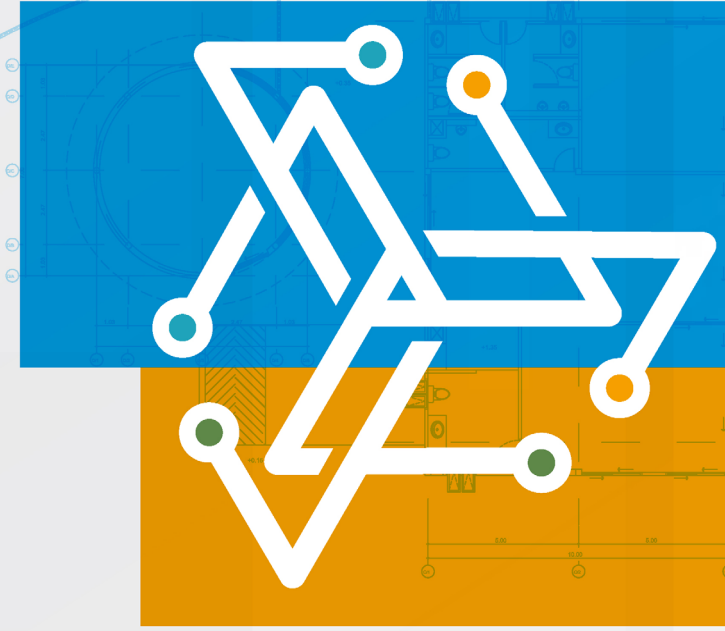


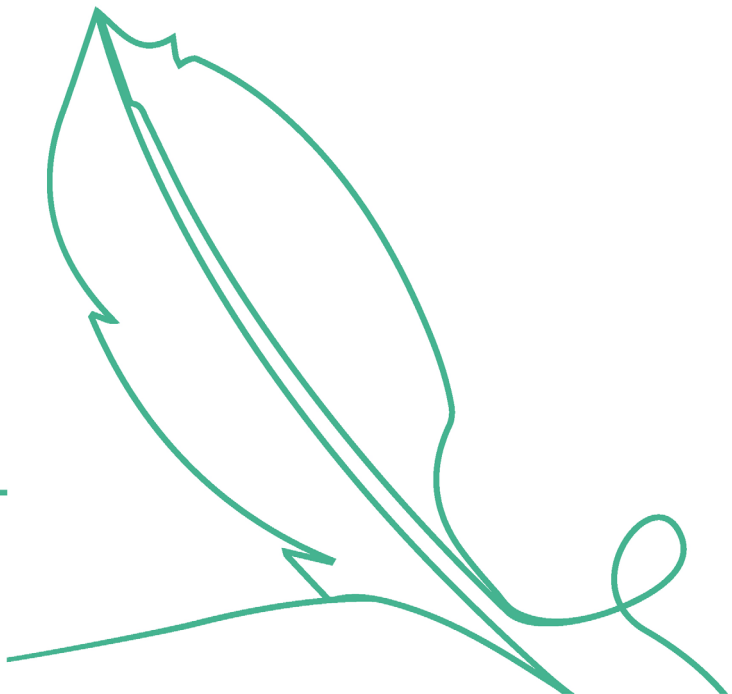
Aportes de la investigación y aplicación en ciencia e ingeniería

Dayanna Nathaly Diaz Rosero
Jenny Lucía Huertas Delgado
Fabio Camilo Gómez Meneses
Compiladores

Universidad Mariana
Res. MEN 1362 del 3 de febrero de 1983

Editorial
Unimar

Colección Evento



Catalogación en la publicación – Biblioteca Nacional de Colombia

Guerrero Matute, Ángel Darío, autor

Aportes de la investigación y aplicación en ciencia e ingeniería / [autores], Ángel Darío Guerrero Matute [y otros treinta y seis], compiladores, Dayanna Nathaly Diaz Rosero, Jenny Lucía Huertas Delgado, Fabio Camilo Gómez Meneses; prólogo, Fabio Camilo Gómez Meneses. -- San Juan de Pasto: Editorial Unimar, 2025.

1 recurso en línea: archivo de texto: PDF. -- (Colección evento)

Incluye datos curriculares de los autores -- Incluye referencias bibliográficas al final de cada capítulo.

ISBN 978-628-7548-97-8

1. Investigación científica 2. Ingeniería Investigaciones I. López Juvinao, Danny Daniel, autor II. Choles Polo, Leanis Elisabeth, autora III. Meza Lozano, Nick Harritson, autor IV. Pérez Jiménez, Camilo Andrés, autor V. Rodríguez García, Daniel Alejandro, autor VI. Márquez Muñoz, Laura Isabel, autora VII. Bravo Botina, Allison Daniela, autora VIII. Pantoja Quiroz, Gabriel Arley, autor IX. Nieto Gómez, Juan Esteban, autor X. Diaz Rosero, Dayanna Nathaly, compiladora XI. Huertas Delgado, Jenny Lucía, compiladora XII. Gómez Meneses, Fabio Camilo, compilador, escritor de prólogo

CDD: 001.4 ed. 23 CO-BoBN– a1166098

Universidad Mariana
Res. MEN 1362 del 3 de febrero de 1983

Título del libro: *Aportes de la investigación y aplicación en ciencia e ingeniería*

e-ISBN: 978-628-7548-97-8

DOI: https://doi.org/10.31948/editorialunimar.316

Formato: 18 x 26 cm – Digital

Páginas: 117

Año: 2025

© Editorial Unimar, Universidad Mariana
© Dayanna Nathaly Diaz Rosero (Compiladora)
© Jenny Lucía Huertas Delgado (Compiladora)
© Fabio Camilo Gómez Meneses (Compilador)
© Ángel Darío Guerrero Matute
© Danny Daniel López Juvinao
© Leanis Elisabeth Choles Polo
© Nick Harritson Meza Lozano
© Camilo Andrés Pérez Jiménez
© Alejandro García Rodríguez
© Laura Isabel Márquez Muñoz
© Allison Daniela Bravo Botina
© Gabriel Arley Pantoja Quiroz
© Juan Esteban Nieto Gómez
© Diana Belén Peralta Zurita (ecuatoriana)
© Santiago Ferrandiz Bou (español)
© Christian Mauricio Cobos Maldonado (ecuatoriano)

© Denis Marcelo Ugeño Guilcapi (ecuatoriano)
© James Alberto Marín Gómez
© Santiago Martínez Londoño
© Johanna Carolina Ruiz Acero
© Nelson Fernando Lizarazo Salamanca
© Otoniel Vicente Dediego Pérez
© Luis Manuel Gutiérrez Romero
© Bladimir Becerra Correa
© Juan Carlos López Valencia
© Julio Cesar Caicedo Eraso
© Luis Fernando Mejía Gutiérrez
© Alejandro Geobanny Jurado Mejía
© Rubén Darío Cárdenas Espinosa
© Diego López Franco
© Denis Lorena Álvarez Guayara
© Heriberto Fernando Vargas Losada
© Lina María Nieto Alarcón
© Juliana Chamorro Marín
© Cesar Augusto Calderón Cabrera
© David Esteban Ávila Ballen
© Edison Javier Peña Figueroa
© Luis Felipe Ardila Espitia
© Marco Antonio Jinete G.

