.4 |
| Temperatura del aire medida (°C) | 21.5 | 24 | 25 |
| Coefficiente de convección ($\text{W/m}^2 \text{ K}$) | 120 | 30 | 27.5 |

Cuadro 1. Condiciones de frontera utilizados en las simulaciones.

Para este estudio se plantearon cuatro simulaciones, las cuales se describen a continuación.

La primera simulación consideró a la celda fotovoltaica en condiciones estándar de operación, la segunda, utilizó el coeficiente de convección del aire correspondiente a la velocidad mínima medida e incluye la incorporación del disipador de aluminio.

Para la tercera y cuarta simulación, ambas con considerando la disipación; se utilizó el coeficiente de convección de la velocidad promedio y el valor de convección de la velocidad máxima, respectivamente. En todas las simulaciones, las geometrías desarrolladas se unen asumiendo una unión perfecta generando una resistencia térmica homogénea, con el fin de simplificar la transferencia de calor.

Determinación del rendimiento de la celda

Según lo propuesto por Foster et al, los efectos de la temperatura se pueden ver directamente reflejados en el voltaje y corriente de salida, y por ende en la potencia. Por lo que se pueden utilizar los datos proporcionados en su investigación para determinar el voltaje y potencia perdidos debido a una operación de la celda a una temperatura que supere los 25 °C. los cuales indican que se reduce el voltaje de salida en 0.39% por cada °C y 0.45% de pérdidas en la potencia.

Para este estudio se plantearon cuatro simulaciones, las cuales se describen a continuación.

La primera simulación consideró a la celda fotovoltaica en condiciones estándar de operación, la segunda, utilizó el coeficiente de convección del aire correspondiente a la velocidad mínima medida e incluye la incorporación del disipador de aluminio.

Para la tercera y cuarta simulación, ambas con considerando la disipación; se utilizó el coeficiente de convección de la velocidad promedio y el valor de convección de la velocidad máxima, respectivamente. En todas las simulaciones, las geometrías desarrolladas se unen asumiendo una unión perfecta generando una resistencia térmica homogénea, con el fin de simplificar la transferencia de calor.

2.5 Determinación del rendimiento de la celda

Según lo propuesto por Foster et al, los efectos de la temperatura se pueden ver directamente reflejados en el voltaje y corriente de salida, y por ende en la potencia. Por lo que se pueden utilizar los datos proporcionados en su investigación para determinar el voltaje y potencia perdidos debido a una operación de la celda a una temperatura que supere los 25 °C. los cuales indican que se reduce el voltaje de salida en 0.39% por cada °C y 0.45% de pérdidas en la potencia.

Comentarios Finales

Resumen de resultados

La temperatura de operación de la celda en condiciones estándar fue calculada mediante la simulación en 56.4 °C (Ver Figura 1), lo cual en concordancia con la calculada con la ecuación 1 anteriormente y evaluada en 56.25 °C, muestra una diferencia porcentual del 0.267%, por lo que se puede considerar como una buena aproximación. La menor temperatura de operación de una celda fotovoltaica como es de esperarse se encontró a una velocidad del viento de 9.4 m/s, mientras que en función que disminuyó la velocidad del viento, se incrementó la temperatura de operación de la celda en las simulaciones realizadas en condiciones estándar y a 2.11 m/s, como es mostrado en las Figuras 2, 3, 4.

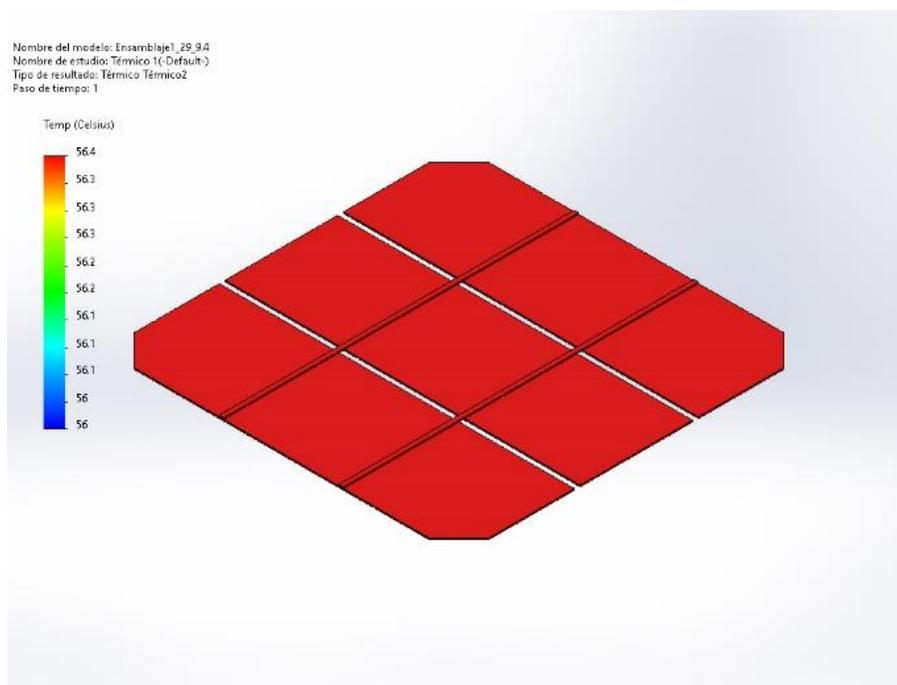


Figura 1. Resultados de la simulación de la celda fotovoltaica en condiciones estándar.

Con ello se puede apreciar una disminución en la temperatura de operación de 32.9 °C como máximo, 28 °C en promedio y 22.8 °C como mínimo lo que según las ecuaciones de la sección 2.5, se ven reflejado en 0.078 V por encima del voltaje esperado para la celda en condiciones estándar, con la máxima velocidad, 0.067 V en promedio y 0.054 V como mínimo. Estos valores en apariencia no representan un incremento significativo. Sin embargo, se verá reflejado en un incremento del rendimiento del 0.675% por encima de las condiciones estándar de diseño.

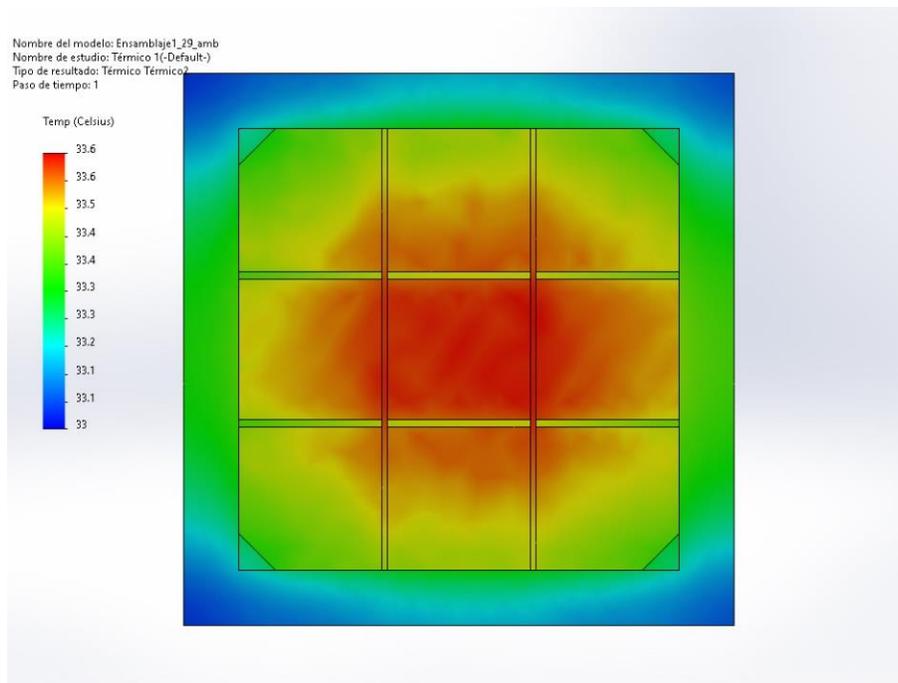


Figura 2. Resultados de la simulación de la celda fotovoltaica en condiciones estándar e incluyendo el disipador.

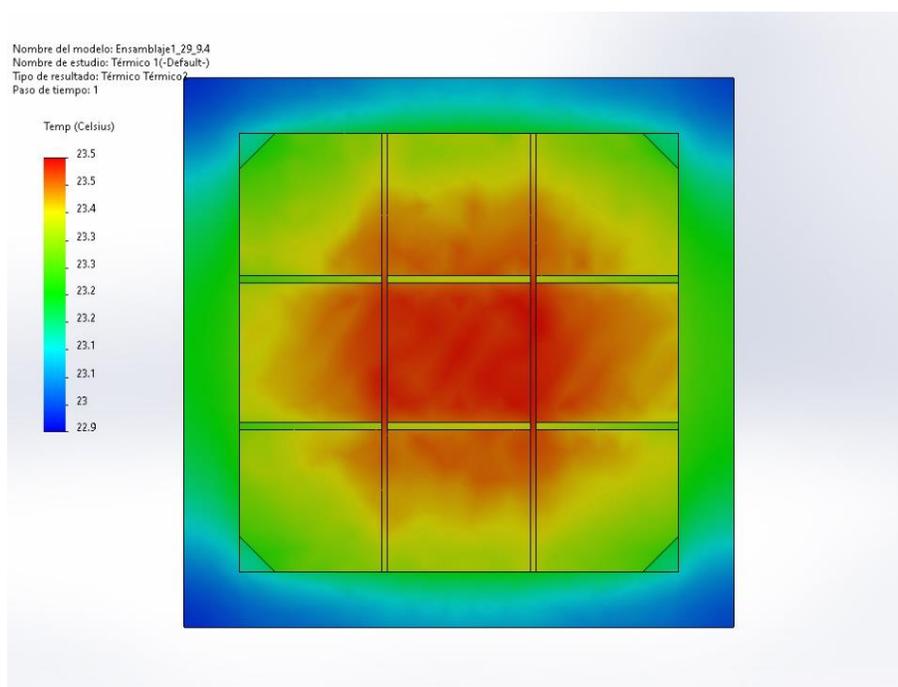


Figura 3. Resultados de la simulación de la celda fotovoltaica y disipador a una velocidad de 2.11 m/s.

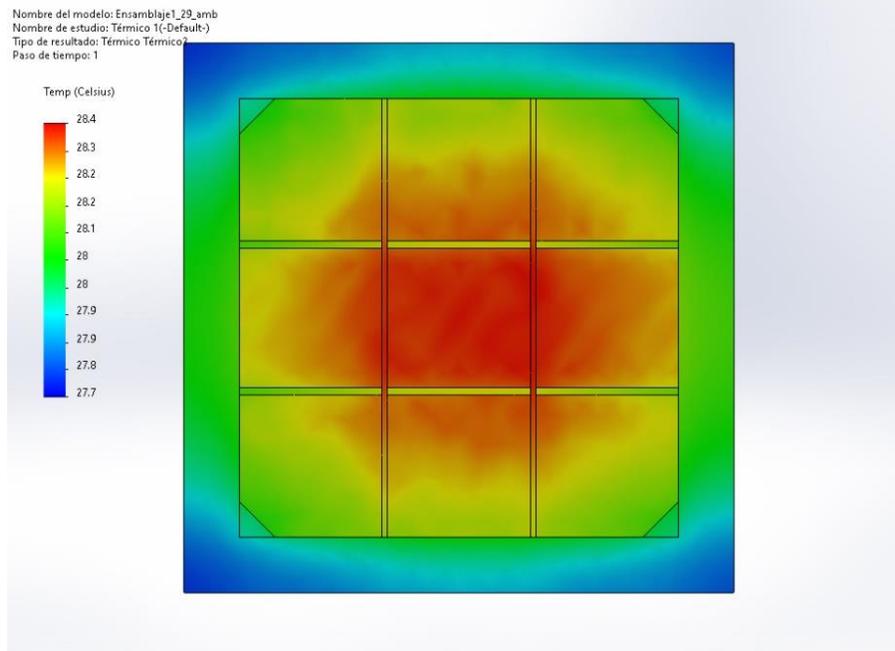


Figura 4. Resultados de la simulación de la celda fotovoltaica y dissipador a una velocidad de 9.4 m/s.

Para la velocidad promedio, el incremento en el rendimiento es de 12.6 % en comparación con la celda sin ningún método de refrigeración; pero aún 1.53% por debajo de la celda funcionando en condiciones estándar.

Finalmente, para la celda sometida a la velocidad mínima, el incremento en el rendimiento es de 10.26%, respecto a celdas sin enfriamiento, pero 3.87% menor a celdas que operen en condiciones estándar. Los valores en el incremento del rendimiento y potencia se muestran en la Tabla 2.

Esto significa que, en un panel fotovoltaico de 100 W, la potencia mínima recuperada sería de 10.26 W y 12.6 W

Conclusiones

Según los datos obtenidos durante la simulación, la refrigeración pasiva es una alternativa para el incremento en el rendimiento de sistemas fotovoltaicos en los meses donde la velocidad del viento es considerable y se obtiene una ganancia mayor al 10%.

Los beneficios de este tipo de refrigeración serán aprovechados en sistemas fotovoltaicos de alta potencia donde el impacto en la potencia de salida es aún más notorio.

En condiciones promedio, el incremento en el desempeño cercano al 10% no justifica el costo de inversión en disipadores de aluminio, por lo que se debería de considerar otras formas de aprovechar el calor residual como el uso de generadores termoeléctricos (TEG) de baja potencia, calefacción de agua a baja temperatura entre otras opciones.

Dada la imposibilidad de controlar la velocidad del viento en la zona metropolitana de Pachuca Hgo., no se recomienda el uso de esta forma de intercambio de calor pasiva para reducir la temperatura de operación en sistemas fotovoltaicos.

Referencias

Baldera, P.; Cotler, H; et al. (2009). Estado y tendencias de los servicios ecosistémicos, en Capital natural de México, vol. II: Estado de conservación y tendencias de cambio. Conabio, México, pp. 185-245.

Fuentes Hernández, D.; Chávez Urbiola, E. A.; Legorreta García, F.; Vargas Ramírez, M.; & Cardoso Legorreta, E. (2021). Modelado Energético de Materiales para su Aplicación en Sistemas Híbridos Solares, UAEH, Pachuca de Soto, Hidalgo, México.

Fuentes-Hernández, D., Pérez-Vite, R., Legorreta-García, F., Vargas-Ramírez, M., & Chávez-Urbiola, E. A. (2020). Simulación computacional del desempeño de un sistema fotovoltaico acoplado generadores termoeléctricos y reflectores difusos de refuerzo. *Pädi Boletín Científico De Ciencias Básicas E Ingenierías Del ICBI*, 8(Especial), 128-138. <https://doi.org/10.29057/icbi.v8iEspecial.6335>.

González Velasco, J. (2009). *Energías renovables*, Reverté, Barcelona, España, p 656.

Méndez Muñiz, J. M.; Cuervo García, R. & ECA Instituto de Tecnología Y Formación S. A. U. (2007). Energía solar fotovoltaica 2da edición. Madrid, España.

Nasrin, R., Hasanuzzaman, M. & Rahim, N. A. (2017). Effect of high irradiation on photovoltaic power and energy, International Journal of Energy Research. <https://doi.org/10.1002/er.3907>.

R. G. Ross, Flat-Plate photovoltaic array design optimization, IEEE. (1980). 1126-1132.

Solartec Energía Renovable S.A de C.V., Datasheet S01MC. (2023) <http://i3g.mx/panel/descargas/S01MC.pdf>.

Establecimiento de Metodología de Sistema HACCP (Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control)

¹Ana Isabel Gil Jiménez¹

¹Estudianteⁱ de la Maestría en Ingeniería Administrativa del Tecnológico Nacional de México/ Instituto Tecnológico de Cuautla.

Resumen— Esta investigación es desarrollada en una empresa del ramo alimenticio, teniendo como objetivo la implementación de un sistema HACCP. Que permita identificar, evaluar y controlar peligros que puedan comprometer la inocuidad de los alimentos. La estructura del sistema se enfoca en la metodología citada en el capítulo siete (Planificación y realización de productos inocuos) de la norma ISO 22000 (2008), la cual está compuesta por el desarrollo de tres fases preliminares y los siete principios del plan HACCP.

La investigación empleada es del tipo cualitativa, utilizando la observación y análisis de los procesos de fabricación del alimento con el objetivo de lograr un mapeo de procesos y la identificación de los potenciales peligros de inocuidad.

Como resultante se pretende lograr el establecimiento de una estructura documental que permita mantener y dar seguimiento al sistema HACCP.

Palabras claves: Diagrama de flujo, Inocuidad, Limite crítico, Monitoreo, Puntos críticos de control.

Introducción

Actualmente todas las empresas productoras de alimentos tienen el compromiso de elaborar alimentos inocuos y aptos para el consumo, el Codex alimentario (1998) menciona que “El deterioro de los alimentos ocasiona pérdidas, es costoso, supone una amenaza para la seguridad alimentaria y puede influir negativamente en el comercio y en la confianza de los consumidores”, por lo que con el desarrollo de esta investigación se busca lograr la implementación de un sistema HACCP. Que permita a la empresa un control de los peligros, con el fin de que sean detectados y controlados, previniendo que estos lleguen al consumidor final.

El Codex alimentario (1998) indica que un sistema HACCP. Debe ser capaz de:

“• Identificar todas las fases de sus operaciones que sean fundamentales para la inocuidad de los alimentos

- Aplicar procedimientos eficaces de control en esas fases
- Vigilar los procedimientos de control para asegurar su eficacia constante
- Examinar los procedimientos de control periódicamente y siempre que cambien las operaciones”.

La aplicación de la metodología consta de dos fases, la primera se compone de actividades preliminares, en la segunda se encuentran los siete principios del plan HACCP. Con el desarrollo de ambas fases se espera como resultado la implementación de un sistema y la creación de un manual HACCP. Compuesto por información documentada como;

- Relación de integrantes del Equipo HACCP.
- Descripción de los alimentos
- Diagrama de flujo del proceso
- Matriz de evaluación del Plan HACCP.
- Registros de Monitoreo del PCC.
- Las acciones correctivas ante una no conformidad
- Los procedimientos de validación y verificación del PCC.
- Procedimientos para control de la documentación
- Documentación de apoyo

Un sistema HACCP. Es aplicable a cualquier industria del ramo alimenticio, de acuerdo con Normalización y Certificación (2007) con la implementación la empresa obtendrá como beneficio “la capacidad para controlar los peligros relacionados con la inocuidad de los alimentos con el objeto de asegurar que el alimento es inocuo”

El alcance del desarrollo de la investigación es la aplicación de la metodología HACCP. En el presente documento se presenta un desglose de las actividades principales que se ejecutaron en cada fase de la metodología utilizada.

¹Ana Isabel Gil Jiménez / ¹Estudiante de la Maestría en Ingeniería Administrativa del Tecnológico Nacional de México/
Instituto Tecnológico de Cuautla

Metodología

El desarrollo del proyecto se realiza mediante la metodología de tres etapas preliminares al diseño del sistema y bajo siete principios del plan HACCP. Mencionados en el capítulo siete del estándar ISO 22000 (2008).

La metodología se desarrolla por medio de una investigación cualitativa la cual consiste en la observación del comportamiento de los procesos de producción de alimentos balanceados en busca de la identificación de peligros potenciales a comprometer la inocuidad alimentaria, la metodología es aplicada a los procesos de reciba de materia prima hasta despacho del producto terminado.

Fases preliminares: Integración de equipo HACCP. Descripción del alimento, descripción del uso del alimento, elaboración del diagrama de flujo y verificación del diagrama de flujo.

El estándar ISO 22000 (2018) brinda un enfoque sistémico que permite la identificación, evaluación y control de los riesgos para la seguridad alimentaria basado en los siguientes:

Siete principios del plan HACCP.

Principio 1. Realizar un análisis de peligros. Identificar los peligros relacionados con la producción del alimento en cada etapa del proceso, desde la reciba de materia prima hasta el despacho del producto terminado, evaluando la probabilidad de que existan peligros e identificar medidas preventivas para su control.

Principio 2. Determinar los puntos de control crítico (PCC). Aquellas fases del proceso que deban ser controladas para reducir o eliminar el peligro.

Principio 3. Selección de los límites críticos que da el parámetro de lo aceptable y no aceptable, este límite es establecido de acuerdo al punto crítico de control identificado en el proceso de producción del alimento.

Principio 4. Establecimiento de un sistema de vigilancia para asegurar que el PCC se encuentra controlado.

Principio 5. Determinación de las medidas preventivas y correctivas que habrán de ejecutarse ante un suceso que indique que PCC no está controlado.

Principio 6. Establecimiento de procedimientos de verificación, que permitan el monitoreo del correcto funcionamiento del sistema HACCP.

Principio 7. Implementación de un sistema de documentación sobre todos los procedimientos, y los registros apropiados a estos principios y a su aplicación.

Las fases preliminares y los siete principios son desarrollados y documentados en un manual de plan HACCP. la organización es responsable del seguimiento y ejecución de las actividades descritas en Manual.

La investigación puede ser replicada en cualquier proceso productivo del ramo alimenticio, tomando como base el desglose de la metodología empleada, la cual deberá ser adecuada al tipo de proceso productivo, para dicho desarrollo se necesita de un equipo de cómputo para la elaboración de la información documentada y el resto de la investigación es realizada en el sitio de cada operación.

Resultados

Los resultados de la implementación del sistema se presentan de forma resumida en las siguientes fases.

Fases preliminares:

Etapas 1. Se realiza la integración de equipo multidisciplinario HACCP. Los integrantes son los responsables de dar seguimiento a la ejecución del plan HACPP. En la tabla 1. Se enlistan los representantes del equipo y su cargo dentro del sistema.

| Puesto dentro de la organización | Cargo | Firma de conformidad |
|--|------------------------------|----------------------|
| Ing. De calidad | Líder del Equipo HACCP. | |
| Ing. De seguridad e higiene industrial | Vocal Seguridad Patrimonial. | |
| Ing. De procesos y nuevos proyectos | Vocal Ingeniería | |
| Ing. De suministros | Vocal Compras | |
| Supervisor de almacén de producto terminado. | Vocal Almacén | |
| Jefe de operaciones | Vocal de Operaciones. | |
| Ing. De producción | Vocal Producción | |
| Coordinador del sistema de gestión | Vocal Sistema de Gestión | |
| Jefe de mantenimiento | Vocal de mantenimiento | |

Tabla 1: Relación de Equipo HACCP.

Nota: Los integrantes deben ser capacitados para obtener conocimientos sobre el funcionamiento del plan HACCP. Y las responsabilidades de su rol a cargo.

Etapas 2. Desarrollo de registros para la descripción del alimento fabricado, especificaciones establecidas son descritas en la tabla 2.

| Especificaciones | Descripción |
|---|-------------|
| Nombre comercial del producto | |
| Código del producto | |
| Ingredientes % | |
| Características Químicas | |
| Características físicas | |
| Características Microbiológicas | |
| Características Organolépticas | |
| Parámetros relacionados con inocuidad | |
| Embalaje y distribución | |
| Condiciones de almacenamiento | |
| Caducidad | |
| Etiquetado | |
| Instrucciones para su manipulación, preparación o uso | |
| Normatividad aplicable | |

Tabla 2 Especificaciones del Alimento

Etapas 3: Establecimiento del diagrama de flujo, este se desarrolla mediante la observación de las funciones de cada proceso, se realiza con el propósito de brindar una descripción de las etapas del proceso, desde la entrada de la materia prima hasta el despacho del producto terminado.

La fase 2: Siete principios del plan HACCP.

Principio 1: Se realiza un análisis para la identificación de los peligros, en este se utiliza la información recopilada de las tres etapas preliminares del análisis, con el objetivo de desarrollar un listado de posibles peligros.

De acuerdo con Certificación y Normalización (2008) un peligro se considera a un “Agente biológico, químico físico presente en el alimento, en la condición en que éste se halla, que puede causar un efecto adverso para la salud”.

Una vez desarrollado el diagrama de flujo y la descripción de cada uno de los procesos, se procede a la identificación de los peligros (Físicos, Químicos y Biológicos), mediante una matriz de análisis de peligros en donde son enlistados todos los posibles peligros identificados, los elementos a considerar en el desarrollo de la matriz son:

- **No.:** Número consecutivo para las etapas del proceso identificadas en el diagrama.
- **Etapas del proceso:** Nombre de las etapas del proceso identificadas en el diagrama de flujo.
- **Tipos de peligros:** Identificar el tipo de peligro a evaluar, de acuerdo tabla 3, clasificación de peligros.
- **Descripción del Peligro:** Naturaleza de peligro (Piedras, vidrios, bacterias, hongos etc.)
- **Evaluación del peligro:** Asignar valores dependiendo de la probabilidad y severidad, de acuerdo con la Ilustración 2. Modelo de evaluación de peligros.
- **El peligro es significativo:** El peligro tiene un impacto en la inocuidad alimentaria.
- **Justificación:** Motivo por el que significa un peligro para el alimento.
- **Tipo de control:** Que tipo de controles se tienen para este peligro.

Clasificación de Peligros de acuerdo con FAO (1997), la clasificación se presenta en la siguiente tabla 3.

| Tipo de peligro | Ejemplo de peligro |
|-----------------|---|
| Físico | Madera, vidrio, plástico, insectos, caballeros, metal, tierra, etc. |
| Químico | Metales pesados, solvente, detergente, pintura, etc. |
| Biológico | Bacterias, virus, hongos y parásitos |

Tabla 3: Clasificación de peligros

La ilustración 1, Representa el modelo para la evaluación de los peligros, teniendo en cuenta la probabilidad de ocurrencia y la gravedad de sus consecuencias, de acuerdo con FAO (1997)

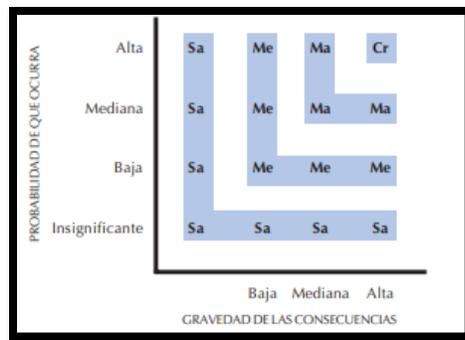


Ilustración 1: Modelo para evaluación de peligros

De acuerdo FAO (1997), los peligros pueden diferenciarse entre “satisfactorios (Sa), menores (Me), mayores (Ma) o críticos (Cr)”

Principio 2: Ya que se cuenta con la matriz de análisis de peligros, se realiza la identificación de los puntos críticos de control (PCC), de acuerdo con Normalización y Certificación (2008) un PCC es “la Fase en la que puede aplicarse un control y que es esencial para prevenir o eliminar un peligro relacionado con la inocuidad de los alimentos o para reducirlo a un nivel aceptable”.

La identificación del PCC. Es realizada por medio del uso del árbol de decisiones, elaborado con base al Codex alimentario y la Organización Mundial de la Salud.

En la ilustración 2 se presenta el desarrollo de la matriz del análisis de peligro con la evaluación del PCC. De acuerdo con el árbol de decisión, y con la evaluación se detecta un punto crítico de control, en el proceso de secado del alimento, los factores a evaluar fueron:

- ¿Ha sido la fase específicamente concebida para eliminar o reducir a un nivel aceptable la posible presencia de un peligro? (nota: Si la respuesta es SI, es un PCC)
- ¿Podría producirse una contaminación con peligros identificados a los niveles aceptables, o podrían estos aumentar a niveles inaceptables? (nota: Si la respuesta es NO, no es un PCC)
- Se eliminarán los peligros identificados o se reducirá su posible presencia a un nivel aceptable en fase superior? (nota: Si la respuesta es NO, es un PCC)

| ETAPA / PROCESO | TIPO DE PELIGROS | DESCRIPCIÓN DEL PELIGRO | ¿Existen medidas preventivas de control? | ¿Ha sido la fase específicamente concebida para eliminar o reducir a un nivel aceptable la posible presencia de un peligro? | ¿Podría producirse una contaminación con peligros identificados a los niveles aceptables, o podrían estos aumentar a niveles inaceptables? | ¿Se eliminarán los peligros identificados o se reducirá su posible presencia a un nivel aceptable en fase superior? | ES UN PCC |
|-----------------|------------------|-------------------------|--|---|--|---|-----------|
| Secado | Físicos | Metales | SI | No | NO | N/A | No |
| | | Plásticos | SI | No | NO | N/A | No |
| | | Residuos de pintura | SI | No | NO | N/A | No |
| | Químicos | No aplica | NA | N.A. | NO | N/A | No |
| | | Cuenta Total | NA | NO | No | No | No |
| | Biológico | Hongos y Levaduras | SI | NO | No | No | No |
| E. Coli | | SI | NO | No | No | No | |
| | | Salmonella | SI | SI | SI | No | SI |
| | Físicos | Metales | SI | NO | NO | No | No |

Ilustración 2: Matriz de análisis de peligros y PCC.

Principio 3: Una vez identificado el punto crítico de control, se establece un límite crítico de control

De acuerdo con Certificación (2008) un límite crítico es el “Criterio que diferencia la aceptabilidad o inaceptabilidad del proceso en una fase determinada”.

Ya identificada la etapa del proceso que representa un PCC. El siguiente paso consiste en establecer los límites críticos, lo que indicara la diferencia entre lo aceptable y lo no aceptable, Límite establecido se observa en la tabla 4.

| Punto crítico de control | Límite Crítico |
|--|-------------------------|
| Temperatura no controlada no garantiza la eliminación incidencia biológica como Salmonella | Temperatura Mínima 82°C |

Tabla 4: Límite Crítico de Control

Nota: Si no se controla la temperatura, podría no llegar a eliminar cualquier posible incidencia biológica como Salmonella, por lo que el límite crítico se establece en controlar la temperatura del secador con una temperatura no menor a los 82°C.

Principio 4: Se establece la metodología vigilancia con el objetivo de asegurar que el PCC. Se encuentra dentro del parámetro crítico establecido, en caso de incumplimiento tomar medidas correctivas.

El registro de vigilancia de la tabla 5, es diseñado de acuerdo a los lineamientos en el capítulo 7.8 de Normalización y Certificación (2008).

| Etap a | Peligro a controlar | Medida de control | Frecuencia de Monitoreo. | Instrucción Monitoreo. | Correcciones y Acciones correctivas. | Responsabilidad es y autoridades. | Registro de Seguimiento. |
|--------|---------------------|-----------------------------|--------------------------|------------------------|--------------------------------------|-----------------------------------|--------------------------|
| PCC | Biológico | Temperatura a mínimo 82 °C. | | | | | |

Tabla 5: Registro de Vigilancia

Principio 5: Se establece las acciones correctivas que se deben tomar ante un incumplimiento del límite crítico de control, con base en el capítulo 7.10.2 de Normalización y Certificación (2008), las medidas implementadas “deben;

- Determinar y corregir la causa raíz del incumplimiento
- Determinar la disposición de producto no conforme
- El registro de las acciones correctivas que se han adoptado”.

El registro implementado es descrito en la tabla 6 (Informe de Desviaciones y Acciones tomadas).

| Fecha de la desviación | Producto | Lote | Descripción de la desviación | Quien reporta | Causas de la desviación | Medidas de acción inmediatas | Disposición final |
|------------------------|----------|------|------------------------------|---------------|-------------------------|------------------------------|-------------------|
|------------------------|----------|------|------------------------------|---------------|-------------------------|------------------------------|-------------------|

Tabla 6: Informe de Desviaciones y Acciones tomadas

Nota: Este principio es complementado con los lineamientos del capítulo 8.7 (Salida de producto no conforme) de Normalización y Certificación (2015).

Principio 6: Se establecen las actividades que permitirán verificar el funcionamiento del plan HACCP. Así como la evaluación de la eficacia del sistema implementado

De acuerdo con el capítulo 8.2 de la norma Normalización y Certificación (2008), los procedimientos de verificación pueden incluir:

1. Revisiones por parte de la supervisión
2. Revisar los registros del monitoreo de los PCC.
3. Revisar los registros de las desviaciones y acciones correctivas
4. Validación de los límites críticos, para confirmar que son adecuados para controlar los peligros significativos
5. Auditorías al Plan HACCP.

Durante el proceso de revisión por la dirección, proceso establecido en el capítulo 9.3 de, de Normalización y Certificación (2015) realizará la evaluación de la tendencia de los resultados del funcionamiento de PCC.

Principio 7: Establecimiento de información documentada.

Los procedimientos, registros, análisis y toda la documentación generada del plan HACCP. Es plasmada en un Manual de sistema HACCP y resguardada de manera digital y física.

Los documentos desarrollados son:

- Relación de integrantes del Equipo HACCP.
- Descripción de los alimentos
- Diagrama de flujo del proceso
- Matriz de evaluación del Plan HACCP. Que incluye información las etapas en el proceso PCC, identificación y evaluación de peligros y el establecimiento de puntos críticos.
- Registros de Monitoreo del PCC.
- Las acciones correctivas ante una no conformidad
- Los procedimientos de verificación y verificación del PCC.

- Procedimientos para control de la documentación
- Documentación de apoyo

Nota: El control documental se llevará bajo los principios mencionados en el capítulo 7.2 (Información documentada) de Normalización y Certificación (2015).

Conclusiones

Como resultado de la investigación se logra la detección de los peligros potenciales a causar daño al consumidor final, los cuales se estipularon en una matriz de evaluación de peligros, en la que se evalúa la probabilidad de ocurrencia y la severidad de cada uno de ellos, Por medio del uso del árbol de decisiones presentado con base al Codex alimentario y la Organización Mundial de la Salud, se logra la identificación del punto crítico de control, el que se ubicó en el proceso de secado del alimento, con la detección de un peligro biológico (Salmonella), Si no se controla la temperatura, podría no llegar a eliminar cualquier posible incidencia biológica como Salmonella, por lo que el límite crítico se establece en controlar la temperatura del secador con una temperatura no menor a los 82°C.

En conclusión, se determina que los resultados del proyecto son favorables para la empresa en donde se implementó el sistema HACCP. Se logró el establecimiento de procedimientos y controles que, con una correcta ejecución y seguimiento, será posible la identificación y control de todos los posibles peligros en cada etapa del proceso, desde la reciba de materia primaria hasta el despacho del producto terminado.

Para lograr la obtención de buenos resultados, resulta necesario que toda la organización se comprometa a cumplir con los lineamientos establecidos en el plan HACCP. El comité de inocuidad está comprometido en mantener y supervisar el correcto funcionamiento del sistema.

El alcance del proyecto está limitado al análisis actual realizado a los procesos de producción, ante cambios futuros que se realicen en ingredientes, fórmulas, métodos de elaboración, especificaciones del alimento, condiciones de almacenamiento, integración de nuevas líneas de producción etc. se deberá realizar una actualización y reanálisis del plan HACCP.

La aplicación del Sistema de HACCP es compatible con el sistema de gestión de calidad lo que permite a la organización beneficiarse con la integración del estándar ISO 22000: 2008 E ISO 9001: 2015, y de esta forma lograr la implementación de un sistema de gestión de calidad e inocuidad alimentaria, teniendo así un mayor alcance en el control de la fabricación, preservación y salida de los alimentos.

Referencias

- Alimentario, C. (1998). *Requisitos generales (Higiene de los alimentos)*. Roma: Organizaciones de las naciones unidas para la agricultura, 13.
- Alimentario, C. (1998). *Requisitos generales (Higiene de los alimentos)*. Roma: Organizaciones de las naciones unidas de agricultura, 2.
- FAO. (1997). *Sistema de Analisis de Peligros y Puntos Criticos de Control*. CAC/RCP, 148.
- FAO. (1997). *Sistema de Analisis de Peligros y Puntos Criticos de Control*. CAC/RPC, 139-141.
- Instituto Mexicano de Certificación y Normalización, A. C. (2008). *Sistemas de Gestión de la Inocuidad de los Alimentos*. Distrito Federal: IMNC A.C 2007, 4.
- Instituto Mexicano de Normalización y Certificació, A.C. (2008). *Sistemas de Gestión de la Inocuidad de los Alimentos*. Distrito Federal: IMNC A.C, 22
- Instituto Mexicano de Normalización y Certificación, A.C. (2007). *Sistema de Gestión de la inocuidad de los Alimentos*. Distrito Federal: IMNC A.C 2007, 1.
- Instituto Mexicano de Normalización y Certificación, A.C. (2008). *Sistema de Gestión de la Inocuidad Alimentaria*. Distrito Federal: IMNC A.C, 19.
- Instituto Mexicano de Normalización y Certificación, A.C. (2008). *Sistemas de Gestión de la Inocuidad Alimentaria*. Distrito Federal: IMNC A.C, 3.
- Instituto Mexicano de Normalización y Certificación, A.C. (2015). *Sistema de Gestión de la Calidad*. Distrito Federal: IMNC A.C, 17-18.
- Instituto Mexicano de Normalización y Certificación, A.C. (2015). *Sistema de Gestión de la Calidad*. Distrito Federal: IMNC A.C, 15-20.
- Instituto Mexicano de Normalización y Certificación, A.C. (2015). *Sistemas de Gestión de la Calidad*. Distrito Federal: IMNC A.C, 9-10.

Estudio Numérico y Electrónico del Circuito de Chua

Jesús Alberto González Pedroza¹, Dr. Carlos Leopoldo Pando Lambruschini²,
Dra. María Monserrat Morin Castillo³

Resumen— Han sido implementadas dos simulaciones para el modelo de Chua: la primera corresponde a su modelo matemático, implementada en Matlab, permitiendo la observación del espacio de fase y sus proyecciones bidimensionales; la segunda simulación del modelo de Chua es de carácter electrónico, utilizando LTspice. El proceso para realizar ambas simulaciones del circuito comercial consiste en seleccionar un modelo normalizado de interés realizando su interpretación electrónica mediante los cálculos correspondientes obteniendo dos posibles circuitos. Se relacionan las variables normalizadas con sus respectivas variables electrónicas y se selecciona el circuito que presente valores ideales en sus componentes electrónicos que se aproximen en su mayoría a los valores comerciales para estos. Se proponen valores comerciales para los componentes electrónicos ideales y se realiza la simulación electrónica. Mediante el procedimiento matemático inverso, la simulación numérica permite la observación del comportamiento caótico en el circuito comercial. Por último, se comparan los resultados de ambas simulaciones.

Palabras clave—Diodo de Chua, caos, dinámica no lineal.

Introducción

En este documento se analiza numérica y electrónicamente el circuito de Chua a través del sistema de ecuaciones que describe el comportamiento de cada uno de los modelos. Un atractivo modelo dinámico no lineal de estudio característico del circuito de Chua, es el presentado por Alligood et al. (1997). Michael Peter Kennedy (1992) propuso un arreglo electrónico que involucra dos amplificadores operacionales y seis resistores, mismo que genera el comportamiento no lineal del diodo de Chua, permitiendo el estudio de la relación entre las variables normalizadas y sus correspondientes componentes electrónicos. Campos Cantón (2016) propone un arreglo alternativo haciendo uso de un amplificador operacional y tres resistores en paralelo con un resistor en serie con dos diodos en paralelo para generar el comportamiento no lineal del diodo de Chua. Algunos autores (Rending LU et al. 2022 y Krishnamurthy Murali et al. 2001) implementaron simulaciones de modelos dinámicos no lineales, como el atractor de Lorenz, representado en su estructura de diagramas de bloques. En su mayoría, trabajos recientes implementaron el modelo electrónico utilizado por Michael Peter Kennedy (1992), para simular el circuito de Chua (Aissi et al. 2006, Conde y Ramírez, 2007, Ramírez Ávila et al. 2008, Jorge Hernando Rivera et al. 2004, Alcalá Martínez et al. 2013 y Montalvo y Rivera, 2016).

Se realiza el análisis electrónico del sistema dinámico no lineal de estudio, con la finalidad de obtener valores ideales de los componentes electrónicos, y proponer valores comerciales para estos con la finalidad de realizar el análisis numérico inverso y obtener el modelo normalizado. Ambos modelos comerciales, el normalizado y el electrónico son simulados.

Los resultados obtenidos verifican la correspondencia entre ambos sistemas comparando sus proyecciones bidimensionales: las obtenidas a partir de la herramienta de trabajo Simulink, presente en el software de simulación Matlab, y sus equivalentes obtenidas mediante su aplicación electrónica realizada en LTspice. Adicionalmente, se presentan las gráficas que muestran el comportamiento de las señales caóticas presentes en las variables normalizadas y sus correspondientes señales electrónicas.

Metodología

Modelo normalizado

El modelo dinámico no lineal de Chua está dado por el sistema de ecuaciones (1) (Alligood et al., 1997).

$$\begin{aligned}\dot{x} &= \alpha(y - x - g(x)) \\ \dot{y} &= x - y + z \\ \dot{z} &= -\beta y\end{aligned}\tag{1}$$

donde $g(x)$ está dada por la ecuación 2, y x representa la caída de voltaje en el diodo de Chua.

$$g(x) = m_1 x + \frac{m_0 - m_1}{2} [|x + 1| - |x - 1|]\tag{2}$$

¹ Jesús Alberto González Pedroza es estudiante del posgrado Maestría en Ciencias de la Electrónica con opción en automatización en la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Puebla. jesus.gonzalezped@alumno.buap.mx

² El Dr. Carlos Leopoldo Pando Lambruschini es Profesor del Instituto de Física de la Universidad Autónoma de Puebla, Puebla. carlos.pando@correo.buap.mx

³ La Dra. María Monserrat Morin Castillo es Profesora de físico-matemáticas en la Benemérita Universidad Autónoma De Puebla, Puebla. maria.morin@correo.buap.mx

También es posible representar la ecuación 2 mediante el sistema de ecuaciones (3). Los parámetros α y β representan variables normalizadas.

$$g(x) = \begin{cases} m_1x + m_1 - m_0, & \text{si } x \leq -1 \\ m_0x, & \text{si } 1 \leq x \leq 1 \\ m_1x + m_0 - m_1, & \text{si } x \leq -1 \end{cases} \quad (3)$$

El diodo de Chua con el símbolo N_R está configurado electrónicamente por dos amplificadores operacionales y seis resistores que generan su comportamiento no lineal. Los valores son $R_1 = R_2 = 220 \Omega$; $R_3 = 2.2 k\Omega$; $R_4 = R_5 = 22 k\Omega$ y $R_6 = 3.3 k\Omega$.

Modelo electrónico

El sistema de ecuaciones 4, describe el comportamiento electrónico del circuito de Chua (Michael Peter Kennedy, 1992).

$$\begin{aligned} \frac{dv_R}{dt} &= \frac{1}{C_1} \left(\frac{1}{R} (v_{C_2} - v_R) - g(v_R) \right) \\ \frac{dv_{C_2}}{dt} &= I + \frac{1}{R} (v_R - v_{C_2}) \\ \frac{dI}{dt} &= \frac{v_{C_2}}{L} \end{aligned} \quad (4)$$

donde $g(v_R)$ está dada por la ecuación (5).

$$g(v_R) = m_1 v_R + \frac{m_0 - m_1}{2} [|v_R + 1| - |v_R - 1|] \quad (5)$$

La función v_R , puede escribirse como el sistema de ecuaciones que se muestra en (6) (S. D. I. Científica et al).

$$g(v_R) = \begin{cases} m_1 v_R + m_1 - m_0, & \text{si } v_R \leq -1 \\ m_0 v_R, & \text{si } 1 \leq v_R \leq 1 \\ m_1 v_R + m_0 - m_1, & \text{si } v_R \leq -1 \end{cases} \quad (6)$$

donde las coordenadas de los dos puntos de corte simétricos son $B_p = 1$ (S. D. I. Científica et al).

Correspondencia entre el modelo numérico y el electrónico

La relación que existe entre el modelo numérico de Chua y su correspondiente modelo electrónico, consiste en llevar los valores normalizados de los parámetros α y β (Alligood et al., 1997) a los respectivos valores ideales de los componentes electrónicos. Al tener los valores ideales de los componentes electrónicos, se aproximan, en lo mayor posible, estos valores ideales a valores comerciales para una futura implementación física.

Obtención de los valores ideales para los correspondientes componentes electrónicos.

El valor de las pendientes negativas m_0 y m_1 se obtiene a partir del valor de los resistores (ecuaciones (7) y (8)) presentes en la configuración electrónica del diodo de Chua, misma que genera su comportamiento no lineal (Michael Peter Kennedy, 1992).

$$m_0 = -\frac{R_2}{R_1 R_3} - \frac{R_2}{R_4 R_6} \quad (7)$$

$$m_1 = -\frac{R_2}{R_1 R_3} + \frac{1}{R_4} \quad (8)$$

Se obtienen dos posibles valores para la resistencia R mediante las ecuaciones (9) y (10)

$$R = \frac{M_0}{m_0} \quad (9)$$

$$R = \frac{M_1}{m_1} \quad (10)$$

donde M_0 y M_1 son los valores normalizados de las pendientes negativas m_0 y m_1 , respectivamente.

Se obtienen los valores para los capacitores C_1 y C_2 , mediante la relación (11).

$$\alpha C_1 = C_2 \quad (11)$$

El valor para el inductor L se obtiene a partir de la ecuación (12).

$$L = \frac{R^2 C_2}{\beta} \quad (12)$$

Elección del circuito electrónico

Es posible obtener dos circuitos electrónicos con base en los posibles valores obtenidos para el resistor R obtenidos a través de las pendientes negativas presentes en el comportamiento no lineal característico del diodo de Chua. La propuesta del circuito comercial se casa en este criterio, debido a esto, el circuito electrónico se selecciona con el valor ideal del resistor que se aproxima en su mayoría a un valor comercial para este.

Obtención del modelo matemático con valores comerciales para los componentes electrónicos

Se ajusta el valor del voltaje B_p , llevándolo a la unidad ($B_p = 1$), mediante el valor del resistor R_6 , como se muestra en la ecuación (13)

$$R_6 = \left(\frac{R_5}{E_{sat} - 1} \right) B_p \quad (13)$$

donde $E_{sat} = 8.3v$ es el voltaje de saturación de los amplificadores operacionales.

Al modificar el valor del resistor R_6 , también cambia el valor de la pendiente negativa m_0 . Se ajusta su valor mediante la aplicación de la ecuación (7) y los valores normalizados de ambas pendientes negativas M_0 y M_1 están dados por las ecuaciones (14) y (15), respectivamente.

$$M_0 = Rm_0 \quad (14)$$

$$M_1 = Rm_1 \quad (15)$$

Se obtienen los valores para los parámetros de control α y β pertenecientes al modelo normalizado con base en las ecuaciones (16) y (17).

$$\alpha = \frac{C_2}{C_1} \quad (16)$$

$$\beta = \frac{R^2 C_2}{L} \quad (17)$$

Se lleva el circuito electrónico con valores comerciales a su correspondiente simulación numérica para poder visualizar su proyección en el espacio.

Las ecuaciones (18), (19) y (20) muestran la equivalencia entre las variables normalizadas y sus correspondientes voltajes presentes en el circuito electrónico.

$$x \cong \frac{v_1}{B_p} \quad (18)$$

$$y = \frac{v_1}{B_p} \quad (19)$$

$$z = i_L \frac{R}{B_p} \quad (20)$$

Resultados

El valor de las pendientes para el diodo de Chua se muestran en las ecuaciones (21) y (22).

$$m_0 = -757.576u \quad (21)$$

$$m_1 = -409.091u \quad (22)$$

Proponiendo un valor para el capacitor $C_1 = 10nF$, el valor para el capacitor C_2 se muestra en la ecuación 23. Para ambos valores del resistor R , el valor de los capacitores es el mismo.

$$C_2 = 15.6(10nF) = 156nF \quad (23)$$

Como se ha mencionado, existen dos posibles circuitos electrónicos para generar el comportamiento caótico en el oscilador de Chua. El cuadro 1 muestra los valores ideales de los componentes electrónicos para cada uno de dichos circuitos.

| Componente electrónico | Primer circuito electrónico | Segundo circuito electrónico |
|------------------------|-----------------------------|------------------------------|
| Resistor R | 1508 Ω | 1746 Ω |
| Inductor L | 14.1902mH | 19.0227mH |

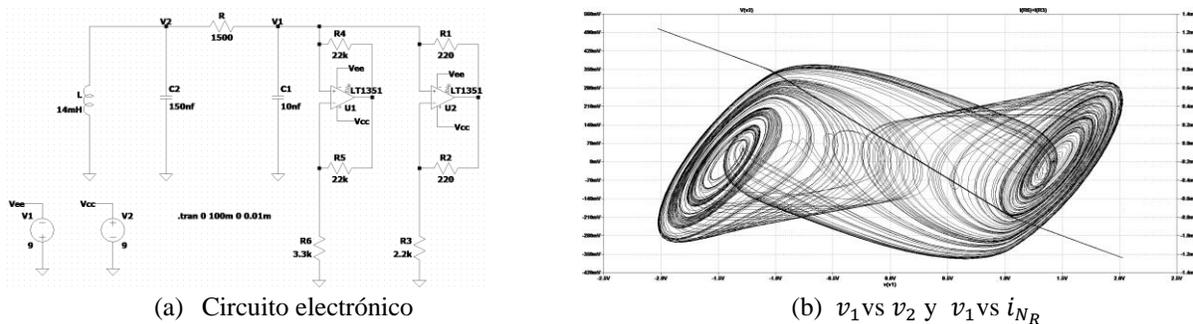
Cuadro 1. Valores ideales para del resistor R y el inductor L para los dos posibles circuitos de Chua.

Elección del circuito electrónico

El circuito electrónico de valores ideales en sus componentes electrónicos con mayor aproximación a sus correspondientes valores comerciales es el conformado por el resistor $R = 1508\Omega$ y el inductor $L = 14.1902mH$. Por lo tanto, se elige al primer circuito electrónico como el modelo de estudio del circuito de Chua.

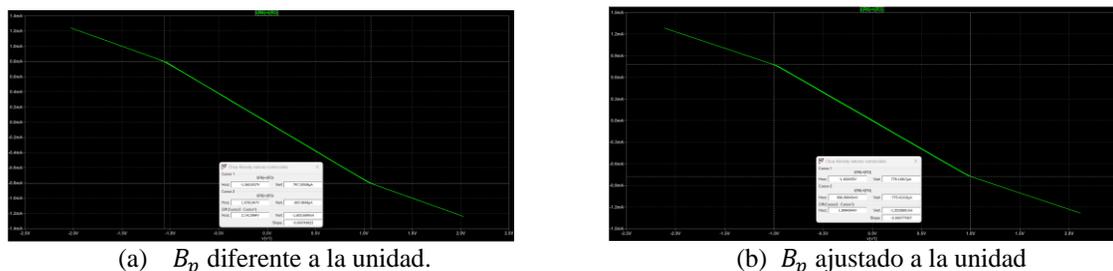
Propuesta de un circuito comercial

Es necesario proponer valores comerciales para los componentes electrónicos dando la posibilidad de su posible futura implementación física. Se propone un resistor $R = 1.5k\Omega$, variando muy poco con respecto a su valor ideal. La capacitancia comercial más cercana a $156nF$, perteneciente al capacitor C_2 , es de $150nF$, mientras que existe ya un valor de capacitancia comercial de $10nF$ para el capacitor C_1 . El inductor L_1 adquiere el valor comercial de inductancia de $14mH$. En la Figura 1a se observa el circuito electrónico implementado en el software LTspice con los valores comerciales para sus componentes electrónicos, mientras que la Figura 1b muestra el doble atractor caótico, producto de la graficar v_1 vs v_2 , así como también muestra el comportamiento no lineal del diodo de Chua al graficar el voltaje v_1 contra la corriente en el diodo de Chua i_{NR} .



(a) Circuito electrónico (b) v_1 vs v_2 y v_1 vs i_{NR}
Figura 1. Circuito comercial de Chua implementado en LTspice.

Al medir con el apoyo de los cursores en el software de simulación LTspice, se observa en la Figura 2a que el valor de voltaje B_p sobrepasa la unidad. Para ajustar el valor del voltaje B_p , el resistor R_6 ha sido reducido de $3.3k\Omega$ a $3.014k\Omega$, mostrando el comportamiento no lineal, teniendo los puntos de ruptura un valor $B_p = 1$, en la Figura 2b.



(a) B_p diferente a la unidad. (b) B_p ajustado a la unidad
Figura 2. Comportamiento no lineal del diodo de Chua.

Obtención del modelo matemático con valores comerciales de los componentes electrónicos

Para obtener la simulación numérica a partir del circuito electrónico, se debe obtener el valor de las pendientes negativas m_0 y m_1 del diodo de Chua. El valor de la pendiente negativa m_0 se puede obtener mediante la ecuación (7), teniendo un valor $m_0 = -786.3305u$. El valor de la pendiente negativa m_1 se puede obtener mediante la ecuación (8), teniendo un valor $m_1 = -409.0909u$.

Los valores normalizados, M_0 y M_1 , de las pendientes negativas m_0 y m_1 respectivamente, se obtienen mediante las ecuaciones (14) y (15), dando como resultado $M_0 = -1.1795$ y $M_1 = -0.6136$.

Los datos que faltan son los parámetros α y β pertenecientes al modelo numérico del circuito de Chua. Aplicando la ecuación (16), $\alpha = 15$, mientras $\beta = 24.1071$ con base en la ecuación (17).

En la Figura 4 se observa la comparación entre las señales caóticas obtenidas a partir de la simulación numérica, con sus respectivas variables normalizadas, y de la simulación electrónica en términos de voltaje. La amplitud pico-pico tanto para la variable x (véase la Figura 3a), como para el voltaje v_1 (véase la Figura 3b), es de 2.24 y se observa que el comportamiento caótico es similar. Para la variable normalizada y , Figura 3c, y el voltaje v_2 , Figura 3d, la amplitud pico-pico es de $800mv$, ambas señales caóticas inician en cero y se observa que el comportamiento caótico es similar. Por último, la amplitud pico-pico tanto para la variable normalizada z , Figura 3e, y su correspondiente voltaje en el inductor v_L , Figura 3f, es de $7v$. También se observa la correspondencia entre su comportamiento caótico. La Figura 4 se muestran las proyecciones bidimensionales.

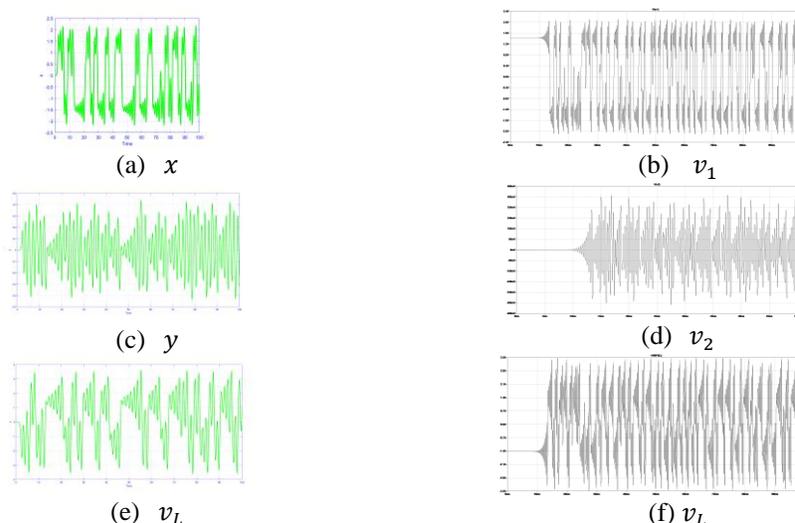


Figura 3. Señales caóticas obtenidas a partir de las simulaciones electrónica y numérica.

La proyección bidimensional sobre el plano $x - y$ presenta una amplitud pico-pico, en la escala de la variable y , de $840mv$, mientras que la amplitud correspondiente en la escala de x es de $2.24v$ (véase la Figura 4a). Dichos valores corresponden con la proyección bidimensional electrónica v_1 vs v_2 , mostrada en la Figura 4b. Las proyecciones bidimensionales $x - z$ (Figura 4c) y v_1 vs v_L (Figura 4d) muestran una amplitud pico-pico en la escala del voltaje en el inductor v_L y su correspondiente variable normalizada z de $7v$, mientras que en la escala del voltaje v_1 y su respectiva variable normalizada x presenta una amplitud pico-pico de $2.24v$. Por último, la proyección bidimensional sobre el plano $y - z$ (Figura 4e) con su correspondiente plano v_2 vs v_L (véase la Figura 4f), presentan una amplitud pico-pico en la escala del voltaje v_2 y su correspondiente variable y de $830mv$, mientras que la amplitud pico-pico para la escala correspondiente al voltaje v_L y su correspondiente variable z es de $7v$.

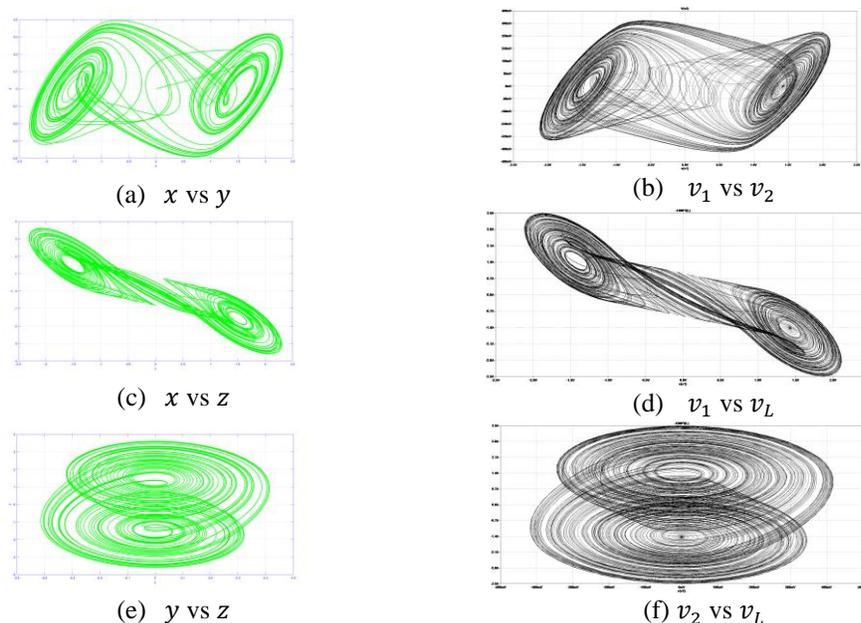


Figura 4. Comparación entre las proyecciones bidimensionales.

Trayectoria en el espacio de fase

La ventaja característica del modelo normalizado radica en que facilita la observación del comportamiento originado por los atractores caóticos en el espacio de fase sobre los ejes $x - y - z$. Dicha proyección en el espacio de fase obtenida se muestra en la Figura 5.

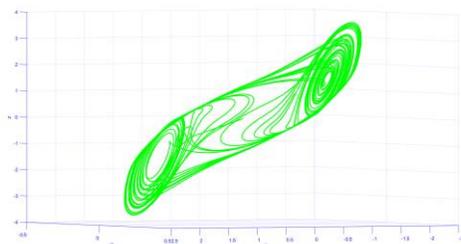


Figura 5. Proyección sobre el espacio de fase.

Conclusiones

Se ha implementado el modelo matemático del circuito de Chua en la herramienta de trabajo Simulink mediante diagrama de bloques en el software Matlab para la observación de los fenómenos caóticos presentes en el oscilador de Chua. Se complementa el modelo matemático con su interpretación física mediante la propuesta de su correspondiente circuito electrónico en el software de simulación LTspice. Así seleccionamos un circuito electrónico comercial listo para su ejecución futura.

Es posible ajustar al valor deseado el punto de ruptura B_p (lo más cercano a la unidad) modificando el valor del resistor R_6 presente en el diodo de Chua, con la finalidad de que los cálculos se realicen con la mayor exactitud posible para su ya antes mencionada implementación física. También, con el valor de los resistores presentes en el diodo de Chua, es posible obtener el valor de las pendientes negativas m_0 y m_1 que representan su comportamiento y dan paso a la correspondencia entre el modelo numérico y el modelo electrónico observando su comportamiento caótico.

Se verificó la coincidencia entre el modelo numérico y el modelo electrónico mediante la comparación de sus proyecciones bidimensionales, corroborando que su amplitud sobre ambos ejes de cada proyección bidimensional sea la misma. Con base en la correspondencia entre ambos modelos, se concluye que, con valores comerciales para los componentes electrónicos, es posible su implementación física y la observación y análisis de las señales caóticas medibles en su proyección tridimensional sobre el espacio de fase reconstruido.

Referencias

- Alligood, K. T., Sauer, T. D., Yorke, J. A., y Chillingworth, D. (1998). Chaos: an introduction to dynamical systems. *SIAM Review*, 40(3), 732-732.
- Pospíšil, J., Kolka, Z., Horská, J., y Brzobohatý, J. (2000). Simplest ODE equivalents of Chua's equations. *International Journal of Bifurcation and Chaos*, 10(01), 1-23.
- Vázquez, A. Z., y Domínguez, F. V. C. (2008). Diversas rutas al caos en el circuito de Chua. *Investigación Universitaria Multidisciplinaria: Revista de Investigación de la Universidad Simón Bolívar*, (7), 10.
- Kennedy, M. P. (1992). Robust op amp realization of Chua's circuit. *Frequenz*, 46(3-4), 66-80.
- Campos-Cantón, I., Gómez, A., Delgadillo Vargas, M., y Aguilera, F. (2016). Chua's circuit from the linear system perspective. *Revista mexicana de física E*, 62(2), 80-85.
- Montalvo, R. A., y Rivera, P. H. (2016). Experimentando el circuito de Chua. *Revista de investigación de física*, 19(2).
- Rivera, J. H., Duque, E., y Avendaño, L. E. (2004). Síntesis de redes no lineales: el oscilador de chua. *Scientia et technica*, 10(24), 103-106.
- Conde, G., y Ramírez, G. M. (2007). Estudio de dos circuitos caóticos. *Revista Boliviana de Física*, 13(13), 58-74.
- Alcalá Martínez, M. B., y Ángeles García, F. (2013). Circuito de CHUA en la sincronización de los sistemas caóticos.
- Ramírez Ávila, G. M., y Gallas, J. A. C. (2008). Estructura del espacio de parametros para las ecuaciones del circuito de Chua. *Revista Boliviana de Física*, 14(14), 1-9.
- Aissi, C., y Kazakos, D. (2006, July). A review of chaotic circuits, simulation and implementation. In *Proceeding of the 10th WSEAS International Conference on Circuits*, Vouliagmeni, Athens, Greece (pp. 125-131).
- Kennedy, M. P. (1995). Experimental chaos from autonomous electronic circuits. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series A: Physical and Engineering Sciences*, 353(1701), 13-32
- S. D. I. Científica et al., "SÍNTESIS DE REDES NO LINEALES: EL OSCILADOR DE CHUA" *Scientia*, 2004

Sistema de Clasificación de Inventarios mediante una Herramienta de Análisis Multicriterio

Ing. Jorge Alberto Hernández Félix¹

Resumen—La gestión de inventarios es uno de los componentes más importantes en la administración de la cadena de suministro. Existen bases científicas que demuestran que los inventarios juegan un papel determinante en la rentabilidad de los negocios al representar una parte importante del capital financiero de las empresas. El presente trabajo consiste en examinar distintas herramientas de clasificación y control de inventarios que ayudan a mejorar el desempeño de inventarios en la cadena de suministro. Se hace una propuesta alternativa a estos métodos mediante una herramienta de toma de decisión multicriterio para atributos múltiples denominada TOPSIS en el cual se evalúan múltiples criterios para clasificar inventarios. Se hace una evaluación en un caso de estudio de una empresa del giro industrial.

Palabras clave—Inventarios, clasificación de inventarios, políticas de inventario.

Introducción

En los últimos años las cadenas de suministro han enfrentado una serie de disrupciones derivadas principalmente por la pandemia COVID-19 y otros temas geopolíticos lo cual ha precipitado una crisis económica global. Esto ha ocasionado cambios importantes en la industria y ha permeado en el equilibrio entre la oferta y demanda trayendo consigo la escasez de componentes y materias primas esenciales para la producción. En este sentido, las empresas han tenido que implementar estrategias para adaptarse rápidamente a estos cambios y poder mantenerse competitivas. Una de las mayores preocupaciones de las empresas es el manejo de inventarios ya que estos representan una parte importante de los activos financieros de la compañía, por lo que una mala administración deficiente pudiera poner en riesgo la rentabilidad y flujo de efectivo del negocio. En el presente trabajo se hace una extensa revisión de literatura sobre los métodos y técnicas para mejorar el control de inventarios y se propone una metodología para clasificar y seleccionar métodos para el control de inventarios.

Descripción del problema

En la actualidad las empresas enfrentan un enorme reto para mantenerse competitivas, por un lado, se enfrentan a una crisis económica global donde los mercados se encuentran en constante cambio y evolución lo cual genera incertidumbre en los patrones de oferta y demanda. Por otro lado, los consumidores exigen mayor agilidad en cuanto al servicio y las entregas por parte de sus proveedores por lo que las empresas buscan incrementar sus inventarios para hacer frente a las disrupciones en el mercado y para mantener un nivel de servicio adecuado para sus clientes. Sin embargo, si el inventario no se administra de forma efectiva pudiera poner en riesgo la rentabilidad del negocio al ser parte importante de los activos y el flujo de efectivo de la empresa. Las empresas hoy en día cuentan con miles o millones de números de parte, por lo que el administrar todas las partes de forma individual se vuelve una tarea ineficiente y costosa.

Justificación

Chapman et al. (2008) presenta que entre el 20% y 60% del valor de activos de una compañía se encuentra en inventarios. Por tanto, es de suma importancia que las empresas adapten sistemas que ayuden con el control de inventarios. La clasificación de inventarios mediante técnicas de decisión multicriterio ayuda a clasificar los inventarios de acuerdo con características particulares de cada producto. Es importante que las empresas adapten herramientas de clasificación para productos que tienen características similares de forma que estos se puedan agrupar y se puedan aplicar políticas de inventario que vayan acorde a estas características y por tanto, se simplifique la toma de decisiones para el control de inventarios. Los métodos clásicos de clasificación de inventarios generalmente evalúan una característica particular del producto por lo que en muchos de los casos es necesario combinar estas técnicas. Este trabajo presenta una propuesta mediante una herramienta de análisis multicriterio (TOPSIS) que considera múltiples atributos o características para efectuar la clasificación.

¹ El Ing. Jorge Alberto Hernández Félix es Ingeniero Industrial por el Instituto Tecnológico de Los Mochis y estudiante de la Maestría en logística y cadena de suministro en la Universidad Autónoma de Nuevo León. jorge_ahf2@hotmail.com (autor corresponsal)

Antecedentes

Inventarios en la cadena de suministro

Ballou (2004) describe a los inventarios como materias primas, provisiones, componentes, trabajo en proceso y productos terminados que aparecen en numerosos puntos a lo largo de la cadena productiva y del proceso logístico de una empresa. Existen diversas razones por las cuales es necesario contar con inventarios a lo largo de una cadena de suministro, tales como: 1. Mejorar el servicio a los clientes, 2. Generar economías de escala comprando grandes volúmenes de producto, 3. Incertidumbre de la demanda.

Clasificación de los inventarios

En la literatura, existen técnicas y métodos de clasificación de inventarios que ayudan a mejorar la administración del inventario. En el cuadro 1 podemos observar algunas de estas técnicas, así como sus principales usos prácticos. Es importante señalar que cada una de estas técnicas evalúa un aspecto particular de las características del producto.

| Técnica | Base | Uso principal |
|---------|---|--|
| ABC | Valor de la concepción | Para controlar los inventarios de materias primas, componentes y productos en proceso en el curso normal del negocio |
| HML | Precio unitario del material | Principalmente para controlar las compras |
| XYZ | Valor de los artículos almacenados | Revisar los inventarios y sus usos a intervalos programados |
| VED | Criticidad del componente | Determinar los niveles de existencias de repuestos |
| FSN | Patrón de consumo de los Componentes | Para controlar la obsolescencia |
| SDE | Problemas que se enfrentan en la compra | Análisis de tiempo de entrega y estrategias de compra |
| GOLF | Fuente de material | Estrategias de compras |
| SOS | Naturaleza de los suministros | Estrategias de adquisición/retención para artículos de temporada como productos agrícolas. |

Cuadro 1. Métodos de clasificación de inventarios.

Fuente: (Bose, 2006)

Análisis de decisión multicriterio

El análisis de decisión multicriterio (MCDM) contempla métodos que ayudan en la toma de decisiones de forma sistemática y ordenada. Este tipo de análisis se utiliza cuando se presentan alternativas con múltiples criterios y problemas donde es necesario determinar pesos a los criterios, orden de preferencia o cuando hay conflictos entre los criterios.

Tzeng y Huang (2011) clasifican a los problemas MCDM en dos categorías principales: 1. Toma de decisiones de múltiples atributos (MADM) y 2. Toma de decisiones con múltiples objetivos (MODM)

Este trabajo de investigación se centra en los métodos MADM ya que el problema que se presenta está relacionado con la selección de múltiples criterios. La figura 1 muestra los distintos métodos MADM encontrados en la literatura.

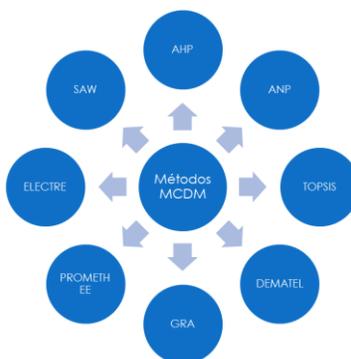


Figura 1. Métodos de toma de decisión de múltiples atributos.

Fuente: Elaboración propia

La mayoría de los métodos de toma de decisión de múltiples atributos poseen un alto nivel de precisión y pudiera ser utilizado para el desarrollo de esta investigación. Sin embargo, no existe un método que sea mejor sobre otro ya que esto depende de múltiples factores. Widianta et al. (2018), hace una comparación de los métodos de toma de decisión de múltiples atributos resultando el método TOPSIS como una de las herramientas de mayor precisión.

Metodología

La administración correcta de los inventarios ofrece una forma eficaz para mejorar el desempeño de la cadena de suministro. Para lograr esto, es necesario establecer sistemas de control de inventario adecuados que consideren las características particulares de cada producto.

Recopilación de información

El primer paso de la investigación consiste en recopilar información mediante una encuesta aplicada a 30 expertos afines al área de logística en el cual se evalúan ocho criterios para la clasificación de inventarios y los cuales están relacionados a las técnicas recopiladas en el cuadro 1. Posteriormente, se califican dichos criterios en una escala de 1 al 5, donde 1 es “muy poco relevante” y 5 es “muy relevante” con el objetivo de obtener una jerarquización para ponderar los criterios. Los criterios evaluados son los siguientes: 1. Valor del inventario, 2. Precio unitario del material, 3. Variabilidad de demanda, 4. Criticidad del componente en la operación, 5. Frecuencia de demanda, 6. Disponibilidad de Suministro, 7. Fuente de suministro del componente y 8. Criticidad de suministro del componente. El siguiente paso consiste en obtener la información pertinente para la empresa objeto de estudio.

Clasificación de inventarios

Se lleva a cabo una clasificación multicriterio por medio de la utilización de la herramienta TOPSIS (Técnica de preferencias ordenadas por similitud a una solución ideal al considerarse como una de las herramientas que ofrece mejores resultados dentro de los métodos MADM. El método TOPSIS se aplica tomando como base la metodología propuesta por Tzeng y Huang (2011). La figura 2 proporciona un resumen de estos pasos.

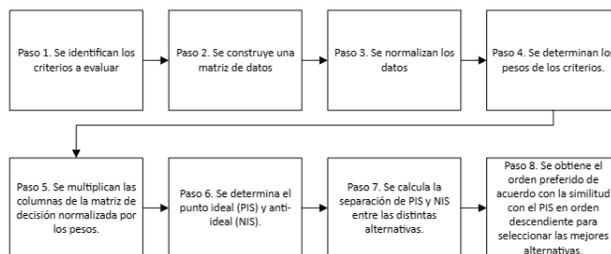


Figura 2. Método TOPSIS adaptado de Tzeng y Huang (2011).
Fuente: Elaboración propia.

Una vez concluido el método TOPSIS se lleva a cabo una agrupación de acuerdo con la jerarquización obtenida, donde el primer 20% de artículos se considera dentro del grupo 1 los cuales serían los de mayor importancia, el 30% siguiente dentro del grupo 2 serían de importancia media y el 50% restante correspondiente al grupo 3 sería de importancia baja.

Análisis y Resultados

Resultados obtenidos en la fase de recopilación de información

Los resultados obtenidos en la encuesta para la jerarquización de los inventarios muestran al valor del inventario con 126 puntos, seguido por la variabilidad de demanda con 123 puntos, frecuencia de demanda con 111 puntos, criticidad del componente en la operación con 106 puntos, precio unitario del artículo con 103 puntos, criticidad de suministro del componente con 96 puntos, disponibilidad de suministro del componente con 87 puntos y por último la fuente de suministro con 85 puntos.

Resultados obtenidos en la fase de clasificación de inventarios

En este capítulo se presentan los resultados obtenidos de acuerdo con la metodología propuesta utilizando como objeto de estudio una empresa del sector automotriz. La investigación se enfoca únicamente en las materias primas que utiliza la planta de manufactura dentro de su proceso de aprovisionamiento. La empresa cuenta con 939

números de parte los cuales obtiene de diversos proveedores locales, nacionales y extranjeros. En el cuadro 2 se muestran los resultados obtenidos para cada artículo.

| Grupo | Cantidad de Productos | Inventario(\$/USD) |
|-------|-----------------------|--------------------|
| 1 | 188 | \$48,396,947.03 |
| 2 | 282 | \$8,654,048.11 |
| 3 | 470 | \$9,076,892.55 |

Cuadro 2. Grupos de clasificación de inventarios.
Fuente: Elaboración propia

En este sentido, para el conjunto de artículos del grupo 1 es recomendable se apliquen políticas estrictas de control de inventarios al ser partes que se consideran de alta importancia estratégica para la empresa. Es importante que se haga el monitoreo de forma puntual y precisa de los inventarios, contar con inventarios de seguridad con un alto nivel de servicio y tener una base de proveedores confiables e incluso se recomienda tener más de una fuente de proveeduría y localizar proveedores cercanas al sitio de utilización. En cuanto al conjunto de artículos del grupo 2 se recomienda tener un control medio de los inventarios pudiendo aplicar políticas flexibles de acuerdo con las necesidades del negocio. Por último, el conjunto de artículos del grupo 3 son considerados de prioridad baja por lo que se recomienda utilizar la menor cantidad de recursos para establecer controles administrativos.

Conclusiones

Como se ha descrito anteriormente, en la literatura existe una amplia cantidad de técnicas y métodos que ayudan a mejorar el control de inventarios. Sin embargo, es importante resaltar que no existe una técnica “única” o un método “único” que se pueda aplicar para todos los casos. Es por esto por lo que es importante entender la configuración y necesidades particulares del negocio, así como las características del producto que se está manejando o sobre el cual se van a establecer dichas políticas de inventarios.

La utilización de herramientas de análisis multicriterio para realizar la clasificación de inventarios resulta ser sencilla y fácil de aplicar. Además, la metodología aquí presentada tiene una amplia flexibilidad de adaptación en caso de requerirse adoptar nuevos criterios.

Por lo tanto, podemos concluir que el estudio aquí realizado puede ayudar a las compañías a mejorar la toma de decisiones para la clasificación de inventarios.

Referencias

- Ballou, R. (2004). Business Logistics/supply Chain Management: Planning, Organizing, and Controlling the Supply Chain. Pearson Prentice Hall, New Jersey, 5ª edición.
- Bose, C. (2006). Inventory Management. Prentice Hall of India Private Limited, 1ª edición.
- Brunaud, B., Laínez-Aguirre, J. M., Pinto, J. M., & Grossmann, I. E. (2019). Inventory policies and safety stock optimization for supply chain planning. *AIChE Journal*, 65(1):99–112.
- Chapman, S., Arnold, T., Gatewood, A., y Clive, L. (2008). Introduction to Materials Management. Pearson Prentice Hall, USA, 6ª edición.
- Chopra, S. & Meindl, P. (2013). Supply chain management strategy, planning and operation. Pearson Education, 5ª edición.
- Danese, P. & Bortolotti, T. (2014). Supply chain integration patterns and operational performance: a plant-level survey-based analysis. *International Journal of Production Research*, 52(23):7062–7083.
- Harold, L., Murray, T., & Olaf, H. (1975). The delphi method. Addison-Wesley Reading, MA.
- Hausman, W. (2004). Supply chain performance metrics. the practice of supply chain management: Where theory and application converge. *International Series in Operations Research Management Science*, 62:61–73.
- Karthick, M., Karthikeyan, S., & Pravin, M. (2014). A model for managing and controlling the inventory of stores items based on abc analysis. *Global Journal of Research in Engineering*, 14:1–6.
- Kilonzo, J., Memba, S., & Njeru, A. (2016). Effect of inventory management on financial performance of firms funded by government venture capital in kenya. *European Journal of Business and Management*, 8(5):35–41.

Korponai, J., Ágota Bányainé Tóth, & Illés, B. (2017). Effect of the safety stock on the probability of occurrence of the stock shortage. *Procedia Engineering*, 182:335–341.

Radasanu, A. (2016). Inventory management, service level and safety stock. *Journal of Public Administration*, 9(9):145–153.

Sakakibara, S., Flynn, B., Schroeder, R., & Morris, W. (1997). The impact of just in-time manufacturing and its infrastructure on manufacturing performance. *Management Science*, 43(9).

Tzeng, G. & Huang, J. (2011). *Multiple Attribute Decision Making: Methods and Applications*. Chapman and Hall/CRC, 1ª edición.

Widianta, M. M. D., Rizaldi, T., Setyohadi, D. P. S., & Riskiawan, H. Y. (2018). Comparison of multi-criteria decision support methods (ahp, topsis, saw amp; promenthee) for employee placement. *Journal of Physics: Conference Series*, 953(1):012116.

Notas Biográficas

El **Ing. Jorge Alberto Hernández Félix** es Ingeniero Industrial por el Instituto Tecnológico de Los Mochis. Es aspirante al grado de maestro por la Universidad Autónoma de Nuevo León en la Maestría en logística y cadena de suministro. Ha ocupado distintos puestos en el sector industrial desempeñándose principalmente en los departamentos de compras, producción y planeación. Actualmente labora como analista de cadena de suministros en una importante empresa del sector automotriz.

Apéndice

Cuestionario utilizado en la investigación

1. ¿Cuántos años de experiencia profesional tiene?
2. ¿Cuántos años lleva ocupando el cargo en su posición actual?
3. ¿Tiene o ha tenido relación con alguna de las siguientes áreas? (Inventarios, logística, transporte, compras, almacenes, producción, materiales, distribución)?
4. ¿Cuál es su nivel de educación?
5. Por favor, seleccione el tipo de industria en el cual se encuentra laborando:
6. ¿La empresa donde labora cuenta con métodos de clasificación de inventarios?
7. ¿Considera que su empresa mantiene un sistema de clasificación apropiado para gestionar de forma efectiva sus inventarios? (Ejemplos: Clasificación ABC, XYZ, etc.)
8. En una escala del 1 al 5 donde 1 es "Muy poco relevante" y 5 "Muy relevante". ¿Qué tan importante considera los siguientes criterios para clasificar los inventarios?

Efectos del Hidrocarburo Ilegal en la Germinación de la Cebada (*Hordeum vulgare* L.)

Ing. Ana Laura Hernández Méndez¹, Dr. Juan Capulín Grande², Dra. Juana Lira Pérez³, Dr. José Justo Mateo Sánchez⁴, Dra. Ma. Isabel Reyes Santamaria⁵, Dr. Alfonso Suárez Islas⁶

Resumen—El bioensayo comparó el comportamiento de las semillas en diluciones de hidrocarburo ilegal durante un periodo de 10 días, con el objetivo de evaluar las alteraciones que provoca el contaminante, considerando una germinación exitosa con la formación de una radícula y plúmula bien definida, el análisis se realizó mediante un análisis estadístico de prueba de medias en el programa SAS, observando un 100 % de germinación a los cinco días en la dilución de hidrocarburo ilegal a 10 ppm, superando el efecto del microorganismo estimulante (hongo *Trichoderma spp.*), lo que nos permite interpretar que la especie podría metabolizar el contaminante en exposiciones agudas, pero en exposiciones crónicas, impide la germinación, inhibiendo uno de los procesos fundamentales en el ciclo de la vida.

Palabras clave—Hidrocarburo ilegal, *Hordeum vulgare*, Germinación, Biorremediación, Fitorremediación.

Introducción

El proceso de germinación en general, se divide en tres fases e inicia cuando la semilla se hidrata en un medio acuoso, también llamada fase I o imbibición, posteriormente, comienza la fase II con un periodo de rezago en donde las semillas latentes tienen un metabolismo activo y finalmente, la fase III con actividad metabólica y movimiento de las reservas almacenadas, si algún factor ambiental interviene fuera de los parámetros en alguna de las fases, la semilla queda latente o quiescente (Moreno-Casasola, P., 1996).

Proceso transcendental, pues en la descontaminación de suelos las plantas terrestres son las más empleadas en los casos de fitorremediación y son una alternativa para tratar superficies grandes, contaminadas por compuestos orgánicos (Cruz, et al., 2012). Pero la germinación de las semillas depende de su fisiología y el medio ambiente donde tiene que establecerse, por lo tanto, estas variables influyen en el metabolismo y crecimiento de la planta. Las semillas constan de una cubierta llamada testa, material de almacenamiento y un embrión. En cuanto a su composición química los parámetros son variables y dependen de la especie, en *Hordeum vulgare* el porcentaje en peso seco de proteínas es 12 %, lípidos 3 %, carbohidratos 76 % y se localizan en el endospermo como reservas (Moreno-Casasola, P., 1996).

Una prueba para determinar el límite tolerable de exposición que puede penetrar en un organismo, es a través del estudio dosis-respuesta, en toxicología ambiental las exposiciones se clasifican con base al tiempo de exposición, la crónica son una exposición entre el 10 al 100 % del periodo de vida, la subcrónica son exposiciones menores al 10 % del ciclo de vida y la aguda es una exposición de un solo evento, como un día o menos (Peña et al., 2007).

La tolerancia se debe a que la planta puede metabolizar los compuestos orgánicos y fundamentalmente, las técnicas de biorremediación reciclan materiales orgánicos separado iones inorgánicos, pero para que ocurra este proceso, se requiere; que la concentración de oxígeno residual sea 1 ppm o superior en procesos aeróbicos, que estén presentes nutrientes inorgánicos esenciales y que el microorganismo este en contacto con los contaminantes (Castillo et al., 2005).

En este caso, el contaminante es un petrolífero producto de la extracción ilícita y venta clandestina, que proviene de la refinación del petróleo, por lo tanto, con base a su composición de origen se clasifica como una sustancia inflamable y tóxica que en la última década provocó emergencias ambientales en diferentes estados de la República mexicana, contaminando suelos agrícolas y forestales con parámetros tóxicos que infieren en la salud humana, así como en el medioambiente (PEMEX, 2018), razón por la que se estudia, pues se ha empleado como especie fitorremediadora de hidrocarburos totales de petróleo (Espinoza, 2021) y herbicidas (Arrarte et al., 2020).

¹Ing. Ana Laura Hernández Méndez, estudiante de Maestría en Ciencia Tecnología Agrícola y Forestal Sustentable, he147792@uaeh.edu.mx (Autor correspondiente).