Comité Organizador

Dayanna Nathaly Diaz Rosero
Glen Alejandro Guerrero Burbano
Jenny Lucía Huertas Delgado
John Jairo Muñoz Enríquez
Juan Carlos Portilla Salas
Nicole Camila Rubio Lasso
Evelyn Guadalupe Guerrero Jojoa
Fabián Parra Pay
Fabio Camilo Gómez Meneses

Comité científico / arbitraje

Cristian Libardo Castro Lara
Rocio Ojeda Ocaña
Sandra Madroñero
Angela Sofía Parra Paz
Nicolás Pérez Guerrero
Diego Alejandro Narvaez Meza
Sandra Milena Chañag Checa
Wilson Andrés Castillo Castro
Anghelo Marino López Rubio
Neyi Narváez Chaves
Jimena Erazo
Madeline Daniela Narváez Muñoz
Carlos Pantoja Agreda
Juan Fernando Muñoz paredes
Evelyn Guadalupe Guerrero Jojoa
Javier Mauricio López Moreno
Diego Valencia Enríquez
Edgar José Narváez Jojoa
Oscar Ricardo Jurado Zambrano
Francisco Mafla
Hernán Zamora
John Erick Ortiz Guzmán
Jennifer Jiménez Paz
Francisco Javier Caicedo Messa
Juan José Coral Caicedo
Cristiam Camilo López Pabón
Teresita Canchala
Esteban Dario Gualguan
Giovanni Albeiro Hernández Pantoja
Diego Alejandro Narváez Meza
Jair Steven Calderón Huertas
Gabriela Alejandra Caicedo Chaves
Edison Viveros Villada
Bianca Marcela Miranda Portilla
Leidy Marcela Gómez Melo
Jhoana Montenegro
Dagoberto Mayorca Torres
Tito Manuel Piamba Mamian
Magda Milena Martínez Ramos
Luis Eduardo Patiño Vallejo
Luis Gabriel Lafaurie Ponce
Wendy Pantoja
Lorena Salazar Gámez
Richard Geovanni Moran Perafan

Favio Nicolás Rosero Rodríguez
Mario Alberto Jurado Eraso
John Jairo Muñoz Enríquez
Adriana Micanquer
Juan Carlos Narváez Burgos
Marco A. Sánchez Castillo
Simón Alexander Puerchambud Chasoy
Karol Ximena Burbano Cabrera

Editorial Unimar

Luz Elida Vera Hernández

Coordinadora editorial

Ana Cristina Chávez López

Corrección de estilo

Johan Esteban Botina Portillo

Diseño y diagramación

Correspondencia:

Editorial Unimar, Universidad Mariana

San Juan de Pasto, Nariño, Colombia, Calle 18 No. 34 – 104

Tel: 6027244460 - Ext. 185

E-mail: editorialunimar@umariana.edu.co

Depósito Digital

Biblioteca Nacional de Colombia, Grupo Procesos Técnicos, Calle 24, No. 5 - 60 Bogotá D.C., Colombia.

Biblioteca Hna. Elisabeth Guerrero N. f. m. i. Calle 18 No. 34 - 104 Universidad Mariana, San Juan de Pasto, Colombia.

Disponible en: http://editorial.umariana.edu.co/libros

Cítese como: Diaz Rosero, D. N., Huertas Delgado, J. L. y Gómez Meneses, F. C. (Comp.). (2025). *Aportes de la investigación y aplicación en ciencia e ingeniería.* Editorial Unimar. https://doi.org/10.31948/editorialunimar.316

Las opiniones contenidas en el presente libro no comprometen a la Editorial Unimar ni a la Universidad Mariana, puesto que son responsabilidad única y exclusiva de los autores; de igual manera, ellos han declarado que, en su totalidad, es producción intelectual propia, en donde aquella información tomada de otras publicaciones o fuentes, propiedad de otros autores, está debidamente citada y referenciada, tanto en el desarrollo del documento como en las secciones respectivas a la bibliografía.

El material de este libro puede ser reproducido sin autorización para uso personal o en el aula de clase, siempre y cuando se mencione como fuente su título, autores y editorial. Para la reproducción con cualquier otro fin, es necesaria la autorización de la Editorial Unimar de la Universidad Mariana.



Este libro está bajo licencia internacional:

CC BY-NC-ND Reconocimiento-No Comercial-Sin Obra Derivada

Prólogo

En una era donde los desafíos globales requieren respuestas interdisciplinarias, el III Congreso Internacional de Ciencias e Ingeniería CICI 2025 se consolidó como un espacio fértil para el diálogo, la reflexión y la innovación. Reunió a investigadores, docentes, profesionales y estudiantes de diversas ramas de la ingeniería y las ciencias, quienes compartieron sus desarrollos más recientes, nutridos por la rigurosidad científica y el compromiso con la transformación social y tecnológica de nuestras regiones y del mundo. Este evento no solo sirvió como plataforma para el intercambio de conocimiento, sino que también destacó por la calidad de las investigaciones presentadas, las cuales reflejan el compromiso de la comunidad científica con el desarrollo tecnológico y la sostenibilidad.

Este libro de divulgación contempla una cuidada selección de algunos trabajos presentados durante el Congreso internacional realizado en la Universidad Mariana en el mes de abril del año 2025; cada uno evaluado bajo criterios de originalidad, rigor metodológico y contribución al campo de estudio, abarcando temáticas de vanguardia como las ciencias de la computación, el desarrollo de productos mecatrónicos, los retos y soluciones en torno a la ingeniería ambiental, los avances en gestión, innovación y optimización de procesos, los desafíos en la ingeniería civil, y la importancia de la enseñanza en la ingeniería como eje transversal que enriquece la discusión, recordándonos que el avance técnico debe ir acompañado de una reflexión pedagógica que garantice su transferencia efectiva, que potencia la formación de futuros ingenieros con enfoque integral, críticos y creativos.

Cada artículo aquí incluido es el resultado de investigaciones que combinan teoría, práctica y una profunda conexión con los contextos sociales y productivos en los que se gestaron. Este volumen no solo representa un compendio de conocimiento técnico y científico, sino también una radiografía del momento histórico que atraviesa la ingeniería: uno marcado por la necesidad de soluciones sostenibles, sistemas inteligentes, eficiencia energética, y una educación transformadora, asegurando que este material sea de utilidad tanto para investigadores como para profesionales en ejercicio

Como comité organizador, nos llena de orgullo ver cómo el Congreso ha evolucionado para convertirse en un punto de encuentro internacional, donde

el intercambio de saberes no solo enriquece la academia, sino que también impulsa el desarrollo de nuevas alianzas, propuestas y caminos posibles para afrontar los retos del siglo XXI desde la ciencia y la ingeniería.

Agradecemos profundamente a todos los autores, evaluadores y asistentes que hicieron posible este evento, y a la editorial especializada en textos de ingeniería que hoy nos permite proyectar este conocimiento más allá de las fronteras físicas del Congreso. Que estas memorias sirvan como fuente de inspiración, consulta y referencia para futuras generaciones de ingenieros y científicos comprometidos con un mundo más justo, resiliente y tecnológicamente avanzado.

Bienvenidos a este compendio del saber en movimiento.