²Dr. Juan Capulín Grande académico de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México, juan_capulin3562@uaeh.edu.mx

³Dra. Juana Lira Pérez profesora e investigadora del CINVESTAV, en ciudad de México, juanis_lira@hotmail.com

⁴Dr. José Justo Mateo Sánchez, profesor de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México, jose_mateo5605@uaeh.edu.mx

⁵Dra. Ma. Isabel Reyes Santamaria, profesora investigadora de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México, maisabel_reyes5598@uaeh.edu.mx

⁶Dr. Alfonso Suárez Islas profesor y coordinador en la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México, alfonso_suarez5294@uaeh.edu.mx

Metodología

Procedimiento

Con la finalidad de evaluar los efectos del hidrocarburo ilegal en la germinación de *Hordeum vulgare L.*, se diseñó un bioensayo por 10 días, con siete condiciones diferentes, incluidos: el control absoluto (agua), el control negativo (hidrocarburo ilegal puro) y el control positivo (*Trichoderma spp.*).

Inicialmente, se prepararon charolas de plástico con tapa de dimensiones de 13.5 cm x 15.5 cm, con un fondo de papel filtro de poro mediano, en las cuales, se colocaron diez semillas de cebada, escarificadas en agua (24 horas antes), posteriormente, se plantaron en las charolas con una distribución a marco real como un espacio de 2 cm entre cada semilla, consecutivamente, se prepararon las diluciones sobre un litro de agua potable con 5 y 10 partes por millón (ppm), para así humedecer las charolas con las siete disoluciones, es importante mencionar que finalmente, las charolas se mantuvieron en oscuridad a temperatura ambiente.

Los tratamientos se monitorearon diario para contrastar el porcentaje de germinación, al décimo día, se midió la longitud de raíz y la altura de plúmula con un vernier eléctrico, así como la biomasa, la cual se pesó en una báscula analítica (Marín, 2020). Para concluir, se realizó un análisis estadístico, con una prueba de medias de las muestras (10 semillas), en Analytics Software & Solutions (SAS), para contrastar las diferencias significativas entre las variables respuestas (Marín Vázquez, C. L., 2020).

Resultados

En la valoración de los efectos del hidrocarburo ilegal en el proceso de germinación de *Hordeum vulgare*, se dio una temperatura promedio de 22.9 °C y a las 72 horas se reconocieron las primeras evidencias de germinación con una radícula definida e incluso, pelos absorbentes,

La tasa de germinación nos indica un rango ascendente, verificando la capacidad que tiene la especie de tolerar el hidrocarburo ilegal en el inicio de la etapa vegetativa, consiguiendo un 100 % de germinación a los 10 días lo que representa un 7.5 % de los 132 días de su ciclo biológico, con una radícula y plúmula bien definida bajo la condición dilución de hidrocarburo ilegal a 10 ppm, superior en un 20 %, el efecto del bioestimulante *Trichoderma spp.*

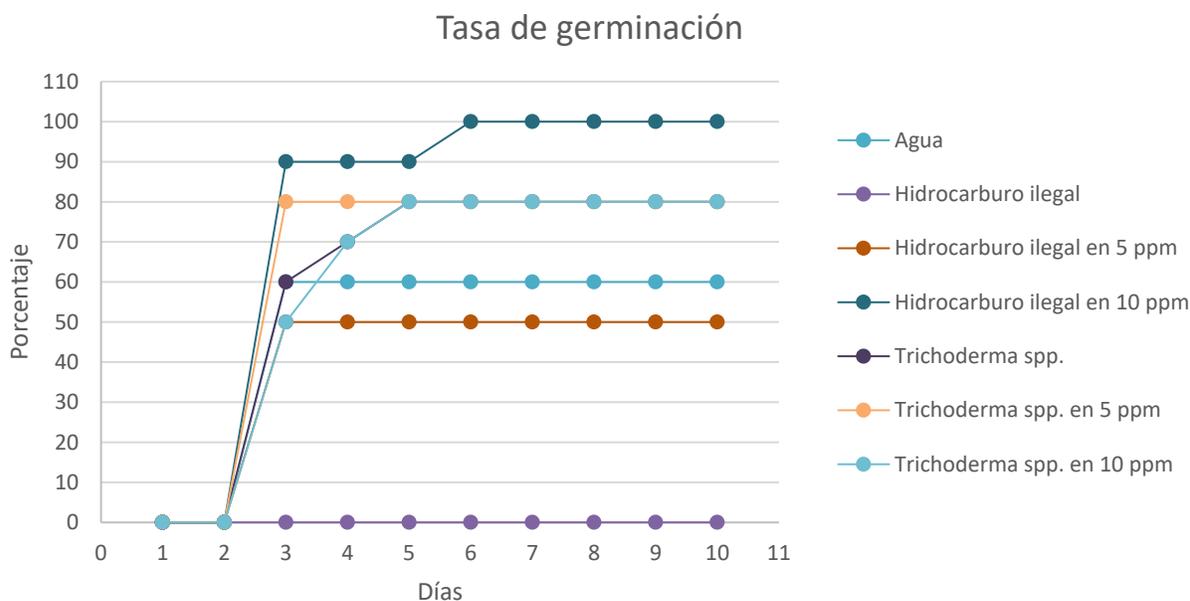


Figura 1. Porcentaje de germinación de la cebada (*Hordeum vulgare*) en diluciones contaminadas con hidrocarburo ilegal.

Análisis

Otras variables respuestas consideradas en el proceso de germinación fueron; longitud de raíz, altura de plúmula y biomasa, que se analizaron con una prueba de Duncan, lo que nos permitió interpretar un mayor desarrollo en los ambientes con diluciones de hidrocarburo ilegal y bioestimulante (*Trichoderma spp.*) en comparación con el control absoluto.

También, se puede interpretar en el Cuadro 1., que no existe diferencias en las demás condiciones, ya que la longitud de la radícula, la altura de la plúmula y la biomasa son estadísticamente parecidas, es decir las letras iguales no tienen diferencias significativas, excepto con el control negativo, dejando quiescentes las semillas y un 0 % de germinación.

| TRATAMIENTO | GERMINACIÓN (%) | LONGITUD DE RADÍCULA | | | ALTURA DE PLÚMULA | | | BIOMASA | | |
|--|-----------------|----------------------|----------|--------|-------------------|----------|--------|--------------|----------|--------|
| | | M (mm) | σ | DUNCAN | M (mm) | σ | DUNCAN | M (μ g) | σ | DUNCAN |
| 1. Agua (Control absoluto) | 60 | 5.6 | 6.13 | BC | 9.05 | 8.81 | DC | 0.08 | 0.07 | B |
| 2. Hidrocarburo ilegal (Control negativo) | 0 | 0 | 0 | C | 0 | 0 | D | 0 | 0 | C |
| 3. Hidrocarburo ilegal en 5 ppm (7 μ L) | 50 | 12.37 | 13.67 | BA | 25.71 | 27.75 | BA | 0.10 | 0.11 | BA |
| 4. Hidrocarburo ilegal en 10 ppm (14 μ L) | 100 | 26.68 | 5.26 | A | 28.86 | 11.17 | A | 0.15 | 0.02 | A |
| 5. <i>Trichoderma spp.</i> (1.87 g) (Control positivo) | 80 | 9.96 | 5.78 | B | 20.57 | 11.92 | BAC | 0.10 | 0.06 | BA |
| 6. <i>Trichoderma spp.</i> en 5 ppm (0.005 μ g) | 50 | 8.23 | 8.74 | B | 12.80 | 13.78 | BDC | 0.08 | 0.08 | B |
| 7. <i>Trichoderma spp.</i> en 10 ppm (0.010 μ g) | 80 | 13.24 | 7.88 | BA | 23.20 | 13.11 | BA | 0.12 | 0.07 | BA |

Cuadro 1. Resultados obtenidos en el bioensayo a los 10 días, las letras diferentes indican diferencia significativa ($p < 0.05$).

Conclusiones

Los efectos que provoca el hidrocarburo ilegal en la germinación de la cebada forrajera (*Hordeum vulgare L.*) son estimulante e inhibitorio, dependiendo únicamente de la cantidad de contaminante a la que se exponen las semillas, revelando que es una sustancia peligrosa, también, la planta muestra su tolerancia al contaminante y que en definitiva, se podría utilizar en las técnicas finales de la biorremediación, específicamente, en los procesos de fitorremediación.

Limitaciones

Considerar el equipo e insumos para hacer análisis de la biomasa para determinar si los contaminantes fueron mineralizados o acumulados en alguna estructura de la planta.

Recomendaciones

El tiempo de estudio se tiene que considerar para observar si el ciclo biológico se cumple en tiempo y forma.

Referencias

Arrarte Cano, N y Viche Vila, N. (2020). Avena negra (*Avena strigosa*) y cebada forrajera (*Hordeum vulgare*) como potenciales especies fitorremediadoras de herbicidas. Tesis de licenciatura. Universidad de la República (Uruguay). Facultad de agronomía.

Cruz, M. G. Z., y Espinosa, E. E. (2012). Sorción de hidrocarburos en raíces de plantas fitorremediadoras. *Kuxulkab'*, 18 (35), pp. <https://doi.org/10.19136/kuxulkab.a18n35.253>.

Espinoza Estrella, E. M. (2021). Efecto del vermicompost en la biomasa de *Hordeum vulgare L.* (cebada) cultivado en un suelo contaminado con hidrocarburos de un taller mecánico-Chilca, 2019. Tesis de licenciatura. Universidad Continental (Huancayo). Ingeniería ambiental.

Marín Vázquez, C. L. (2020). Risorremediación de suelos agrícolas contaminados con diésel de la zona de Acatzingo, Puebla. Tesis de licenciatura. Benemérita Universidad de Puebla. Ingeniería ambiental.

Martínez Sepúlveda, J. A., Sánchez Yáñez, J. M., Volke Sepúlveda, T., Vallejo Quintero, V. E., Pérez Junco, L. M., Duarte Bautista, P. A., ... & Reinaldo Casallas, M. (2021). Remediación de suelos contaminados: fundamentos y casos de estudio. <https://doi.org/10.21158/9789587566116>. (Descargado: 25 de abril del 2022).

Moreno-Casasola, P. (1996). Vida y obra de granos y semillas. La ciencia para todos. Segunda edición.

Mukherjee, PK, Horwitz, BA, Singh, EE. UU., Mala Mukherjee, MM y Schmoll, M. (2013). *Trichoderma*: biology and applications. CABI.

Peña, C. E. C., & Ayala-Fierro, D. E. (2007). Toxicología ambiental: evaluación de riesgos y restauración ambiental. The University of Arizona.

PROFEPA, (2019). Gobierno de México. Estudio de los suelos realizado por PROFEPA determina altos niveles de contaminación y daños irreversibles en Tlahuelilpan, Hidalgo. (Online). Consultado: 11/febrero/2023. Disponible: < <https://www.gob.mx/profepa/prensa/estudio-de-suelo-realizado-por-profepa-determina-altos-niveles-de-contaminacion-y-danos-irreversibles-en-tlahuelilpan-hidalgo>>.

Puente, F., Torras Ortiz, S., & Téllez Gutiérrez, R. (2004). Medidas de mitigación para uso de suelos contaminados por derrames de hidrocarburos en infraestructura de transporte terrestre. *Publicación técnica*, (257). (Online). Consultado: 10/febrero/2023. Disponible: < <http://www.imt.mx/archivos/Publicaciones/PublicaciónTecnica/pt257.pdf>>.

Suárez, D., & Melgarejo, L. M. (2010). Biología y germinación de semillas. Experimentos en fisiología vegetal. Universidad nacional de Colombia. Departamento de Biología.

Méndez-Natera, J. R., Roque, C., Zapata, K., & Otabola-Gómez, V. (2004). Efecto de la concentración y tiempo de contaminación de un suelo por petróleo en la germinación de semillas de maíz (*Zea mays* L.) cv. Himeca 95. *Revista Científica UDO Agrícola*. Vol. 4, 66-71 pp.

Notas Biográficas

La **Ing. Ana Laura Hernández Méndez** es estudiante de la Maestría en Ciencia Tecnología Agrícola y Forestal Sustentable de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México, tiene formación profesional en el manejo de recursos forestales y cuenta con experiencia en supervisión ambiental en vías de comunicación.

El **Dr. Juan Capulín Grande** es profesor e investigador en la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, especializado en edafología con énfasis en fertilidad del suelo y nutrición vegetal en Colegio de Postgraduados.

La **Dra. Juana Lira Pérez** es académica e investigadora egresada del tecnológico de estudios superiores de Ecatepec, como ingeniera en bioquímica con especialidad en alimentos. Posteriormente realizó su maestría en Ing. Bioquímica con especialidad en biotecnología. También, realizó su doctorado en el Centro de Investigación y Estudios Avanzados del IPN en la especialidad de biotecnología. Tiene experiencia en la manipulación y aplicación de microorganismos para la remoción de diversos contaminantes.

El **Dr. José Justo Mateo Sánchez** es académico en la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo en la producción de planta en vivero y restauración forestal, tiene publicaciones en temas como: “Sustratos alternativos para la producción de planta para reforestación y plantaciones forestales” y “Aserrín crudo como sustrato para la germinación de semillas de pino”.

La **Dra. Ma. Isabel Reyes Santamaría** es egresada del Colegio de Postgraduados, especialista en fisiología vegetal, fisiología y tecnología poscosecha.

El **Dr. Alfonso Suarez Islas** tiene investigaciones en sistemas y tecnologías agroforestales, restauración de ecosistemas forestales, producción de hongos de ocote (*Tricholoma magnivelare*), así como aprovechamiento sostenible de madera.

Apéndice

Cuestionario utilizado en la investigación “Efectos del Hidrocarburo Ilegal en el en la Germinación de la Cebada (*Hordeum vulgare* L.)”

1. ¿Qué efectos provoca el hidrocarburo ilegal en el proceso de germinación?
2. ¿El hidrocarburo ilegal inhibe la germinación de las semillas?
3. ¿Por qué el hidrocarburo ilegal genera ese efecto?
4. ¿Qué factores actúan en este efecto?
5. ¿Qué se puede interpretar con estos efectos?

Determinación de las Condiciones de Operación de un Proceso de Destilación de Doble Efecto No Convencional a Nivel Piloto para la Obtención de Bioetanol

Gabriela Leo Avelino¹, María Guadalupe Aguilar Uscanga²,
Javier Gómez Rodríguez², Galo R. Urrea García³, Ma. Teresa Cadenas González¹, José J. Ramos Valencia¹, Carlos B. Castañeda Castañeda¹

Resumen—Se cuenta con un sistema de destilación doble efecto no convencional para purificar bioetanol a partir de mosto fermentado del jugo de Sorgo Dulce. Las columnas constan de platos perforados en la zona de agotamiento y tipo campana en la zona de rectificación. Las condiciones de operación determinadas para cada columna son: flujo y plato de alimentación, reflujo y tasa de calor, evaluadas mediante un diseño de experimentos. Los resultados determinan para la columna 1 y 2 un flujo de alimentación de 50 – 60 L/h y 30 – 40 L/h, plato de alimentación 8 y 7, Reflujo de 1.2 y 1.1 y tasa de calor de 4500W y 6000W, respectivamente. La interacción de las variables proporcionó una concentración de etanol en el destilado en la Columna 1 de 60 %v/v y en la Columna 2 de 96.5 %v/v, es decir, hasta el punto azeotrópico.

Palabras clave—Bioetanol, purificación, destilación.

Introducción

Biocombustible es un término usado para describir la biomasa bruta procesada dentro de las formas convenientes para ser usada como combustible. El uso de biocombustibles presenta diversos beneficios en las áreas ambientales, seguridad energética y desarrollo económico. La sustitución del uso de combustibles fósiles por biocombustibles reduce las emisiones de dióxido de carbono, el cual está estrechamente asociado con el cambio climático global. Debido a sus altos valores de energía, el bioetanol es uno de los biocombustibles más usados como oxigenante, lo que permite una mejor oxigenación de la gasolina y el diésel, por consiguiente, se reduce las emisiones de CO₂ y compuestos aromáticos (Kaminski *et al.*, 2008).

Las tecnologías usadas para la producción de bioetanol se clasifican de acuerdo con la materia prima a utilizar. Los materiales ricos en azúcares simples como la caña, melazas y sorgo dulce; los abundantes en almidón como papa, camote y cereales usan una tecnología de “primera generación” (Lennartsson *et al.*, 2014). En este caso, el costo de la materia prima representa hasta el 80% del costo final del combustible. En el procesamiento de las materias primas ricas en azúcares, primeramente se lleva a cabo la extracción del jugo mediante métodos convencionales, posteriormente es fermentado mediante levaduras del género *Saccharomyces* con rendimientos aproximados en conversión de etanol entre el 6 y 12% (Partida-Sedas *et al.*, 2016). Regularmente, el proceso de destilación en la obtención de bioetanol, se lleva a cabo en un sistema de dos columnas en secuencia, la primera columna llamada “extractiva” separa el etanol del mosto fermentado, la segunda columna llamada “recuperación” en la cual se purifica el solvente. Para la purificación del bioetanol, se requiere de una alta demanda de energía en el proceso de separación, principalmente para superar el azeótropo formado por etanol-agua a una concentración de (95.63 %wt etanol). La separación es usualmente llevada a cabo por procesos de destilación, (luo 2015).

La planta piloto para la producción de bioetanol a partir de jugo de sorgo dulce, ubicada en el Instituto Tecnológico de Veracruz, cuenta con un equipo de destilación, el cual es un sistema con un diseño alternativo (Figura 1) al proceso de destilación convencional. Este sistema en su interior contiene dos tipos de platos: platos perforados posicionados de manera inclinada en la sección de agotamiento y platos tipo campana en la sección de rectificación. El sistema de destilación de la planta piloto consta de dos columnas, ambas con el mismo diseño (dos tipos de platos) pero con diferentes características, sus especificaciones se muestran en la Tabla 1.

¹ Dra. Gabriela Leo Avelino, Ing. de Aplicación Especializado, CIATEQ, Tab., Mx. gabriela.leo@ciateq.mx (autor corresponsal)

² Dra. María Guadalupe Aguilar Uscanga, Profesor Investigador del Tecnológico de Veracruz, México gaguilar@itver.edu.mx

² Dr. Javier Gómez Rodríguez, Profesor Investigador del Tecnológico de Veracruz, México javgomezr@gmail.com

³ Dr. Galo R. Urrea García, Profesor Investigador del Tecnológico de Orizaba, Veracruz, Mx. galourrea@hotmail.com

¹ M.C. María Teresa Cadenas González, Ing. de Aplicación Especializado, CIATEQ, Tabasco, Mx. teresa.cadena@ciateq.mx

¹ M.I. José Juan Ramos Valencia, Coordinador de Ingeniería de Procesos, CIATEQ, Querétaro, México. jose.ramos@ciateq.mx

¹ M.I. Carlos Castañeda Castañeda, Director de Ing. Const. de Plantas, CIATEQ, Querétaro, México. carlos.castaneda@ciateq.mx

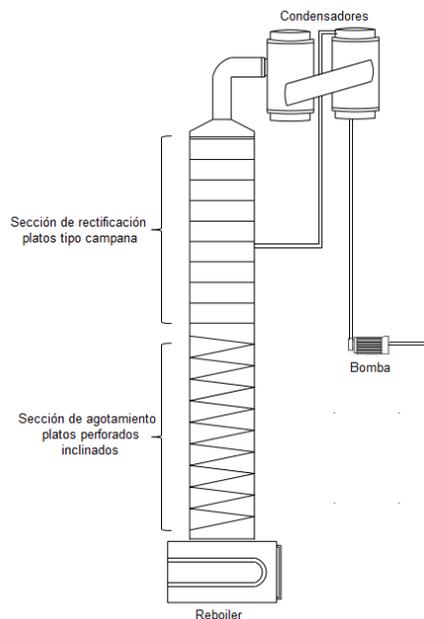


Figura 1. Columna de destilación de la planta piloto

Tabla 1. Especificaciones del sistema de destilación

| Característica | Columna 1 | Columna 2 |
|-----------------------------|-----------|-----------|
| Altura de la columna, m | 2.2 | 2.2 |
| Diámetro de la columna, cm | 18 | 14 |
| Número de platos campana | 10 | 8 |
| Número de platos perforados | 18 | 35 |
| Capacidad de la bomba, L/h | 30 – 90 | 30 – 90 |
| Número de condensadores | 2 | 2 |

El flujo de alimentación de la primera columna de destilación proviene del producto de la fermentación del jugo de Sorgo dulce *RB Cañero* con una composición que oscila entre 8 – 10% v/v de etanol, el cual se encuentra almacenado en un Tanque con capacidad de 3000 L. Mediante la bomba 1 (bomba de flujo variable) el flujo de alimentación es enviado al condensador 1 que forma parte de la columna de destilación, el flujo se precalienta con los vapores de etanol que fluyen de la zona de rectificación, posteriormente se introduce a un plato de alimentación (por determinar) ubicado en la zona media de la columna. El producto destilado de la columna 1 alimentará a la columna de destilación 2, el sistema de alimentación es igual al descrito en la columna 1.

El sistema de destilación no cuenta con especificaciones de operación por parte del fabricante, por lo que se requiere de una evaluación que permita establecer los parámetros como flujos, temperaturas y concentraciones a obtener. Por lo que el objetivo del presente trabajo es evaluar el mejoramiento de la operación de las dos columnas, determinando los parámetros de operación de manera optimizada. Para esto se realizará los siguientes estudios:

- Evaluación del flujo de alimentación
- Evaluación del plato de alimentación
- Determinación de la relación del reflujo
- Determinación de la tasa de calor

Cada uno de estos parámetros debe operar en función de la concentración del etanol en el flujo del destilado, para la primera columna se espera una concentración mayor al 50% v/v y en la segunda columna deberá llegar hasta su punto azeotrópico 96.5% v/v.

Metodología

Evaluación del flujo de alimentación

Para evaluar la variación del flujo de alimentación, en cada columna se encuentra instalada una bomba dosificadora marca Milton Roy que opera mediante pulsaciones, el flujo de alimentación que se evaluará se encuentra en un rango entre 20 - 80 L/h, del cual se harán incrementos de 10 L/h para cada columna.

Determinación de la tasa de reflujo

Las variaciones en la tasa del reflujo en cada una de las columnas se realizan con la válvula tipo compuerta instalada a la salida del condensador. Debido a que el reflujo influye en la concentración del destilado, el reflujo real se determinará al obtener la concentración del destilado más alta. Se tomará como punto de partida la tasa de reflujo que nos proporcione el simulador Aspen Plus al realizar una simulación de un sistema de destilación convencional con características cercanas al sistema propuesto.

Determinación de la tasa de calor

El flujo a destilar se vaporiza en el reboiler de la columna mediante su fuente de calentamiento, una resistencia. Para determinar la resistencia adecuada se cuenta con tres equipos de diferentes capacidades: 3000, 4500 y 6000 W, por lo que se realizarán pruebas con cada una de ellas en las dos columnas.

Diseño de experimentos para la determinación de parámetros

Debido a la interacción de cada una de las variables a determinar se empleará un diseño de experimentos donde se involucra el plato de alimentación, el flujo de alimentación, la tasa de reflujo y la tasa de calor para cada una de las columnas. Se usará un diseño de experimentos $2^3 + 1$ punto central.

Para la columna 1 se realizarán los experimentos presentados en la Tabla 2 para cada plato de alimentación y para la columna 2 se realizaron los siguientes experimentos presentados en la Tabla 3.

Tabla 2 Diseño de experimento $2^3 + 1$ punto central para la Columna 1

| # Exp. | Flujo de alimentación L/h | Relación de reflujo | Tasa de calor, W | Flujo de destilado, X_D^* | Flujo del fondo, X_B^* |
|--------|---------------------------|---------------------|------------------|-----------------------------|--------------------------|
| 1 | 55 | 1.1 | 3000 | -- | -- |
| 2 | 65 | 1.1 | 3000 | -- | -- |
| 3 | 55 | 1.3 | 3000 | -- | -- |
| 4 | 65 | 1.3 | 3000 | -- | -- |
| 5 | 55 | 1.1 | 6000 | -- | -- |
| 6 | 65 | 1.1 | 6000 | -- | -- |
| 7 | 55 | 1.3 | 6000 | -- | -- |
| 8 | 65 | 1.3 | 6000 | -- | -- |
| 9 | 60 | 1.2 | 4500 | -- | -- |

Tabla 3 Diseño de experimento $2^3 + 1$ punto central para la Columna 2

| # Exp. | Flujo de alimentación, L/h | Relación de reflujo | Tasa de calor, W | Flujo de destilado X_D^* | Flujo del fondo X_B^* |
|--------|----------------------------|---------------------|------------------|----------------------------|-------------------------|
| 1 | 20 | 0.8 | 3000 | -- | -- |
| 2 | 30 | 0.8 | 3000 | -- | -- |
| 3 | 20 | 1.0 | 3000 | -- | -- |
| 4 | 30 | 1.0 | 3000 | -- | -- |
| 5 | 20 | 0.8 | 6000 | -- | -- |
| 6 | 30 | 0.8 | 6000 | -- | -- |
| 7 | 20 | 1.0 | 6000 | -- | -- |
| 8 | 30 | 1.0 | 6000 | -- | -- |
| 9 | 25 | 0.9 | 4500 | -- | -- |

Resultados

Se evaluó la puesta en marcha de dos columnas de destilación instaladas en la planta piloto de bioetanol. El flujo de alimentación para la Columna de destilación 1 fue el mosto fermentado del jugo de sorgo dulce con una concentración entre 8 – 10% de etanol (Partida-Sedas *et al.*, 2016), para la Columna 2 el flujo de alimentación fue el producto del destilado de la Columna 1.

Análisis del Flujo de alimentación

Se realizaron pruebas preliminares en las dos columnas de destilación de la planta piloto para determinar un flujo de alimentación aproximado, ya que el rango que proporciona la bomba dosificadora está entre 20 – 80 L/h. Las pruebas se hicieron a partir de 30 L/h aumentándolo gradualmente observando el comportamiento de la columna y monitoreando los flujos del destilado y del fondo. Los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 4 y 5 para la columna 1 y la columna 2, respectivamente.

Tabla 4. Resultados de la variación en el flujo de alimentación Columna 1

| Flujo, L/h | Concentración de Etanol, X_D | Observaciones |
|------------|--------------------------------|--|
| 30 | 0.5 | El flujo del destilado es de 4.73 kg/h |
| 40 | 0.5 | El flujo del destilado es de 6.39 kg/h |
| 45 | 0.5 | El flujo del destilado es de 7.57 kg/h |
| 50 | 0.5 | El flujo del destilado es de 8.5 kg/h |
| 55 | 0.47 | El flujo del destilado es de 9.3 kg/h |
| 60 | 0.47 | El flujo del destilado es de 9.94 kg/h |
| 65 | 0.45 | El flujo del destilado es de 10.6 kg/h con tendencia a desestabilizarse el sistema |
| 70 | - | Se presenta inundación en la columna |

Tabla 5. Resultados de la variación del flujo de alimentación columna 2

| Flujo, L/h | Concentración de Etanol, X_D | Observaciones |
|------------|--------------------------------|--|
| 30 | 0.965 | El flujo del destilado es de 7.1 kg/h |
| 40 | 0.96 | El flujo del destilado es de 8.28 kg/h |
| 45 | 0.95 | El flujo del destilado es de 9.7 kg/h |
| 50 | 0.94 | El flujo del destilado es de 10.8 kg/h |
| 55 | 0.94 | El flujo del destilado es de 11.5 kg/h con tendencia a desestabilizar el sistema |

Para la columna 1 el flujo de alimentación adecuado se encuentra entre 50 – 60 L/h y para la columna 2 entre 30 – 40 L/h asegurando altas concentraciones de etanol y una operación estable.

Análisis del plato de alimentación

Se evaluó la localización del plato de alimentación para la columna 1, para lo que se eligieron los platos 6, 7, 8 y 9 y para la columna 2 los platos 5, 6, 7 y 8. El plato de alimentación influye directamente en la concentración del flujo del destilado, en las Tablas 6 y 7 se presentan los resultados preliminares de los platos evaluados en la columna 1 y 2 respectivamente.

Tabla 6. Evaluación del plato de alimentación columna 1

| Plato de alimentación | Concentración en el destilado, X_D |
|-----------------------|--------------------------------------|
| 6 | 0.35 – 0.40 |
| 7 | 0.50 |
| 8 | 0.55 – 0.60 |
| 9 | 0.60 – 0.65 |

El plato de la alimentación en la columna 1 óptimo puede encontrarse entre el plato 8 o 9, en esta prueba se alcanzó la concentración más alta en el producto del destilado con $X_D = 0.65$.

Tabla 7 Evaluación del plato de alimentación columna 2

| Plato de alimentación | Concentración en el destilado, X_D |
|-----------------------|--------------------------------------|
| 5 | 0.93 |
| 6 | 0.95 |
| 7 | 0.965 |
| 8 | 0.965 |

El plato de alimentación en la columna 2 adecuado se encuentra entre el plato 7 u 8, alcanzando una concentración de etanol $X_D=0.965$ en el flujo del destilado. Al finalizar las pruebas preliminares se realizó un diseño de experimentos 2^3+1 , donde se consideró el flujo y plato de alimentación, la relación de reflujo y la tasa de calor para el estudio de las dos columnas de destilación. Los resultados se presentan a continuación.

Tabla 8. Resultados del diseño de experimentos columna 1

| # Plato | Tasa de calor, W | Flujo de alimentación, L/h | Reflujo | X_D | X_B |
|---------|------------------|----------------------------|---------|-------|-------|
| 8 | 3000 | 55 | 1.1 | 0.45 | 0.02 |
| | 3000 | 65 | 1.1 | 0.40 | 0.04 |
| | 3000 | 55 | 1.3 | 0.30 | 0.03 |
| | 3000 | 65 | 1.3 | 0.30 | 0.05 |
| 9 | 3000 | 55 | 1.1 | 0.35 | 0.03 |
| | 3000 | 65 | 1.1 | 0.30 | 0.05 |
| | 3000 | 55 | 1.3 | 0.35 | 0.03 |
| | 3000 | 65 | 1.3 | 0.30 | 0.05 |
| 8 | 6000 | 55 | 1.1 | 0.55 | 0.05 |
| | 6000 | 65 | 1.1 | 0.40 | - |
| | 6000 | 55 | 1.3 | 0.50 | 0.05 |
| | 6000 | 65 | 1.3 | - | - |
| 9 | 6000 | 55 | 1.1 | 0.60 | 0.02 |
| | 6000 | 65 | 1.1 | - | - |
| | 6000 | 55 | 1.3 | 0.55 | 0.03 |
| | 6000 | 65 | 1.3 | - | - |
| 8 | 4500 | 60 | 1.2 | 0.65 | 0.02 |
| 9 | 4500 | 60 | 1.2 | 0.60 | 0.02 |

Tabla 9. Resultados del diseño de experimentos columna 2

| # Plato | Tasa de calor, W | Flujo de alimentación, L/h | Relación de reflujo | X _D | X _B |
|---------|------------------|----------------------------|---------------------|----------------|----------------|
| 7 | 3000 | 20 | 0.8 | 0.85 | 0.20 |
| | 3000 | 30 | 0.8 | 0.80 | 0.25 |
| | 3000 | 20 | 1.0 | 0.87 | 0.20 |
| | 3000 | 30 | 1.0 | 0.82 | 0.23 |
| 8 | 3000 | 20 | 0.8 | 0.82 | 0.20 |
| | 3000 | 30 | 0.8 | 0.75 | 0.23 |
| | 3000 | 20 | 1.0 | 0.85 | 0.22 |
| | 3000 | 30 | 1.0 | 0.80 | 0.22 |
| 7 | 6000 | 20 | 0.8 | 0.94 | 0.02 |
| | 6000 | 30 | 0.8 | 0.92 | 0.02 |
| | 6000 | 20 | 1.0 | 0.965 | 0.02 |
| | 6000 | 30 | 1.0 | 0.92 | 0.05 |
| 8 | 6000 | 20 | 0.8 | 0.93 | 0.02 |
| | 6000 | 30 | 0.8 | 0.90 | 0.05 |
| | 6000 | 20 | 1.0 | 0.94 | 0.03 |
| | 6000 | 30 | 1.0 | 0.92 | 0.04 |
| 7 | 4500 | 25 | 0.9 | 0.96 | 0.02 |
| 8 | 4500 | 25 | 0.9 | 0.95 | 0.04 |

Las variables de operación para la columna 1 y 2, de acuerdo con los resultados anteriores se resumen en la Tabla 10

Tabla 10 Resultados de los parámetros de operación

| Parámetros de operación | Columna 1 | Columna 2 |
|---|-----------------------|-----------------------|
| Flujo de alimentación | 50 L/h | 20 L/h |
| Relación de reflujo | 1.2 | 1.0 |
| Plato de alimentación | 8 | 7 |
| Tasa de calor | 4500 W | 6000W |
| Temperatura de operación | 97°C | 80°C |
| Flujo del destilado, kg/h | 18.147 | 7.101 |
| Concentración destilado, X _D | 0.6 | 0.965 |
| Flujo del fondo, kg/h | 21.303 | 8.679 |
| Concentración del fondo, X _B | X _F = 0.02 | X _F = 0.02 |

Análisis

La interacción de las variables de operación en las columnas de destilación: Flujo de alimentación, relación de reflujo, plato de alimentación y la tasa de calor, proporcionaron una composición del etanol en el destilado (X_D) de 60 % v/v y 96.5 % v/v para la columna 1 y 2 respectivamente, comportamientos similares presentados en columnas azeotrópicas estudiadas por Marriaga, (2009) para mezclas de etanol – agua, donde obtuvo en su columna 1 una X_D de 50.7 % v/v y en la columna 2 de 94.3 % v/v y en la configuración descrita por Dias *et al.*, (2013) para la destilación convencional del jugo de caña de azúcar, donde se obtiene una concentración de etanol en la Columna 1 del 50% v/v y en la Columna 2 de 93.5% v/v aproximadamente. En la literatura comúnmente se estudia el proceso de destilación para soluciones etanol – agua mediante simulaciones (Batista *et al.*, 2012; López-Plaza *et al.*, 2014; Yang *et al.*, 2012) sin embargo se encontraron pocas referencias de estudios usando mezclas reales de vinos fermentados (Bessa *et al.*, 2012; Dias *et al.*, 2011; Palacios-Bereche *et al.*, 2015). No se encontraron estudios sobre la fermentación de jugo de sorgo dulce en columnas de destilación no convencionales, por lo que el aporte de este objetivo es la determinación de parámetros de operación de una columna con dos dispositivos de equilibrio distintos para la purificación del mosto fermentado del Sorgo dulce a nivel planta piloto, el cual presentó características competentes al ser comparado con otras configuraciones.

Conclusiones

La configuración implementada en la columna de destilación evaluada, la cual consta de dos diferentes tipos de platos cumple con su función de contrarrestar la acumulación de la biomasa formada por levaduras fermentativas, las cuales regularmente disminuyen la eficiencia en la transferencia de masa en una columna de destilación convencional. Los resultados obtenidos referente a la determinación de los parámetros de operación optimizados de las dos columnas: relación de la tasa de reflujo, tasa de calor requerida y plato de alimentación de manera interactiva, permitieron determinar la capacidad de purificación del etanol en cada una de ellas, los resultados fueron los esperados ya que estos se asemejan al comportamiento de la destilación de la mezcla agua – etanol, los cuales fueron comprobados mediante simulación. Se recomienda continuar con el estudio de las columnas de destilación implementando sistemas de control automatizado y sistemas de energías renovables que permita una reducción del consumo de energético.

Referencias

- Batista, F.R.M., Follegatti-Romero, L.A. Bessa, L.C.B.A., Meirelles, A.J.A., 2012. Computational simulation applied to the investigation of industrial plants for bioethanol distillation. *Comp. Chem. Eng.* 46: 1 – 16.
- Bessa, L.C.B.A., Batista, F.R.M., Meirelles, A.J.A. 2012. Double – effect integration of multicomponent alcoholic distillation columns. *J. Energy* 45: 603 – 613.
- Dias, M., Modesto, M., Ensinas, A., Nebra, S., Maciel, R., Rossell, C., 2011. Improving bioethanol production from sugarcane: evaluation of distillation, thermal integration and cogeneration systems. *J. Energy* 36: 3691 – 3703.
- Dias, M., Junqueira, T., Rossell, C., 2013. Evaluation of process configuration for second generation integrated with first generation bioethanol production from sugarcane. *Fuel Process. Tech.* 109: 84 – 89.
- Kaminski, W., Marszalek, J., Ciolkowska, A., 2008. Renewable energy source – Dehydrated ethanol. *Chem. Eng. J.* 135 (1 – 2): 95 – 102.
- Lennartsson, P., Erlandsson, P., Taherzadeh, M., 2014. Integration of the first- and second-generation bioethanol processes and the importance of by-products. *Bioresour. technol.* 165: 3 -8.
- López-Plaza, E.L., Hernández, S., Barroso-Muñoz, F.O., Segovia-Hernández, J.G., Aceves, S.M., Martínez – Frías, J., Saxena, S., Dibble, R., 2014. Experimental and theoretical study of the energy savings from wet ethanol production and utilization. *Energy Technol.* 2: 440 - 445.
- Luo, Z., Wang, L., Shanbazi, A., 2014. Optimization of ethanol production from sweet sorghum (*Sorghum bicolor*) juice using response surface methodology. *Biom. Bioen.* 67: 53 – 59.
- Marriaga, N., 2009. Performance indicators of bioethanol distillation. *Rev. Dyna* 76 (159): 85 – 92
- Palacios – Bereche, R., Ensinas, A.V., Modesto, M., 2015. Double – effect distillation and thermal integration applied to the ethanol production process. *J. Energy* 1 – 12.
- Partida-Sedas, G., Montes-García, N., Carvajal-Zarrabal, O., López-Zamora, L., Gómez-Rodríguez, J., Aguilar-Uscanga, M.G. 2016. Optimization of hydrolysis process to obtain fermentable sugars from sweet sorghum bagasse using a Box-Benken design. *Sug. Tech.* <http://doi.org/10.1007/s12355-016-0461-y>.
- Yang, Y., Boots, K., Zhang, D., 2012. A sustainable ethanol distillation system. *J. Sustainability* 4: 94-105.

Diseño de una Prótesis de Dos Grados de Libertad para Miembro Superior Humano Utilizando Sensores Mioeléctricos y Control Difuso

Celso Aram Lucero Ramírez¹, Dr. David Luviano Cruz²,
Mc. Diana Yaziel Ortiz Muñoz³, Francesco José García Luna⁴, Luz Angélica García Villalba⁵,

Resumen—La pérdida de un miembro superior humano a causa de sufrir un accidente laboral o automovilístico puede ser un gran obstáculo en la vida diaria. Por lo tanto, el desarrollo de prótesis de extremidades superiores ha sido una necesidad importante en la medicina. La prótesis de dos grados de libertad para el miembro superior humano es una tecnología emergente que utiliza sensores mioeléctricos y control difuso para mejorar la calidad de vida de las personas amputadas. La prótesis permite un control preciso y eficiente del movimiento de la extremidad mediante la detección de señales eléctricas producidas por los músculos del usuario y la aplicación de técnicas de control difuso para interpretar esas señales y convertirlas en movimientos de la prótesis. El proyecto describe los pasos necesarios para diseñar una prótesis de dos grados de libertad utilizando sensores mioeléctricos y control difuso con el objetivo de proporcionar a los pacientes amputados una herramienta eficaz y confiable para la realización de actividades cotidianas.

Palabras clave—Sensores EMG, Control difuso, Prótesis, Mioeléctrica.

Introducción

Las prótesis de dos grados de libertad para miembro superior humano son dispositivos que permiten a las personas con amputaciones recuperar la capacidad de realizar actividades cotidianas. Estas prótesis utilizan sensores mioeléctricos para detectar señales eléctricas generadas por los músculos del cuerpo y control difuso para traducir esas señales en movimientos de posición. Este enfoque innovador aprovecha la tecnología moderna para mejorar la calidad de vida de las personas con amputaciones, proporcionando una solución más eficaz y natural para reemplazar las funciones de una extremidad perdida.

Metodología

Procedimiento

En este proyecto se realizó una prótesis de dos grados de libertad para miembro superior humano utilizando sensores mioeléctricos y control difuso. El objetivo fue Diseñar un algoritmo utilizando sensores mioeléctricos y un control difuso para el control de una prótesis de miembro superior humano.

Se utilizó un código creado para la obtención de los datos, este código es un programa de Arduino que utiliza un sensor de electromiografía (EMG) para obtener las lecturas eléctricas del brazo. Definiendo los pines del sensor EMG. Luego, se aplicó un filtro pasa banda y una amplificación a la señal del sensor EMG para reducir el ruido y mejorar la precisión.

Se extrajeron las señales eléctricas generadas por las contracciones musculares de un brazo sano para controlar estas señales a través de un controlador difuso el cual traducirá las señales mioeléctricas en movimientos de posición para la prótesis. El controlador difuso funciona gracias a 7 reglas difusas:

1. Si E es PL, entonces CONTROL es PL
2. Si E es NL, CONTROL es NL
3. Si, E es Z y DE es N, entonces CONTROL es NM
4. Si E es Z y DE es P, entonces CONTROL es PM
5. Si E es Z, entonces CONTROL es Z
6. Si E es NM, entonces CONTROL es NM
7. Si E es PM, CONTROL es PM.

¹ Celso Aram Lucero Ramírez es Alumno próximo a egresar de la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, México. Aram_12.5@hotmail.com (autor correspondiente)

² El Dr. David Luviano Cruz es Profesor de Ingeniería Mecatrónica en la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, México. david.luviano@uacj.mx

³ La Mc. Diana Yaziel Ortiz Muñoz es Maestra en Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, México. diana.ortiz@uacj.mx

⁴ El. Ing. José Francesco García Luna es Profesor en la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, México. francesco.garcia@uacj.mx

⁵ La Ing. Luz Angélica Villalba García es Profesora Investigadora en la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, México. lugarcia@uacj.mx

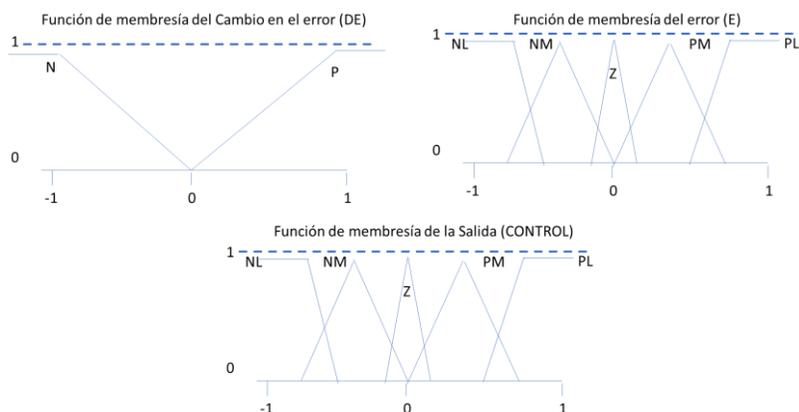


Figura 1. Diseño de las funciones de membresía del controlador difuso.

Para el error (E) como entrada y el control como salida, aquí NL significa Negativo Grande, NM significa negativo medio, Z significa cero, PM significa positivo medio y PL significa positivo grande. Para el error delta (DE) como entrada, aquí N significa negativo y P significa positivo. Las funciones de membresía para los dos parámetros de entrada y el parámetro de salida se muestran en la Fig.1

La prótesis se diseñó por medio de un simulador 3D en el cual se simulará la orientación y posición de una articulación dada por las señales mioeléctricas extraídas. Las limitaciones de este proyecto son que la prótesis solo podrá realizar el movimiento de flexión y extensión debido a que incluir más movimientos haría que el sistema fuera más complejo, lo que requeriría un algoritmo diferente para calcular las posiciones de la prótesis.

Cabe destacar que, aunque la prótesis solo puede realizar el movimiento de flexión y extensión, este proyecto sienta las bases para futuras investigaciones y desarrollos en prótesis de miembro superior humano utilizando sensores mioeléctricos y control difuso.

Referencias bibliográficas

Los autores del trabajo (control-una-prótesis-mioeléctrica-de-brazo-por-medio-de-lógica-difusa) implementan un algoritmo difuso con reglas si y Entonces, para distinguir y clasificar por etapas los movimientos del miembro superior humano en el cual se está hablando de una muñeca, por otro lado (Marcela & Zuleta) investigaron un algoritmo de clasificación basado en señales EMG de superficie de alto rendimiento basado en lógica difusa para prótesis multifuncionales de miembros superiores. Los autores (Andrés, Pinzon, & Mendoza) Hablan sobre una implementación, de una prótesis para control de mano en base a la descripción de los ángulos de la mano, dedos y muñeca, por medio de señales EMG del antebrazo. Los autores (Arduino-based embedded system for myoelectric hand prostheses, 2020) desarrollo un sistema mioeléctrico de bajo costo por medio del programa Arduino, implementándose dos algoritmos de control, un controlador directo y un controlador abstracto Con el objetivo de maximizar su disponibilidad en diferentes proyectos.



Figura 2. Diseño de una prótesis.

Resultados

Durante la simulación del sistema se pudo observar algunas variaciones esto debido a las diferentes exposiciones tanto del ruido como del mismo sistema lo que provocaba un aumento en las lecturas de los sensores provocando que el control se volviera más robusto y tardara más tiempo en llegar a estabilizar el sistema, los valores obtenidos en la salida del sistema mostraban ser precisos puesto que uno de los principales objetivos era el controlar el movimiento de una articulación por medio de las señales EMG. Cabe resaltar que solamente se logró controlar una articulación debido a la complejidad del sistema, la articulación expuesta mostro un cambio en su posición inicial (0 grados) a una nueva trayectoria y posición de 50 grados provocando que ahora la orientación y posición de la prótesis cambiara de lugar, pero dentro del mismo marco de trabajo. El controlador difuso se encargó de estabilizar el sistema en base al error y el cambio en el error en el que se estaba produciendo, permitiendo que la salida del sistema alcanzara un valor muy cercano al valor deseado de 50 grados.

Además, el proceso que sigue la señal de referencia hasta la transformación de la señal de radianes a una señal angular fue muy variante esto debido a que los sensores EMG detectaban una lectura por segundo por lo que el controlador buscaba estabilizar el sistema de acuerdo con la señal de referencia leída por segundo. Posteriormente la visualización de la prótesis por medio de simscape multibody pudo facilitar la interpretación del sistema ya que al obtener una lectura y después de pasar por la transformación a ángulo podíamos a preciar la trayectoria por la que la articulación tendría que moverse desde su posición inicial.

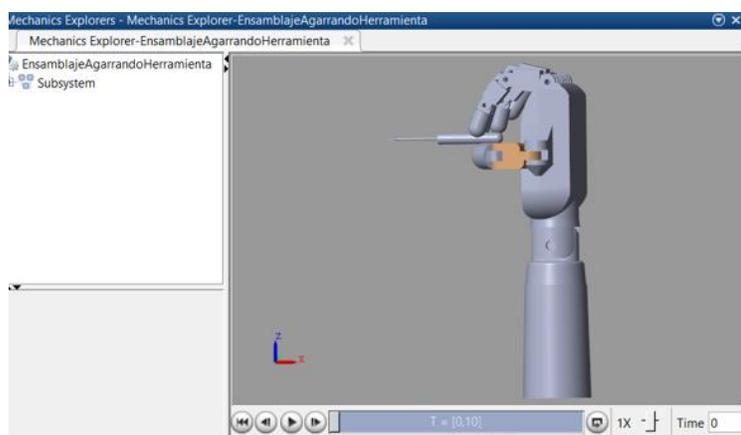


Figura 3. Simulación de la prótesis exportada a través de simscape multibody.

Es importante destacar que la estabilización del sistema se logra gracias al controlador difuso, que toma en cuenta tanto el error como la variación del error para generar la señal de control necesaria para ajustar el ángulo del servomotor. Esta técnica de control difuso es muy útil en sistemas en los que las condiciones de operación pueden variar y no se dispone de un modelo matemático preciso del sistema. En el caso específico de esta simulación, se

logró estabilizar el ángulo del servomotor en un valor muy cercano al valor deseado, lo que demuestra la efectividad del controlador difuso implementado.

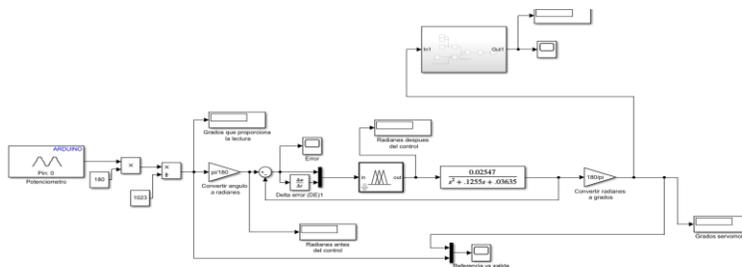


Figura 4. Diagrama de bloques creado en simulink.

Análisis

Se describe la simulación de un sistema de control difuso en un modelo de Simulink, donde se utiliza una señal de referencia para controlar un servomotor. En la figura 4 El controlador difuso se encarga de estabilizar el sistema en base al error y el cambio en el error que se está produciendo, permitiendo que la salida del sistema alcance un valor muy cercano al valor deseado en grados. Además, se menciona el proceso que sigue la señal de referencia hasta la transformación de la señal de radianes a una señal angular que se envía al osciloscopio para visualizar la referencia y la salida del sistema. Finalmente, se muestra la gráfica del error del sistema, donde se puede observar cómo el sistema disminuye el error después de la entrada para acercarse lo más posible a cero.

Se utilizó un sistema de control difuso para interpretar las señales eléctricas generadas por los músculos del usuario y convertirlas en movimientos de la prótesis. Para ello, se utilizó un diagrama de bloques en el que se lee la lectura de los sensores y se convierte la señal de voltaje a angular, para luego multiplicarla por $\pi/180$ y obtener la señal en radianes. Esta señal se utiliza para calcular el error entre la referencia y la salida del sistema, y se obtiene otra señal de radianes que entra a la planta del servomotor. Finalmente, la señal se transformó de nuevo a una señal angular y se envió a la salida del sistema, que controla la posición de la prótesis. Todo esto se realizó utilizando el software SimScape Multibody, que permite ajustar parámetros como el torque, el ángulo, la posición y la orientación de la prótesis mediante matrices de rotación creadas a partir de las juntas y eslabones de la prótesis. Cabe resaltar que las funciones dentro de este software son de gran ayuda, dentro de los aspectos de la articulación y juntas creadas se pudo configurar los parámetros de torque, posición, orientación, entrada e incluso el número de actuadores y sensores que requiera el sistema, para este caso en particular se modificó el parámetro de torque y de posición, el primero para brindarle la forma de controlar el ángulo de rotación de la articulación seleccionada por medio de sus matrices homogéneas ya antes calculadas automáticamente por el software, con esto se puede ajustar y configurar el parámetro deseado para una mejor representación de la prótesis, ya que lo que hace es calcular por medio del vector de torque la traslación con respecto al punto de coordenadas deseado. Y el segundo se utilizó para configurar la orientación a un marco de referencia inicial (0).

Conclusiones

Los resultados obtenidos de esta investigación nos arrojan varios puntos importantes como es el hecho de que el sistema implementado para el control de los movimientos de la prótesis puede variar según la colocación de los electrodos debido a la diferente lectura eléctrica que tiene cada brazo humano por ello se debe de trabajar en la parte de programación del algoritmo para poder establecer un estándar para todos aquellos que necesiten probar y obtener señales eléctricas emitidas por los músculos, otra recomendación sería el hecho de usar algún tipo de convertidor y amplificador de señales electromiografías para ahorrar alguno de los pasos utilizados en esta investigación como fue el hecho de amplificar y filtrar la señal EMG. Cabe mencionar que el resultado de la simulación es algo complejo de explicar debido a que en un punto, ciertos cálculos eran demasiado pequeños para el sistema lo que ocasionaba que la simulación no representara los cálculos debido a la complejidad.

Por otro lado esta investigación proporciona una gran utilidad para todos aquellos que lleven el estudio y el deseo de entender cómo funciona la electromiografía, los sistemas mecatronicos aplicados en la vida cotidiana y los sistemas de control para sistemas complejos. También da otra alternativa para resolver el planteamiento del problema de la investigación el cual es satisfacer la escasez de prótesis en el país debido a la pérdida de miembros superiores causada por accidentes laborales o automovilísticos.

Limitaciones

Hubo ciertas limitaciones importantes que es necesario mencionar. En primer lugar, la prótesis que se desarrolló solo permitió dos movimientos: flexión y extensión. Además, la prótesis está dirigida exclusivamente a personas que han perdido o amputado un antebrazo y mano humana, lo que limita su público objetivo. El control de la prótesis dependerá de la colocación de los sensores, lo que significa que puede haber problemas si no se colocan correctamente. Por último, es importante destacar que el diseño de la prótesis se implementará solo de forma simulada y aún no se ha creado un prototipo físico, por lo que su rendimiento no ha sido evaluado en un entorno real. Es importante tener en cuenta estas limitaciones para entender las capacidades y limitaciones de la prótesis en desarrollo.

Recomendaciones

Las recomendaciones a futuro mencionadas son muy importantes para mejorar la efectividad de la prótesis y su adaptación a las necesidades de las personas. Una de las recomendaciones es la realización de pruebas en situaciones reales utilizando una prótesis diseñada y la implementación de un método para representar los resultados de manera más eficiente. El uso de un amplificador de señal físico podría mejorar la precisión y el filtrado de las señales EMG. También se sugiere utilizar más herramientas y accesorios para mejorar el diseño del circuito. Además, se menciona que el sistema de control y el algoritmo pueden ser modificados para aumentar la eficiencia de la prótesis. Otro método que podría utilizarse para amplificar y filtrar las señales EMG es el método de la suma cuadrática de promedios. Estas recomendaciones son valiosas para mejorar la funcionalidad de la prótesis y proporcionar una mejor calidad de vida a las personas que la necesitan.

I. REFERENCIAS

- Andrés, J., Pinzon, G., & Mendoza, L. (s.f.). *ADQUISICIÓN Y PROCESAMIENTO DE SEÑALES EMG PARA CONTROLAR MOVIMIENTO DE UN BRAZO HIDRAULICO ACQUISITION AND SIGNAL PROCESSING EMG TO CONTROL MOVEMENT OF A HYDRAULIC ARM*.
- Bozhenyuk, A., Bozheniuk, V., & Khamidulina, A. (s.f.). *Modeling of a Motion of Hand Prosthesis Based on the Fuzzy Deductive Inference Scheme*.
- (s.f.). *COMUNICADO DE PRENSA NÚM. 653/21 22 DE NOVIEMBRE DE 2021 PÁGINA 2/2*.
- Eduardo Espitia Cuchango, H., Cristina Morales Laguado, L., & Soriano Méndez, J. (s.f.). *DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN CONTROLADOR DIFUSO PARA UN MOTOR DC BASADO EN RELACIONES BOOLEANAS DESIGN AND SIMULATION OF A FUZZY CONTROLLER FOR A DC MOTOR BASED ON BOOLEAN RELATIONS* Palabras clave.
- IEEE Computational Intelligence Society, & Institute of Electrical and Electronics Engineers. (s.f.). *Proceedings of the 2014 IEEE International Conference on Fuzzy Systems : July 6-11, 2014, Beijing, China*.
- IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society 35 2013.07.03-07 Osaka, EMBC 35 2013.07.03-07 Osaka, & EMBS Annual Conference 35 2013.07.03-07 Osaka. (s.f.). *2013 35th annual international conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC) 3-7 July 2013, Osaka, Japan*.
- IEEE Hungary Section, & Institute of Electrical and Electronics Engineers. (s.f.). *SAMI 2015 : IEEE 13th International Symposium on Applied Machine Intelligence and Informatics : proceedings : January 22-24, 2015 : Herl'any, Slovakia*.
- Ieee, & Ieee. (s.f.). *2012 24th Chinese Control and Decision Conference*.
- INAGENTSYS 2014 Bandung, Institute of Electrical and Electronics Engineers, IEEE International Conference on Intelligent Autonomous Agents, N.-2., & INAGENTSYS 2014.08.19-21 Bandung. (2014). *Proceedings of 2014 International Conference on Intelligent Autonomous Agents, Networks and Systems (INAGENTSYS 2014) August 19-21, 2014, Bandung, Indonesia*. IEEE.
- Institute of Electrical and Electronics Engineers. (s.f.). *2016 IEEE 14th International Workshop on Advanced Motion Control (AMC) : 22-24 April 2016*.
- Institute of Electrical and Electronics Engineers. (s.f.). *2016 Medical Technologies National Congress (TIPTEKNO) : Antalya, Turkey, 27-29 October 2016*.
- Marcela, L., & Zuleta, P. (s.f.). *DISEÑO DE UN PROTOTIPO DE UNA PRÓTESIS ROBOTIZADA PARA MIEMBRO SUPERIOR ACTIVADA POR ELECTROMIOGRAFÍA*.
- Martínez-Pais González, A., & Domínguez Abascal, J. (s.f.). *Diseño mecánico de una prótesis mioeléctrica de la mano humana*.
- Milwaukee School of Engineering, IEEE Region 4, & Institute of Electrical and Electronics Engineers. (s.f.). *Electro/Information Technology (EIT), 2014 IEEE International Conference on : date 5-7 June 2014*.
- SKR Engineering College, Institute of Electrical and Electronics Engineers. Madras Section, & Institute of Electrical and Electronics Engineers. (s.f.). *International Conference on Energy, Communication, Data Analytics & Soft Computing (ICECDS) - 2017 : 1st & 2nd August 2017*.
- Vargas, G., Flores Abad, Á., Alba Baena, N., Carlos, J., Guadarrama, A., & Canales Valdiviezo, I. (s.f.). *Culcyt//Mecatrónica Control de Señales EMG para el Movimiento de un Brazo Robótico de Tres Grados de Libertad*.

Viteckova, S., Kutilek, P., Kauler, J., & Svoboda, Z. (s.f.). *Fuzzy Expert System for Determining the Human Gait Phase*.

Apéndice

Cuestionario utilizado en la investigación

Estas son algunas de las preguntas que se utilizaron para la obtención de información sobre el tema expuesto:

1. ¿Que son las señales EMG?
2. ¿Qué métodos se utilizan para el filtro y amplificación de las señales EMG?
3. ¿Qué es un sistema de control difuso?
4. ¿Como se controla la posición de un motor?
5. ¿Como se conecta un sensor EMG?
6. ¿Qué tipo de prótesis existen para miembro superior humano?
7. ¿Como exportar una simulación a diagramas de bloques?
8. ¿Para qué y cómo se utiliza Simscape Multibody?

Remoción de Color y Turbiedad con *Asclepias curassavica* y *Justicia comata* L. lam en Humedales Artificiales de Flujo Subsuperficial

M.I.B.Q Anel Magaña Flores¹, Dr. Gaspar López Ocaña ², MIPA. Santiago Palma Ávalos³

Resumen— En este estudio se evaluaron las especies vegetales *Asclepias curassavica* y *Justicia comata* L. lam, para evaluar la remoción de turbiedad y color (parámetros de control del proceso), en humedales experimentales de flujo subsuperficial (HAFS), con dimensiones de 2.5 m de largo x 1.2 m de ancho x 1 m de alto con tirante operativo de 0.5 m. Se trabajó con 9 HA, tres testigos, tres con *A. curassavica* y tres con *J. comata* (HAFS-T, HAFL A cur, HAFS-J com), tratando agua residual doméstica con un gasto de 200 L/día por cada uno de los tiramientos. Se encontró eficiencias de remoción por debajo del 50% en cada uno de los tratamientos. Estas especies son óptimas para recubrimiento vegetal y coadyuvantes de la reducción de temperatura en la superficie del humedal.

Palabras clave— Color, turbiedad, humedal artificial de flujo libre, Aguas residuales.

Introducción

EL uso de humedales artificiales ha ganado popularidad, por lo que se ha intensificado su uso, lo que hace cada vez más necesarias las investigaciones y sobre sus procesos y diseños y todo lo relacionado a ellos, (Vymazal, J., Zhao, Y., & Mander, Ü., 2021). Ya que la eficiencia de los humedales artificiales depende de un conjunto de parámetros tales como, microorganismos, vegetación, carga hidráulica y los medios de soportes utilizados, entre otros, (Parde et al 2021), una de las áreas que requiere mayor investigación es la búsqueda de especies propias de cada región climática (Pérez, 2022) e identificar el potencial de fitorremediación de aguas residuales (López et al., 2018). Por lo anterior expuesto en esta investigación está dirigida a dos especies vegetales *Asclepias curassavica* y *Justicia comata* L. lam. que de acuerdo a la CONABIO (2016) son consideradas nativas del sureste de México y son consideradas como malezas por la población local, pues se encuentran dentro de los humedales artificiales en esta zonas, siendo intrusas en el humedal, por lo que se considera importante evaluar una afectación de estas al comportamiento de humedal, o si en su caso sólo podrían usarse como recubrimiento vegetal en la superficie de los subsuperficiales.

Descripción del Método

Área de estudio

Este trabajo fue llevado en la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT), División Académica de Ciencias Biológicas (DACBiol), las aguas tratadas fueron, aguas domesticas procedentes de las actividades del que hacer diario de la división, en este caso aguas con baja carga orgánica, debido medidas de prevención de Covid-19.

Unidades experimentales.

Se utilizando las unidades experimentales de la planta piloto propuesta y desarrolladas por López et al., (2014). Contando con 9 reactores de flujo Subsuperficial (HAFS), 3 con especie *Asclepias curassavica*, 3 con *Justicia comata* L. lam, y 3 más testigos (sin especie) llenados previamente con grava de río $\frac{3}{4}$ a 50 cm como tirante operativo.

Colecta y siembra de especie.

La colecta de la especie se llevo a cabo en las inmediaciones de la división de ciencias biológicas (DACBiol); 17°59'27.90" N, 92°58'26.19" O y 17°59'27.99" N, 92°58'26.19" O, ya que estas plantas crecen abundantemente en esta zona (nativa), se sembraron en el medio de soporte a una profundidad de 25 cm, siendo colocadas las plantas de manera triangular conforme al método tres bolillos, recomendado por García et al., (2019).

Diseño experimental

Se empleó un diseño aleatorio de un factor: HA con 2 niveles *Asclepias curassavica* y *Justicia comata* L. lam. (Cuadro 1) Analizando como variables dependientes como: el pH, la temperatura, el color aparente y la turbiedad del agua residual y residual tratada. Todos tratamientos fueron alimentados de un mismo afluente de agua residual

¹ La MCIBQ. Anel Magaña Flores es Estudiante de Doctorado en Ciencias en Ecología y Manejo de Sistemas Tropicales, Profesora del Instituto Tecnológico de Villahermosa. E-mail: anelmf1@gmail.com

² I Dr. Gaspar López Ocaña es profesor-investigador de tiempo completo en la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, México. E-mail: ocanag17@hotmail.com.

³ MIPA. Santiago Palma Ávalos es profesor-del Colegio de Bachilleres de Tabasco, Plantel No. 14, de Jalpa de Méndez, Tabasco, México. E-mail: spalmita@hotmail.com.

(cárcamo) y mismas condiciones de operación.

| Sustrato | Factor | Nivel |
|------------------------|----------------|------------------------|
| Grava heterogénea de ¾ | SUBSUPERFICIAL | Asclepias curassavica |
| | SUBSUPERFICIAL | Justicia comata L. lam |

Cuadro 1. Diseño experimental

Los tratamientos evaluados correspondieron a lo siguiente: Humedal Artificial de Flujo Subsuperficial con *Asclepias curassavica* (HAFL-A cur), Humedal Artificial de Flujo Subsuperficial con *Justicia comata* L. lam (HAFL-J com) y Humedal Artificial de Flujo Subsuperficial sin especie (HAFL-T). Se empleó un análisis de varianza de Kruskal – Wallis para datos no paramétricos y un contraste de medianas W de Mann – Witney para determinar diferencias estadísticamente significativas., y un ANOVA con contraste de medias de Fisher con LSD para determinar múltiples de rangos para los datos paramétricos, Todos los análisis estadísticos se realizaron empleando el software STAGRAPHS CENTURION™ v 18.0 con un nivel de significancia de $\alpha=0.05$. Los valores obtenidos se reportan como media \pm desviación estándar para los datos paramétricos y mediana \pm rango intercuartil para los no paramétricos. Letras iguales indican que no hay diferencias estadísticas entre tratamientos. El acomodo en planta se puede observar en la figura 1.

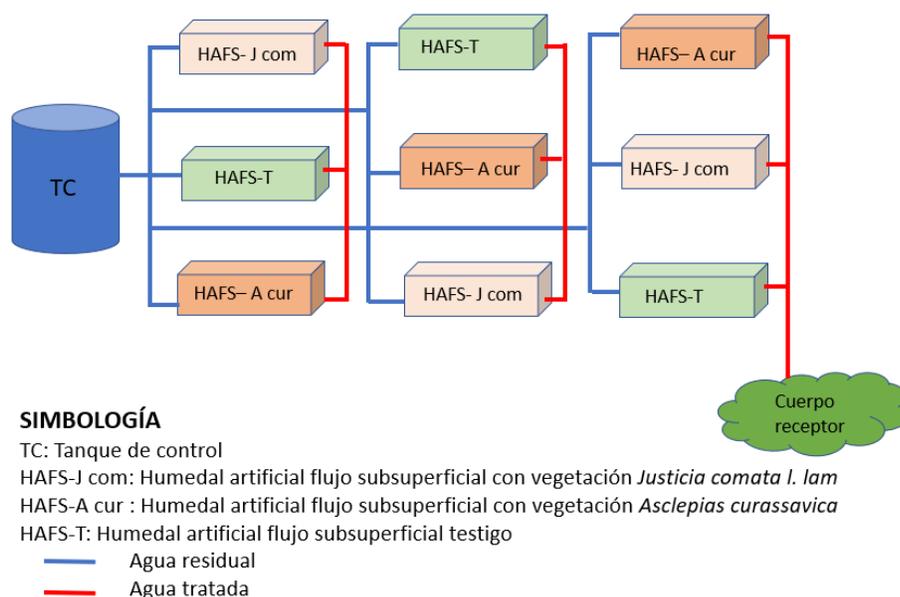


Figura 1. Acomodo en planta de los HA con *Asclepias curassavica* y *Justicia comata* L. lam.

Caracterización del agua

El muestreo se realizó de acuerdo a la NOM-001-SEMARNAT-2021, Se caracterizó el agua residual a la salida la cisterna (tanque de control) y a la salida de los humedales. Se determinaron los parámetros de control: Temperatura, Turbiedad, Color, potencial de hidrógeno (pH), mediante los métodos SM 2550, SM 2130 B, APHA 2120, SM 9040 B respectivamente. Para el cálculo de temperatura, y pH se utilizó el multiparamétrico HANNA Waterproof Tester modelo HI 98129, el color se estimó con un fotómetro LaMotte SMART3 y la turbidez se determinó con un turbidímetro HANNA HI 98703. con el fin de evaluar la eficiencia de remoción de contaminantes para las descargas de aguas y que cumpla con los LMP como lo refiere la NOM-001-SEMARNAT- 2021.

Cálculo de la eficiencia de remoción

La eficiencia de remoción del color aparente y la turbiedad de cada tratamiento se calculó con base a la Ecuación 1 (García et al., 2019).

$$\text{Eficiencia de remoción (\%)} = \frac{ce - cs}{ce} \times 100 \text{ (Ecuación 1)}$$

Comentarios Finales

Resumen de resultados

En la tabla 2 se puede observar que no hay cambios aparentes de ninguno de los parámetros citados en los tratamientos, y solo hubo solo existió un pequeño aumento significativo de color en HAFS-A cur, que puede deberse a la degradación de las flores ya que la plantas estaban en ciclo de floración, sin embargo, todos los tratamientos presentaron efecto positivo con respeto al agua inicial.

| Parámetro | Unidades | TC | | HAFS-J com | | HAFS-A cur | | HAFS-T | |
|-----------|----------|-------|------|------------|------|------------|------|--------|-----|
| | | X | ± DE | X | ± DE | X | ± DE | X | DE |
| pH | UpH | 7.6 | 0.6 | 7.5 | 0.1 | 7.4 | 0.19 | 7.8 | 0.1 |
| T | ° C | 28.5 | 1.0 | 28.1 | 0.5 | 27.9 | 1.17 | 28.5 | 1.4 |
| Color | CU | 242.5 | 223 | 146.0 | 34.5 | 211.0 | 83.4 | 136.0 | 66 |
| Turbiedad | UTN | 6.15 | 4.7 | 2.7 | 0.7 | 3.7 | 2.5 | 2.4 | 0.6 |

Cuadro 2. Promedio (±DE) de contaminantes en HA con *A. curassavica* y *J. comata* L. lam. (N=42)

Reducción del pH

El pH del agua en el tanque de control fue de 7.64 ± 0.67 . La prueba de Fisher para el contraste de medias indicó que existen diferencias altamente significativas ($p < 0.05$) entre el HAFS-T y los y los HA con vegetación, evaluados con un 95% de confianza. El valor medio más alto se encontró en HAFS-T, con 7.89 ± 0.15 , seguido de HAFS-J com con un valor medio de 7.52 ± 0.17 , el valor medio más bajo se encontró en el HAFS-A cur con 7.48 ± 0.19 (Figura 2)

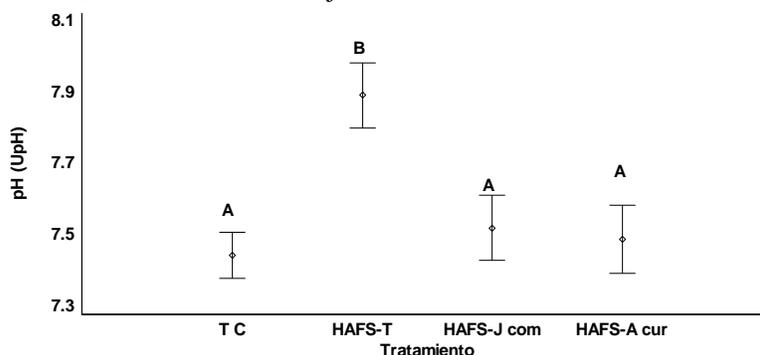


Figura 2 Valores medios ± desviación estándar de pH en HA con *Asclepias curassavica* y *Justicia comata* L. lam. Letras diferentes indican diferencias ($p < 0.05$) con un nivel de confianza del 95%. (N:60).

Reducción de la temperatura

La temperatura del agua en el tanque de control fue de $28.56^\circ\text{C} \pm 1.07$. La prueba de Fisher para el contraste de medias indicó que no existen diferencias entre los tratamientos, evaluados con un 95% de confianza. El valor medio más alto se encontró en HAFS-T, con 28.54 ± 1.47 , seguido de HAFS-J com con un valor medio de 28.19 ± 0.50 , el valor medio más bajo se encontró en el HAFS-A cur con 27.9 ± 1.36 (Figura 3)

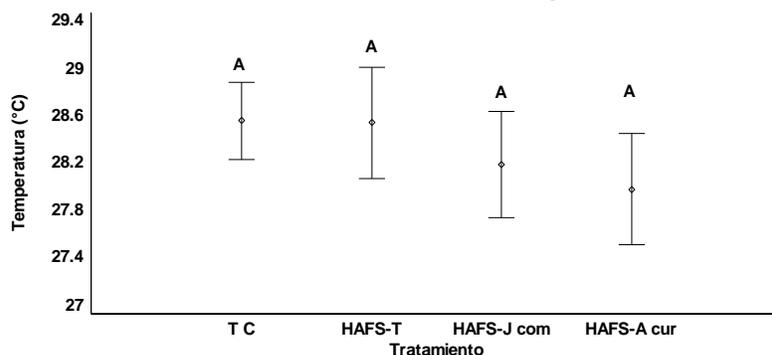


Figura 3. Valores medios \pm desviación estándar de temperatura en HA con *Asclepias curassavica* y *Justicia comata* L. lam. Letras diferentes indican diferencias ($p < 0.05$) con un nivel de confianza del 95%. (N=60).

Reducción del color aparente

El color aparente del agua en el tanque de control fue de 242.5 ± 233 . La prueba de Kruskal-Wallis para el contraste de medianas indicó que existen diferencias estadísticas entre tratamientos ($p < 0.05$) con un 95% de confianza (Figura 4). El valor mediano más bajo de color aparente se encontró en el HAFS-T de 136 ± 66 seguido del HAFS-J com con 146 ± 34.5 encontrándose el valor más alto en el HAFS-A cur con 211 ± 136 .

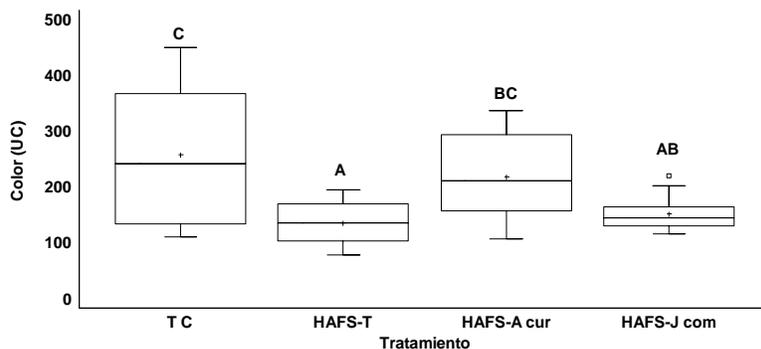


Figura 4. Valores medianos \pm rango intercuartil de color aparente en HA con *Asclepias curassavica* y *Justicia comata* L. lam.. Letras diferentes indican diferencias ($p < 0.05$) con un nivel de confianza del 95%. (N=60).

Reducción de la turbiedad

La turbiedad del agua en el tanque de control fue de 6.15 ± 4.75 . La prueba de Kruskal-Wallis para el contraste de medianas indicó que no existen diferencias estadísticas entre tratamientos con un 95% de confianza (Figura 5). El valor mediano más bajo de turbiedad se encontró en el HAFS-T de 2.4 ± 0.66 seguido del HAFS-J com con 2.75 ± 2.7 encontrándose el valor más alto en el HAFS-A cur con 3.7 ± 2.5 .

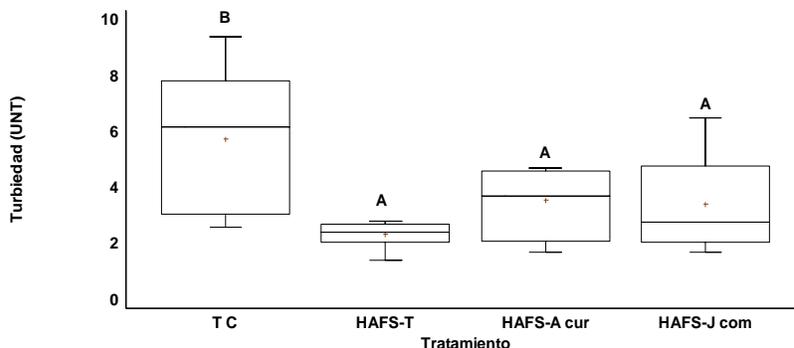


Figura 5. Valores medianos \pm rango intercuartil de turbiedad HA con *Asclepias curassavica* y *Justicia comata* L. lam.. Letras diferentes indican diferencias ($p < 0.05$) con un nivel de confianza del 95%. (N=60).

Eficiencias de remoción

En el cuadro 3 se puede observar que los tratamientos testigos obtienen las mayores eficiencias de remoción, lo que evidencia el trabajo del medio, sin embargos estos resultados se pueden ver alterados por varios factores, uno de ellos es el proceso natural de floración de las especies, aunado que en el momento del monitoreo, las plantas aun no cubrían el 100% de la superficie del reactor, y la baja carga orgánica que representa el agua residual, por estas razón y por qué las plantas continúan creciendo en el reactor, se continuara con el monitoreo de la especie.

| Parámetro | HAFS-T | HAFS-J com | HAFL-A cur |
|------------------|--------|------------|------------|
| pH (UpH) | -6.1 | -1 | -0.7 |
| Temperatura (°C) | 0.1 | 1.3 | 2.7 |
| Color (UC) | 46.9 | 40.7 | 11.3 |
| Turbiedad (UNT) | 58.4 | 40.7 | 35.2 |

Cuadro 3. Eficiencia de remoción promedio (%) de contaminantes en los HA.

Conclusiones

Estos resultados muestran que *Asclepias curassavica* Y *Justicia comata l. lam.* No tienen afecto significativo sobre las variables evaluadas, siendo menor la remoción de contaminantes que el Testigo, sin embargo, es de suma importancia evaluar todas las variables características del comportamiento de los humedales para llegar a una conclusión tan severa, sin embargo, con estos resultados y al ser las dos plantas de crecimiento rápido estas plantas se pueden tomar en cuenta como recubrimiento térmico vegetal, en lugares donde la intensidad lumínica y calorífica sea elevada.

Recomendaciones

Los interesados en seguir la investigación podrían centrarse, en la adaptación de las especies mencionadas a un sitio con agua residual de mayor carga orgánica, o usarla al conjunto con especies que no soporten carga lumínica y calorífica excesiva, además se recomienda evaluar variables como DQO y acumulación de metales pesados.

Referencias

CONABIO (2016) Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Enciclopedia

García Ocaña J.A., López-Ocaña G., Torres-Balcázar C.A. (2019). Evaluación de medios de soporte en humedales artificiales con vegetación *Sagittaria latifolia* en la remoción de contaminantes básicos. Revista Iberoamericana de las Ciencias Biológicas y Agropecuarias. Vol. 8, Núm. 15. 1-36. DOI: 10.23913/ciba.v8i15.82.

López-Ocaña G., Torres-Balcázar C.A., R. G. Bautista-Margulis, J. R. Hernández-Barajas, J. J. Gutierrez Vidal, E. de la Cruz-Luna, M. I. Ferrer-Sánchez. (2014). Diseño de sistemas experimentales de humedales artificiales de flujo libre y subsuperficial. En: W. M. Contreras Sánchez, R. Angulo Pineda y F. Morales Hoil (Eds.), Perspectiva Científica desde la UJAT (pp. 133-145). Villahermosa, Tabasco. Primera Edición, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. 1237 pág. ISBN: 978-607-606-172-5. <http://www.archivos.ujat.mx/2014/divulgacion%20cientifica/SDDC2013final.pdf>

López-Ocaña G., R. G. Bautista-Margulis, S. Ramos-Herrera, C. A. Torres-Balcázar, R. López-Vidal & L. Pampillón-González. (2018). Phytoremediation of wastewater with *Thalia geniculata* in constructed wetlands: basic pollutants distribution. En: S. Hernández & S. Mambretti (Eds). Water Pollution XIV (pp. 53-63). UK, Vol 228, WIT Press. doi:10.2495/WP180071.

SEMARNAT (2022) Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEMARNAT-2021, Que establece los límites permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en cuerpos receptores propiedad de la nación. Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 5 de enero de 2022. México. 15p.

Parde, D., Patwa, A., Shukla, A., Vijay, R., Killedar, D. J., & Kumar, R. (2021). A review of constructed wetland on type, treatment and technology of wastewater. Environmental Technology & Innovation, 21, 101261. doi:10.1016/j.eti.2020.101261

Pérez, Y.A., García Cortés, D.A., Jauregui Haza, U.J. 2022. Humedales construidos como alternativa de tratamiento de aguas residuales en zonas urbanas: una revisión. Ecosistemas 31(1): 2279. <https://doi.org/10.7818/ECOS.2279>

Vymazal, J., Zhao, Y., & Mander, Ü. (2021). Recent research challenges in constructed wetlands for wastewater treatment: A review. Ecological Engineering, 169, 106318. doi:10.1016/j.ecoleng.2021.106318

Notas Biográficas

La **MCIBQ Anel Magaña Flores** es Estudiante de Doctorado en Ciencias en Ecología y Manejo de Sistemas Tropicales en la División Académica de Ciencias Biológicas de la UJAT y está adscrita como catedrática en el Instituto Tecnológico de Villahermosa.

El **Dr. Gaspar López Ocaña** es Profesor-Investigador de Tiempo Completo adscrito a la División Académica de Ciencias Biológicas en la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, México. Es Responsable del Laboratorio de Tecnología del Agua y Miembro del Cuerpo Académico de Ingeniería y Tecnología Ambiental CA-UJAT-259.

El **MIPA Santiago Palma Avalos** es profesor adscrito al Colegio de Bachilleres de Tabasco plantel 14 del municipio de Jalpa de Méndez Tabasco, con categoría CBI.

Riesgos Físicos para los Operados de Máquinas de Corte de Carne

Ángel Josué Mendiola Castillo, Yadir Alejandro Estrada Ibarra, Juan Antonio Acosta Rios, Ely Alejandro Córdoba Delgado, Jeremy Macias Castro, Diego Sebastián Villegas Mireles, Ma. Martha Rincón Escobedo

Resumen: Existen accidentes en el sector de productos cárnicos con herramientas de corte ocasionando desde pérdida de sensibilidad hasta la de alguna extremidad superior del operador.

¿Cómo alertar el riesgo de daño en extremidades del operador en el sector cárnico ocasionados por herramientas de corte?

Palabras clave: Seguridad industrial, Accidentes laborales, NOM secretaria de seguridad y salud en el trabajo.

Introducción

El proyecto busca un avance en el sector cárnico, trabajando con las distintas variables que podríamos desarrollar a base de la seguridad, normas de secretaria de seguridad y salud en el trabajo, ingeniería.

Algunas de las principales variables a trabajar son las normas de la secretaria de seguridad y salud en el trabajo que son: NOM-194-SSA1-2002, NOM-194-SSA1-2004, NOM-213-SSA1-2018 para comprender las “reglas” de trabajo en el área, también se trabajara con variables abiertas de la ingeniería, incluyendo lo que son los materiales que se emplearán.

Dentro de seguridad industrial se busca un extremo cuidado tanto como con los trabajadores y la maquinaria utilizada debido a que es un sector donde se debe incluir bastante el sector de salubridad, ya que se está hablando del área de procesamiento de alimentos, cuyos alimentos terminan en boca de las familias.

El uso de Máquinas para tal actividad se difiere su ubicación como “Sala de máquinas” debido a que es necesario dedicar un espacio solo para esta actividad, por unos cuantos factores que pueden llegar a generar un riesgo e incluso por practicidad de trabajo.

Se puede decir que hay una pequeña variedad de puntos a tratar para el cuidado del producto y también del personal de trabajo, y estos mismos en combinación. Con esto aplicamos la salubridad de los productos cárnicos y la salud de los trabajadores. Algunos de estos puntos se dividen en el “cuidado del producto” y el “cuidado de personal”. Dentro del “cuidado del producto” encontramos las medidas de: la disposición en materia de higiene, mantener la higiene del personal como debe de ser, dar uso de guantes impermeables, en dado caso de alguna cortadura existente en las extremidades superiores del trabajador que se exponga al producto debe usarse una protección correcta. Continuando con los apartados mencionados, dentro de las medidas de “cuidado del personal” encontramos: el cuidado en el área de manejo de herramientas de corte, sea con motorizada o no, prohibido el uso de celulares para evitar distracciones, uso de lentes de seguridad, el uso correcto de las maquinas. Estas son unas de las reglas existentes para llevar un control correcto de la seguridad industrial en este sector.

Las normas que están encargadas de asegurar que se cumplan los protocolos de prevención de accidentes laborales dentro de las empresas que se dediquen al sector de procesamiento de alimentos cárnicos. Estas leyes son de importancia que se lleven a cabo debido a que claramente buscan la protección de los trabajadores, evitando así posibles accidentes Laborales, estas son las normas que pertenecen exclusivamente al sector cárnico con las que se trabajara.

De acuerdo con la NOM: NOM-213-SSA1-2002, Productos y servicios. Productos cárnicos procesados. Especificaciones sanitarias. Métodos de prueba. La NOM-213-SSA1-2004, Especificaciones sanitarias en los establecimientos dedicados al sacrificio y faenados animales para abasto, almacenamiento, transporte y expendio. Especificaciones sanitarias de productos. NOM-213-SSA1-2018, Productos y servicios. Productos cárnicos procesados y los establecimientos dedicados a su proceso. Disposiciones y especificaciones sanitarias. Métodos de prueba.