M.Sc. **Fabio Camilo Gómez Meneses**

Comité Científico y Organizador

III Congreso Internacional de Ciencias e Ingeniería

Contenido

Área temática: Ambiente y Desarrollo Sostenible **12**

Capítulo 1. Evaluación física y mecánica de tejidos de camuflaje en comparación con sacos de polipropileno para estructuras defensivas militares 13

Johanna Carolina Ruiz Acero, Nelson Fernando Lizarazo Salamanca, Otoniel Vicente Dediego Pérez, Luis Manuel Gutiérrez Romero

Capítulo 2. Ecoturismo sostenible en Tutunendo: estudio de capacidad de carga y experiencias de inmersión virtual 21

Bladimir Becerra Correa

Capítulo 3. Automatización como estrategia para mitigar riesgos en la producción de hidrógeno verde 26

Santiago Martínez Londoño, James Alberto Marín Gómez

Área temática: Diseño, Gestión, Innovación y Optimización de Procesos **33**

Capítulo 4. Gestión tecnológica en la minería de arcilla en La Guajira, Colombia 34

Ángel Darío Guerrero Matute, Danny Daniel López Juvinao

Capítulo 5. Evaluación de compuestos reforzados con fibra de carbono en autopartes impresas en 3D: Hyundai Accent 1 42

Diana Belén Peralta Zurita, Santiago Ferrándiz Bou, Christian Mauricio Cobos, Denis Marcelo Ugeño Guilcapi

Capítulo 6. Análisis de la planificación logística en la minería de caliza La Guajira, Colombia 51

Leanis Elisabeth Choles Polo, Danny Daniel López Juvinao

Capítulo 7. Inteligencia artificial para la identificación de errores en el etiquetado en la industria 58

Juan Carlos López Valencia, Julio César Caicedo Eraso, Luis Fernando Mejía Gutiérrez

Capítulo 8. Evaluación sensorial y contenido de polifenoles en formulaciones de infusión aromática frutal 61

Laura Isabel Márquez Muñoz, Allison Daniela Bravo Botina, Gabriel Arley Pantoja Quiroz, Juan Esteban Nieto Gómez

Capítulo 9. Causas de baja producción agrícola que afectan la seguridad y soberanía alimentaria en la Amazonía colombiana 68

Alejandro Geobanny Jurado Mejía, Heriberto Fernando Vargas Losada

Área temática: Enseñanza e Ingeniería **80**

Capítulo 10. OVA como estrategia interactiva en la formulación de proyectos de investigación formativa 81

Rubén Darío Cárdenas Espinosa, Diego López Franco, Julio César Caicedo Eraso

Capítulo 11. Las rúbricas y el aprendizaje basado en proyectos: una estrategia innovadora para la formación de Ingenieros 84

Heriberto Fernando Vargas Losada, Denis Lorena Álvarez Guayara, Alejandro Geobanny Jurado Mejía

Área temática: Ingeniería, Informática y computación **91**

Capítulo 12. Aplicativo móvil para monitoreo y control de hábitos del sueño en jóvenes universitarios 92

Lina María Nieto Alarcón, Julio César Caicedo Eraso, Luis Fernando Mejía Gutiérrez

Capítulo 13. Objeto Virtual de Aprendizaje interactivo, para potenciar el pensamiento computacional 95

Diego López Franco, Rubén Darío Cárdenas Espinosa, Julio César Caicedo Eraso

Capítulo 14. Aplicativo computacional con inteligencia artificial para el análisis de la ansiedad generalizada en jóvenes universitarios 100

Juliana Chamorro Marín, Julio César Caicedo Eraso, Luis Fernando Mejía Gutiérrez

Capítulo 15. Morphology evaluation of nylon 12 parts manufactured by laser sintering: finishes, surface, and mechanical cleanliness 103

Nick Harritson Meza Lozano, Camilo Andrés Pérez Jiménez, Alejandro García Rodríguez

Área temática: Sistemas Mecatrónicos **108**

Capítulo 16. Optimización de materiales para componentes de alta resistencia en el robot humanoide InMoov 109

Cesar Augusto Calderón Cabrera, Edison Javier Peña Figueroa, David Esteban Ávila Ballen, Luis Felipe Ardila Espitia, Marco Antonio Jinete Gómez

Área temática:

Ambiente y Desarrollo Sostenible

Capítulo 1.

Evaluación física y mecánica de tejidos de camuflaje en comparación con sacos de polipropileno para estructuras defensivas militares[1]

Johanna Carolina Ruiz Acero[2]
Nelson Fernando Lizarazo Salamanca[3]
Otoniel Vicente Dediego Pérez[4]
Luis Manuel Gutiérrez Romero[5]

Cómo citar: Ruiz Acero, J. C., Lizarazo Salamanca, N. F., Dediego Pérez, O. V. y Gutiérrez Romero, I. M. (2025). Evaluación física y mecánica de tejidos de camuflaje en comparación con sacos de polipropileno para estructuras defensivas militares. En D. N Diaz Rosero, J. L. Huertas Delgado y F. C. Gómez Meneses (Comp.), *Aportes de la investigación y aplicación en ciencia e ingeniería* (pp. 13–20). Editorial Unimar. https://doi.org/10.31948/editorialunimar.316.c471

Resumen

En Colombia, las Fuerzas Militares enfrentan retos en el control territorial y la protección de bienes estratégicos, especialmente en zonas de conflicto como el Catatumbo y Tibú. En estas regiones, se utilizan fortificaciones construidas con sacos de polipropileno y arena, materiales económicos, pero con limitaciones en durabilidad y resistencia balística, lo que genera altos costos de mantenimiento. Paralelamente, uniformes camuflados en desuso, como el camuflado patriota, representan un recurso subutilizado, a pesar de sus propiedades mecánicas.

Esta investigación propone reutilizar textiles de uniformes militares para fabricar sacos terreros destinados a fortificaciones. Los uniformes retirados en 2023 por el nuevo diseño 'Camaleón', ofrecen alta resistencia a la abrasión, al envejecimiento y al impacto balístico, lo que los convierte en una alternativa viable. Su uso puede reducir costos, mejorar la seguridad de las tropas y minimizar el impacto ambiental.

[1] Capítulo resultado de la investigación titulada: Evaluación física y mecánica de tejidos de camuflaje en comparación con sacos de polipropileno para estructuras defensivas militares.

[2] Magíster en ingeniería civil, Escuela Militar de Cadetes "General José María Córdova", Profesor de la Facultad de Ingeniería Civil. Johanna.ruiz@esmic.edu.co

[3] Magíster en infraestructura vial, Escuela Militar de Cadetes "General José María Córdova", Profesor de la Facultad de Ingeniería Civil. nelson.lizarazo@esmic.edu.co

[4] Estudiante de Ingeniería Civil, Escuela Militar de Cadetes "General José María Córdova", odediego1@gmail.com

[5] Estudiante de Ingeniería Civil, Escuela Militar de Cadetes "General José María Córdova", luis.26gg08@gmail.com

Los resultados preliminares, obtenidos mediante pruebas de tracción en textiles sometidos a saturación y envejecimiento, demuestran que mantienen una resistencia adecuada para su uso en estructuras defensivas. Además, conservan su capacidad de camuflaje, favoreciendo la integración visual con el entorno.

En conclusión, esta propuesta ofrece una solución sostenible e innovadora para fortalecer las capacidades defensivas del Ejército Nacional, mediante la reutilización eficiente de recursos disponibles.

Palabras clave: textiles camuflados, sacos terreros, innovación militar, materiales reciclados

Introducción

El conflicto armado interno en Colombia ha impulsado el desarrollo de estrategias de protección para las tropas militares, siendo una de las más relevantes, la construcción de fortificaciones. Estas estructuras buscan salvaguardar la vida de los soldados y garantizar la seguridad de la población civil en regiones donde la presencia del Estado es vulnerable. Las fortificaciones no son un concepto reciente: desde las civilizaciones antiguas han sido empleadas para proteger territorios, poblaciones y ejércitos.

En la actualidad, el Ejército Nacional utiliza fortificaciones, principalmente en bases militares ubicadas en zonas apartadas, donde las tropas requieren protección permanente ante amenazas. Estas estructuras suelen construirse con sacos de polipropileno rellenos con arena del entorno, material que, aunque funcional, representa costos elevados por la cantidad necesaria, especialmente en zonas donde debe ser transportado desde grandes distancias (Figura 1). Esta problemática evidencia la necesidad de explorar alternativas viables, económicas y sostenibles que mejoren la eficiencia en la construcción de fortificaciones.

Figura 1

Ejemplo de fortificación militar en Colombia



Según el manual de fortificaciones y obstáculos del Ejército Nacional (EJC 3-115-1) (2010), los sacos terreros deben tener dimensiones estándar de 40 cm x 75 cm, rellenos con arena o tierra, alcanzando un peso entre 20 y 30 kg. El saco de polipropileno presenta alta resistencia mecánica, tolerancia a temperaturas extremas y una vida útil estimada de 20 años en condiciones adversas. Este diseño busca brindar protección efectiva a estructuras militares como garitas o puestos de centinela, donde el personal se resguarda ante ataques enemigos.

Un antecedente relevante que resalta la importancia de estas construcciones es la toma de la base militar 'Las Delicias' en el departamento del Putumayo, perpetrada por las FARC-EP el 30 de agosto de 1996, donde cerca de 400 combatientes armados atacaron la instalación, resultando en la muerte de 31 soldados, 19 heridos y 60 secuestrados (Ruiz et al., 2021). En este contexto, las fortificaciones construidas con sacos terreros desempeñaron un papel crucial en la protección de la vida de los soldados, reforzando la necesidad de mejorar continuamente estos sistemas.

Con referencia al estudio realizado, se pretende evaluar el comportamiento físico y mecánico del tejido de camuflaje, comparándolo con sacos de polipropileno. Según algunos estudios, el porcentaje de saturación de telas de algodón puede variar entre 50 % y 150 %. Sin embargo, cuando se mezcla algodón con poliéster, el porcentaje de saturación disminuye (Rousselle y Domelsmith, 1993).

El estudio de Fan y Hunter (2009) encontró que una tela de 65 % de algodón y 35 % de poliéster tenía un porcentaje de saturación de alrededor del 70%. El estudio de Vidhya et al. (2021), por su parte, evidenció que una tela de 50 % de algodón y 50 % de poliéster tenía un porcentaje de saturación de alrededor del 50 %.

En resumen, el porcentaje de saturación de una tela que contiene algodón y poliéster puede variar entre 50 % y 150 %, dependiendo de la proporción de cada fibra y otros factores. Sin embargo, en general, se puede esperar que el porcentaje de saturación sea menor que el de una tela de algodón pura.

Por tanto, esta investigación busca evaluar el comportamiento mecánico del tejido de camuflaje militar con sacos terreros, mediante ensayos de laboratorio que permitan determinar su viabilidad como alternativa de relleno. Los tejidos de camuflaje muestran un excelente desempeño en términos de resistencia a la humedad, envejecimiento y desgaste. Los valores bajos de contenido de humedad, saturación controlada, bajo envejecimiento y desgaste indican que son materiales duraderos y adecuados para aplicaciones militares.

Metodología

La metodología empleada consistió en la preparación y evaluación de especímenes de tela de camuflado y sacos de polipropileno sometidos a diferentes condiciones para analizar su comportamiento mecánico. Inicialmente, las muestras fueron clasificadas según el tratamiento físico recibido: envejecimiento, saturación o desgaste. Las muestras envejecidas se expusieron a 80 °C durante tres días en un horno, mientras

que las saturadas fueron sumergidas en agua por el mismo periodo para medir su absorción. Por su parte, las muestras destinadas al desgaste se sometieron a cepillado mecánico uniforme en ambos sentidos de la tela. Una vez completados estos tratamientos físicos, todas las muestras, incluidas las no modificadas, fueron ensayadas en una máquina universal para determinar su resistencia a la tensión (Figura 2). En total se ensayaron 21 especímenes, agrupados según el tratamiento aplicado (Tabla 1).

Figura 2

Diagrama de flujo de metodología

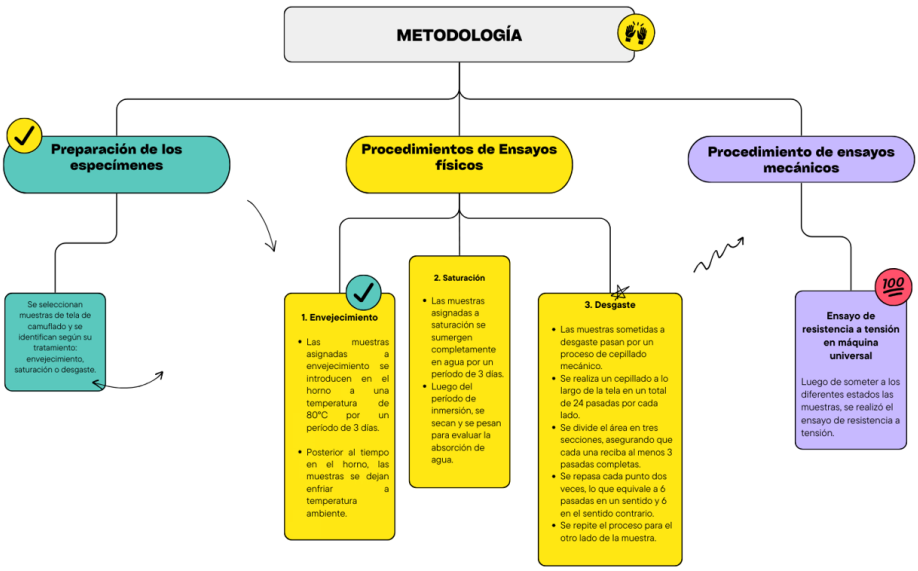


Tabla 1

Número de muestras ensayadas para cada condición

Envejecidos	1
	2
	3
	4
	5
Saturados	6
	7
	8
	9
	10

Desgaste	11
	12
	13
	14
	15
Tela de Camuflado sin modificar	16
	17
	18
Sacos de Polipropileno	19
	20
	21

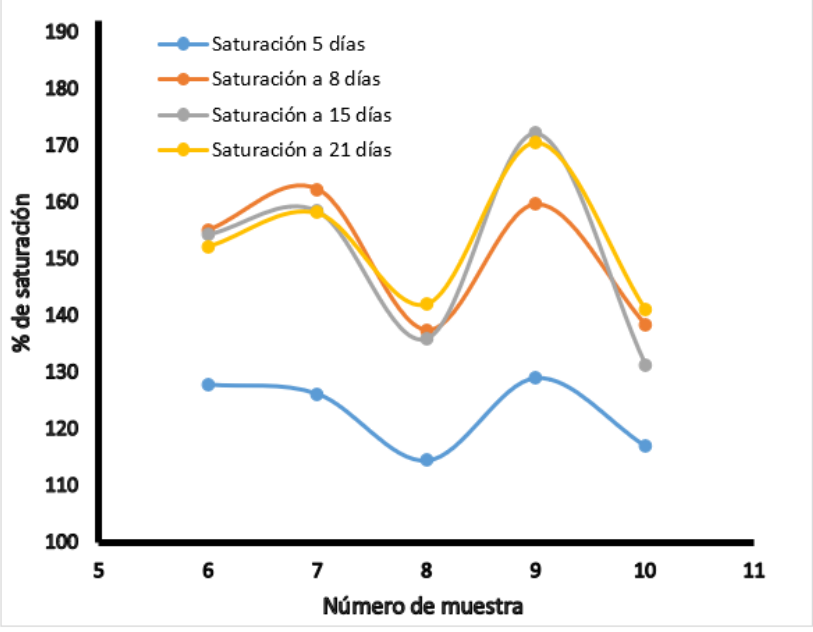
Porcentaje de saturación a diferentes tiempos (%):

La saturación aumenta con el tiempo, lo que es esperable. El aumento es gradual y controlado, lo que sugiere que el tejido de camuflaje es capaz de manejar la exposición prolongada a la humedad sin degradarse rápidamente.

Por ejemplo, si la saturación aumenta de 5% a 15% en 21 días, esto indica que el material es relativamente estable en condiciones húmedas a largo plazo (Figura 5).