Los accidentes laborales son aquellos sucesos no planificados que ocurren durante el trabajo, causando daño a la salud o integridad física del trabajador. Estos pueden ser causados por diversos factores, como la falta de capacitación o entrenamiento, la falta de medidas de seguridad, el incumplimiento de las normas y reglamentos, la falta de supervisión, el uso inadecuado de equipos o herramientas, entre otros.

Los accidentes laborales pueden tener consecuencias graves para el trabajador afectado, como lesiones, enfermedades, discapacidad o incluso la muerte. Además, estos sucesos pueden tener un impacto negativo en la productividad y la economía de la empresa, aumentando los costos de indemnización y reduciendo la eficiencia laboral.

Aparte de las lesiones físicas, los accidentes laborales también pueden tener un impacto en la salud mental del trabajador, como el estrés postraumático o la ansiedad, especialmente si el suceso fue de gran impacto o si las consecuencias son graves.

Metodología

El método experimental puro se utilizó para evaluar el rendimiento y eficacia del sistema RGB y del sistema de frenado instantáneo, y así determinar si estos cumplen con los objetivos previstos y garantizan la seguridad de los trabajadores.

También se le dio uso al método descriptivo sería útil para describir en detalle el proceso de implementación del sistema y su integración con las normas de la secretaria de seguridad y salud en el trabajo. Esto permitirá a entender mejor cómo se están aplicando las normas y cómo el sistema tecnológico contribuye a mejorar el cumplimiento de estas.

Se estableció la experimentación como método de investigación con objetivo de responder a nuestro planteamiento del problema. A continuación, se presentan explicativamente las características, variables independientes e independientes a considerar dentro del entorno de un procesador de alimentos cárnicos.

Las variables independientes modificadas serán el color de los guantes del operador y la distancia entre las manos y la sierra de corte respectivamente. Nuestro objetivo es detener el proceso de la maquina en caso de aproximarse un objeto de color específico. El objeto en cuestión será un guante, de color morado.

Para detectar proximidad se empleará un sensor de color RGB, este sensor detecta y codifica los colores situados frente a él en un código RGB. Realizando una analogía en relación a la tecnología de pantallas verdes; se decidió emplear guantes de colores fuertes con el propósito de permanecer fácilmente detectables a ojos del sensor RGB. Todo lo dicho viene de la mano con una programación en IDE Arduino; dentro del código se establecen los rangos del sensor y se experimenta con un motor sin nada acoplado a su eje -para evitar accidentes, ya con la correcta asignación de variables se procede a acoplar la sierra al motor y a observar el comportamiento del sistema.

En cuanto a la validez del documento, se podría decir que tiene una validez interna, ya que se describe claramente el método utilizado para evaluar el rendimiento y eficacia de los sistemas RGB y de frenado instantáneo, lo que asegura que los resultados obtenidos son válidos en relación con las hipótesis planteadas. Además, el uso del método descriptivo para describir el proceso de implementación del sistema y su integración con las normas que trabajaremos permiten una mayor comprensión de cómo se están aplicando las normas y cómo el sistema tecnológico contribuye a mejorar el cumplimiento de estas. Por lo tanto, se puede decir que el documento tiene validez interna.

Sin embargo, es importante tener en cuenta que la validez externa del documento puede verse comprometida si los resultados obtenidos en la evaluación de los sistemas RGB y de frenado instantáneo no son generalizables a otros contextos o poblaciones.

En el anterior, se describe un avance tecnológico en el sector cárnico que involucra la implementación de un sistema RGB y un sistema de frenado instantáneo para garantizar la seguridad de los trabajadores. Para investigar sobre este avance, se pueden utilizar diferentes tipos de investigación, pero en este caso, se destacan dos tipos específicos: la investigación experimental y la investigación descriptiva.

Este proyecto se puede definir como un “Sistema de seguridad de frenado para sierras de carnicería” debido a que se diseñó una forma de detener la sierra y el motor para evitar algún accidente laboral. Para poder detectar en qué momento debe activarse este sistema, lo principal de para lograr que funcione este proyecto es un sistema que trabaja mediante la detección de un sensor RGB programable, con la habilidad de detectar cada uno de los colores utilizando las funciones correctas para que no existan errores.

El sistema fue planteado y diseñado en dos distintas fases para mayor eficiencia, de las cuales cada una conlleva partes, variables y trabajos diferentes.

Para la primera fase se obtendrá información del sensor RGB es la detección de colores de los guantes que use el operador encargado de la sierra, este mismo sensor deberá detectar la distancia a la que se encuentren los guantes de la sierra, esta medida “x” es de importancia ya que de aquí se determinara si se deberá parar la sierra y el motor o no en caso de prevención por el bien del operador. No se puede considerar una variable de tal magnitud como si fuera algo mínimo, debido a que esta es la que ayudara a que evite el accidente o que no se haga el paro total de una manera accidental.

Continuando con la primera fase del sistema se programará un interruptor inteligente con la habilidad de hacer el apagado del sistema y así no causar daños permanentes o a largo plazo en el motor de la sierra.

La segunda fase consiste en que en este sistema de frenado se implementa un servomotor en área de la cortadora de la sierra capaz de mover la pieza de ángulo y así anular el movimiento de la cortadora y a su vez un accidente laboral. En lo mencionado anteriormente se presenta la variable de la primera ley de Newton que habla sobre el principio de la inercia, esta “establece que un cuerpo no modifica su estado de reposo o de movimiento si no se aplica ninguna fuerza sobre él”. Por esta razón se aplicará una fuerza para anular el movimiento de la inercia.

Resultados



Figura 1 Base de la polea, Fuente: Propia

Lo que se muestra en la figura 1 es la base donde se encuentra el ángulo con el que trabajara para así deslizarse y de igual manera detener el movimiento rotatorio de la polea de la sierra cortadora de clase.

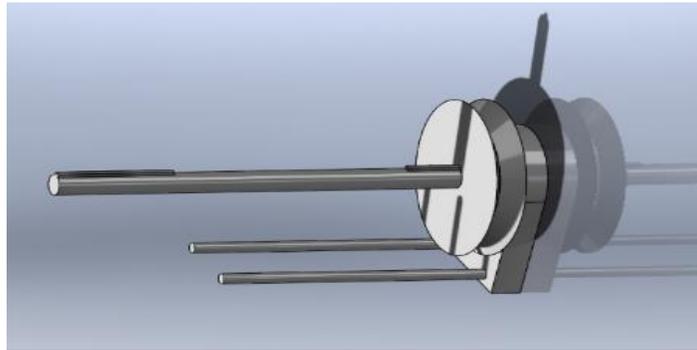


Figura 2 Base con polea, Fuente: propia

De acuerdo con la figura 2, se logra observar lo que viene siendo la polea y la base ensambladas, mientras que en la parte central se encuentra una barra cilíndrica que es la encargada del movimiento rotatorio de las poleas y el ángulo en conjunto.

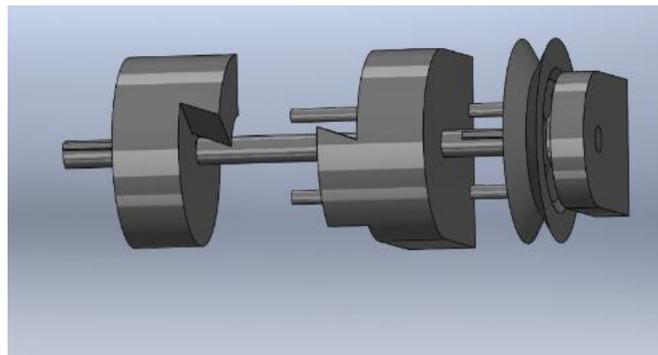


Figura 1 Esamble ángulos, Fuente: Propia

Lo que muestra la figura 3 es donde se ubican las dos piezas que tienen diferentes ángulos, una de estas piezas es la que tiene la capacidad de deslizarse y la otra es la que va unida sobre la polea donde va la sierra cortadora de carne. Aquí se toma en cuenta que el movimiento del ángulo de la pieza que se encuentra del lado izquierdo de la imagen será de acuerdo con el movimiento rotatorio de la otra, mientras que la pieza que se encuentra del lado derecho

permanecerá en estado inmóvil, solo tendrá que realizar un deslizamiento hacia la pieza que está unida a la polea que esta ubicada en la parte donde está la sierra.

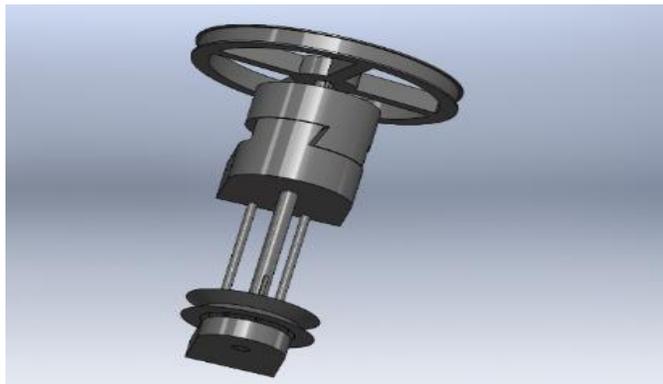


Figura 4 Mecanismo Embonado, Fuente: Propia

Como se mencionó estos dos ángulos embonaran entre si, la figura 4 muestra cómo es que ambas piezas con ángulos deben de conectar para así detener el movimiento de la polea, deteniendo así todo el sistema en un mismo paro total. La gran ventaja que se obtiene de este mismo arquetipo es que será de igual manera satisfactoria por dos razones, la primera es prevenir a tiempo un accidente laboral, guiado de la seguridad industrial y las normas mencionadas anteriormente, y la segunda es que se protege el sistema de la sierra, ya que como nuestro sistema no estará junto o adherido al motor no tendrá ninguna consecuencia a largo plazo, de igual manera aquí se da uso al término de la “seguridad industrial”.

Conclusiones

En conclusión, esta investigación destaca la necesidad de implementar sistemas de seguridad en la industria cárnica para prevenir accidentes laborales y muestra el diseño de un sistema de seguridad de frenado para sierras de carnicería que utiliza un sensor RGB y un servomotor para detener la sierra en caso de necesidad. Aunque se necesitan pruebas adicionales en un entorno de producción real y otros factores externos pueden afectar la detección del sensor RGB, los resultados preliminares son prometedores y justifican futuras investigaciones para mejorar y expandir el sistema de seguridad diseñado. Este sistema tiene el potencial de mejorar significativamente la seguridad de los trabajadores en la industria cárnica y destaca la importancia de implementar medidas de seguridad en este sector.

Referencias

- Fernandez, J. (s.f.). *Fiscalab*. Obtenido de Fiscalab: <https://www.fiscalab.com/apartado/principio-inercia>
Gob.mx. (18 de Septiembre de 2004). Obtenido de *Gob.mx*:
https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=661587&fecha=18/09/2004#gsc.tab=0
Gob.mx. (11 de Julio de 2005). Obtenido de *Gob.mx*: https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=2081721&fecha=11/07/2005#gsc.tab=0
Gob.mx. (03 de Abril de 2019). Obtenido de *Gob.mx*: https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5556645&fecha=03/04/2019#gsc.tab=0
Hernandez, R. (2014). *Metodología de la investigación*. México D.F.: McGraw-Hill Companies.
insignia. (21 de Noviembre de 2017). *El Insignia*. Obtenido de El Insignia: <https://elinsignia.com/2017/11/21/seguridad-e-higiene-laboral-en-una-carniceria/>
Prevensystem.com. (17 de 02 de 2022). Obtenido de *Prevensystem.com*: <https://www.prevensystem.com/internacional/640/noticia-riesgos-laborales-en-elaboracion-de-productos-carnicos.html>

Tendencias Surcoreanas vs Cultura Corporativa desde la Generación Centennials

Abigail Morales Luna¹, Samantha Karina Aldana Roque², Deniss Elvira Reyes Puentes³, Itzel Esmeralda Valenzuela Adame⁴, Dra. Ma. Martha Rincón Escobedo⁵.

Resumen—La generación centennials han sufrido cambios derivados de esta época moderna, tal y como el autor zygumt bauman lo explica, planteándonos la siguiente pregunta: ¿Qué impacto tienen las tendencias surcoreanas, la modernidad y la cultura organizacional en los jóvenes a la hora de elegir un empleo? El diseño de la investigación es no experimental transeccional descriptiva donde se recolectan datos en único momento, se trabajan con una muestra probabilística aleatoria simple de estudiantes centennials del TecNM laguna, teniendo como resultados que el 59.8% si conoce las tendencias surcoreanas pero el 40.2% se deja influenciar por los beneficios a la hora de elegir empleo en lugar de dejarse guiar por la modernidad; esperábamos obtener como resultado que las tendencias ganaran sobre el resto de las opciones y aunque los jóvenes las conocían ellos no se dejaban influenciar por ellas para elegir su lugar de trabajo.

Palabras claves— tendencias surcoreanas, cultura corporativa, modernidad, generación centennials.

Introducción

La modernidad es un proceso de cambios, es un paso a la creación de algo nuevo o la evolución de lo que existe y avanza presentando mejoras y cambios dentro del sistema que se establece; debido a esa evolución pueden llegar a considerarse de una manera amplia históricamente; esto tiene relación con los antecedentes debido a que de ello van surgiendo nuevas cosas o incluso bien considerarse para ir cambiando día a día así actualizando a las nuevas generaciones a pensar de maneras distintas e incitarlos a explorar los nuevos horizontes.

De acuerdo con Zygmunt Bauman (2003) la modernidad líquida, da inicio a la investigación; haciendo que se vea a esta como algo que está en un constante cambio, algo de lo cual puede llegar a tenerse diversas variaciones y surgir algo completamente diferente conforme se va evolucionando, esto llega a influir en la perspectiva de las personas y un claro ejemplo de este fenómeno que podemos ver y que Bauman menciona son las tendencias que justo ahora son tan populares y más aún entre los jóvenes de la generación centennials.

Esta investigación toma en específico las tendencias surcoreanas, las cuales son bastante populares a día de hoy en la actualidad justo a lo que ahora podemos considerar como modernidad, estás tendencias se han dado a conocer más que nada por el género musical originario de corea del sur, conocido como “kpop” del cual sobresalen grupos musicales como BTS y BlackPink, siendo estos dos los más populares, ambos han sido reconocidos por la revista time la cual es una de las publicaciones más importantes e influyentes en el mundo, esta retrata en su portada a las personas más relevantes del momento; aún así esta gran popularidad de las tendencias surcoreanas no solo termina con su famoso género musical, también se extiende a grandes rasgos en los kdramas o programas de entretenimiento televisivo, la moda e incluso el aspecto físico de sus pobladores.

De acuerdo con Iván Lavín (2020) la generación centennials tiene otro tipo de intereses comparados con el de otras generaciones, dicha generación se inclina más hacia la curiosidad, tomando un camino que va siguiendo las redes sociales, sus tendencias e incluso a sus artistas preferidos, esta generación tiene una visión pesimista sobre el futuro y tiende a tener una aspiración salarial moderada; por ello quisimos relacionar ambos temas de manera que podamos resolver la interrogativa principal a resolver de esta investigación.

Según Mariano Ortega (2015) las dimensiones del comportamiento y la cultura organizacional son un enfoque totalmente diferente, mientras que la cultura corporativa permanece como algo fijo el comportamiento va cambiando conforme la generación de la que se habla, en este caso la de los centennials, quien deja que la modernidad influya en su vida e incluso tome parte importante en su forma de actuar o decidir sobre algo, pero en el ámbito empresarial simplemente no se pueden resolver estos asuntos involucrándose de manera personal emociones y sentimientos, la cultura corporativa de una empresa no puede estar en constante cambio, esta se establece y se vuelve difícil cambiarla, se adquiere como un modelo tradicional en el que se mantienen fijas sus normativas y sus valores.

¹ 21131435 Estudiante de cuarto semestre de la carrera de Gestión Empresarial alu.21131435@correo.itlalaguna.edu.mx

² 21131407 Estudiante de cuarto semestre de la carrera de Gestión Empresarial alu.21131407@correo.itlalaguna.edu.mx

³ 21131441 Estudiante de cuarto semestre de la carrera de Gestión Empresarial alu.21131441@correo.itlalaguna.edu.mx

⁴ C19441029 Estudiante de cuarto semestre de la carrera de Gestión Empresarial alu.c19441029@correo.itlalaguna.edu.mx

⁵ Docente del Área de Ciencias Económico/Administrativas del TecNM Campus Laguna mmrincone@correo.itlalaguna.edu.mx

Metodología

Procedimiento

El diseño considerado para esta investigación fue el no experimental transeccional descriptiva ya que fue el tipo de diseño que más se apegó a satisfacer las necesidades de esta investigación, de esta forma se lograron recolectar los datos requeridos para la investigación los cuales fueron recogidos dentro de un momento único, en el que se trabajó únicamente con una muestra probabilística aleatoria simple de cien estudiantes pertenecientes a la generación centennials dentro del Instituto Tecnológico Nacional De México Campus La Laguna.

A través de este método los responsables de la investigación trabajaron en conjunto para así obtener una muestra bastante variada tomando como guía y referencia cada una de las carreras dentro de esta institución, es decir, se consideró a cada una de las especialidades dentro del TecNM, encuestando a diez de cada tantos haciéndoles responder preguntas relacionadas con el impacto de las tendencias surcoreanas, la modernidad y la cultura organizacional encaminadas a la hora de elegir un empleo, tomando estas cuatro variables ejes con un total de 23 atributos que miden de manera específica las variables antes mencionadas, para a través de los resultados desarrollar y llevar a cabo la presente investigación.

Dado que se usó este diseño no experimental la investigación se implementó evitando la manipulación de las variables independientes, es decir, sin tener el fin de afectar y manipular el resto de las variables, simplemente hubo una observación del registro y proceso de dichos datos; por parte del tipo transeccional toma lugar dado que abarca varios grupos de personas e indicadores involucrando diversas comunidades, situaciones y eventos, además de que como ya se mencionó esta se aplicó en un único momento, característica principal de este diseño.

Referencias bibliográficas

Diseño no experimental transeccional por Sampieri, R. H., Collado, C. F., Lucio, P. B., Valencia, S. M., & Torres, C. P. M. (2014).

Resultados

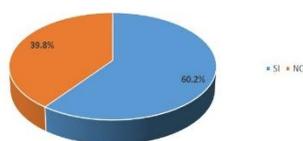


Fig. 1.1 Conocimiento de las tendencias surcoreanas.
Fuente: Creación propia

En la Fig 1.1 se muestra que en la encuesta que se les presento a los estudiantes, se arrojó un resultado del 60.2% dijo que si conocía alguna tendencia coreana mientras que un 39.8% no las conocía., esto fue para darnos un índice del conocimiento que tenía cada uno de ellos sobre las tendencias coreanas, ya sea que la conocieran por música, artistas, influencers, skinkare, series, películas, algunos pocos por empresas, noticias, costumbre, su cultura o las ofertas de trabajo y hábitos profesionales que ellos tienen.



Fig. 2.1 Lo llamativo de corea del sur para los jóvenes.
Fuente: creación propia

Tal y como se observa en la Fig. 2.1 un 26% le llama más la atención corea del sur por su cultura y a un 25% les llama la atención por el entretenimiento; viendo esto podemos saber que les gusta más en lo cultural y entretenimiento sin embargo en el aspecto labora también tenemos un 23% que no está nada mal para saber que algunos jóvenes encuestados les llama la atención lo relacionado con la cultura corporativa.

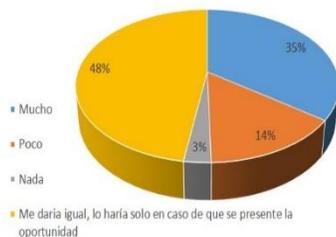


Fig. 3.1 que tanto quisieran trabajar los jóvenes en una empresa surcoreana.

Fuente: creación propia

En la Fig. 3.1 el porcentaje más alto que podemos encontrar en la gráfica es que la mayoría de los encuestados trabajarían en una empresa coreana solo si se les presenta la oportunidad, un 35% si les gustaría trabajar mucho en una empresa coreana, teniendo así una cifra considerable para ver que algunos de los jóvenes mexicanos buscarían trabajar con personas con diferente cultura a la de ellos, aceptando así sus reglas que son diferentes a las empresas mexicanas, testimoniando que México es un país rico en culturas y que su gente es abierta a la diversidad cultural.

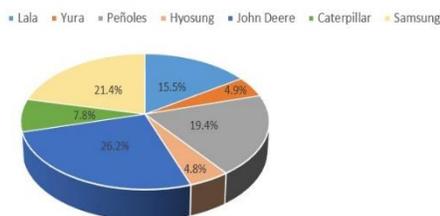


Fig. 4.1 las empresas en las que les gustaría trabajar a los jóvenes centennials

Fuente: creación propia

En la Fig.4.1 se muestran las opciones que tenían los jóvenes del TecNM y con ello las empresas más populares entre los jóvenes a la hora de elegir un empleo, dándonos como resultado que un 7.8% se iría a trabajar en LALA, un 4.9% trabajaría en la empresa Yura, el 19.4% de los encuestados se iría a trabajar a peñoles, un 4.8% trabajaría en Hyosung, con un máximo de 26.2% se iría a John Deere, 7.8% trabajaría en Caterpillar y por ultimo un 21.4% trabajaría para Samsung. Estas son las preferencias de los jóvenes centennials que cursan actualmente una ingeniería.

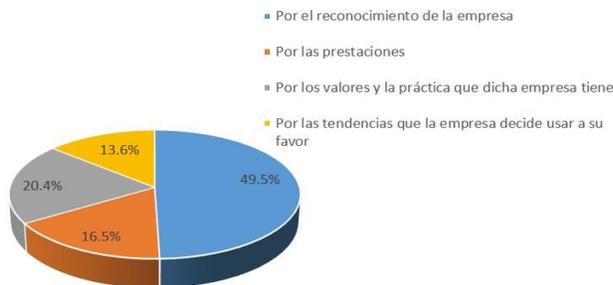


Fig. 5.1 la razón por la que los jóvenes quieren trabajar en dichas empresas.

Fuente: creación propia

La Fig. 5.1 muestra que los estudiantes del TecNM prefieren con un 48.5% el reconocimiento de la empresa, un 16.5% Por las prestaciones, el 20.4% Por los valores y la práctica que dicha empresa tiene, y por último un 13.6% para las tendencias que la empresa decide usar a su favor; de acuerdo a estos resultados nos percatamos que la generación centennials igual que las generaciones pasadas es importante los sueldos, prestaciones, condiciones laborales y el prestigio de la empresa más que las tendencias a la hora de elegir donde trabajar.

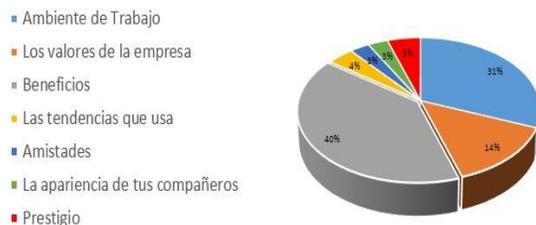


Fig. 6.1 Influencias para los jóvenes al elegir un trabajo.
Fuente: creación propia.

En la Fig. 6.1 representada con una gráfica nos muestra unos interesantes resultados ya que el 40% de los estudiantes encuestados comentan que ellos se dejarían influenciar por los beneficios que les ofrezcan al momento de elegir el lugar de trabajo, con un 31% le sigue el ambiente laboral, con un 14% los valores de la empresa, un 5% el prestigio, con un 4% las tendencias y finalmente con un 3% las amistades al igual que las apariencias de sus compañeros; estos resultados se relacionan con lo que el autor zygmunt bauman expresa en su libro modernidad líquida respecto que los jóvenes se acoplan conforme a su conveniencia ya que como se muestra la mayoría se deja influenciar por sus beneficios e intereses personales. “Devastación emocional y mental de muchos jóvenes que entran ahora al mercado de trabajo y sienten que no son bienvenidos”

Análisis

El análisis de dichos resultados toma lugar indicando que más de la mitad de los encuestados conocen al menos alguna tendencia de corea del sur, sin embargo, estos no dejan que la modernidad de las tendencias influyan a la hora de relacionarse o involucrarse así mismos en un aspecto profesional laboral, es decir, la mayoría de los estudiantes dentro del TecNM toman en cuenta otro tipo de factores para unirse a una empresa, ya sean estos económicos o no pero apuntan más hacia el reconocimiento de la empresa.

Aunque los resultados de esto se esperaba podrían ser favorables en este punto para las tendencias coreanas la verdad es que no fue así, pues simplemente con las empresas que más eligieron para trabajar se comprobó lo contrario, es decir, las empresas coreanas no tenían mayor presencia dentro de nuestra región y las tendencias coreanas que los jóvenes conocían no fueron suficientes para influir demasiado en sus vidas a tal punto de que investigaran el campo laboral de corea del sur aquí en México y la región, como elección de oferta laboral, sin embargo, lo antes mencionado si tienen peso al momento de socializar, de interactuar con los diferentes grupos de amigos y la elección propia como: un corte de cabello, un grupo musical, pero aún en los centennials no va más allá.

Fueron cuatro empresas con los mayores porcentajes, destacando entre ellas: John deere, Samsung, Peñoles y lala. Siendo la primera americana, la segunda de origen coreano y las otras dos mexicanas, las opciones son totalmente variadas pues aunque en su mayoría la investigación está centrada a corea del sur, el fin de esto era demostrar ese contraste, probando así que la presencia de las corporaciones coreanas aún son débiles entre los jóvenes centennials del TecNM Campus La Laguna que se encuentra ubicado en la región de Torreón Coahuila, pues de tres opciones de empresas coreanas que se colocaron como parte de las respuestas sólo una de ellas logró sobresalir entre el resto de las opciones.

Si bien los jóvenes centennials se guían por algo más superficial en comparación a lo que otras generaciones seguramente eligen, estos han salido del paradigma que se cree naturalmente de que estos suelen perseguir las tendencias, es decir, no es que éstas estén escasas o no tengan presencia, sin embargo no son el factor dominante para elegir, en este caso para seleccionar un empleo en primer lugar estos jóvenes estudiantes se han guiado más por el reconocimiento y después por los valores, la práctica, las prestaciones y beneficios que dichas empresas podrían llegar a traerles, las tendencias quedan como cuarto y último lugar.

Finalizando así con este análisis que demuestra que la presencia que hay de las tendencias coreanas en los jóvenes del Instituto Tecnológico Nacional De México Campus La Laguna no influyen a la hora de elegir empleo, si bien muestran que la generación centennials puede ser un poco más superficial al resto, no llegan a este punto de dejarse guiar de esa forma cuando se ven involucrados en un ambiente laboral, pues apuntan más a las expectativas de quienes les rodean.

Conclusiones

En conclusión, la recolección de estos datos ha demostrado que la teoría que se tenía acerca de que los jóvenes hoy en día se dejaban guiar más por las tendencias resulto errónea, al menos dentro de esta muestra probabilística que hemos tomado para analizar, ya que los jóvenes estudiantes de esta generación realmente todavía siguen pensando y

guiándose por cosas relacionadas con lo que les puede ofrecer la organización y el beneficio que conlleva para ellos el trabajar en dichas empresas.

Se esperaba tener como resultado favorable las tendencias coreanas, es decir, que los jóvenes se dejaran guiar por ellas, pero terminó siendo contradictorio yendo en contra incluso de lo que los autores mencionaban por separado, aún hay esa esperanza de futuro que las generaciones pasadas pueden considerar cómo exitoso y beneficioso dentro de esta sociedad cambiante, la modernidad aún no ha cambiado del todo estos principios que fueron establecidos por nuestros antecesores, siendo algo con gran firmeza que no es fácil de cambiar dado que es un sistema establecido por la sociedad en el que influye el mercado y la economía de todos los países.

Limitaciones

Al momento de pensar en las limitaciones del trabajo la principal podría ser la información y los autores escasos que hay sobre el tema de las tendencias surcoreanas, al ser una moda de la actualidad que apenas va ganando camino todavía no se encuentran muchos autores que centren sus investigaciones para hablar de ello, por lo que es difícil encontrar información que se centre en el tema y de ahí nuestra dificultad para poder profundizar más en ello y usar dicha información a nuestro favor utilizándola para indagar en el tema de nuestro interés que lo involucraba, fue complicado encontrar en que autores nos apoyaríamos, que información dentro de cada libro nos sería útil y por ende fue tardado llevar a cabo la investigación.

Además de las circunstancias en las que nos encontrábamos al ser estudiantes de la misma institución, contábamos con más responsabilidades entonces debíamos ponernos de acuerdo y organizar muy bien nuestros tiempos con el resto para así poder cubrir cada detalle de la investigación, muchas veces el tiempo se veía limitado por lo que debíamos trabajar bajo presión haciendo que cometamos ligeros errores que afortunadamente siempre lográbamos detectar y corregir gracias a ella quien nos asesoró en todo momento.

Recomendaciones

A quienes se interesen en continuar esta investigación recomendamos enfoquen la investigación a variables en las que puedan encontrar abundante información, es decir, quizás lo ideal sea ampliar más las variables y no delimitar tanto en una sola región, creo que eso fue nuestra mayor limitante, pero aun así fue emocionante probar y tenerlo como reto. También podrían probar incluir otras generaciones para hacer mayor contraste, pensamos que el campo de esto podría ser aún más extenso y sacar a varios de nosotros de los paradigmas a los cuales nos limitamos a pensar, puede ser un poco complicado recabar información pero es un tema de interés para muchos jóvenes e incluso adultos que buscan comprender a las nuevas generaciones.

Referencias

- Lavín, I. (2023). *LIDERAZGO 4X4 TODO TERRENO* (1.a ed.). Primedia eLaunch LLC.
Sampieri, R. H., Collado, C. F., Lucio, P. B., Valencia, S. M., & Torres, C. P. M. (2014). *Metodología de la investigación*. McGraw-Hill Education.
Ortega, M. (2015). *Dimensiones del comportamiento y la cultura organizacionales*. Cedesca
Zygmunt, B., & Rosenberg, . (2003). *Modernidad Líquida* (1.ª ed.). Fondo de Cultura Económica.

Apéndice

1. ¿Cuál de las siguientes carreras estás cursando dentro del Tecnológico Nacional de México Campus La Laguna?
2. ¿Conoces alguna tendencia de corea del sur?
3. ¿En cuál de las siguientes empresas te gustaría trabajar?
4. ¿Por qué decidiste elegir dicha empresa en tu respuesta a la pregunta anterior?
5. ¿Qué tanto te gustaría trabajar en una empresa surcoreana?
6. ¿Te gustaría o estarías dispuesto a aprender el idioma coreano?
7. ¿En qué aspecto te llamaría más la atención corea del sur?
8. ¿Cómo crees que sería la comunicación entre coreanos y mexicanos? ¿Por qué?
9. ¿Alguna vez has tenido contacto con algún surcoreano? ¿De qué manera?
10. ¿Conoces tú lo que es el kpop? Si es así, ¿Te gusta?
11. ¿Sabes acerca del kbeauty? ¿Qué es lo que conoces de esta tendencia popular surcoreana?
12. Enmarca o menciona en la opción de otros los grupos musicales que conoces o de los que hayas escuchado hablar.
13. Del 1 al 10 ¿Qué tanto te gustan los programas de entretenimiento de corea del sur?
14. ¿De cuáles de estos influencers surcoreanos has escuchado?
15. ¿Por cuál de las siguientes opciones te dejarías influenciar más a la hora de elegir tu lugar de trabajo?
16. ¿Qué diferencias consideras que hay entre las empresas regionales y las surcoreanas?
17. ¿Consideras importante conocer todo esto de la cultura corporativa para trabajar en una empresa coreana o crees que está bien sólo con conocer sus tendencias?

18. Del 1 al 10 ¿Cuánto crees se te dificultaría trabajar con surcoreanos?
19. ¿Cuál de los siguientes valores organizacionales asocias más como parte de una cultura organizacional coreana?
20. Identifica, ¿Cuál de los siguientes valores organizacionales de corea del sur crees que están alineados a tu persona?
21. Corea del sur es uno de los lugares en los que el ambiente laboral se vuelve bastante exigente, esto debido a que tienen un modelo muy sistematizado en el que todo debe salir "perfecto" debido a la cultura organizacional que manejan todos tienden a trabajar constantemente bajo presión. Del 1 al 10 ¿Qué tanto te gusta trabajar bajo presión?
22. Teniendo en cuenta el dato en la pregunta pasada ¿Qué tanto soportarías trabajar bajo presión sin que eso llegué a afectar tu salud mental o física?
23. Del 1 al 10 ¿Qué tanto recomendarías la cultura corporativa surcoreana a otras personas?

Link De La Encuesta:

https://docs.google.com/forms/d/1kvi1ntu8SRdo_cdbX93qzvg_NAbWIOBfgRVAjIsdaIk/prefill

La Implementación de la Tecnología y la Programación para Mejorar la Calidad de Vida de Personas que Padecen alguna Discapacidad Visual

I.S.C. Juan Manuel Mora Valdéz¹, M.C. Naela Guadalupe García Altamirano², Naila Yunuen Mora García³ Bremlia Guadalupe Torres Díaz⁴

Resumen— Las personas que padecen alguna discapacidad visual tienen dificultades para trasladarse fuera de entornos por ellos conocidos; el caminar por una calle con gente u obstáculos, puede generarles dificultades. Lo anterior indica la necesidad de buscar una solución que les brinde autonomía y calidad de vida. Este proyecto tiene como finalidad diseñar un prototipo funcional de gorra inteligente que ayude a las personas con discapacidad visual a desplazarse de manera segura, generando alertas ante la presencia de objetos, cuenta con un sistema que indica la cercanía de objetos en su recorrido. Se ensambló un circuito, el cual contiene un microcontrolador ARDUINO NANO, que es una pequeña placa que posee una memoria que se programa mediante código, un sensor de ultrasonido que hace el proceso de detección de los objetos, personas, etc., y un interruptor que le permitirá mantenerlo apagado cuando la persona invidente no lo esté usando. Este proyecto se presenta como prototipo debido a que las necesidades de los invidentes son distintas y se implementarán adecuaciones para cada persona y añadir funciones que pueden ser de beneficio para todas las personas con discapacidad visual.

Palabras clave—Tecnología, Discapacidad, Visual, CapWalk.

Introducción

De acuerdo a la Organización Mundial de la Salud (OMS), la Discapacidad es: Cualquier restricción o carencia (resultado de una deficiencia) de la capacidad de realizar una actividad en la misma forma o grado que se considera normal para un ser humano. Se refiere a actividades complejas e integradas que se esperan de las personas o del cuerpo en conjunto, como pueden ser las representadas por tareas, aptitudes y conductas. (SALUD, 2022) Ahora bien, la discapacidad visual es la carencia, disminución o defectos de la visión. La mayor problemática que presentan las personas con esta discapacidad radica en su movilidad y desplazamiento, debido a que tanto en los espacios abiertos como cerrados existen un sin número de barreras u obstáculos. Por este motivo, estas personas recurren a herramientas que faciliten este proceso de la vida diaria como un bastón, puesto que es de fácil acceso por su economía y simple manejo. Sin embargo, esta herramienta presenta desventajas al no reconocer obstáculos y no da una ubicación geoespacial del lugar donde se encuentra la persona; agregado a esto el uso de un bastón limita la maniobrabilidad a una sola mano. Debido a estas dificultades se pretende desarrollar un modelo funcional de una gorra inteligente (CapWalk), que sea adecuada para la movilización y orientación de forma autónoma. Esto con el fin de mejorar la calidad de vida de las personas con discapacidad visual. Para establecer las especificaciones necesarias se indagaron las herramientas y tecnología básica para el diseño e implementación de cada uno de los dispositivos que componen la gorra inteligente.

Justificación

Los avances tecnológicos hoy en día, caminan a pasos agigantados posicionándose en muchos sectores de nuestra sociedad. Entre ellos se pueden encontrar desde entretenimiento hasta dispositivos de comunicación, que ofrecen a nuestras vidas comodidad y ayudan en la exploración de actividades que no se pueden llevar a cabo con los recursos naturales de nuestro organismo. Este avance tecnológico ha llegado tanto al sector público como al sector privado y ayuda a facilitar el trabajo a muchas personas como en el sentir comodidad o confort.

Si toda esta tecnología ha evolucionado tanto como para satisfacer gustos y necesidades del ser humano ¿Por qué no ponerla a disposición de un sector específico de la sociedad que prescinde de algún sentido o parte física de su cuerpo?.

Con el desarrollo de este proyecto de grado se contribuirá al mejoramiento de la movilidad de las personas invidentes, logrando así transitar con mayor facilidad; esto sería muy benéfico para ellos debido a que así lo necesitan dentro y fuera de sus hogares.

El diseño y construcción del prototipo de la gorra inteligente permitirá el avance tecnológico y la modernización ayudando a poner en práctica nuevas tecnologías electrónicas y mecatrónicas de punta para las

¹ ISC Juan Manuel Mora Valdez Profesor del Colegio de Bachilleres del Estado de Chihuahua Plantel 20. jmoravaldez@gmail.com

² M.C. Naela Guadalupe García Altamirano Docente del Tecnológico Nacional de México Campus Cd. Jiménez naelagarcia3@gmail.com

³ Naila Yunuen Mora García alumna del Colegio de Bachilleres del Estado de Chihuahua Plantel 20

⁴ Bremlia Guadalupe Torres Díaz alumna del Colegio de Bachilleres del Estado de Chihuahua Plantel 20

generaciones futuras, aportando así nuevas investigaciones que se podrían llevar cabo. Es importante que se fomente la creación de dispositivos que permitan avances tecnológicos para ir a la vanguardia con los cambios que presenta en nuestra sociedad.

Planteamiento del problema

Existen personas con diferentes discapacidades, entre ellos están los invidentes; según datos del INEGI a nivel nacional existen cerca de 21 millones de personas que sufren algún tipo de discapacidad, de los cuales más de 12 millones cuentan con alguna discapacidad visual que representa el 61% de esta población. (DIS-APACIDAD.COM, s.f.) Las personas invidentes tienen la capacidad de distinguir semejanzas y diferencias entre las sensaciones auditivas, gustativas, visuales y táctiles. Esta capacidad para distinguir los diferentes estímulos se llama percepción, el tacto es uno de los sentidos que estos más utilizan a la hora de reconocer las cosas o personas que los rodean. Sin embargo, tienen problema de movilidad a la hora de transitar fuera de su hogar ya que estos en sus casas conocen la ubicación de los objetos, pero el entorno externo hay variables que no pueden controlar como son autos, motocicletas, personas, entre otras, a los que no están acostumbrados. Las tecnologías pueden ayudar a reducir muchas de las barreras con las que se enfrentan las personas con discapacidad. La demora en el desarrollo de herramientas para personas con discapacidad no es debido a la falta de tecnología, sino al escaso reconocimiento de su potencial. (Flores Valentín, González Rios, & Álvarez Gómez, 2010).

Objetivo general

Diseñar y construir el prototipo funcional de una gorra inteligente (CapWalk) que facilite la movilización de forma autónoma a personas con limitación visual.

Objetivos específicos

- Analizar las necesidades de personas con discapacidad visual, para la utilización de la gorra inteligente (CapWalk)
- Diseñar la gorra inteligente (CapWalk) que cumpla con los requerimientos acordes con las necesidades de las personas con discapacidad visual.
- Desarrollar la gorra inteligente (CapWalk) implementando cada uno de los componentes electrónicos requeridos.
- Realizar pruebas para evaluar el funcionamiento del prototipo.

Metodología

Procedimiento

Para llevar a cabo la construcción del prototipo de la gorra inteligente (CapWalk) se utilizaron los siguientes 19 materiales, los cuales fueron previamente seleccionados de acuerdo a la necesidad que se tenía para así poder construir un prototipo funcional, y también de acuerdo a los recursos con los cuales se contaba: • Gorra • Arduino NANO • Sensor Ultrasónico HC-SR04 • Modulo lector Micro SD • Capacitor electrolítico 16v 100uF • 2 resistencias de 10K ohms • Parlante • Batería de 9V • Interruptor • Interruptor de pulso • Cables Dupont • Soldadura de estaño • Cautín • Pasta para soldar

Primer paso

El primer paso para la construcción fue diseñar el cargador solar con los elementos necesarios para su funcionamiento como lo muestra la ilustración 1.

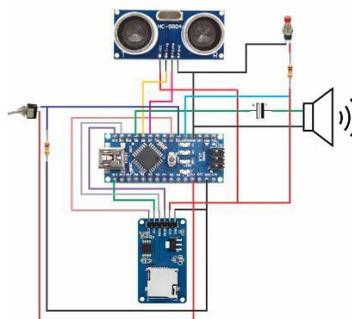


Ilustración 1 Diseño del proyecto

Montaje de los componentes

Se comenzó conectando el Sensor de ultrasónico HC-SR04, el pin vcc va conectado al pin 5v del Arduino NANO, el pin trigger se conecta al pin D8, el pin Echo al pin D7 y el pin GND al pin GND del Arduino NANO como lo muestra la ilustración 2.

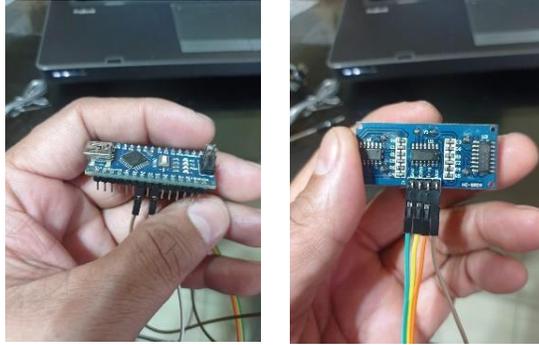


Ilustración 2 montaje del sensor ultrasónico HC-SCR04

Seguido de esto se procede conectar el Módulo lector Micro SD, el pin Cs al pin D7, el pin SCK al pin D13, el pin MOSI al pin D11, el pin MISO al pin D12, el pin VCC al pin VCC y el pin GND al pin GND del Arduino NANO. El parlante se conecta por su polo positivo al polo negativo del capacitor electrolítico, a su vez el polo positivo del capacitor se conecta al pin D9 y el polo negativo del parlante al pin GND del Arduino NANO. Para el interruptor, se le conectara a uno de sus contactos una resistencia de 10 k ohms que a su vez se conectarán 2 cables; uno se conectara al pin D3 y el otro al pin GND del Arduino NANO y el contacto faltante del interruptor se conectara al pin 5V del Arduino NANO. Por último, se conecta el interruptor de pulso; a uno de sus contactos se conecta la resistencia de 10 k ohms que a su vez se conectarán 2 cables; uno se conectara al pin D2 y el otro al pin 5V del Arduino NANO y el contacto faltante del interruptor se conectara al pin GND del Arduino NANO. Como parte final, para alimentar el circuito se conecta una batería de 9V al pin VIN y al pin GND del Arduino NANO como lo muestra la ilustración 3.



Ilustración 3 montaje batería de 9V

Una vez terminado todo el circuito se procede a cargar el programa al Arduino NANO mediante un cable USB.

Después de esto se termina el proyecto montándolo en la gorra como lo muestra la ilustración 4.

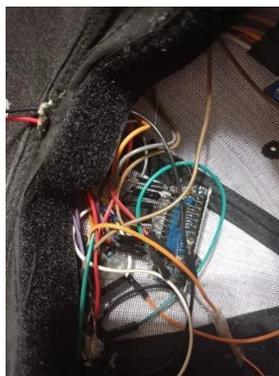


Ilustración 4 montaje del circuito a la gorra

Finalmente se muestra el prototipo terminado como lo muestra la ilustración 5.



Ilustración 5 prototipo final

Resultados

En este proyecto se presenta un prototipo de gorra inteligente (CapWalk) funcional que detecta obstáculos a nivel frontal que cumple con su desempeño, con lo que se concluye que el prototipo ayuda a mejorar la autonomía y seguridad de las personas con limitación visual. Uno de los propósitos de este proyecto para un futuro próximo es promover su uso, y producirlo de tal manera que sea factible para las personas. Esta propuesta de solución es un aporte más para desarrollos y adaptaciones futuras, que busquen brindar calidad de vida a las personas con limitaciones visuales.

Conclusiones

Una de las mejoras probable para el prototipo es la de incorporarle un motor vibrador que sea colocado en el hombro del usuario, esto con el objetivo de no interferir en su oído, ya que este tipo de personas desarrollan un alto sentido en este órgano.

Referencias

- Cueto, F. B. (2013). *Arduino Libro de Proyectos*. Torino: Italia.
- Millahual, C. P. (2017). *Arduino de Cero a Experto*. Buenos Aires: Red USERS.
- ARGENTINA, M. D.(s.f.). www.argentina.gob.ar.
- DIFERENCIAL, E. (s.f.). edudiferencial.cl.
- DIS-CAPACIDAD.COM. (s.f.). discapacidad.com/.
- ELECTRONICA, M. (2018). <https://mvelectronica.com>.
- ELECTRONICS, M. (s.f.). arduino.cl.
- SANDORBOTICS. (2017). sadorobotics.com.
- SHOPEE. (s.f.). shopee.com.mx.

Modelado Takagi-Sugeno y Control PI Difuso Aplicado a un Motor Trifásico con Variador de Frecuencia

Ing. Vanessa Orta Cano¹, Ing. Emanuel Alfredo Romo Barrera²,
M.C. Javier Hernández Pérez³, Dr. José Gerardo Benítez Morales⁴, Dr. Julio Cesar Ramos Fernández⁵

Resumen—Un problema en la industria es el desarrollo de controladores para velocidad y posición de máquinas, que se manipulan con motores trifásicos y variadores de frecuencia, principalmente se han utilizado técnicas basadas en control no lineal, redes neuronales artificiales. En este trabajo se muestra una metodología para identificar, modelar y controlar el conjunto motor-variador de frecuencia (CM-VF), a partir de modelos difusos del tipo Takagi-Sugeno. Se realizaron experimentos para identificar modelos (reglas difusas), con sus consecuentes en forma de función de transferencia, cada regla difusa es un sub-modelo cuasi-lineal y el conjunto de reglas identificadas, describen el comportamiento no lineal del conjunto CM-VF. Se realizaron la implementación y pruebas en tiempo real del controlador difuso, embarcado en un microcontrolador, con economía importante.

Palabras clave—Modelo difuso Takagi-Sugeno, control de motor-variador de frecuencia, control embebido en microcontrolador.

Introducción

Los CM-VF, son ampliamente usados en la industria y son el principio del funcionamiento del sistema de tracción electro-mecánica de los autos eléctricos. Un problema en la industria es la automatización y control de procesos que tienen que ver con posición y velocidad de servomecanismos utilizando CM-VF. Este tema se muestra a manera de una revisión bibliográfica amplia en Usha Sengamalai, et al. (2022), donde describen el trabajo realizado por diferentes autores con el modelado dinámico, la estimación de parámetros y diferentes esquemas e control.

Sin embargo, también existen investigaciones para estimar el control de velocidad de un motor sin la implementación de un sensor, de acuerdo a Dabheti y Lakshmi (2013) implementaron un control de velocidad a un motor por medio de un sistema de observación que es capaz de calcular las variables de estado, asimismo, plantearon un modelo de predicción para el control de corriente, el cual, en caso de tener una variación en los parámetros del motor, dará como resultado un sistema con un rango de error imperceptible incluso cuando se manejen bajas frecuencias. Por otro lado, Usha et al. (2019) propuso un sistema adaptativo de referencia fundamentado en redes neuronales y un observador a fin de implementar un filtro de Kalman mejorado para accionar un motor de inducción de cinco fases, donde las simulaciones de los resultados se realizaron en el software Simulink pero no se obtuvo un buen rendimiento al control de velocidad en bajas frecuencias.

Otros autores (Salehi et al. 2011, Zhang et al. 2019 y Li y Xu 2005) implementaron observadores o controladores de flujo en modo deslizante para contrarrestar el resultado del sistema en caso de existir variación en los parámetros del motor por medio de estimaciones de variables de estado, por lo que se evita el uso de sensores de velocidad.

De igual modo, Guzinski (2013) implementó controladores de corriente por medio de un sistema de estimación de bucle cerrado, dicho sistema emplea compuertas programables y un procesador de señales digitales para mandarlo a un convertidor de potencia capaz de brindar un buen rendimiento, sin importar la variación de parámetros del motor. Sin embargo, el sistema requiere un procesador robusto en caso de ejecutar el control en tiempo real.

Por otro lado, García et al. (2018) implementan un control difuso PI en la regulación de velocidad para un motor trifásico con variador de frecuencia, dicho trabajo emplea funciones de transferencia en distintas regiones de trabajo del motor que, a su vez, encuentra funciones de pertenencia acopladas respectivamente a cada región. No obstante, dichas funciones de pertenencia se encontraron de manera empírica.

Este trabajo de investigación se realizó una identificación de parámetros del motor con la finalidad de obtener funciones de transferencia en regiones de trabajo del CM-VF, donde se obtiene una ley de control PI sintonizado con un modelo ANFIS difuso.

¹ La Ing. Vanessa Orta Cano es Estudiante de la maestría en mecatrónica de la Universidad Politécnica de Pachuca, Hidalgo, vannoc@micorreo.upp.edu.mx

² La Ing. Emanuel Alfredo Romo Barrera es Estudiante de la maestría en mecatrónica de la Universidad Politécnica de Pachuca, Hidalgo, emanuelrb1011@micorreo.upp.edu.mx

³ El M. en C. Javier Hernández Pérez es profesor investigador del posgrado en mecatrónica de la Universidad Politécnica de Pachuca, Hidalgo, jahdez@upp.edu.mx

⁴ El Dr. José Gerardo Benítez Morales profesor investigador del posgrado en mecatrónica de la Universidad Politécnica de Pachuca, Hidalgo, josegerardo@upp.edu.mx

⁵ El Dr. Julio Cesar Ramos Fernández, es profesor investigador del posgrado en mecatrónica, responsable técnico del Laboratorio Nacional en Vehículos Autónomos y Exoesqueletos de la Universidad Politécnica de Pachuca, Hidalgo. (autor correspondiente), jramos@upp.edu.mx

Metodología

La tarea de controlar sistemas, implica el conocimiento del modelo del sistema a regular, para que la sintonización de ganancias de control sea adecuada, pero, resulta complejo el obtener los valores reales de los parámetros físicos de los sistemas. Ya que los parámetros del CM-VF son desconocidos, se recurre a un método de identificación paramétrica, y así, obtener una aproximación de su dinámica real.

Se realizó una red neurodifusa en la herramienta ANFIS, de Matlab. La red consta de dos variables de entrada y una variable de salida, como se muestra en la siguiente figura:

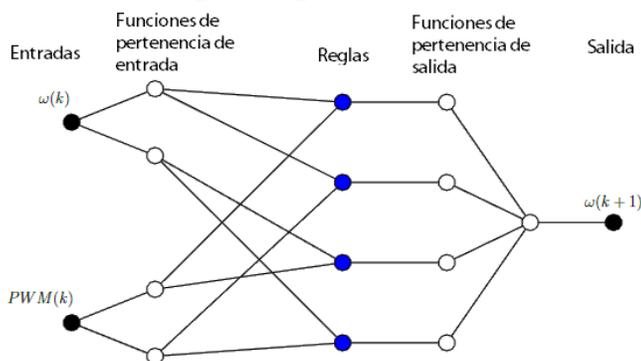


Figura 1. Estructura de la red neurodifusa

Se propuso un modelo de inferencia de tipo Takagi-Sugeno, con funciones de pertenencia de tipo gaussianas, con dos conjuntos difusos para cada variable, lo que implica cuatro reglas difusas del tipo SI-ENTONCES, con funciones matemáticas de salidas lineales.

Para entrenar la red neurodifusa, se requieren datos de entrada y salida del sistema. Como entrada, se aplicaron distintas amplitudes de PWM:

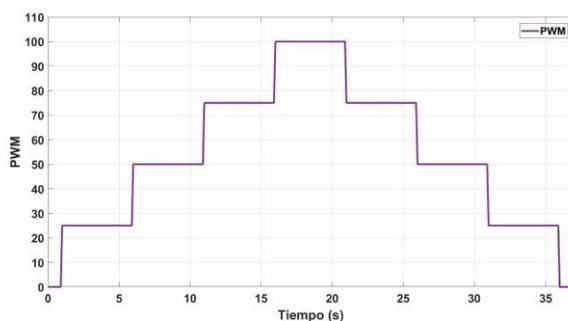


Figura 2. Excitación aplicada al CM-VF

Y la salida, es decir, la respuesta del sistema, se muestra en la figura 3:

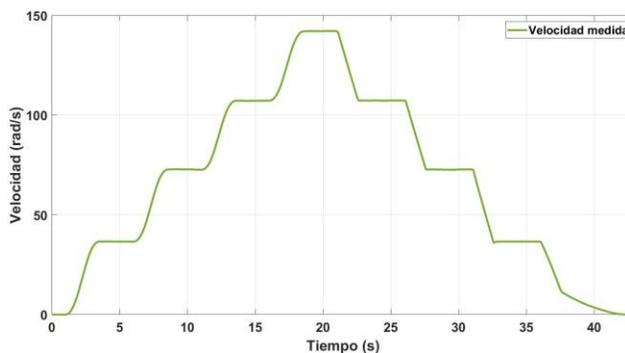


Figura 3. Respuesta del CM-VF

De acuerdo a la respuesta del CM-VF durante el entrenamiento de la red neurodifusa, se pueden obtener sistemas independientes, con el fin, de diseñar una ley de control para región de trabajo. De este modo, con los valores de excitación mostrados en la figura 2, se encuentran cuatro funciones de transferencia, definidas en (1), (2), (3) y (4):

$$G_1(s) = \frac{3.355}{s^2 + 2.24s + 2.277} \quad (1)$$

$$G_2(s) = \frac{1.738}{s^2 + 1.607s + 1.189} \quad (2)$$

$$G_3(s) = \frac{1.016}{s^2 + 1.251s + 0.7074} \quad (3)$$

$$G_4(s) = \frac{0.6248}{s^2 + 0.9681s + 0.4348} \quad (4)$$

Con las funciones de transferencia obtenidas, se sintonizan ganancias para un controlador de tipo PI. Esto se logra por medio de la herramienta PID Tune de Matlab. De este modo, se construyen reglas de tipo SI-ENTONCES de la forma:

*R: Si $w(k)$ está en A_i y $PWM(k)$ está en B_i
entonces: $u(k) = (K_p^i + K_i^i)e(k) - K_p^i e(k-1) + u(k-1)$*

Resultados

Para validar que las ganancias del controlador estén correctamente sintonizadas, se implementó el controlador difuso en el sistema real, empleando distintos set-point. Las ganancias obtenidas se muestran en el cuadro 1:

| FT | K_p | K_i |
|-------|--------|--------|
| G_1 | 0.1466 | 0.1329 |
| G_2 | 0.0943 | 0.0645 |
| G_3 | 0.2766 | 0.1384 |
| G_4 | 0.2880 | 0.1147 |

Cuadro 1. Ganancias del controlador

En cuanto a la respuesta en tiempo real del CM-VF se obtuvo el resultado mostrado en la figura 4:

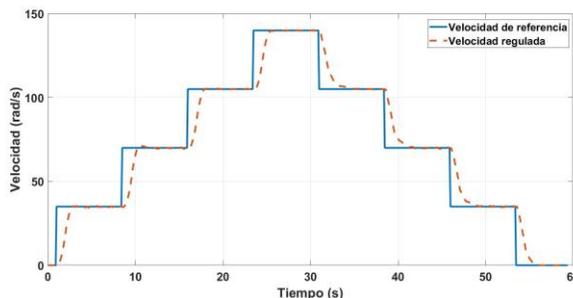


Figura 4. Respuesta del sistema en lazo cerrado

Y la variable de control se muestra en la figura 5:

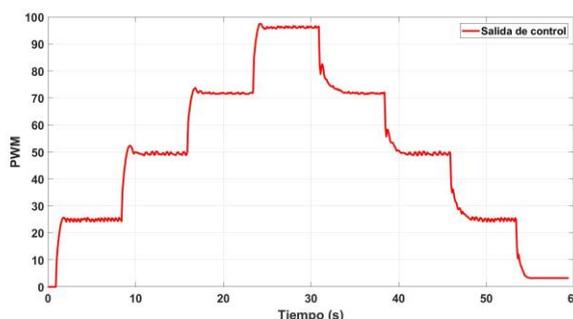


Figura 5. Variable de control en tiempo real

Conclusiones

En este trabajo, se realizó la sintonización de ganancias de controladores PI para el modelo identificado del CM-FV, además, se realizaron pruebas para validar el funcionamiento de la ley de control. Los resultados obtenidos muestran una respuesta del CM-VF ideal a la señal de referencia, gracias a las ganancias sintonizadas, en conjunto de las funciones de pertenencia calculadas de manera óptima por la red neurodifusa.

Agradecimientos

Los estudiantes Vanessa con número CVU: 1147163 y Emanuel con número de CVU: 1147199, agradecen al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por la beca nacional para estudios de maestría. Así mismo,

se agradece a los profesores y al Laboratorio Nacional en Vehículos Autónomos y Exoesqueletos del CONACyT por el soporte técnico y científico e infraestructura para realizar este trabajo de investigación.

Referencias

Dabbeti, S.; Lakshmi, K.V. "Sensorless Speed Control of an Induction Motor Drive using Predictive Current and Torque Controllers", *Electron. Electr. Eng.*, Vol. 3, No 4, 2013.

García S., Ramos J., & Martínez-Pérez, Martínez A., Muñoz F., Duran J. (2018). "Identificación y control difuso de un variador-motor de inducción trifásico", *Research in Computing Science*, Vol. 147, No. 7, 2018.

Guzinski J. and Abu-Rub H., "Speed Sensorless Induction Motor Drive With Predictive Current Controller", *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, Vol. 60, No. 2, 2013.

Li, J.; Xu, L. "An adaptive sliding-mode observer for induction motor sensorless speed control", *IEEE Transactions on Industry Applications*, Vol. 41, No. 4, 2005.

Salehi, S. J. y Manoochehri, M. "Un control de modo deslizante no lineal del motor de inducción basado en la velocidad de segundo orden y el observador de modo deslizante de flujo", *Revista internacional sobre modelado y simulaciones (IREMOS)*, Vol. 4, No 3, 2011.

Sengamalai, U.; Anbazhagan, G.; Thamizh Thentral, TM; Vishnuram, P.; Khurshaid, T.; Kamel, S. "Three Phase Induction Motor Drive: A Systematic Review on Dynamic Modeling, Parameter Estimation, and Control Schemes", *Journal Energies*, Vol. 15, No 21, 2022.

Usha, S.; Subramani, C.; Padmanaban, S. "Neural Network-Based Model Reference Adaptive System for Torque Ripple Reduction in Sensorless Poly Phase Induction Motor Drive", *Journal Energies*, Vol. 12, No 5, 2019.

Zhang Y., Yin, Y. Zhang, Liu J. y Tong X. "Un nuevo observador de modo deslizante con ley optimizada de alcance de velocidad constante para el control sin sensores del motor de inducción", *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, Vol. 67, No. 7, 2020.

Diseño de Banda Transportadora con Control Difuso

Geovani Ramírez García¹, Dr. David Luviano Cruz²,
M.C. Francesco José García Luna³, Dr. Luis Carlos Méndez González⁴,
Dr. Luis Asunción Pérez Domínguez⁵

Resumen— Este artículo presenta el diseño de un control difuso de una banda transportadora, en la industria es muy común utilizar bandas transportadoras para mover el material de un lado a otro con facilidad. Por lo tanto, el control de estas bandas es muy importante, sugerimos un control difuso para poder controlar la velocidad a la cual este se maneja, en las últimas décadas el uso de los controladores difusos ha incrementado debido a su comportamiento no lineal y de que no se requiere un modelo preciso del proceso, en este caso las reglas lingüísticas nos ayudan a tener una buena simplicidad y confiabilidad, para así poder reducir la complejidad y así mismo el controlador pueda adaptarse a las perturbaciones externas, como se muestra en los resultados de la simulación en Simulink, a pesar de las perturbaciones el sistema logra estabilizarse y comparando con los resultados esperados, se podría decir que el sistema muestra una eficiencia notable del método propuesto.

Palabras clave—lógica difusa, banda transportadora, control.

Introducción

En la industria muy comúnmente se utiliza bandas transportadoras para mover el material, esto es de gran importancia ya que optimiza los costos y pérdidas ya que facilita el traslado, reduce los tiempos y minimiza el esfuerzo requerido para cambiar de lugar los objetos. Utilizando Delphi 7.0 se diseñó un algoritmo que facilita los cálculos de carga del material permitido, esto depende de las características de cada banda (Y. Shayakhmetov, 2017). Para un buen funcionamiento de la banda transportadora es muy importante la recolección de información del comportamiento de la banda transportadora, para eso se implementó un sensor LMS400 en el centro de la banda, para monitorear los datos, tales como velocidad y vibración, así poder tener una mejor retroalimentación (A. Vijay, 2017), mientras en otra investigación se utiliza una matriz de 3 x 2 de sensores electroestáticos, colocando 3 sensores en la parte de debajo de la banda y 3 en la parte superior, para así poder hacer una recolección de datos en tiempo real de la velocidad y la vibración (Y. Hu, 2015). El tiempo de respuesta es uno de los aspectos más importantes en el control de la velocidad, para conseguir que el sistema obtenga una mejor respuesta ante las perturbaciones se implementó un sistema de control difuso que varía las ganancias del controlador PID en tiempo real (Cao, 2018).

Debido al incremento en el rendimiento de la industria manufacturera, la industria de las bandas transportadoras también creció, llegando en el año 2019 a los 7,780 millones de dólares y se espera una tasa de incremento anual de 2.9 % hasta alcanzar los 9,240 millones de dólares en 2024, estos grandes números han aumentado la competencia y los requerimientos del mercado (Research, 2019).

Uno de los requerimientos de mayor relevancia para los consumidores de este mercado es la productividad de la banda transportadora. Para lograr dicho requerimiento se necesitan cada vez mejores diseños y métodos de control que a la vez de eficientes sean sencillos. Como exigencias que la industria busca mejorar la operatividad, con métodos de control más robustos que tengan buena precisión y que sean menos afectados por las perturbaciones.

Metodología

En este capítulo se describen los pasos necesarios para la implementación de control difuso a un motor DC de 5V, en la primera parte se presentan los parámetros que se utilizaron en el sistema de control difuso. Después se prosigue a programar los parámetros dentro de Matlab para simular la respuesta ante las diferentes reglas previamente escogidas. Posteriormente se describe el diagrama de bloques con la Toolbox de lógica difusa en simulink, el cual está compuesto por la planta (motor DC), dos entradas al sistema, un conjunto de reglas difusas, un método de inferencia y la defuzzificación de la salida.

¹ Geovani Ramírez García es Estudiante en la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, Cd. Juárez, Chihuahua. al131849@alumnos.uacj.mx (autor corresponsal)

² El Dr. David Luviano es docente de Ingeniería en la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, Cd. Juárez, Chihuahua. david.luviano@uacj.mx

³ El M.C. Francesco García es docente de Ingeniería en la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, Cd. Juárez, Chihuahua. francesco.garcia@uacj.mx

⁴ El Dr. Luis Méndez es docente de Ingeniería en la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, Cd. Juárez, Chihuahua. luis.mendez@uacj.mx

⁵ El Dr. Luis Pérez es docente de Ingeniería en la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, Cd. Juárez, Chihuahua. luis.dominguez@uacj.mx

Herramientas empleadas.

Para empezar con la implementación del sistema de control de velocidad para un motor DC, se necesitan plantear los elementos necesarios, lo cual se ve reflejado en la figura.1:

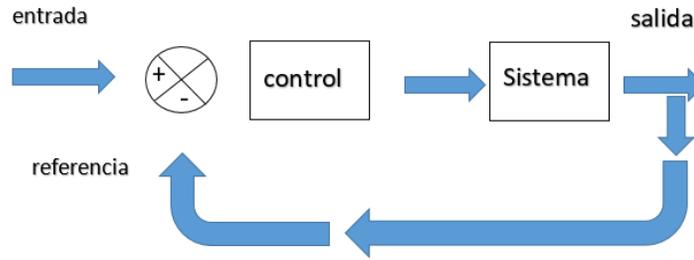


figura. 1. : Sistema básico de retroalimentación

Del sistema mostrado en la fig.1 se necesitan:

1. Controlador: Placa Arduino que contendrá el programa.
2. Sistema: Motor de 5 Voltios DC.
3. Retroalimentación: sensor encoder para saber la posición del motor.

Características del motor.

El motor planteado opera entre los 1.5V a 5V y su velocidad máxima sin carga es de 167.55 rad/s. los parámetros del motor DC utilizados para su modelado se muestran en la tabla 1.

| Parámetros | Descripción | Valor |
|------------|--|-------------------------|
| V | Voltaje del Motor DC (Volts) | 5 V |
| J | Momento de inercia del motor (Kgm2) | 0.3 Kgm2 |
| K | Constante de torque del motor (Nm/Amp) | 0.91 Nm/A |
| R | Resistencia eléctrica (Ohm) | 2.2 Ohm |
| L | Inductancia eléctrica (Henry) | 2.66x10 ⁻² H |

tabla 1. Características del motor

Diseño de control difuso.

En el entorno grafico de Matlab se utilizó la herramienta llamada Fuzzy Logic Toolbox. En la cual se declararon las dos entradas (Error y Derivada del Error), una salida (Voltaje). Despues se prosiguió a configurar el sistema de inferencia Mamdani, utilizando el operador MIN para el método AND, el operador MAX para el método OR y una defuzzificación tipo centroide. La configuración del sistema se muestra en la figura 2:

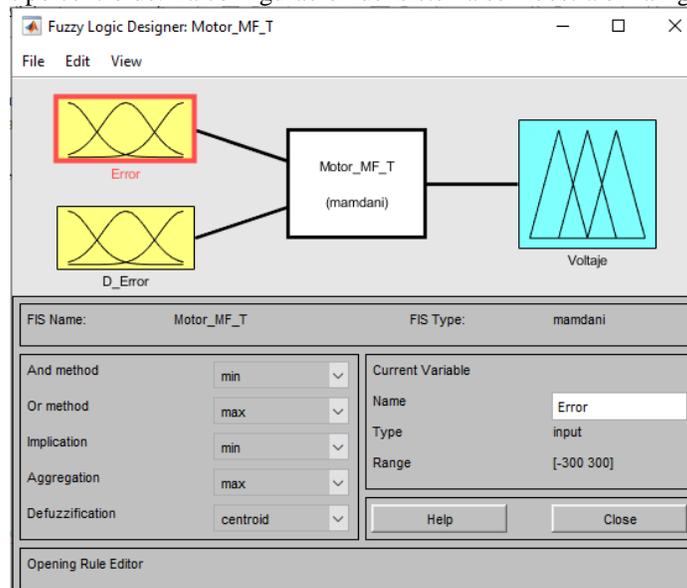


figura 2. Declaración de entradas y salidas difusas

En esta sección nos encargamos de definir los límites de las variables de entrada y salida funciones de membresía y las reglas difusas. Al ser la planta un motor DC las variables de entrada requeridas son el error y la derivada del error. Donde el error es la posición angular del motor dada en radianes y la derivada del error es la velocidad.

Sistema de inferencia difusa.

Para las tres variables anteriormente mencionadas, se utilizaron funciones de membresía triangulares debido a su fácil manejo y ajuste de parámetros. La primera variable de entrada corresponde al error o error de la velocidad el cual es la velocidad de referencia menos la velocidad medida, la cual está en un rango de -167 y 167, ya que el motor tiene una velocidad máxima de 167.55 rad/seg. En la siguiente tabla 2, se muestran los valores de la variable de entrada Error.

| Valor lingüístico | Notación | Rango numérico |
|-------------------|----------|-----------------|
| Largo Negativo | NL | [-167 -111 -56] |
| Pequeño Negativo | NS | [-111 -56 0] |
| Cero | Z | [-56 0 111] |
| Pequeño Positivo | PS | [0 56 111] |
| Largo Positivo | PL | [56 111 167] |

tabla 2. Variables de entrada para error

La segunda variable de entrada corresponde al cambio en el error el cual tiene un rango de -0.45 y 0.45. la tabla 3 muestra los valores de la variable de entrada, la derivada del error.

| Valor lingüístico | Notación | Rango numérico |
|-------------------|----------|---------------------|
| Largo Negativo | NL | [-0.45 -0.30 -0.15] |
| Pequeño Negativo | NS | [-0.30 -0.15 0] |
| Cero | Z | [-0.15 0 0.15] |
| Pequeño Positivo | PS | [0 0.15 0.30] |
| Largo Positivo | PL | [0.15 0.30 0.45] |

tabla 3 Variables de entrada para cambio en error

Como tercera y última variable contamos con la salida que está determinada por el voltaje máximo del motor seleccionado, el cual es de 5V. por lo cual el rango de las variables será entre los -5 y los 5. La tabla 4 muestra los valores de la variable salida.

| Valor lingüístico | Notación | Rango numérico |
|-------------------|----------|----------------|
| Largo Negativo | NL | [-5 -2.5 0] |
| Pequeño Negativo | NS | [-2.5 0 2.5] |
| Cero | Z | [0 2.5 5] |
| Pequeño Positivo | PS | [0 2.5 5] |
| Largo Positivo | PL | [2.5 5 7] |

tabla 4 : Variables de salida de Voltaje

Selección de reglas difusas

Para el incremento del voltaje al motor (salida del sistema) se plantearon 25 reglas difusas, las cuales son el resultado de dos variables de entrada con 5 valores lingüísticos en cada entrada (5 X 5). Las reglas de nuestro sistema son de la forma:

$$\text{IF } x_1 \text{ es A AND } x_2 \text{ es B THEN Y es C}$$

Como base para la creación de nuestras 25 reglas se tuvo como primicia que, ante un error positivo, se genera un voltaje negativo y ante un error negativo, se genera un voltaje positivo como acción de control. Estas 25 reglas son representadas en la tabla 5, donde la horizontal es el cambio en el error, la vertical es el error y el punto donde se cruzan ambas es el valor de la salida de voltaje correspondiente a cada situación.

| Error/ D Error | NL | NS | Z | PS | PL |
|----------------|----|----|----|----|----|
| NL | PL | PL | PS | PS | Z |
| NS | PL | PS | PS | Z | NS |
| Z | PS | PS | Z | NS | NS |
| PS | PS | Z | NS | NS | NL |
| PL | Z | NS | NS | NL | NL |

tabla 5 : Reglas difusas

Una vez obtenidas estas reglas se ingresaron al Fuzzy Logic Toolbox de Matlab, donde podemos ver la superficie de control mostrada en la figura 3 que al ser interpretada nos da una idea más clara de la función del controlador.

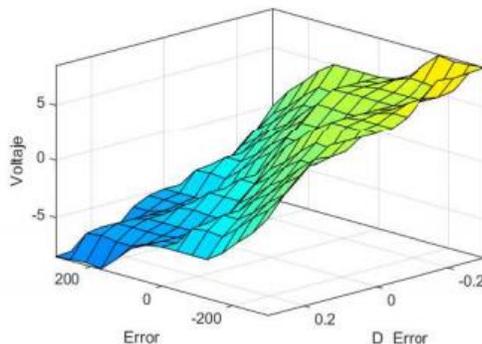


figura 3 Superficie de control basado en reglas difusas

Las áreas azules muestran acciones de control de largo negativo es decir un voltaje bajo que coincide con el punto donde el error es largo positivo de igual manera el color amarillo nos muestra el extremo donde el voltaje tiene que hacer un largo positivo para compensar altos errores negativos en la velocidad, por ultimo podemos ver la zona verde cercana al centro donde el error es nulo o muy bajo y la acción de control es prácticamente innecesaria.

Modelado del motor.

El circuito eléctrico equivalente de la armadura y el diagrama de cuerpo libre del rotor se muestra en la figura 4.

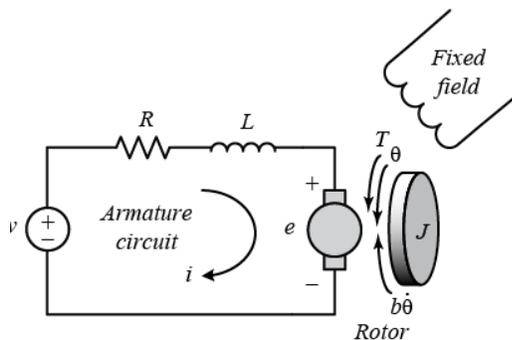


figura 4 Circuito eléctrico equivalente al motor (MathWorks, 2022)

De la figura 4, podemos derivar las siguientes ecuaciones basadas en la segunda ley de Newton y la ley de voltaje de Kirchhoff.

$$J\theta'' + b\theta' = Ki \quad (1)$$

$$L(\partial i/\partial t) + Ri = V - K\theta'$$

Aplicando la transformada de Laplace, las ecuaciones de modelo anteriores se pueden expresar en términos de la variable de Laplace (s).

$$s(Js + b)\theta(s) = KI(S)$$

$$(Ls + R) I(s) = V(s) - Ks\theta(s)$$

Después llegamos a la función de transferencia siguiente donde la velocidad de rotación es la salida del sistema.

$$G(s) = \frac{k}{(Js + b)(Ls + R) + k^2}$$

Resultados

En el entorno de Simulink podemos observar las gráficas obtenidas, donde podemos ver la posición angular, la gráfica del error y el control filtrado.

La posición angular del motor se puede observar en tiempo real, donde podemos ver como el motor va girando y se detiene al momento de llegar a la distancia requerida y la velocidad adecuada, esto depende del peso que este sobre la banda transportadora, en la figura 5 podemos observar el comportamiento de la gráfica.



figura 5 posición angular

El error o la derivada de la velocidad podemos observar en la figura 6 como el sistema va a la par con la posición angular tratando de estabilizar el sistema, teniendo un comienzo negativo e incorporándose para poder tener la velocidad adecuada.

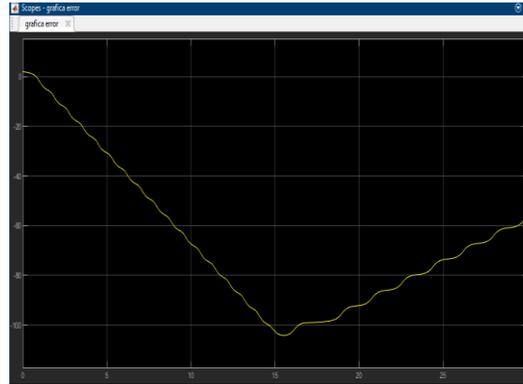


figura 6 Derivada de la velocidad

Para poder visualizar la estabilización del sistema, tuvimos que agregar un filtro a nuestro control, en el podemos observar al sistema comenzando con un golpe abrupto seguido de un tiempo de 15 segundos en donde el sistema se mantiene fuera de la estabilización, en el segundo 15 tenemos un intento de estabilización fallido, pero comienza a oscilar dentro del parámetro hasta que alcanza la estabilización en el segundo 18.



Conclusiones

Los resultados muestran un sistema estable que, a pesar de no contar con un modelo matemático, se llega a la solución de poder controlar la velocidad de un motor por medio de lógica difusa. La investigación realizada muestra que con las variables lingüísticas propuestas es capaz de tener un sistema funcional, teniendo en cuenta que tiene un tiempo de retraso para poder estabilizarse, siendo un motor pequeño, esto conlleva a que en futuras investigaciones se podría implementar más variables lingüísticas y así poder controlar un motor más grande que pudiera tener mayores perturbaciones y estabilizando el sistema en menor tiempo o mayor precisión.

La ausencia del modelo matemático no es un problema si se aplica el control lógico difuso, demostrando que la técnica Mamdani propuesta es funcional. Con esto podemos observar la importancia del control lógico difuso dentro de la ingeniería

Limitaciones

Los recursos fueron una limitación para esta investigación ya que los programas utilizados son costosos para poder financiarlos individualmente, afortunadamente la Universidad cuenta con licencias para poder trabajar. El solo poder trabajar en la universidad con estos programas también fue un limitante cuando se llegó a esa etapa de la investigación. El tamaño del motor restringió el alcance de las pruebas ya que estábamos limitado a un voltaje de 5V.

Recomendaciones

Para los investigadores interesados en continuar con nuestra investigación se recomienda utilizar un motor con mayor voltaje, para poder mover objetos más grandes. Así mismo utilizar una longitud mayor en la banda transportadora para poder mover los objetos por una mayor distancia. Utilizar programas de uso libre para que puedan trabajar desde casa. Se podría incrementar las variables lingüísticas para tener una mayor precisión en el control de la velocidad. Y podríamos sugerir llevar esta investigación mas allá de lo académico, tratando de hacer pruebas en la industria.

Referencias

- A. Vijay, M. M. (2017). Development of an economical digital control method for a continuously running conveyor belt. *Proceedings of the International Conference on Inventive Systems and Control*, 4-8.
- Cao, W. J. (2018). A Fast Realization Method of Fuzzy PID Control for DC. *Chinese Control Conference*, 5131-5135.
- MathWorks. (23 de noviembre de 2022). *Simulate DC Motor Step Response Using Local Solver*. Obtenido de MathWorks: <https://la.mathworks.com/help/simulink/sref/local-solver-usage-in-dc-motor.html>
- Research, I. (16 de abril de 2019). *GLOBAL CONVEYOR BELTS MARKET 2019 BY MANUFACTURERS, REGIONS, TYPE AND APPLICATION, FORECAST TO 2024*. Obtenido de Industry Research: <https://www.industryresearch.co/global-conveyor-belts-market-14105738>
- Y. Hu, L. W. (2015). Simultaneous measurement of conveyor belt speed and vibration using an electrostatic sensor array. *IEEE*, 757-761.
- Y. Shayakhmetov, B. M. (2017). The loading computation algorithm on bearings of rollers of belt conveyor. *IEEE*, 584-589.

Apéndice

Cuestionario utilizado en la investigación

1. ¿Qué se va a controlar?
2. ¿Qué método se utilizará para el control?
3. ¿Qué método del control Difuso se usará?
4. ¿Qué motor se utilizará?
5. ¿En qué programa se simulará?
6. ¿será una investigación académica?
7. ¿Cuántas variables lingüísticas tendrá?

Una Revisión de la Situación Actual del Ingeniero en Logística

Dra. Irma-Delia Rojas-Cuevas¹, M.I.I. Margarita Ponce y Loranca Calderón²,
Dr. José-Rafael Mendoza-Vázquez³

Resumen— En este artículo se presenta una revisión de la situación actual, las diferentes funciones y perfiles profesionales que se buscan en el área de logística. Dentro de la información analizada, se destacan las funciones de un responsable de logística, los perfiles profesionales, y se describen las diferentes funciones que solicitan los empleadores y empresas relacionadas con logística. El artículo también presenta estadísticas basadas en la revisión de 50 ofertas de empleo en diferentes portales. Se destaca que el 71% de los empleos requieren una ingeniería en logística concluida, mientras que el 32% de los empleos disponibles son para jefes de logística. Los salarios varían entre los 8,000 y los 95,000 pesos M.N y con diferentes especificaciones de funciones, entre ellos se marca la experiencia y el manejo de Excel como algunos de los conocimientos y habilidades más solicitados para los puestos en logística.

Palabras clave—situación actual, logística, perfil profesional, funciones.

Introducción

En este artículo se realiza una revisión de la situación actual del ingeniero en logística para conocer las competencias que las empresas requieren, para ello se analizaron los perfiles que presentan Manpower Group y MECALUX, de igual forma se analizaron cincuenta ofertas de empleo obtenidas en internet.

De acuerdo ManpowerGroup (2023) México en su Encuesta de expectativas de empleo, las empresas de transporte, logística y automotriz tienen un 38% de expectativas de contratación y los empleadores reportan dificultades para encontrar al personal adecuado y los escasos de talento llega a un 69% en 2023 en México. En el caso de México, el área de operaciones y logística es el puesto más demandado. De la misma forma las habilidades transversales que buscan los empleadores de las áreas de logística, de transporte y automotriz son: emprendimiento, capacidad de análisis, liderazgo e influencia social, pensamiento crítico, capacidad de adaptación, curiosidad y aprendizaje continuo. En MECALUX (2023), se menciona que, un responsable de logística debe encargarse de planificar la estrategia logística, en otras palabras, establecer los objetivos a corto, mediano y largo plazo para eficientar los procesos de aprovisionamiento, elaboración de pedidos, obteniendo las materias primas al mejor precio. De igual forma debe analizar los procesos de la cadena de suministro, desde la descarga de la materia prima, la administración de almacenes, el inventario y los pedidos. Otra actividad que debe realizar es la selección de proveedores, estableciendo para ello una colaboración estrecha con el departamento de compras, asegurando con ello los plazos de entrega que se requieren en la empresa. De igual forma, debe optimizar la distribución, para lo que requiere elegir quién entregará la mercancía a los clientes.

Dichas actividades normalmente se encuentran asociadas a diferentes puestos dentro de una empresa, por ejemplo: Un director de operaciones se encarga de la gestión de toda la cadena de suministro, desde la adquisición de materias primas hasta la entrega del producto final. Deberás supervisar el equipo de logística y garantizar que se cumplan los objetivos de la empresa.

Mientras que un gerente de distribución debe supervisar la distribución de productos de una empresa. Esto incluye la administración de almacenes, la planificación de rutas de entrega, la coordinación con los proveedores y el seguimiento de los envíos. De igual forma, un analista de operaciones debe trabajar en colaboración con los gerentes de operaciones y otros equipos de la empresa para identificar oportunidades de mejora en la cadena de suministro. Analiza los datos de la empresa para identificar áreas de mejora y propone soluciones para mejorar el rendimiento.

Por otro lado, un gerente de compras debe encargarse de la adquisición de materias primas y otros productos necesarios para la empresa, trabajando en colaboración con los proveedores para garantizar que se cumplan las especificaciones de calidad y que se cumplan los plazos de entrega.

En algunas empresas existen perfiles más delimitados, por ejemplo, un coordinador de transporte se encarga de coordinar y supervisar la logística de transporte, incluyendo la planificación de rutas y la gestión de flotas. Mientras

¹ La Dra. Irma-Delia Rojas-Cuevas es Profesora de Logística en el TECNM/Instituto Tecnológico de Puebla, México.
irma.rojas@puebla.tecnm.mx (autor correspondiente)

² La Mtra. Margarita Ponce y Loranca Calderón es Profesora de Logística en el TECNM/Instituto Tecnológico de Puebla, México.
margarita.ponce@puebla.tecnm.mx

³ El Dr. José-Rafael Mendoza-Vázquez es profesor de Electrónica en el TECNM/Instituto Tecnológico de Puebla, México.
rafael.mendoza@puebla.tecnm.mx

que el especialista en logística inversa es el encargado de gestionar la logística de devoluciones y la recuperación de materiales y productos para su reutilización o reciclaje. En las empresas internacionales existe también el perfil de logística en comercio internacional, el encargado es el responsable de gestionar la logística de importación y exportación, incluyendo el cumplimiento de regulaciones aduaneras y la gestión de documentos.

Sin embargo, es necesario analizar las ofertas de empleo ofertadas y establecer cuáles son las características y competencias que el sector industrial está requiriendo.

A continuación, se presenta la metodología consistente en tres pasos y las conclusiones.

Metodología

Procedimiento

Para este artículo, se realizó la recopilación de la información de los empleos en el área logística de diferentes fuentes, después se analizó la información recopilada, se agrupó por áreas de interés, como estudios, estados donde se ofertan los empleos, los puestos que aparecen con mayor frecuencia, etc.; finalmente se obtuvieron los resultados y se presentan en formato gráfico. Este proceso se muestra en la Figura 1.