Figura 3

Saturación a 5 y 8 días (%)



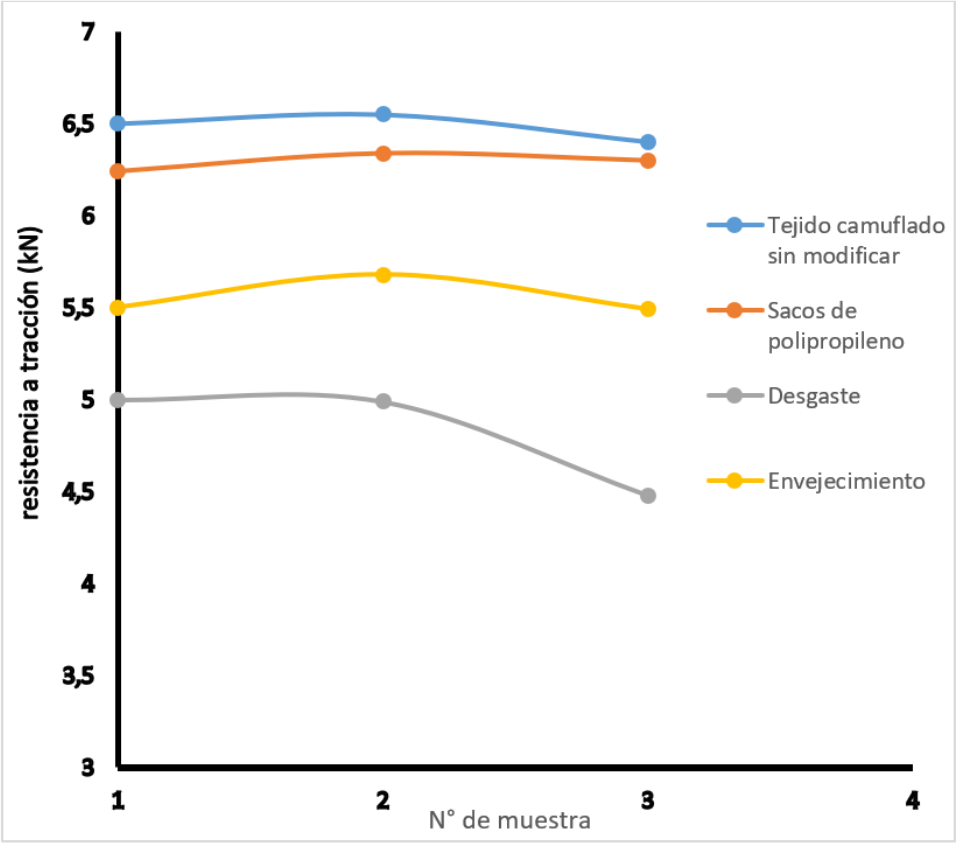
Resistencia a tracción

Si los tejidos de camuflaje muestran una resistencia a tracción similar o superior a la de los sacos de polipropileno, esto sugiere que son igualmente o más adecuados para aplicaciones que requieren alta resistencia mecánica.

Por ejemplo, si el tejido de camuflaje tiene una resistencia a tracción de 6.5 y los sacos de polipropileno tienen una resistencia de 5.0, esto indica que el tejido de camuflaje es más resistente (Figura 4).

Figura 4

Resistencia a tracción en diferentes condiciones

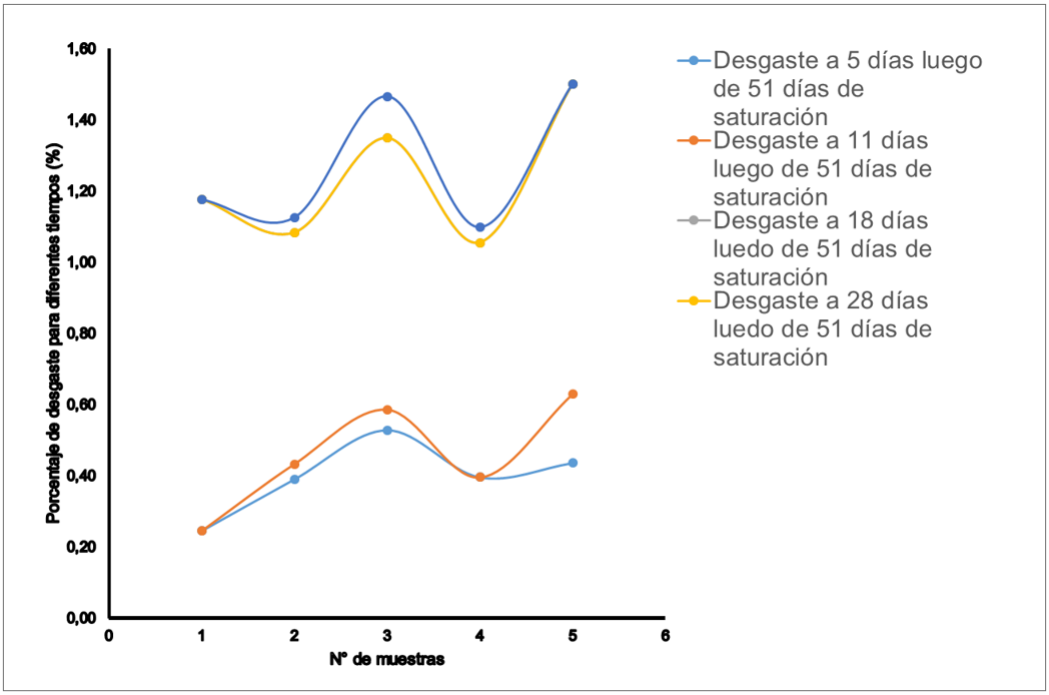


Desgaste

Las curvas siguen un comportamiento similar en cuanto a tendencia, con picos en algunas muestras y mínimos en otras. A los 5 y 28 días de desgaste, las curvas presentan los valores más altos de pérdida de material, indicando mayor deterioro en estos tiempos. A los 11 y 18 días, el desgaste es menor, lo que sugiere un posible periodo en el que el material presenta mejor resistencia antes de aumentar nuevamente (Figura 5).

Figura 5

Curvas



Conclusiones

Los tejidos de camuflaje muestran un excelente desempeño en términos de resistencia a la humedad, envejecimiento y desgaste. Los valores bajos de contenido de humedad, saturación controlada, bajo envejecimiento y desgaste indican que son materiales duraderos y adecuados para aplicaciones militares.

En la prueba de resistencia a la tracción, si los tejidos de camuflaje superan o igualan a los sacos de polipropileno, esto refuerza su idoneidad para estructuras defensivas militares.

Con las pruebas realizadas se pudo observar que los tejidos de camuflaje son útiles en condiciones de lluvia o humedad prolongada.

Referencias

Fan, J., & Hunter, L. (2009). Engineering Apparel, Fabrics, and Garments. In: Grosicki, Z. (Ed.), *Engineering Apparel Fabrics and Garments* (p. 416). Woodhead Publishing Limited.

Fuerzas Militares de Colombia. Ejército Nacional. (2010). Manual de fortificaciones y obstáculos. Manual EJC.3-115-1 (2.ª ed.). https://www.studocu.com/co/document/servicio-nacional-de-aprendizaje/tecnico-en-servicio-de-restaurante-y-bar/ejc-3-115-1-manual-fortificaciones-y-obstaculos/22305196

Rousselle, M.-A., Domelsmith, L. N. (1993). Endotoxin reduction in cotton fibers: Effect of flash heating on endotoxin content, fiber physical properties, and processability. *Textile Research Journal,* 63(10), 595-603. https://doi.org/10.1177/004051759306301005

Ruiz, J. C., Lozano-Osorio, D. A., Quintero-Álvarez, K., Torres-Tovar, B. y Barreto-Casasbuenas, J. (2021). *Evaluación cuantitativa y cualitativa de la viabilidad del uso de materiales alternativos en fortificaciones militares.* En *La ingeniería: motor de la ciencia* (pp. 34-46). Editorial Unimar.