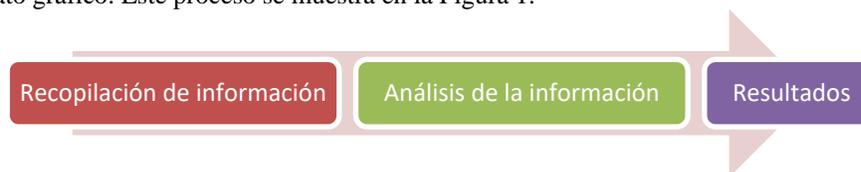


Figura 1. Metodología

Recopilación de información

Se realizó la búsqueda de puestos de logística en internet usando el navegador Edge, por medio de los buscadores Bing (2023) y Google (2023), utilizando las palabras clave “trabajo” y “logística”, obteniendo mejores resultados en Google, las plataformas que ofrecían empleos eran Bebee, glassdoor, Jobrapido, OCCMundial, obteniendo en esta última la mayor cantidad de empleos en el área de logística.

Análisis de la información

Se analizaron 50 ofertas de empleo, los cuales fueron ofertados entre el 13 de febrero y el 15 de marzo de 2023.

En el análisis de la información se realizó la separación de la información en grupos como puestos ofertados, Estudios requeridos, estados donde se ofertan los empleos, rangos de sueldos ofrecidos, principales actividades a desarrollar en los puestos ofertados, características más solicitadas en los puestos de trabajo, conocimientos que se piden con más frecuencia en los trabajos ofertados.

Solo una de las ofertas de empleo menciona trabajo en línea y dos mencionan formato híbrido de trabajo, el resto de las ofertas de empleo son para trabajo presencial. Todas las ofertas de empleo son para tiempo completo. El mejor sueldo se encontró en León Guanajuato para un director de operaciones de logística y transporte, en el rango de \$80,000 y \$95,000. La gran mayoría de las ofertas de trabajo no mencionan las características deseables del Ingeniero en logística y de igual forma muchos de los trabajos no mencionan los estudios y los sueldos.

Resultados

En esta sección, se presentan los resultados de los análisis de la información. En la parte académica, los estudios que se solicitan en los puestos ofertados son ingeniería concluida (con título) abarca el 71% de las ofertas de empleo, el 16% es para ingeniería trunca (carrera trunca o concluida sin obtención del título), el 11% de los empleos solicita estudiantes y solo el 2% solicita personal con maestría. Esta información se muestra en la Figura 2 (a). Los estados que ofrecen más empleos en el área de logística son Ciudad de México y Monterrey, seguidos por Estado de México y Jalisco Figura 2(b), lo cual está relacionado con los estados que presentan mayor dinámica empresarial.

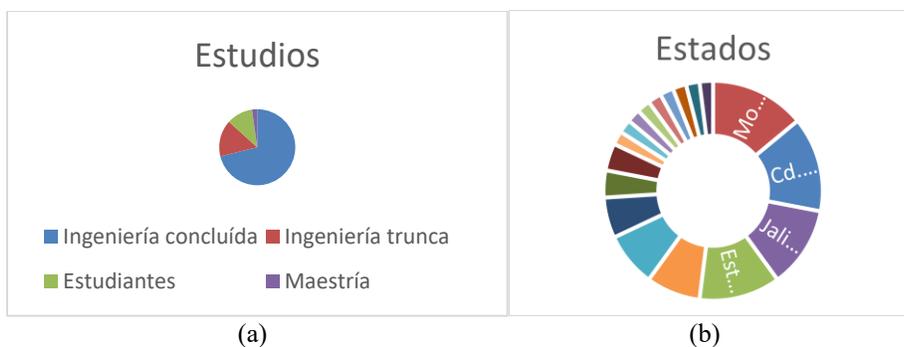


Figura 2. Estudios solicitados en los puestos (a) y estados que ofertan empleos (b).

En el caso de los empleos, el 32% está relacionado con jefes de logística, mientras que los puestos de analista senior de estrategia logística y auxiliar de logística, concentran el 6% de los empleos disponibles cada uno. Los puestos de ingeniero IT logística, jefe de almacén y logística, jefe de embarque, supervisor de operaciones y logística, cada uno concentran el 4% de los empleos, el resto de los empleos solo tienen el 2%. Los principales puestos ofertados se muestran en la Figura 3.

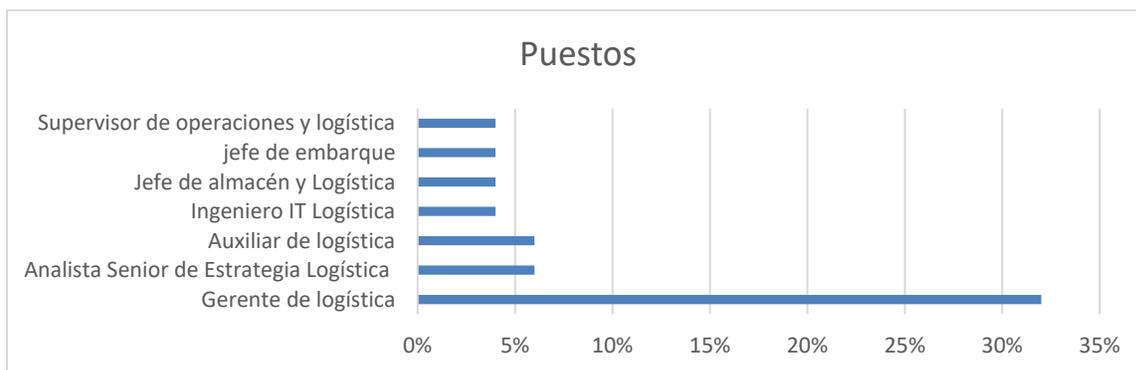


Figura 3. Puestos ofertados en el área logística entre el 13 de febrero y el 15 de marzo.

Relativo a los sueldos, los salarios se encuentran en un rango que va desde los 8,000 hasta los 95,000 pesos M.N., teniendo la mayor concentración de salarios en el rango de \$10,000 a \$18,000 con el 30%. La información se muestra en la Figura 4.

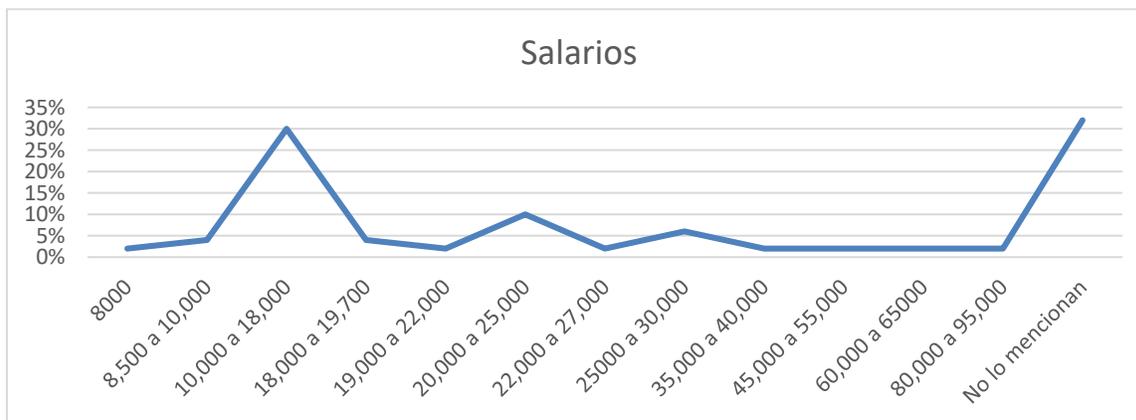


Figura 4. Salarios para los diferentes puestos en el área de logística

Dentro de las actividades y funciones a desempeñar, las más destacadas, se encuentran en la gestión de la relación con el cliente (CRM), gestión de relaciones con los proveedores (SRM), atención y seguimiento de clientes

actuales. Cabe aclarar que las actividades con menor frecuencia no fueron incluidas en la figura. Estos datos pueden apreciarse en la Figura 5.



Figura 5. Actividades por desarrollar en los puestos de logística

Dentro de las características que piden para ser candidato a los puestos ofertados destacan la experiencia con el 20%, inglés con el 11%, liderazgo, responsabilidad y trabajo en equipo con el 7%, organización con el 6%, Analítico y comunicación con el 5%, proactivo y toma de decisiones con el 4%, como se muestra en la Figura 6.

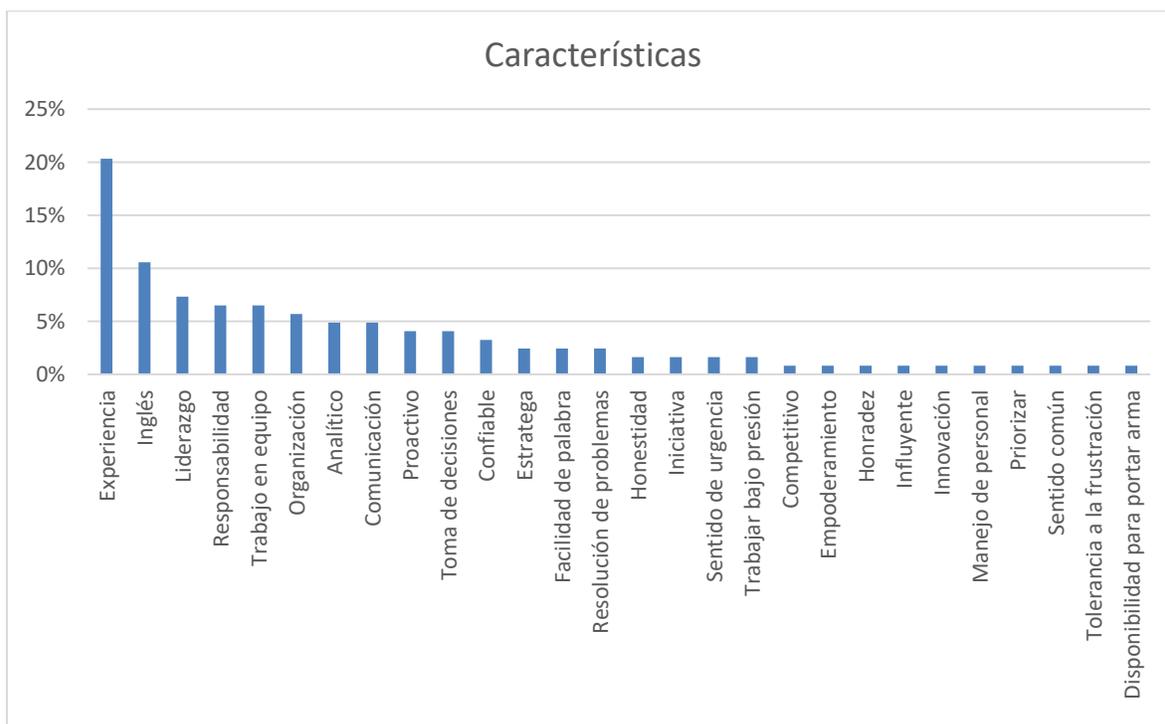


Figura 6. Características solicitadas en los puestos ofertados.

Entre los conocimientos más solicitados en los puestos está el manejo de Excel con el 20% (donde el 53% de las empresas pide un manejo avanzado de Excel y el 47% pide un nivel intermedio); el 15% solicita que el candidato tenga conocimiento de paqueterías referentes a la logística, SAP, Soho, algún software de ERP, manejo de softwares geográficos, entre otros; el 12% requiere que el candidato maneje office (el cual incluye Excel); el 11% requiere que el candidato maneje base de datos (en este punto solo el 30% es muy específico al solicitar que

manejen SQL); el 7% requiere conocimientos de calidad, seguido por un 6% que requiere conozcan de comercio internacional. Estos datos se muestran en la Figura 7.



Figura 7. Conocimientos requeridos para los puestos de Logística

Conclusiones

Después de analizar los empleos ofertados, se puede concluir que las empresas buscan a un gerente de logística en lugar de una persona especializada en logística porque el gerente de logística tiene la capacidad de tomar decisiones estratégicas y de liderazgo que afectan la cadena de suministro en su totalidad.

Aunque una persona especializada en logística puede tener un conocimiento profundo de un área específica de la logística, como el transporte, el almacenamiento o la planificación de la demanda, es el gerente de logística quien tiene una visión integral de toda la cadena de suministro. El gerente de logística es el responsable de coordinar y optimizar todos los procesos y actividades de la cadena de suministro, asegurándose de que todos los departamentos trabajen juntos de manera eficiente y eficaz.

Además, el gerente de logística tiene habilidades de liderazgo y gestión que le permiten dirigir y motivar a su equipo, establecer objetivos estratégicos y garantizar el cumplimiento de los estándares de calidad y seguridad.

En resumen, mientras que los logísticos especializados son esenciales en la ejecución de los procesos específicos de la cadena de suministro, los gerentes de logística son responsables de la planificación, coordinación y supervisión de toda la cadena de suministro, y deben tener habilidades de liderazgo y gestión para cumplir con éxito estos objetivos.

De igual forma, se busca un ingeniero titulado debido a que ello demuestra su responsabilidad y compromiso con su carrera, lo que le ofrece a la empresa una certeza de que se va a comprometer con las actividades que se le encomienden para hacer que la empresa mejore día a día.

Con respecto a los lugares que ofrecen más empleos en el área logística se encuentran Monterrey que es considerado "La Capital Industrial" de México, el Estado de México que es uno de los estados más industrializados de México, y es considerado uno de los principales centros manufactureros y tecnológicos del país al igual que Jalisco y la Ciudad de México, que es el centro político, financiero y económico del país, y es una de las ciudades más importantes en términos económicos en México que alberga varias empresas y fábricas importantes, especialmente en los sectores de la manufactura, tecnología, servicios financieros y turismo.

Con respecto a los conocimientos que requieren las empresas, cabe destacar que un ingeniero en logística debe analizar los datos y resultados obtenidos en los procesos de la cadena de suministro para identificar oportunidades de mejora y tomar decisiones informadas para mejorar la eficiencia y eficacia de la cadena de suministro siendo el uso de la tecnología un factor clave en la gestión de la cadena de suministro, por lo que es normal que los empleos pongan énfasis en el uso de Excel, Office, paquetería del área logística y uso de bases de datos. De igual forma la colaboración con proveedores y clientes es fundamental para el éxito de la cadena de suministro y con el Tratado de Libre Comercio el dominio del idioma inglés es indispensable para el Ingeniero en Logística, de igual forma es importante que el ingeniero en logística trabaje de manera colaborativa. Finalmente, pero no menos importante, dentro de las actividades a desarrollar, las empresas ponen mucho énfasis en la relación y atención de proveedores y clientes, que es lo que les permite a las empresas ser competitivas.

Limitaciones

Los resultados que se presentan corresponden a información disponible por parte de las empresas y empleadores que ofertan los puestos de trabajo en internet.

Recomendaciones

Se recomienda para los aspirantes a estos puestos de trabajo que revisen periódicamente los requerimientos de los empleadores y que tomen como base la experiencia y el dominio de idioma extranjero como es el inglés. Esto para tener mayor oportunidad de lograr un mejor puesto de trabajo.

Referencias

ManpowerGroup “ManpowerGroup Mexico Encuesta de expectativas de empleo 2Q 2023” Boletín (En línea). Consultada por Internet el 21 de marzo del 2023. Dirección de Internet: <https://shre.ink/k6um>

MECALUX, "Responsable de logística: perfil y funciones," Boletín (En línea). consultada por Internet el 13 de marzo de 2023. Dirección de internet: <https://www.mecalux.com.mx/blog/responsable-logistica>

beBee “Ingeniero IT Logística - Mexico City, México” - Michael Page Consultada por internet el 19 de marzo del 2023 en <https://mx.bebee.com/job/20230318-3dd1cd65e750669a7c4f02706cc9194a?trk=bingjobs>

jobrapido, “Coordinador/a de Tráfico con Experiencia” Consultada por internet el 20 de marzo del 2023 en https://mx.jobrapido.com/jobpreview/170564158?utm_campaign=google_jobs_apply&utm_source=google_jobs_apply&utm_medium=organic

jobrapido, “Gerente de logística”, Consultada por internet el 20 de marzo del 2023 en <https://mx.jobrapido.com/jobpreview/171916865>

jobrapido, “Ingeniero de logística”, Consultada por internet el 20 de marzo del 2023 en https://mx.jobrapido.com/jobpreview/177289855?utm_campaign=google_jobs_apply&utm_source=google_jobs_apply&utm_medium=organic

Google, “base de datos de empleos logística”, Consultado por Internet el 20 de marzo del 2023. Dirección de Internet: <https://shre.ink/k6bc>

Notas Biográficas

La **Dra. Irma Delia Rojas Cuevas** obtuvo el grado de Doctora en Logística y Dirección de la Cadena de Suministro en 2019, por parte de la Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla (UPAEP) y recibió el grado de Maestra en Ciencias en Ingeniería Industrial por parte del Instituto Politécnico Nacional, sección UPIICSA, en el año 2000, con la especialización en Manufactura. Ha desarrollado proyectos para la DGEST en el área de sistemas interactivos, realidad virtual, sistemas de tutorías y sistemas web. Actualmente, se desempeña como profesora de tiempo completo en el Instituto Tecnológico de Puebla para el Departamento de Ingenierías, carrera de Logística. Tiene el premio como Docente distinguido por parte del SNTE-SEP del Estado de Puebla. Es miembro del Cuerpo Académico Sistemas Interactivos y Realidad Virtual y tiene el reconocimiento de perfil PROMEP. Su investigación se encuentra en el área de Sistemas Interactivos y Realidad Virtual con énfasis en sistemas mecatrónicos.

La **Maestra Margarita Ponce y Loranca Calderón** obtuvo el grado de Maestra en Ingeniería Industrial por parte del Instituto Tecnológico de Puebla en el año 2008 con la especialización de calidad. Ha formado parte del IISE (Instituto de Ingenieros Industriales y Sistemas) como asesora facultativa del año 2012 al 2016 y como Vicepresidenta Regional del año 2016 al 2019. Tiene premio por ser la mejor asesora facultativa de capítulos estudiantiles a nivel nacional. Hoy en día se desempeña como docente del Instituto Tecnológico de Puebla para el departamento de Ingenierías, carrera de Logística.

El **Dr. José Rafael Mendoza Vázquez** recibió el grado de Doctor en Ciencias en Electrónica en 2010 por parte del Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica (INAOE) y el grado de Maestro en Ciencias en Electrónica en 2003 por la misma institución. Ha trabajado en proyectos de desarrollo tecnológico del tipo robots de aplicación específica y militar con actividades en instrumentación, robótica, automatización y control en aplicaciones marítimas para la Secretaría de Marina, Armada de México. Es profesor de tiempo completo en el Instituto Tecnológico de Puebla, en el departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica. Cuenta con más de 10 publicaciones en Congresos Internacionales y Nacionales, así como publicaciones en revistas indexadas. Es miembro del cuerpo académico Sistemas Interactivos y Realidad Virtual. Su investigación se encuentra dentro el área de robótica y control con énfasis en robótica, control de movimiento, modelado, procesamiento de señales y sistemas interactivos.

DevOps: Una Lucha Contra las Paradojas Culturales

Elsa Velázquez Martínez¹

Resumen—Esta investigación da a conocer cómo ha evolucionado DevOps, desde que inició como una idea de una extensión del desarrollo Ágil en 2009, hasta la lucha contra las paradojas culturales en 2022, como lo explica Patrick, (2022). Con la implementación exitosa de DevOps, las empresas pueden mejorar significativamente la eficiencia y calidad de su entrega de software, lo que puede ser una ventaja competitiva importante en un entorno empresarial cada vez más competitivo. Sin embargo, la implementación de DevOps podría llevar desde pocos meses hasta años, además, conlleva desafíos y retos culturales, tecnológicos y organizacionales. Es importante comprender estos desafíos para poder abordarlos y superarlos adecuadamente.

Palabras clave— CI/CD, Cultura, Desarrollo Ágil, DevOps.

Introducción

Deloitte, 2022 afirma que la metodología DevOps se está consolidando como el estándar en la entrega de software y cada vez es más utilizada y perfeccionada en las empresas, convirtiéndose en la nueva práctica recomendada por expertos en la materia. Por otro lado, Brown et. al., (2020) sugieren que la evolución de DevOps no puede lograrse únicamente a través de la adopción de un conjunto de prácticas por parte de los equipos; es necesario realizar cambios estructurales correspondientes para optimizar la manera en que trabajan.

El objetivo de esta investigación es proporcionar una visión y entendimiento claro de DevOps para identificar cuáles son los cambios estructurales, las prácticas y principios para adoptar este modelo de manera efectiva, permitiendo una mejor alineación entre los equipos de desarrollo y operaciones. Además, al comprender las características clave de DevOps, las empresas pueden abordar las paradojas culturales que surgen en la adopción de esta metodología, como el equilibrio entre la automatización y la colaboración humana, y la necesidad de mediciones precisas para impulsar la mejora continua.

Metodología

En esta investigación se utilizó un enfoque basado en la revisión de datos existentes en Internet. En primer lugar, se llevó a cabo una búsqueda exhaustiva de literatura y recursos en línea, incluyendo artículos de revistas especializadas, informes de investigación y estudios de caso, así como documentación técnica y publicaciones en blogs de expertos en DevOps. Se utilizaron palabras clave relevantes para la búsqueda, como "DevOps", "implementación de DevOps", "capacidades de DevOps", entre otras. En segundo lugar, se recopilaron y analizaron los datos relevantes de los recursos encontrados, lo que incluyó la evolución de DevOps, identificación de patrones y tendencias en la implementación de DevOps, desafíos y retos, así como los beneficios y resultados de la implementación de DevOps. Finalmente, los datos se analizaron críticamente y se utilizó una perspectiva analítica para identificar patrones y tendencias en la implementación de DevOps, se exploraron los desafíos y beneficios de su implementación.

Resultados

Definición

DevOps es una palabra acuñada por Patrick Devois en el evento "DevOpsDays" en 2009 (IT Revolution, 2023). Este término surgió de la unión de las palabras "development" (desarrollo) y "operations" (operaciones), el objetivo es derribar "el muro de la confusión" que existe entre estas dos áreas con la finalidad de obtener nuevas funcionalidades de software que agreguen valor al negocio lo más pronto posible, es decir lanzar al mercado un Producto Mínimo Viable (PMV).

El muro de la confusión es una metáfora para describir el conflicto entre el desarrollo de software (Dev) y las operaciones de TI (Ops). El conflicto consiste en una constante tensión entre la necesidad de innovación y cambio por parte del equipo de desarrollo, y la necesidad de estabilidad y seguridad de los sistemas empresariales. Como señalan König y Kugel, (2019) el desarrollo quiere implementar nuevas funcionalidades rápidamente, mientras que las operaciones quieren que el software se ejecute de forma segura y estable; el desarrollo busca ofrecer características de forma rápida y en gran cantidad, ¡quiere un cambio constante! En cambio, la empresa busca proteger sus propios sistemas y garantizar su estabilidad, ya que los incidentes de seguridad o indisponibilidad pueden resultar costosos y deben evitarse. Cada cambio que se implementa en producción representa, por tanto, un riesgo potencial y, al mismo tiempo, una cantidad correspondiente de trabajo.

¹ Elsa Velázquez Martínez Candidata a Maestra en Sistemas de Información Gestión y Tecnología por la Universidad Autónoma de Querétaro.

DevOps es una iniciativa para romper esta pared y optimizar todo el ciclo de vida del software, pero no se trata de una solución universal. No hay una definición clara o un conjunto de reglas para seguir, solo un objetivo común de desarrollar y operar sistemas de alta calidad de manera confiable. Edwards, (2012) explica que DevOps se trata de romper silos y eliminar cuellos de botella y riesgos que obstaculizan el ciclo de entrega de Desarrollo a Operaciones de una organización, como se muestra en la Figura 1; su objetivo es permitir que el cambio fluya de manera rápida y confiable desde la especificación hasta la ejecución de funciones en un entorno orientado al cliente. Además, sostiene que, para obtener una ventaja competitiva a través de la innovación sostenida, las TI deben estar enfocadas en impulsar un ciclo de vida de innovación rápido, de alta calidad y sin fricciones. El objetivo es que el ciclo de vida de desarrollo a operaciones ya no sea el paso limitante de la empresa y TI, ahora la nueva "planta de producción", proporcione las capacidades necesarias para permitir la innovación acelerada.

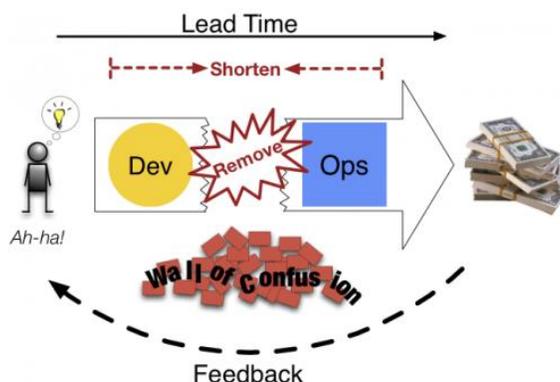


Figura 1. Modelo DevOps (Edwards, 2012).

Los silos son estructuras organizacionales que se crean cuando los equipos de una empresa se dividen en grupos que trabajan de forma aislada, sin compartir información ni colaborar entre ellos, muchas veces con la idea de proteger a la empresa. Los silos son un obstáculo para la adopción de prácticas de DevOps, ya que promueven la fragmentación y la falta de visibilidad en los procesos de la empresa (Kim et. al., 2021).

El modelo DevOps ha ido refinándose con el paso de los años, conforme surgen nuevas tecnologías, nuevas prácticas de desarrollo ágil, estudios e investigaciones realizadas por expertos, como la investigación de Kim et. al., (2021) en su libro "Accelerate", que demostró la correlación entre la implementación de DevOps y el éxito empresarial, o como el informe anual de DevOps Research and Assessment (DORA). En el Cuadro 1 Patrick, (2022) resume cómo el modelo DevOps ha evolucionado a lo largo de los años y cómo se han ido refinando las prácticas, herramientas y mentalidades en torno a este modelo. Cada pensamiento asociado con un año específico indica un hito importante en la evolución de DevOps, desde la idea de DevOps como una extensión de Ágil inició en 2009, hasta la lucha contra las paradojas culturales en 2022.

| Año | Evolución de DevOps |
|------|---|
| 2009 | Los años hippies, una extensión de las mejoras humanas que Ágil inició. |
| 2010 | Puente entre Dev y Ops, el control de QA y una entrega más rápida. |
| 2011 | Herramientas de DevOps como una forma de influir en el comportamiento y la cultura. |
| 2012 | Ciclo de retroalimentación más rápido y mejor, la versión temprana de los 3 caminos del manual de DevOps. |
| 2013 | Diferenciador de startups, con métricas clave que indican el éxito. |
| 2014 | Mentalidad de entrega, aplicándola a la entrega móvil y en la nube. |
| 2015 | Una API externa de SaaS es una colaboración similar a la colaboración con proveedores de terceros. |
| 2016 | DevOps como una transformación digital en empresas. |
| 2017 | DevOps no es el único departamento con un pipeline, están en todas partes del negocio. |
| 2018 | Su éxito es influenciado por el comportamiento de otras partes del negocio como RH, Ventas, Legal. |
| 2019 | DevOps solo no es suficiente y es solo una perspectiva pequeña de cómo dirigir un negocio exitoso. |
| 2020 | DevOps se trata de construir confianza, necesitas ser sincero, no solo tener competencia técnica. |
| 2021 | DevOps se trata de eliminar la fricción entre cualquier silo de la empresa. |
| 2022 | La cultura de DevOps siempre tendrá que luchar contra las paradojas culturales. |

Cuadro 1. Hitos importantes en la evolución de DevOps (Patrick, 2022).

Desafíos y Retos

Es muy difícil cambiar una cultura. La resistencia al cambio en las organizaciones es el principal problema al que se enfrenta en el proceso de adopción de DevOps. (Forsgren et al., 2018). El cambio toma tiempo disciplina y valentía, pero sobre todo mucha práctica diaria que posteriormente se convertirán hábitos y una nueva cultura.

Aprender nuevas tecnologías puede ser una tarea desafiante e intimidante debido a la gran variedad de opciones disponibles y a la constante actualización y obsolescencia de estas. Es importante entender que la tecnología evoluciona constantemente, y que es necesario estar siempre en un proceso de aprendizaje y adaptación para mantenerse actualizado en un mundo cada vez más digitalizado.

Es un enorme desafío para las organizaciones contratar y retener a personas con las habilidades necesarias. Barcia et al., (2022) reportan que “según datos de Manpower México, más del 50% de las empresas encuestadas declaran que no encuentran el talento que están buscando”; el aumento del trabajo remoto en esta etapa post pandemia “cambió el juego abriendo lo que algunos llaman ‘talentos sin frontera’”. Cuando el talento que se “desarrolla en casa” mejora drásticamente sus habilidades y las organizaciones no mejoran sus programas de retención de personal, es muy probable que busquen más oportunidades laborales mejor remuneradas y les ofrezcan mayor satisfacción laboral.

Beneficios

“El software ya no se limita a respaldar un negocio, sino que se convierte en componente integral de cada aspecto de este. Las compañías interactúan con sus clientes a través de software proporcionado como aplicaciones o servicios en línea en todo tipo de dispositivos (Amazon Web Services, 2023)”. Las empresas utilizan software para operar y administrar sus procesos, para interactuar con sus clientes a través de aplicaciones y servicios en línea, y para recopilar y analizar datos para tomar decisiones informadas. El software también es fundamental para la investigación científica, el entretenimiento y la comunicación. Amazon Web Services, (2023) resalta los siguientes seis beneficios al implementar las prácticas y la cultura DevOps:

Velocidad. Los equipos de desarrollo y operaciones pueden lograr esto a través de prácticas como los microservicios y la entrega continua, lo que les permite actualizar los servicios con mayor rapidez.

Entrega rápida. Implica incrementar la frecuencia y el ritmo de las versiones, a fin de innovar y mejorar el producto con mayor rapidez. Esto permite responder más rápido a las necesidades de los clientes y desarrollar una ventaja competitiva. CI/CD son prácticas que automatizan el proceso de publicación de software, desde la creación hasta la implementación.

Confiablez. Se refiere a garantizar la calidad de las actualizaciones de la aplicación y los cambios en la infraestructura para poder realizar entregas más rápidas de forma confiable, ofreciendo una experiencia positiva a los usuarios finales. Las prácticas como CI/CD pueden ayudar a comprobar que cada cambio es funcional y seguro, y las prácticas de monitoreo y registro lo ayudan a mantenerse informado del desempeño en tiempo real.

Escalabilidad. Es la operación y administración de la infraestructura y los procesos de desarrollo a escala, lo que se puede lograr mediante la automatización y la coherencia para administrar sistemas complejos o cambiantes de manera eficaz con menos riesgo. La infraestructura como código puede ayudar a administrar los entornos de desarrollo, pruebas y producción de manera repetible y más eficaz.

Colaboración mejorada. Implica desarrollar equipos más eficaces con un modelo cultural de DevOps, que enfatiza valores como la propiedad y la responsabilidad.

Seguridad. Se refiere a avanzar con rapidez mientras se retiene el control y se mantiene la conformidad. La infraestructura como código y la política como código permiten definir y supervisar la conformidad a escala.

Brown et. al., (2020) presentan los cambios más destacados en los equipos de lanzamiento de software que adoptaron prácticas DevOps. En el Cuadro 2 se describen los cambios:

| De | A |
|---|--|
| Proyectos en cascada y grandes lanzamientos pesados. | Los lotes pequeños se entregan con frecuencia, lo que lleva a implementaciones más frecuentes y tiempos de ciclo más rápidos. |
| Ciclos de retroalimentación lentos con muchas revisiones y aprobaciones manuales; largos tiempos de espera. | Comentarios y métricas en tiempo real impulsados por flujos de trabajo automatizados. |
| Gestión de solicitudes de cambio que requiere mucho tiempo y sobrecarga de procesos. | Desarrollo de software colaborativo, canalizaciones de entrega automatizadas y decisiones tomadas por los equipos que realizan el trabajo. |

| | |
|---|---|
| <p>Los equipos están organizados por tecnología o límites funcionales. Transferencias manuales entre equipos aislados. Incentivos desalineados.</p> | <p>Involucrar a las partes interesadas desde el inicio en todo el proceso de entrega del proyecto, incluyendo diseño, construcción, implementación, monitoreo y mantenimiento, y asegurar que los equipos estén en línea con los objetivos del negocio.</p> |
|---|---|

Cuadro 2. Cambios generados por DevOps (Brown et. al., 2020).

De acuerdo con la investigación realizada por DORA (Cloud Architecture Center, 2022), se ha demostrado que la cultura organizacional basada en una alta confianza y un flujo de información óptimo puede predecir el rendimiento de entrega de software y el rendimiento organizacional en la tecnología. Esta idea no es nueva, sino que se basa en la investigación previa del sociólogo, el Dr. Ron Westrum, que se enfocó en factores humanos en la seguridad de sistemas en dominios tecnológicos complejos, como la aviación y la salud. A partir de su trabajo, desarrolló una tipología de culturas organizativas, como se describe en la Figura , que es relevante para entender cómo una buena cultura puede contribuir al éxito en la entrega de software y al rendimiento general de la organización.

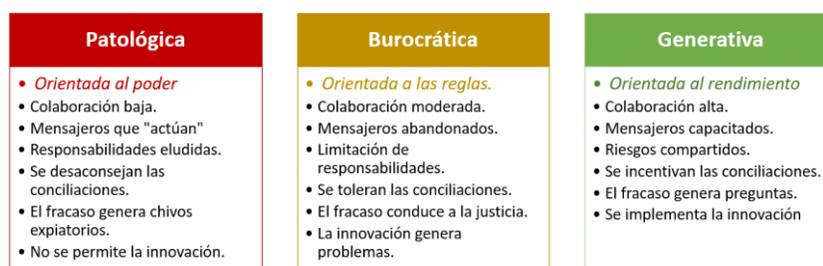


Figura 2. Tipología organizativa de Westrum. Adaptación de (Cloud Architecture Center, 2022).

Colaboración alta: Consiste en formar equipos interfuncionales con representantes de cada área funcional del proceso de entrega del software, para que todos compartan la responsabilidad de compilar, implementar y mantener un producto.

Mensajeros Capacitados: Esta práctica fomenta la transparencia y la honestidad en el equipo, y significa que queremos que las personas nos traigan malas noticias para que podamos mejorar. Realizar análisis retrospectivos libres de responsabilidad ayuda a quitar la culpa y el miedo, lo que permite que los equipos detecten los problemas y los resuelvan de forma más eficaz.

Riesgos compartidos: La calidad, la disponibilidad, la confiabilidad y la seguridad son parte del trabajo de todos. Los desarrolladores deben compartir la responsabilidad de mantener su código en producción para mejorar la calidad de los servicios y reducir el riesgo de errores.

Incentiva la conciliación: Conectar los sistemas aislados ayuda a mejorar la comunicación y la colaboración entre los equipos de operaciones y desarrollo, lo que reduce el riesgo de errores en el proceso.

Permite que los errores generen preguntas: Realizar análisis retrospectivos libres de responsabilidad ayuda a fomentar una cultura en la que el fracaso se utiliza para mejorar el sistema técnico, los procesos y la cultura. Culpar a las personas por los fracasos crea una cultura negativa, mientras que hacer preguntas sobre las causas y cómo se pueden evitar en el futuro mejora el aprendizaje de la organización.

Implementa la innovación: Fomentar la experimentación y dar libertad a los empleados para explorar nuevas ideas puede generar grandes resultados.

La cultura generativa es importante en DevOps porque ayuda a crear un entorno de confianza y colaboración que permite a los equipos trabajar de manera más efectiva y mejorar el rendimiento de entrega de software y el rendimiento organizacional en tecnología. Esta cultura se enfoca en el aprendizaje continuo y la mejora constante, lo que permite a los equipos abordar problemas de manera proactiva y experimentar con nuevas ideas e innovar sin temor a cometer errores.

Paradojas culturales

Las paradojas que se presentan en las organizaciones pueden surgir de varias maneras. En muchos casos, se deben a la complejidad y la naturaleza dinámica de las organizaciones, lo que significa que puede haber múltiples fuerzas en juego que están en constante cambio y evolución. Además, las decisiones y acciones de los líderes y miembros de la organización pueden tener consecuencias no previstas que dan lugar a estas paradojas. Por ejemplo, el deseo de una mayor seguridad puede llevar a una organización a tomar medidas de seguridad más estrictas, pero

estas medidas pueden, a su vez, generar una sensación de complacencia y falta de preocupación por la seguridad. De manera similar, una mayor preocupación por medir y evaluar el rendimiento puede llevar a una sobreconcentración en indicadores específicos que no capturan todo lo que es importante en el rendimiento general de la organización.

En la conferencia “Devopsdays Austin 2022” Patrick, (2022) explica las paradojas de DevOps, entre las cuales se encuentran las siguientes:

Paradoja de la seguridad: Cuanto más seguro se siente una organización, menos probable es que preste atención a la seguridad.

Paradoja de la automatización: Cuanto más automatizada está una organización, más difícil es entender y controlar los procesos de automatización.

Paradoja de la medición: Cuanto más se preocupa una organización por medir y cuantificar los resultados, más probable es que se midan cosas equivocadas o que se malinterpreten los datos.

Paradoja del servicio: El enfoque en el servicio puede llevar a una falta de enfoque en la rentabilidad y el éxito financiero de la organización.

Paradoja de la autonomía: La autonomía puede llevar a la falta de colaboración y a la redundancia en el trabajo, lo que puede obstaculizar el éxito de la organización.

Implementación de DevOps

La implementación de DevOps implica más que adoptar una nueva metodología de desarrollo de software. Como señalan Davis y Daniels (2016), DevOps es una manera de pensar y una forma de trabajo que exige un cambio profundo en la mentalidad y las prácticas de la organización. Este cambio no es fácil, ya que a menudo requiere abandonar comportamientos y formas de trabajo arraigados en la cultura organizacional. Sin embargo, como señalan Forsgren et al. (2018), el cambio es posible si se practica de forma disciplinada y constante. Aprender, triunfar, fracasar, aprender de nuevo, ajustar y repetir son elementos fundamentales en este proceso. A medida que se van adquiriendo nuevos hábitos y se establece una nueva cultura, la implementación de DevOps se convierte en una parte integral de la organización. De acuerdo con el modelo de implementación de Deloitte (2022), el proceso de transformación de DevOps en una organización grande toma de 2 a 3 años, pero comienza con una clara alineación y visión creada en 8-10 semanas (Veáse Figura 3).

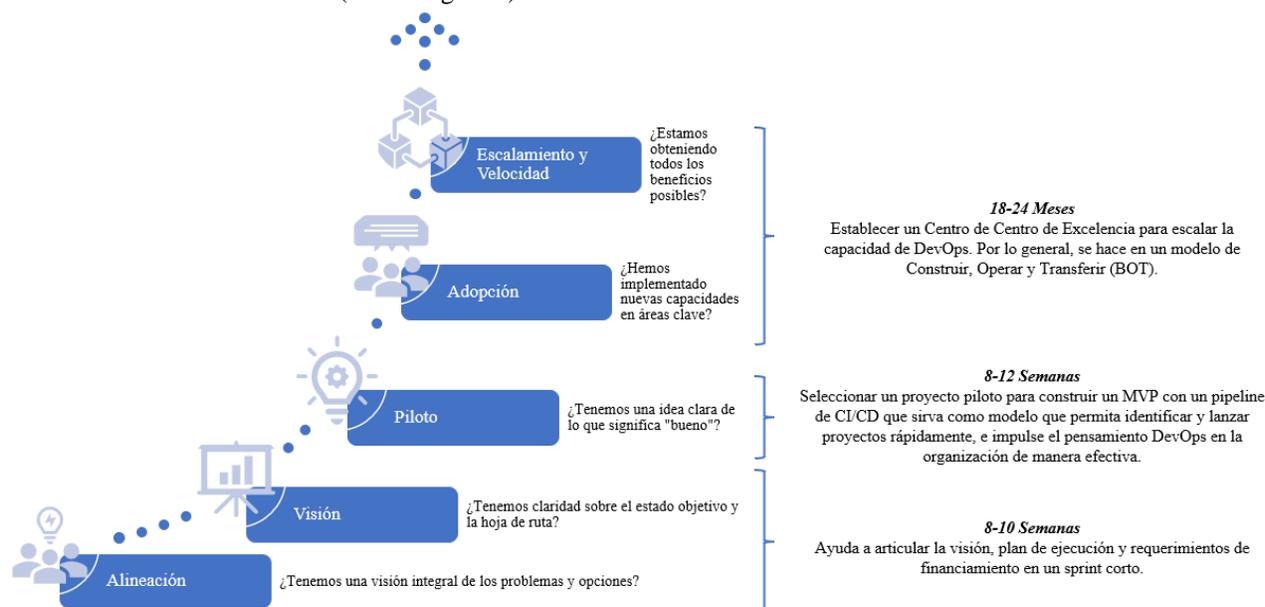


Figura 3. Enfoque estándar de transformación de Deloitte. Adaptación de (Deloitte, 2022).

La investigación llevada a cabo por Forsgren et al. (2018) describe una serie de hallazgos que se agrupan en cinco categorías: Entrega Continua, Arquitectura, Producto y Proceso, Gestión Lean y Monitoreo, y Cultura. Al enfocarse en el desarrollo de estas capacidades clave, se mejora la capacidad de entrega de software, aumenta la eficiencia y calidad; puede ayudar a las empresas a fomentar una cultura de colaboración y aprendizaje continuo, lo que puede tener un impacto positivo en su cultura organizacional y en la satisfacción y retención de sus empleados. En la Figura 4 se proporciona una representación gráfica de las 24 Capacidades Clave.

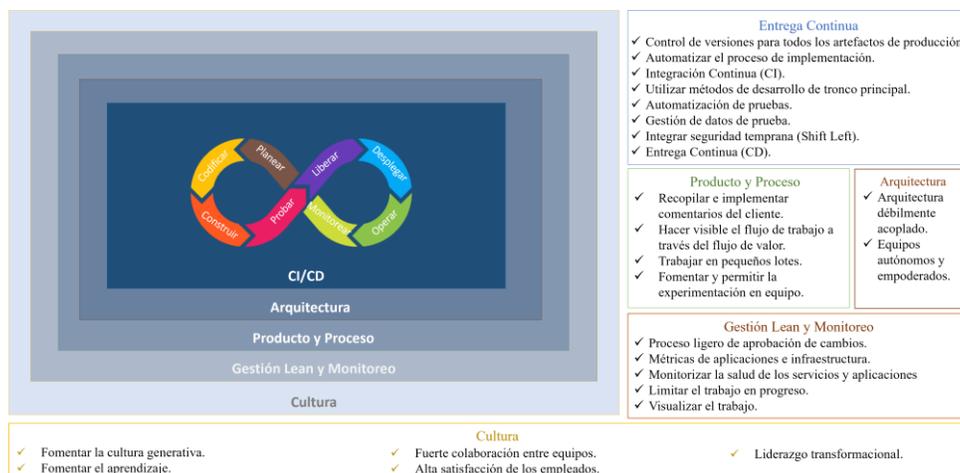


Figura 4. 24 capacidades clave de DevOps.

Conclusiones

Es indispensable que DevOps no se considere un producto que se compra o se alquila. Adoptar estas prácticas no sólo implica inversión de recursos financieros, implica disciplina, iniciativa, cambiar las formas de trabajo realizada por años. Los líderes deben ser los responsables de promover y asegurar una cultura libre de culpas y aprendizaje continuo. Los miembros de la organización deben entender qué se hace y por qué se hace, ya que muchas veces se confunde el objetivo: copiar lo que otros hacen. Cada empresa tiene sus propias características, limitaciones y capacidades. La implementación de DevOps podría llevar desde pocos meses hasta años, pero de acuerdo con los resultados que identificados en esta investigación tiene un impacto positivo en la entrega del producto y servicio, satisfacción del cliente y laboral.

Los resultados sugieren que la implementación exitosa de DevOps promueve culturas generativas y ayuda a combatir las paradojas culturales, proporcionando beneficios como mayor velocidad y calidad en la entrega de software y una mejora en la satisfacción del cliente. Esta investigación contribuye al saber en el área de DevOps, específicamente en cuanto a la importancia de la cultura y cómo la implementación exitosa de DevOps puede mejorar la eficiencia y calidad del desarrollo de software. Se espera que estos hallazgos puedan ser aplicados por organizaciones que buscan mejorar su proceso de entrega de software.

Referencias

Barcia, G., Sapién, J., y Solana, J. (2022). Informe de Madurez Digital México 2022. Needed Education.

Amazon Web Services. (2023). ¿Qué es DevOps? Consultada por Internet el 4 de abril de 2023. Dirección de internet: <https://aws.amazon.com/es/devops/what-is-devops/>

Barcia, G., Sapién, J., y Solana, J. (2022). Informe de Madurez Digital México 2022. Needed Education.

Brown, A., Stahnke, M., y Kersten, K. (2020). The 2020 State of DevOps Report. Dirección de internet: <https://puppet.com/resources/report>

Cloud Architecture Center. (2022). Cultura de DevOps: Cultura organizativa de Westrum. Consultada por Internet el 12 de febrero de 2022, de <https://cloud.google.com/architecture/devops/devops-culture-westrum-organizational-culture>

Davis, J., y Daniels, R. (2016). Effective DevOps. O'Reilly Media.

Deloitte. (2022). DevOps Point of View. An Enterprise Architecture perspective. Deloitte The Netherlands. Dirección de internet: <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/nl/Documents/technology/deloitte-nl-etp-devops-point-of-view.pdf>

Edwards, D. (5 de septiembre de 2012). Use DevOps to Turn IT into a Strategic Weapon. Obtenido el 28 de marzo de 2023, de <http://dev2ops.org/2012/09/use-devops-to-turn-it-into-a-strategic-weapon/>

Forsgren, N., Jez, H., y Gene, K. (2018). Accelerate. IT Revolution.

IT Revolution. (2023). Patrick DeBois. Obtenido el 24 de 03 de 2023 Dirección de internet: <https://itrevolution.com/author/patrick-debois/>

Kim, G., Debois, P., Willis, J., y Humble, J. (2021). The DevOps Handbook. Portland, Oregon, EUA: ITRevolution.

König, G., y Kugel, R. (2019). DevOps—Welcome to the Jungle. HMD Praxis, 291. <https://doi.org/10.1365/s40702-019-00507-8>

Patrick, D. (2022). 13 years of devops and 130 presentations later - how my devops mental model changed. Obtenido el 24 de marzo de 2023.
Dirección de internet: <https://www.jedi.be/blog/2022/05/09/13-years-of-devops-and-130-presentations-later-how-my-devops-mental-model-changed/>

Comparación de Dos Adherentes en la Actividad Endófito del Hongo Entomopatógeno *Beauveria bassiana* en Semillas de Cebada y Avena

Ing. Guadalupe Monserrat Veloz Badillo¹, Eduardo Gustavo Pizano Pérez², Dr. Oscar Arce Cervantes³, Dr. Benito Flores Chávez⁴, Dra. Josefa Espitia López⁵, Dra. María Julissa Ek Ramos⁶, Dr. Paul Misael Garza López⁷

Resumen: En la actualidad el uso de microorganismos es una alternativa a ciertos productos agrícolas, la efectividad de esta práctica radica en la permanencia y sobrevivencia de dichos microorganismos. *Beauveria bassiana* es un hongo entomopatógeno ampliamente estudiado en el control biológico de plagas; que presenta actividad endófito en plantas de interés agrícola, por lo que en este estudio se evaluó el efecto de dos adherentes en la actividad endófito del hongo en semillas de dos variedades de cebada maltera y dos de avena forrajera. Las semillas se inocularon con el hongo *Beauveria bassiana* (GHA) usando dos adherentes: Maizena® (Mz) (almidón de maíz) y metilcelulosa (MC) con una concentración de 1×10^8 conidios/mL y se evaluó el porcentaje de germinación de las semillas, así como el establecimiento del hongo como endófito de las plantas mediante el cultivo del tejido de hojas, tallo y raíz de las plantas.

Palabras clave: *Beauveria bassiana*, Actividad endófito, Cebada maltera, Avena

Introducción

Hongos Endófitos

Las plantas viven en asociación con hongos ya sea de forma armónica como endófitos o provocando enfermedades como fitopatógenos. Es probable que estos endófitos les confieran resistencia y/o tolerancia a las plantas huéspedes frente a estrés ambiental y ataques de herbívoros y hongos fitopatógenos (Bagnères y Hossaert McKey., 2020). En 1884, Henrich Anton De Bary acuñó la palabra endófito para referirse a aquellos hongos y bacterias que se desarrollan dentro de los tejidos de las plantas sin causarles síntomas aparentes a la planta huésped (Vega et al., 2008). Los microorganismos endófitos pueden inducir la expresión de genes en las plantas para producir metabolitos secundarios dichas sustancias pueden interferir con organismos patógenos e inducir mayor resistencia y tolerancia a factores abióticos (Cotes, 2018).

Hongos Entomopatógenos

Los hongos entomopatógenos componen el grupo de mayor importancia en el control biológico de insectos plaga siendo la mayoría de estos susceptibles a enfermedades causadas por estos hongos (Pacheco-Hernández et al., 2019). El phylum Ascomycota agrupa la mayoría de hongos patógenos de insectos, es el más diverso dentro del reino de los hongos albergando hongos descomponedores, simbioses (endófitos y líquenes) así como patógenos de plantas, humanos e insectos (Vianna, 2018).

El ciclo de infección comienza en cuanto las esporas entran en contacto con la cutícula de los insectos susceptibles, estas germinan y crecen directamente a través y hacia el interior del cuerpo de su hospedero, produciendo toxinas, consumiendo los nutrientes del insecto y destruyéndolo (Pacheco Hernández et al, 2019).

Beauveria bassiana

Los hongos del género *Beauveria* que, aunque son aislados principalmente de insectos parasitados también son endófitos, forman colonias de crecimiento lento con textura que va de flocosa a aterciopelada que con el tiempo se torna polvorienta (Cepero de García et al, 2012). Se conoce muy bien debido a su amplia gama de insectos que infecta

¹ Estudiante de la Maestría en Ciencias y Tecnología Agrícola y Forestal Sustentable de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México. ve270660@uaeh.edu.mx

² Eduardo Gustavo Pizano Pérez Estudiante de la Licenciatura en Agronomía para la Producción Sustentable de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México pi414553@uaeh.edu.mx

³ Dr. Oscar Arce Cervantes Profesor investigador en el Instituto de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México. oarce@uaeh.edu.mx

⁴ Dr. Benito Flores Chávez Profesor investigador del Instituto de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México profe_5566@uaeh.edu.mx

⁵ Dra. Josefa Espitia López Profesora Investigadora del Instituto de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México. josefa_espitia11153@uaeh.edu.mx

⁶ Dra. Maria Julissa Ek Ramos Profesora investigadora de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad del Estado de Hidalgo. mariaekramos@uanl.edu.mx

⁷ Dr. Paul Misael Garza López Profesor investigador del Instituto de Ciencias Agropecuarias del Instituto de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. paul_garza@uaeh.edu.mx

y por su distribución geográfica, por lo que se ha probado su patogenicidad contra más insectos plaga que cualquier otra especie de hongo entomopatógeno (Carballo y Falguni., 2004). Desde su descubrimiento han destacado varias características que lo han posicionado como uno de los principales organismos utilizados en el control biológico, como su fácil reconocimiento y la facilidad de ser encontrado en la naturaleza y el hecho de que infecta a más de 700 especies de insectos (Vega y Blackwell., 2005).

Avena

La avena (*Avena sativa* L.), planta herbácea que pertenece a la familia de las gramíneas, es considerada un cultivo de estación fría y muy sensible a altas temperaturas con una alta exigencia de agua que a su vez se ve perjudicado con un exceso de humedad; es poco exigente de suelo y es utilizada principalmente en la alimentación de ganado como planta forrajera, en pastoreo o como heno y/o ensilado, sola o en combinación con algunas leguminosas forrajeras (SAGARPA, 2017). Según cifras del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) en el 2021, el estado de Hidalgo ocupó el 8vo lugar en producción de avena forrajera con 324,379 ton (SIAP, 2022).

Cebada

El cultivo de la cebada maltera (*Hordeum vulgare* L.) en México tiene gran importancia socioeconómica ya que representa el ingreso de miles de familias que habitan en las zonas productoras de los valles altos de la mesa central, así como su utilización de materia prima para la industria maltera, forrajera y en menor proporción como alimento humano. Las principales zonas productoras se encuentran en el centro del país, destacando el estado de Guanajuato, Hidalgo, Tlaxcala, Estado de México, Puebla y Michoacán que en conjunto aportan aproximadamente el 90% de la producción total (Zamora Diaz et al, 2008).

Metodología

Inoculación de las semillas

La cepa de *B. bassiana* GHA se cultivó en placas Petri con medio de cultivo agar bacteriológico (BD Bioxon®) a una temperatura de $\pm 28^{\circ}\text{C}$, a partir de estas cajas se preparó una suspensión de conidios con Tween 80® con una concentración de 1×10^8 conidios/mL. A mismo tiempo se preparó la metilcelulosa con agua estéril en contante movimiento a una temperatura no mayor de 50°C a una concentración inicial de 8% y final de 4% al mezclarse con los conidios, este proceso se llevó a cabo hasta que la mezcla llegó a temperatura ambiente (MC+Bb). El almidón de maíz (Maizena®) se preparó llevando la mezcla a punto de hervor para asegurar la cocción del almidón en constante movimiento obteniendo una concentración inicial de 4% y final de 2% al mezclarse con los conidios, a temperatura ambiente (Mz+Bb) (Kuzhuppillymyal-Prabhakaranakutty., 2020). Los controles incluyeron la mezcla de Maizena® con Tween 80 (Mz+Tw), Metilcelulosa con Tween 80 (MC+Tw) y un testigo absoluto con semillas sólo desinfectadas (TA).

Previo a la inoculación las semillas de las variedades de cebada (Josefa y Esmeralda) y de variedades de avena (Turquesa y Chihuahua) se lavaron por triplicado en hipoclorito al 0.5%, etanol al 70% y agua estéril (Tefera y Vidal, 2009; Veloz Badillo et al, 2019); posteriormente se sumergieron en los tratamientos y controles durante 5 min, se drenaron y se dejaron secar por 24 h (Kuzhuppillymyal Prabhakaranakutty., 2020). Posterior a este proceso las semillas fueron sembradas en un sustrato compuesto de peat moss (80%) y perlita (20%) un total de 20 semillas por tratamiento.

Germinación y porcentaje de colonización

Transcurridos 8 d después de la siembra se realizó el conteo de las plántulas que emergieron por tratamiento.

Posterior al conteo se desplantaron todas las plántulas por tratamiento y se enjuagaron con agua corriente hasta retirarles todo el sustrato de sus raíces; se les realizó un enjuague con hipoclorito al 0.5% por 2 min seguido de un enjuague con etanol al 70% 2 min terminando con un enjuague con agua estéril por 2 min (Tefera y Vidal., 2009; Veloz Badillo et al 2019). Se tomaron por tratamiento 3 trozos de raíz, tres trozos de tallo y 3 de hoja de al menos 0.5cm y se sembraron en placas Petri con Agar nutritivo (Tefera y Vidal., 2009; Veloz Badillo et al 2019).

Análisis de datos

Los datos obtenidos en esta investigación se analizaron en el programa Excel con extensión de XLSTAT 2022.5 (1363) (Microsoft®) bajo un diseño experimental de bloques completos al azar, se aplicó la prueba de ANOVA con comparaciones múltiples de Tukey (HSD) ($\alpha=0.95$).

Se realizó un Análisis de Componentes principales (PCA, por sus siglas en inglés) los datos se normalizaron previamente con arcoseno. El PCA se realizó para conocer las correlaciones entre las variables estudiadas.

Resultados

El conteo de semillas que germinaron y formaron plantas se realizó 8 d después de la siembra este muestreo arrojó que el tratamiento Mz+Bb tuvo el mayor porcentaje de semillas germinadas en la variedad Turquesa (50%) seguido de la variedad Chihuahua con el tratamiento de MC+Bb, con un 40% de germinación lo que los hace significativamente diferentes ($p < 0.05$) (Cuadro 1); estos datos se observan en la Figura 1.

| TRATAMIENTOS | JOSEFA | ESMERALDA | TURQUESA | CHIHUAHUA |
|--------------|---------|-----------|------------|------------|
| Mz+Bb | 0 ± 0.0 | 5 ± 7.1 | 50 ± 28.3* | 30 ± 0.0 |
| MC+Bb | 0 ± 0.0 | 5 ± 7.1 | 15 ± 21.2 | 40 ± 14.1* |
| Mz+Tw | 0 ± 0.0 | 0 ± 0.0 | 25 ± 7.1 | 0 ± 0.0 |
| MC+Tw | 0 ± 0.0 | 0 ± 0.0 | 15 ± 21.2 | 5 ± 7.1 |
| TA | 5 ± 7.1 | 0 ± 0.0 | 10 ± 0.0 | 20 ± 14 |

Cuadro 1. Promedio de los porcentajes de germinación de los tratamientos y su desviación estándar. * valores significativamente distintos.

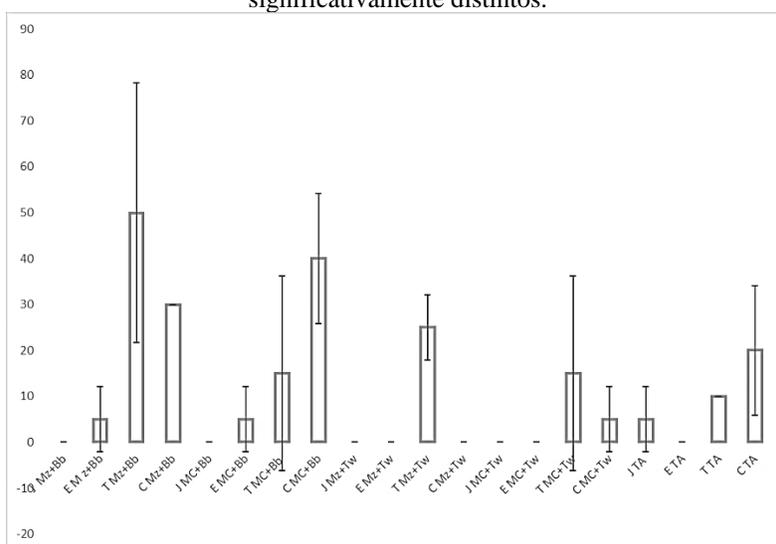


Figura 1. Porcentajes de germinación por tratamiento aplicados en las diferentes variedades (J=Josefa; E=Esmeralda; T=Turquesa; C=Chihuahua). Las barras de error representan la desviación estándar.

En el Análisis de componentes principales (Figura 2) se presenta el agrupamiento de las variables en 2 componentes principales con 98.58% de variabilidad total. Los tratamientos MC+Bb y TA con la variedad Chihuahua (Avena) se correlacionaron; así como los tratamientos Mz+Bb, MC+Tw y Mz+Tw con la variedad Turquesa también de avena. En el caso de las variedades de cebada Josefa y Esmeralda tuvieron una correlación entre ellas, pero negativa con todos los tratamientos y variedades de avena.

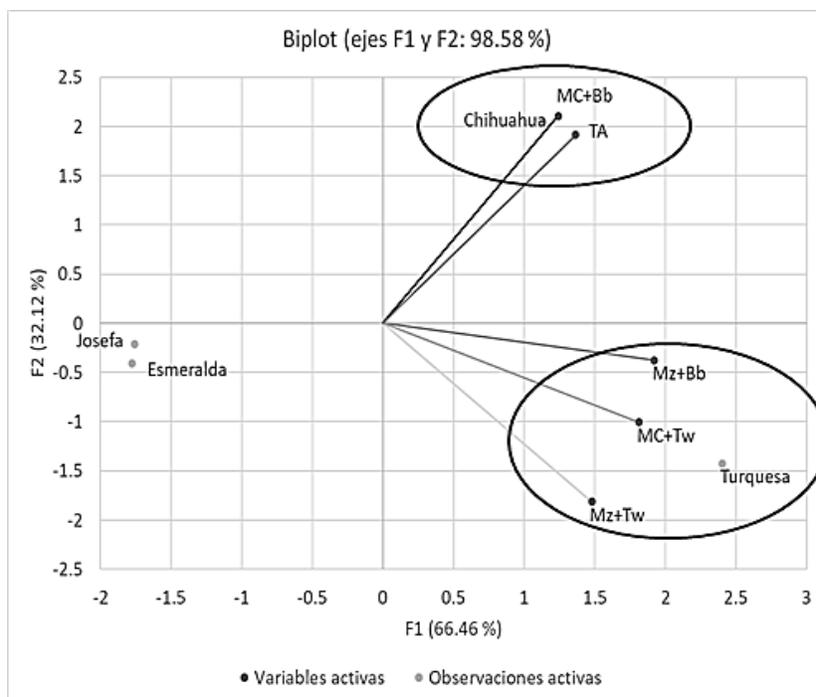


Figura 2 Análisis de Componentes Principales de las variables determinadas (CP1 vs CP2; 98.58% de variabilidad acumulada) los puntos color gris representan las variedades de cebada y avena.

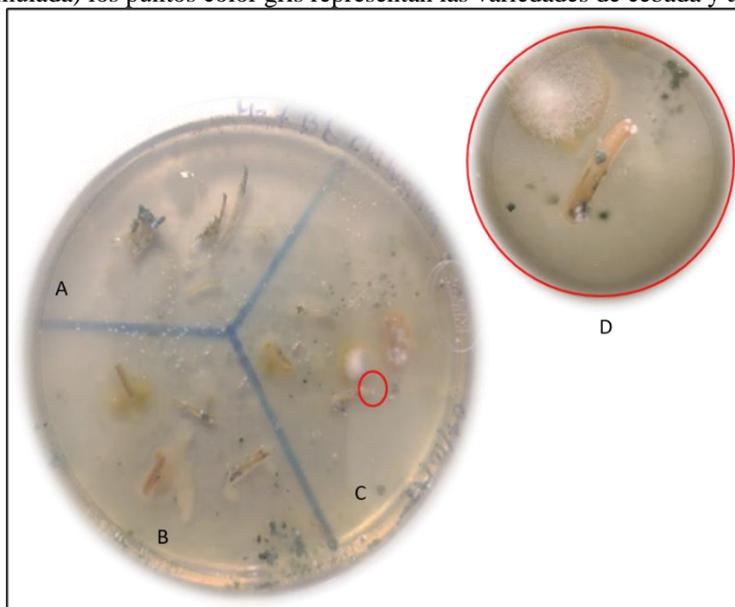


Figura 3. Crecimiento de *Beauveria bassiana* a partir de un trozo de tallo de una planta de avena variedad Chihuahua (D) bajo el tratamiento de Mz+Bb. (A-cortes de hoja, B-raíz, C-tallo, D- acercamiento de la parte marcada con un círculo rojo).

Con respecto al aislamiento del hongo a partir de la siembra de los tejidos de las plantas bajo los diferentes tratamientos se obtuvo evidencia del crecimiento de este a partir del tejido de tallo, esto se observa en la Figura 3 (C y D). El crecimiento del hongo se presentó a partir del corte de un tallo de avena variedad Chihuahua bajo el tratamiento de Mz+Bb, esto se corroboró de manera macroscópica y debido al tiempo en el que tardó en crecer en comparación con los otros microorganismos presentes en la placa.

En una investigación realizada con semillas maíz en la que compararon ambos adherentes (Mz y MC) y diferentes cepas del hongo *Beauveria bassiana* tuvieron un 100% de colonización en raíz independientemente del adherente; en cuanto al porcentaje de germinación con el tratamiento de MC se observaron efectos positivos con una de sus cepas

de forma consistente en comparación con aquellas tratadas con Maizena® como adherente (Kuzhuppillymyal-Prabhakarankutty., 2020); esto contrasta con lo obtenido en esta investigación, ya que Maicena® presentó los mejores porcentajes de germinación en las variedades forrajeras de avena.

En 2009, Tefera y Vidal inocularon semillas de sorgo con *Beauveria bassiana* empleando diferentes métodos de inoculación en hoja, suelo y semilla. Para inocular las semillas no utilizaron adherente por lo que en comparación con los otros métodos no destacó en cuanto al establecimiento del hongo como endófito. Además, el tiempo de secado de las semillas post inoculación fue de 30 minutos, lo que contrasta con las 24 horas que se dejaron secar las semillas de cebada y avena. En contraste, la metodología utilizada en maíz posiblemente deba estandarizarse para avena y cebada debido a que pudo representar una activación de la germinación que comienza con hidratación de la semilla que es el momento en el que ocurre la mayor absorción de agua necesaria para la rehidratación (Matilla., 2008), la cual podría comenzar en el momento de los lavados de las semillas y su posterior inoculación y posteriormente, detenerse en el secado, y reanudado al sembrarse en el sustrato y ser regadas. Asimismo, se deben considerar las diferencias de la estructura externa entre las semillas de cebada y avena con el maíz y el sorgo.

Conclusiones

En esta investigación destacó la Maizena® como adherente del hongo *Beauveria bassiana* en semillas por lo que en un ámbito más práctico y casero es una excelente opción para aplicarlo como adherente debido a su accesibilidad y fácil manejo; y asegurar la permanencia del hongo en la semilla y este se establezca como endófito en la planta.

Recomendaciones

Si se desean replicar estas pruebas es importante que previamente se hagan ensayos de respuesta de las semillas a los lavados debido a que podrían ser muy agresivos para algunos tipos de semilla.

Referencias

- Bagneres A.,G., Hossaert-McKey M., (2020), Ecología Química, ISTE Group.,
- Cotes, A., M., (2018) Capítulo 19: Los hongos endófitos en el control biológico de fitopatógenos e insectos plaga. Aragón, S., M., Beltrán-Acosta C., (Ed), Control Biológico de fitopatógenos, insectos y ácaros (1ra ed., Vol2., 854-873pp) AGROSAVIA.
- Kuzhuppillymyal-Prabhakarankutty, L., Tamez-Guerra, P., Gomez-Flores, R. et al. Endophytic *Beauveria bassiana* promotes drought tolerance and early flowering in corn. *World J Microbiol Biotechnol* 136, 47 (2020). <https://doi.org/10.1007/s11274-020-02823-4>
- Matilla, A. J. (2008). Desarrollo y germinación de las semillas. *Fundamentos de fisiología vegetal*, 2, 549.
- Pacheco-Hernández, M. L., Reséndiz-Martínez, J.F., & Arriola-Padilla, V. J. (2019). Organismos entomopatógenos como control biológico en los sectores agropecuario y forestal de México: una revisión. *Revista mexicana de ciencias forestales*, 10(56), 4-32. Epub 30 de abril de 2020. <https://doi.org/10.29298/rmcf.v10i56.496>
- SIAP, (2022) Panorama Agroalimentario, Edición 2022. <https://online.pubhtml5.com/aheiy/gryd/#p=2>
- Tefera, T., y Vidal, S. (2009). Effect of inoculation method and plant growth medium on endophytic of sorghum by the entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana*. *BioControl*.
- Veloz Badillo G.M, Riveros Ramírez J, Angel Cuapio A, Arce Cervantes O, Flores Chávez B, Espitia López J, Loera O, Garza López PM. The endophytic capacity of the entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana* caused inherent physiological response in two barley (*Hordeum vulgare*) varieties. *3 Biotech*. 2019 Jan;9(1):12. doi: 10.1007/s13205-018-1548-9. Epub 2019 Jan 2. PMID: 30622850; PMCID: PMC6314951.
- Vianna M. F. (2018) Capacidad biocida de hongos entomopatógenos para el control de plagas del tabaco (*Nicotianatabacum* L.) (Tesis Doctoral), Instituto de Botánica C. Spegazzini. La Plata, Argentina.

Efectos de Matarrasa en Factores Físicos, Químicos y Biológicos del Suelo Forestal

Ing. Dante Edain Villeda Fuentes¹, Dr. Juan Capulín Grande², Dr. Ramón Razo Zarate³, Dra. Ma. Isabel Reyes Santamaría⁴, Dr. Alfonso Juárez Islas⁵, Dr. Rodrigo Rodríguez Laguna⁶

Resumen—El ejido el Casco se encuentra ubicado en el municipio de Metepec, Hidalgo. Entre sus principales actividades económicas se encuentra la agricultura y el aprovechamiento forestal maderable. En el presente trabajo se evaluaron algunos factores físicos, químicos y biológicos del suelo dando como resultado variaciones mínimas en factores como densidad aparente, porcentaje de arena, limo y arcilla, y en factores químicos como materia orgánica, pH y conductividad eléctrica, siendo los factores biológicos los que mostraron mayor diferencia entre ellos. Lo que indica que inevitablemente abra una perturbación al hacer cualquier tipo de aprovechamiento, lo cual puede ser favorable para el ecosistema.

Palabras clave—Suelo forestales, matarrasa, aprovechamiento forestal, Biodiversidad del suelo.

Introducción

El manejo forestal es el proceso de toma de decisiones que implica la aplicación práctica de la ciencia, la tecnología y la economía a una propiedad forestal, para la producción de ciertos bienes deseados en forma eficiente (Brasnett, 1953). Dentro del manejo forestal existen tratamientos silvícolas como matarrasa donde se cortan totalmente los árboles para permitir el establecimiento de la nueva generación de árboles, de modo que la regeneración natural o plantación tenga la finalidad de convertirse en bosques de la misma edad, lo que permitirá mecanizar las operaciones del aprovechamiento, incrementando su productividad. (CONAFOR, 2020) Los efectos de la extracción maderable en el bosque residual varían en función de su intensidad, y pueden incluir cambios en las condiciones edáficas, daños y pérdida de individuos arbóreos, apertura del dosel o claros y disminución de la cobertura, alteraciones en la estructura y composición florística del rodal, erosión de suelos, contaminación del agua, reducción de la vida silvestre, modificación del hábitat, calidad de la madera y del volumen de los árboles. (Cline *et al.*, 1991).

Metodología

Área de estudio

El área de estudio se ubica en el ejido El Casco, situado en el municipio de Metepec, estado de Hidalgo, México, con coordenadas 20°19'22.04" latitud norte y 98°19'55.34" longitud oeste, a una altura entre 2480 m. El sitio se encuentra sobre un suelo regosol districo con una textura fina y una clasificación lítica. El clima es templado húmedo con abundantes lluvias en verano, precipitación anual de 1,200 mm y temperatura media de 15.5 °C de acuerdo a la clasificación de Köppen modificada por García (1964). En la región de estudio el uso dominante del suelo es forestal y agrícola, con un tipo de bosque de pino-encino compuesto en su mayoría por *Pinus spp* y *Quercus spp*, los bosques en general presentan erosión nula del suelo. (Figura 1.)

Procedimiento

Dentro del Ejido El Casco, se eligieron dos sitios de aprovechamiento forestal maderable: matarrasa que se aprovechó en el año 2022, matarrasa que se aprovechó en el año 2000 y un sitio de conservación, cada uno con tres repeticiones, se realizaron transectos en zig-zag para poder hacer la colecta de las submuestras de suelo a una profundidad de 20 cm con barrena y tener una muestra compuesta según la NOM-021 RECNAT-2000. Posteriormente en los sitios se colocaron trampas pitfall para el análisis de macrofauna mientras que las muestras recolectadas se llevaron al laboratorio para posteriores análisis físicos, químicos y biológicos. Los parámetros a

¹ Ing. Forestal Dante Edain Villeda Fuentes es Estudiante de la Maestría en Ciencias y Tecnología Agrícola y Forestal Sustentable en la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. vi202257@uaeh.edu.mx (Autor corresponsable)

² Dr. Juan Capulín Grande es investigador y en la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Tulancingo, Hidalgo. juan_capulin3562@uaeh.edu.mx

³ Dr. Ramón Razo Zarate es profesor-investigador en la Universidad del Estado de Hidalgo, Tulancingo, Hidalgo. ramon_razo@uaeh.edu.mx

⁴ Dra. Ma. Isabel Reyes Santamaría es profesor-investigador en la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Tulancingo, Hidalgo. maisabel_reyes5598@uaeh.edu.mx

⁵ Dr. Alfonso Juárez Islas es profesor-investigador en la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Tulancingo, Hidalgo. alfonso_suarez5294@uaeh.edu.mx

⁶ Dr. Rodrigo Rodríguez Laguna es profesor-investigador en la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Tulancingo, Hidalgo. rlaguna@uaeh.edu.mx

analizar dentro de los factores físicos fueron: Dnsidad aparente mediante el método de la parafina, textura (Bouyoucos, 1962), color por medio de la tabla Munsell. Dentro de los parámetros químicos se evaluó: Materia orgánica (Walkley & Black, 1934), conductividad eléctrica (extracto de saturación) y pH (relación 1:2 suelo-agua), para los parámetros biológicos se evaluó la macrofauna por medio de trampas pitfall y cuantificación de UFC de hongos y bacterias mediante el método de disoluciones, posteriormente se realizó una análisis de varianza Tukey ($p < 0.05$) para comparar sus similitudes y diferencias.

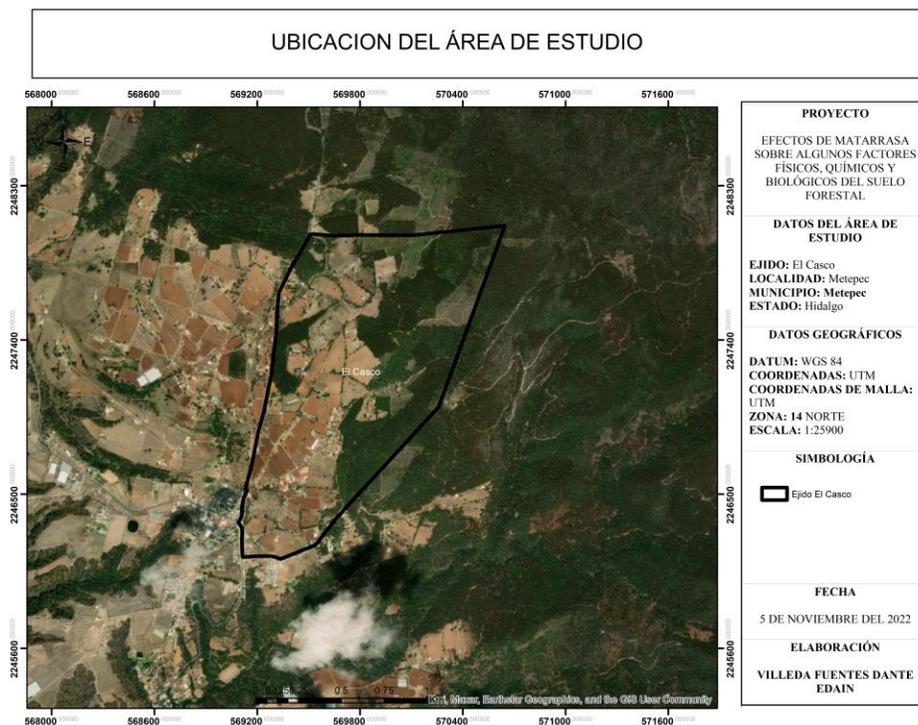


Figura 1. Ejido El Casco, Metepec, Hidalgo. (Generado con el programa ArcMap 10.5)

Resultados y discusión

El tratamiento conservación mostro un color marrón amarillento mientras que matarrasa 2000 y matarrasa 2022 presentaron color marrón amarillento obscuro es decir no mostraron diferencias significativas ($p < 0.05$), mientras que el color en húmedo paso a ser marrón grisáceo muy obscuro para el sitio de conservación y matarrasa 2022 y marrón muy obscuro para matarrasa 2000. En el caso de densidad aparente conservación tiene la densidad aparente más baja pero sin diferencias significativas comparada con matarrasa 2000, mientras que matarrasa 2022 mostró los valores más altos pero estadísticamente es igual a matarrasa 2000. Con lo que respecta a clase textural conservación tiene una clase textural arcillosa teniendo el mayor porcentaje de arcilla de los tres sitios evaluados. Los sitios matarrasa 2000 y matarrasa 2022 son suelos de tipo franco siendo similares en sus porcentajes de arena, limo y arcilla. (Cuadro 1.).

| Sitio | Color | | Densidad aparente Mg cm ³ | Textura % | | | Clase textural |
|--------------|-----------------------------------|--|---|-----------|----------|----------|----------------|
| | Seco | Húmedo | | Arena | Limo | Arcilla | |
| conservación | 10YR 5/4 marrón amarillento | 10YR 3/2 marrón grisáceo muy oscuro | 0.203 a | 34.52 a | 22.093 a | 43.213 a | Arcilloso |

| | | | | | | | |
|----------------|---|--|-----------|------------|----------|----------|--------|
| matarrasa 2000 | 10YR 4/4 marrón amarillento oscuro | 10YR 2/2 marrón muy oscuro | 0.231 a b | 50.333 a b | 32.36 a | 17.307 b | Franco |
| matarrasa 2022 | 10YR 4/4 marrón amarillento oscuro | 10YR 3/2 marrón grisáceo muy oscuro | 0.359 b | 50.573 b | 33.213 a | 16.213 b | Franco |

Cuadro 1. Promedio de factores físicos del suelo por sitio. Diferente letra, indica diferencias significativas para Tukey ($p < 0.05$).

Con lo que respecta a los factores químicos como materia orgánica conservación mostro el menor porcentaje mientras que matarrasa 2000 y matarrasa 2022 mostraron porcentajes más altos y similares estadísticamente. Conductividad eléctrica y pH no presentaron diferencias significativas entre los tres sitios evaluados. (Cuadro 2.).

| Sitio | Materia Orgánica % | Conductividad eléctrica dS/m^{-1} | pH |
|----------------|--------------------|-------------------------------------|---------|
| Conservación | 6.408 a | 0.414 a | 5.131 a |
| Matarrasa 2000 | 15.820 b | 0.509 a | 4.874 a |
| Matarrasa 2022 | 12.738 b | 0.452 a | 4.915 a |

Cuadro 2. Promedio de factores químicos del suelo por sitio. Diferente letra, indica diferencias significativas para Tukey ($p < 0.05$).

La evaluación de macrofauna dio como resultado lo siguiente: En el sitio conservación se muestrearon un total de 13 insectos resultando que el 53.8 % de las especies fueron del genero *Anastrepha*, 30.7 % del genero *Tegenaria*, con un 7.6 % respectivamente se presentaron los géneros *Solenopsis* y *Dictylopius*, en el sitio matarrasa 2000 se recolectaron 27 insectos resultando que la mayor cantidad de especies fueron del genero *Symphyla* y *Anastrepha* con un 25.9 %, *Gryllus* con un 18 %, *Tegenaria* 11.1 %, *Dactylopius*, *halyomorpha*, *Sclerodermus*, *Musca* y especie no identificada estuvieron presentes en un 3.7 %, en matarrasa 2022 la recolecta fue de 14 insectos habiendo presencia del genero *Gryllus* en un 35.7 % *Carabus* en un 21.4 %, *Musca* y *Anastrepha* con un 14.8 %, *Battla* y *Podalonia* presentes con un 7.1 %.

La cantidad de UFC/g de hongos en los sitios conservación y matarrasa 2022 fueron similares, en cambio, matarrasa 2000 fue mayor. En UFC/g de bacterias todos los sitios presentaron diferencias significativas. (Cuadro 3.).

| Sitio | Hongos UFC/g suelo | Bacterias UFC/g suelo |
|--------------|--------------------|-----------------------|
| conservación | 1.2 a | 184.56 a |

| | | |
|----------------|---------|-----------|
| matarrasa 2000 | 2.322 b | 58.8 b |
| matarrasa 2022 | 1.544 a | 326.778 c |

Cuadro 3. Promedio de UFC/g de hongos y bacterias del suelo por sitio. Diferente letra, indica diferencias significativas para Tukey ($p < 0.05$).

Discusión

El Cuadro 1. Muestra los porcentajes de arena, limo y arcilla en los cuales no hay diferencias lo que concuerda con la unidad del suelo donde está situado el ejido El Casco. La densidad aparente coincide con los estudios realizados por quien reporto valores similares para suelos forestales.

El Cuadro 2. Presenta los porcentajes de materia orgánica, conservación es similarer a lo reportados por (Romero-Barrios., *et. al.* 2015) sin embargo matarrasa 2000 y matarrasa 2022 son superiores, lo cual se puede deber a que en un aprovechamiento de este tipo se deja de un 10 a 20 % de materia orgánica en el sitio después de la extracción de la madera. Los tres sitios evaluados presentaron un pH entre 4.875 a 5.131 lo cual indica que su rango esta entre fuertemente acido a moderadamente acido de acuerdo a la NOM-021- SEMARNAT-2000. J. Lilienfein y colaboradores, (2000). Mencionan que las coníferas pueden incrementan la acidez del suelo. Con respecto a la conductividad eléctrica se presentaron valores similares a los reportados para suelos forestales por (Denegri *et. al.*, 2014).

Conservación y matarrasa 2022 los números y porcentajes de insectos fueron similares, en matarrasa 2000 se observó casi el doble de insectos muestreados lo cual se puede deber a la alta cantidad de materia orgánica sin descomponer en el suelo, esta se puede usar como refugio, también se observó que en el sitio matarrasa 2022 el tamaño de los insectos fue mayor que en los demás sitios, siendo una constante la presencia del género *Anastrephaen* en todos los sitios y con mayor porcentaje de individuos seguido por el género *Gryllus* en cantidad mas no presente en todos los sitios.

El Cuadro3. Especifica que los recuentos de UFC/g de hongos dieron como resultados números parecidos para los tres sitios, siendo conservación 2000 el mayor estadísticamente hablando diferente a los demás. Para las UFC/g en bacterias hubieron grandes diferencias en los tres sitios evaluados, matarrasa 2000 presento el menos número de UFC/g, seguido por conservación, mientras que conservación 2022 presento el mayor número de UFC/g esto se puede deber a que al estar expuesto directamente a los factores climáticos como lluvia y altas temperaturas la degradación de la materia orgánica se acelera y a su vez también crecen las UFC.

Conclusiones

Las propiedades físicas y químicas como color, densidad aparente, textura, materia orgánica, conductividad eléctrica y pH no presentaros grandes diferencias significativas lo que señala que la técnica de aprovechamiento utilizada no tiene un impacto tan agresivo en estos factores evaluados.

Las propiedades biológicas evaluadas como la cuantificación de insectos y de UFC de hongos y bacterias fueron las que mostraron mayores diferencias significativas entre ellas, esto debido a las deferentes cubiertas forestales de los sitios evaluados.

Referencias

- J. Lilienfein, W., Wilcke, A., Ayarza, L., Vilela, S., doCarmo, & S. Zech. (2000). *Soil acidification in Pinus caribea foresto n Brazilian savanna Oxisols*”, *Forest Ecology and Management*.
- Bouyoucos, G. (1962). *ydrometer method improved for making particle size analyses of soils 1*.
- Brasnett, N. V. (1953). *Planned management of forests*.
- Cline, M., Hoffman, B., Cyr, M., & Bragg, W. (1991). *Stand Damage Following Whole-Tree Partial Cutting in Northern Forests*. *Northern Journal of Applied Forestry*.
- CONAFOR. (2020). *BIBLIOTECA CONAFOR*. Obtenido de <http://www.conafor.gob.mx:8080/biblioteca/Default.aspx>
- Denegri, A., Toranzo, L., Rubenacker, A., Campitelli, P., & Karlin, M. (2014). Efecto de los incendios forestales sobre las propiedades del suelo. *Nexo Agropecuario*, 10-14.
- Romero-Barrios, C., García-Gallegos, E., & Hernández-Acosta, E. (2015). Materia organica y densidad aparente en selos del suroeste de La Malinche, Tlaxcala, México.
- Rubio Gutiérrez, A. (2010). La densidad aparente en suelos forestales del parque natural los alcornosques.
- Walkley, A. a. (1934). *An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method*.
- Walkley, A., & Black, I. (1934). *An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method*.