Vidhya, M., Parveen, B. K., & Prakash, C. (2021). Moisture management properties of cotton/polyester core spun knitted fabrics. *Tekstil Ve Konfersiyon, 32*(1). https://doi.org/10.32710/tekstilvekonfeksiyon.904228

Capítulo 2.

Ecoturismo sostenible en Tutunendo: estudio de capacidad de carga y experiencias de inmersión virtual

Bladimir Becerra Correa[1]

Cómo citar: Becerra Correa, B. (2025). Ecoturismo sostenible en Tutunendo: estudio de capacidad de carga y experiencias de inmersión virtual. En D. N Diaz Rosero, J. L. Huertas Delgado y F. C. Gómez Meneses (Comp.), *Aportes de la investigación y aplicación en ciencia e ingeniería* (pp. 21–25). Editorial Unimar. https://doi.org/10.31948/editorialunimar.316.c472

Resumen

El presente manuscrito expone una estrategia de ecoturismo sostenible en el corregimiento de Tutunendo, Chocó, Colombia, integrando el cálculo de la capacidad de carga turística del sendero ecoturístico local con el desarrollo y la evaluación de una plataforma digital de inmersión virtual.

La metodología utilizada fue mixta, apoyada en el modelo de Cifuentes (1992) para calcular las capacidades de carga física, real y efectiva, complementada con encuestas, observación directa y entrevistas institucionales.

El sendero de Tutunendo presenta una capacidad de carga física de 3.200 personas/día, una capacidad de carga real de 958 y una efectiva de 446 personas/día. Sin embargo, el flujo real de visitantes no supera las diez personas por día. La plataforma virtual, evaluada por usuarios nacionales e internacionales, demostró ser efectiva para promover el ecoturismo y sensibilizar sobre la conservación del entorno. Se concluye que la combinación entre tecnología, participación comunitaria y datos técnicos puede fortalecer la gestión sostenible del turismo en territorios con alto valor ecológico.

Palabras clave: capacidad de carga turística; sostenibilidad; turismo virtual; Tutunendo; conservación ambiental; inmersión digital; ecoturismo comunitario; biodiversidad; planificación turística; Chocó

[1] Universidad de Antioquia. Correo: bladimir.becerra@udea.edu.co

Introducción

Tutunendo, ubicado en el departamento del Chocó, ha sido reconocido por su riqueza natural y potencial para el ecoturismo. Sin embargo, su creciente popularidad como destino turístico plantea riesgos ecológicos si no se establecen mecanismos de control adecuados. Esta investigación surge ante la necesidad de implementar estrategias que garanticen un turismo sostenible, equilibrando el disfrute del paisaje natural con la conservación de su biodiversidad.

El objetivo general fue evaluar el potencial turístico del sendero de Tutunendo, mediante el análisis de su capacidad de carga y la integración de herramientas digitales de inmersión virtual como alternativa complementaria de gestión turística. Este enfoque combina elementos cuantitativos, como el cálculo de la capacidad de carga con base en la metodología de Cifuentes (1992) , y cualitativos, como encuestas y entrevistas para evaluar la percepción del turismo virtual.

Este trabajo se enmarca dentro de las iniciativas de investigación aplicada para la sostenibilidad ambiental, aportando soluciones innovadoras al reto de planificar el ecoturismo de manera responsable y con perspectiva territorial.

Metodología

La metodología fue de tipo mixto. Para el componente cuantitativo, se aplicó el modelo de Cifuentes (1992) para calcular la Capacidad de Carga Física (CCF), Capacidad de Carga Real (CCR) y Capacidad de Carga Efectiva (CCE). Se realizaron visitas de campo, observación directa, caracterización del territorio y encuestas a 50 visitantes para identificar factores de corrección (precipitación, fauna, pendiente). También se evaluaron los servicios disponibles (hotelería, restaurantes, transporte) y la infraestructura existente en el sendero.

Tabla 1

Encuesta de valoración de factores de correlación

	Número de encuestas		
Valoración (0-1)	**Precipitación**	**Fauna**	**Pendientes**
0.1	5	13	6
0,2	0	1	1
0,3	0	1	1
0,4	1	1	0
0,5	4	4	7
0,6	5	1	5
0,7	12	1	4

	Número de encuestas		
Valoración (0-1)	**Precipitación**	**Fauna**	**Pendientes**
0,8	7	9	12
0,9	3	4	4
1	13	15	10
Promedio	0,712	0,626	0,672

Nota. Factores de corrección promedio aplicados al cálculo de CCR. Fuente: elaboración propia a partir de encuestas aplicadas a visitantes (2024).

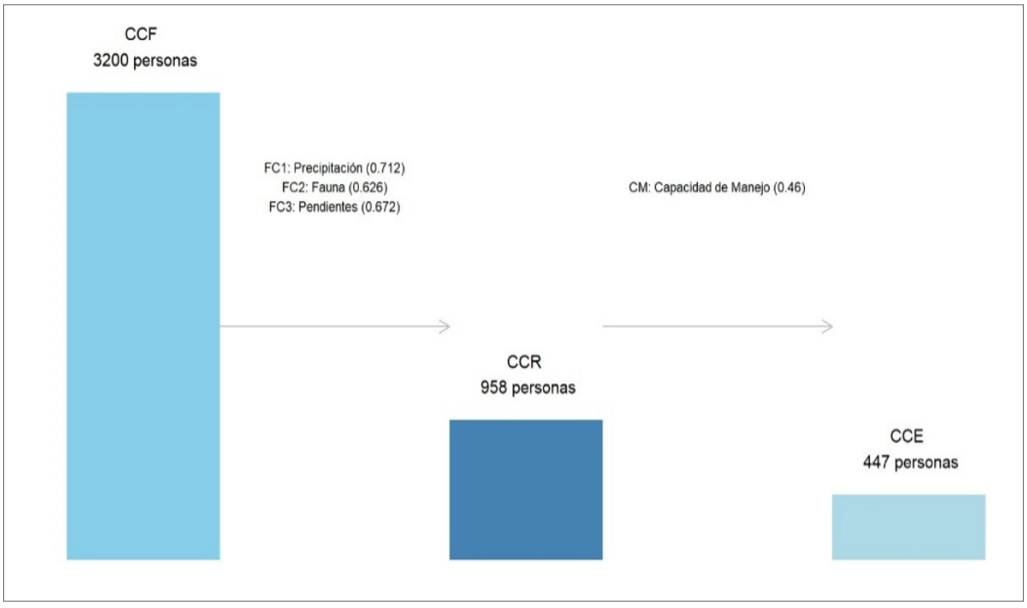
El componente cualitativo incluyó entrevistas con actores institucionales como Codechocó y miembros del Consejo Comunitario y, una evaluación de una página web piloto de turismo virtual mediante encuestas digitales a usuarios locales, nacionales e internacionales.

Resultados

La CCF fue de 3.200 visitantes diarios. Al aplicar los factores de corrección (ver Tabla 1), la CCR se redujo a 958 personas/día. Con un análisis de infraestructura, personal y equipamiento, se determinó una Capacidad de Manejo del 46,66 %, lo que redujo la CCE a 446 visitantes diarios.

Figura 1

capacidad de carga con factores de corrección



Nota. La capacidad de carga efectiva es de 447 personas al día.

La plataforma web de inmersión virtual, diseñada con videos 360°, sonidos naturales y secciones educativas, fue bien valorada por los usuarios. La mayoría destacó la posibilidad de conocer paisajes, rutas y cultura antes de una visita presencial. Esta herramienta se propone como un mecanismo de promoción y educación ambiental que no sustituye, pero complementa la experiencia turística física. Para una mejor experiencia virtual, los usuarios recomiendan una serie de interfaces como: Acerca de Nosotros, Testimonios, Rutas Ecológicas, Planificación de tu Visita, Guianza Virtual, Localización, Vías de Acceso, Sonidos Naturales y Música Autóctona, Información y Educación Ambiental.

Figura 2

Interfaz de una ideal plataforma de turismo virtual en Tutunendo



Nota. Diseño de una estructura más eficaz para el turismo local.

Conclusiones

Se evidencia que el sendero de Tutunendo, pese a su capacidad, recibe solo diez personas diarias, lo que refleja la baja promoción y el escaso aprovechamiento del potencial turístico.

La inmersión virtual emerge como una herramienta efectiva para aumentar el interés por el destino sin sobrecargar el ecosistema. Asimismo, se destaca la necesidad de fortalecer la infraestructura, el equipamiento y el personal para alcanzar una mayor capacidad de manejo.

La participación comunitaria resulta esencial para que estas estrategias sean implementadas de manera sostenible. El modelo propuesto, que articula tecnología, datos técnicos y participación comunitaria, es replicable en otros territorios con riqueza natural y retos similares.

Referencias

Cifuentes, M. (1992). *Determinación de capacidad de carga turística en áreas protegidas*. CATIE Turrialba.

Capítulo 3.

Automatización como estrategia para mitigar riesgos en la producción de hidrógeno verde[1]

Santiago Martínez Londoño[2]
James Alberto Marín Gómez[3]

Cómo citar: Martínez Londoño, S. y Marín Gómez, J. A. (2025). Automatización como estrategia para mitigar riesgos en la producción de hidrógeno verde. En D. N Diaz Rosero, J. L. Huertas Delgado y F. C. Gómez Meneses (Comp.), *Aportes de la investigación y aplicación en ciencia e ingeniería* (pp. 26–32). Editorial Unimar. https://doi.org/10.31948/editorialunimar.316.c473

Resumen

El hidrógeno verde es crucial para la transición energética; en Colombia, su producción con electrolizadores PEM es una oportunidad estratégica. Sin embargo, los electrolizadores manuales, aunque económicos, implican graves riesgos de seguridad. Este trabajo tuvo como objetivo, automatizarlos mediante un diseño conceptual que identificó variables críticas (presión, nivel de agua, fugas, refrigeración) y definió sensores/actuadores. Se implementó un sistema de monitoreo en tiempo real con respuestas automáticas, alarmas y paros de emergencia. La validación demostró que la automatización incrementa significativamente la seguridad y estabilidad del proceso comparado con la operación manual, minimizando riesgos y asegurando condiciones óptimas.

Se concluye la viabilidad de estos sistemas automatizados y la importancia de la automatización desarrollada localmente para la descarbonización segura y sostenible en Colombia, superando costos de importación y falta de soluciones adaptadas. Este avance impulsa la producción sostenible y la adopción de tecnologías energéticas emergentes en el país.

Palabras clave: hidrógeno verde; electrólisis PEM; automatización; mitigación de riesgos; desarrollo tecnológico

[1] Capítulo resultado del trabajo de grado: Automatización para la Producción de Hidrógeno Verde con Tecnología PEM, desarrollado desde el 17 de diciembre de 2024 hasta el 17 de junio de 2025, en el departamento de Antioquia, Colombia.

[2] Estudiante de Ingeniería Química, Universidad de Antioquia.

[3] Magíster en Ingeniería Ambiental; Ingeniero Químico, Universidad de Antioquia. Gerente general de P2W Ingeniería SAS.

Introducción

En el contexto global de la transición hacia fuentes de energía más limpias y sostenibles, el hidrógeno verde se ha posicionado como un vector energético con un potencial transformador (International Renewable Energy Agency [IRENA], (2018). Cuando este vector es producido a partir de fuentes renovables, el hidrógeno ofrece una alternativa para descarbonizar sectores industriales, el transporte y la generación de energía (National Engineering Policy Centre, 2022; Renewable UK, 2022).

Dentro de las tecnologías de electrólisis, la de membrana de intercambio protónico (PEM) destaca por su alta eficiencia, diseño compacto, capacidad para operar a altas densidades de corriente y su rápida respuesta, lo que la hace particularmente adecuada para acoplarse con la intermitencia de las energías renovables (Kıstı et al., 2025). Estas características han impulsado el desarrollo de electrolizadores PEM a diversas escalas.

A pesar de sus ventajas, la operación de sistemas de electrólisis PEM y, en particular, aquellos con un control predominantemente manual, conlleva riesgos operativos inherentes que deben ser gestionados rigurosamente (Cross Company, 2025; Montaland y Verhoeven, 2024). Estos riesgos incluyen la posibilidad de sobrepresión del sistema debido a la continua generación de gas, la deshidratación y daño irreversible de la membrana por un suministro inadecuado de agua, las fugas de hidrógeno, un gas altamente inflamable con un amplio rango de explosividad, y la dependencia de una supervisión humana constante, la cual es susceptible a errores y limita la eficiencia operativa. La mitigación efectiva de estos riesgos es, por tanto, un prerrequisito para la implementación segura y la adopción generalizada de esta tecnología.

El presente capítulo tiene como objetivo principal, analizar y demostrar cómo la implementación de una estrategia de automatización robusta constituye una herramienta esencial para mitigar los riesgos operativos en la producción de hidrógeno mediante electrólisis PEM.

Se describe el diseño y la validación experimental de un sistema de control automatizado para un prototipo de electrolizador PEM, enfocándose en las lógicas para asegurar una operación estable y segura. Se argumenta que la automatización no solo mejora la seguridad, sino que incrementa la fiabilidad y la predictibilidad del proceso.

A lo largo de este capítulo se detallan los riesgos específicos asociados a la operación de electrolizadores PEM, se presenta la arquitectura de automatización propuesta como solución a dichos riesgos y se analizan los resultados experimentales que evidencian la capacidad del sistema para mantener condiciones operativas seguras y controladas.

Desarrollo del tema

La electrólisis de membrana de intercambio protónico (PEM) emplea una membrana polimérica sólida (Nafion) como electrolito, en la que el agua se oxida en el ánodo, liberando protones y electrones; los protones atraviesan la membrana y, en el cátodo, se combinan con electrones para producir H_2. Los electrodos, recubiertos con catalizadores de platino e iridio/rutenio, facilitan la reacción.

Recientes estudios han mostrado que la optimización de tensiones en la membrana mejora la estabilidad y la eficiencia operativa a largo plazo. Esta tecnología compacta puede operar a alta presión con una eficiencia de cerca del 80 %, permitiendo la generación de hidrógeno verde acoplado a energías renovables. Si bien la electrólisis PEM es una tecnología prometedora para la generación de hidrógeno verde, su operación, especialmente en configuraciones con control manual, presenta una serie de riesgos inherentes que deben ser gestionados para garantizar la seguridad y la viabilidad del proceso. Estos riesgos se derivan tanto de las propiedades del hidrógeno como de las condiciones operativas del electrolizador:

Presión del sistema: la electrólisis es un proceso que genera gas continuamente. En un sistema cerrado, la presión interna aumentará progresivamente. Sin un control automático que regule la producción o alivie la presión, esta puede alcanzar niveles peligrosos que superen los límites de diseño de los componentes (celdas, tanques, tuberías), llevando a fallos mecánicos, roturas y liberación súbita de hidrógeno.

Hidratación de la membrana: el agua no solo es el reactivo; es decisiva para mantener la membrana polimérica hidratada y funcional. Una operación continua sin un suministro adecuado de agua puede llevar a la deshidratación del polímero. Esto no solo detendría la producción de hidrógeno, sino que podría causar daños irreversibles a la membrana, comprometiendo la integridad y vida útil de la celda PEM.

Fugas de hidrógeno y riesgo de inflamabilidad: el hidrógeno (H_2) es una molécula muy pequeña y ligera, lo que la hace propensa a fugarse a través de conexiones, sellos o, incluso, materiales porosos, si no se tiene un diseño y un montaje meticulosos. Una fuga, por pequeña que sea, en un espacio confinado o con ventilación deficiente, puede llevar a la acumulación de hidrógeno en el ambiente; este tiene un amplio rango de inflamabilidad en el aire (del 4 % al 75 % en volumen) y una energía de ignición muy baja; cualquier fuente de ignición (una chispa eléctrica, una superficie caliente) podría provocar un incendio o una explosión. La detección temprana y la cuantificación de fugas son, por tanto, cruciales.

Supervisión constante y error humano: en un sistema con operación manual, la seguridad y eficiencia dependen en gran medida de la atención continua y la intervención oportuna del operador. Este debe monitorear constantemente la presión, el nivel de agua, posibles fugas, entre otros parámetros, y actuar en consecuencia. Esta dependencia de la supervisión humana introduce la posibilidad de errores por distracción, fatiga o juicio incorrecto, que podrían llevar a cualquiera de los riesgos

mencionados. Además, limita la capacidad de operación continua y desatendida del sistema, afectando la eficiencia operativa global.

La gestión efectiva de estos riesgos es, por lo tanto, un factor determinante en el diseño de cualquier sistema, incluyendo los sistemas de producción de hidrógeno PEM. Frente al panorama de riesgos, la automatización emerge no solo como una mejora operativa, sino como una estrategia proactiva y esencial para la mitigación de peligros. El sistema desarrollado en este trabajo se concibió bajo esta premisa, implementando una arquitectura de control y monitoreo que aborda de manera integral los desafíos de seguridad y fiabilidad.

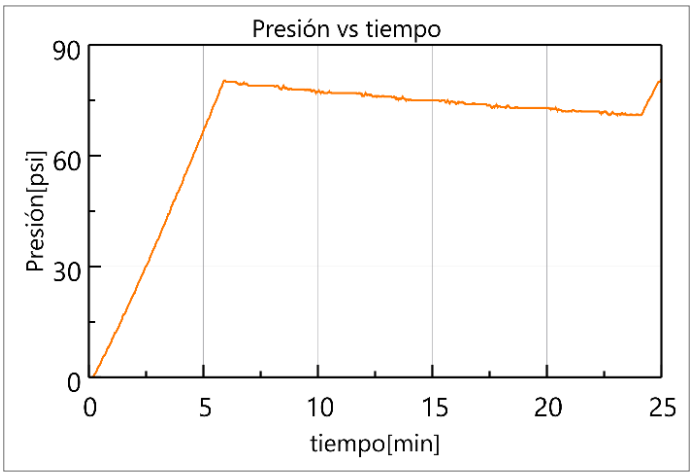
Se propone, por ende, una solución de automatización que opera como un ecosistema cohesivo. El corazón del sistema es un controlador lógico programable (PLC) que actúa como el centro de decisión, ejecutando una lógica robusta diseñada para mantener el proceso dentro de parámetros seguros en todo momento. Este PLC gestiona de forma autónoma la presión del sistema mediante una banda de histéresis, previniendo activamente la sobrepresión al detener la generación de hidrógeno cuando se alcanza el límite superior. Simultáneamente, protege la integridad de la celda PEM al asegurar un nivel mínimo de agua en el tanque de alimentación, interrumpiendo la operación antes de que ocurra una deshidratación crítica de la membrana.

La fortaleza de esta propuesta de automatización no reside únicamente en sus lógicas de control individuales, sino en la sinergia entre sus componentes y en la forma como la información se presenta y se gestiona. El sistema integra una interfaz conocida en la industria, una interfaz Hombre-Máquina (HMI) local, que provee al operador una visualización clara del proceso y control directo similar a los entornos industriales convencionales, así como alternativas actuales, tecnologías que ofrecen una interacción remota con una interfaz web, servida por un microcontrolador esp32. Esta interfaz web duplica las capacidades de monitoreo y control, hace el proceso accesible a distancia y, facilita la adquisición de datos para un análisis histórico y supervisión continua, respondiendo a las necesidades de flexibilidad y gestión de datos de los sistemas modernos.

La efectividad de la estrategia de automatización se validó mediante pruebas experimentales, centrándose en la capacidad del sistema para alcanzar y mantener de forma estable y autónoma las condiciones de presión definidas, incluso frente a una perturbación constante. Para ello, se realizó una prueba extendida operando en la banda de histéresis de 80 – 70 para los límites superior e inferior, respectivamente. Esta prueba no solo demostró el control preciso de la presión, sino también la robustez del sistema ante un consumo de hidrógeno constante de aproximadamente 6 ml/min.

Figura 1

Incremento inicial de presión

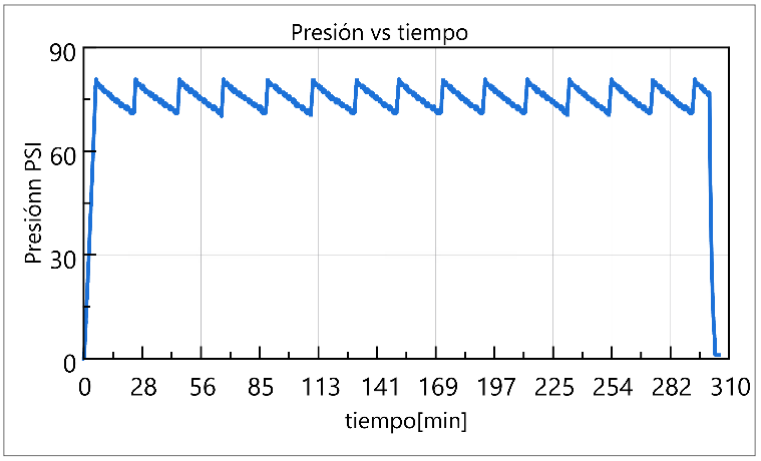


La Figura 1 muestra el comportamiento del sistema durante el arranque inicial y la primera fase de consumo. Se observa cómo, una vez activada la celda PEM, la presión aumenta controladamente desde la condición atmosférica hasta alcanzar el umbral superior de 80 psi, momento en el cual el PLC desactiva la generación de hidrógeno.

Posteriormente, la presión comienza a descender de manera gradual y predecible debido al consumo constante de 6 ml/min. Al alcanzar el umbral inferior de 70 psi, el PLC reactiva la celda, iniciando un nuevo ciclo de presurización.

Figura 2

Ciclo de presión - 5 horas



Una vez alcanzado este régimen cíclico, se evaluó la estabilidad del sistema durante un periodo de cinco horas consecutivas. La Figura 2 presenta la evolución de la presión durante este ensayo prolongado. El análisis de los datos registrados

durante estas cinco horas revela una notable consistencia en el comportamiento del sistema:

- El tiempo promedio requerido para que la presión descendiera de 80 psi a 70 psi fue de aproximadamente 20 minutos (media de 19.44 minutos, DE = 0.7 minutos). El bajo coeficiente de variación (3 %) para este tiempo de despresurización subraya la estabilidad de la tasa de consumo.
- Una vez alcanzados los 70 psi, el tiempo promedio para que el sistema se presurice hasta los 80 psi fue significativamente menor: alrededor de un minuto (media de 1.1 minutos, DE = 0.15). Esta rápida respuesta demuestra la capacidad del sistema para compensar eficazmente el consumo y restaurar la presión operativa.

La inspección de la Figura 2 y el análisis estadístico confirman que los puntos de corte (70 y 80 psi) fueron respetados con alta precisión a lo largo de toda la prueba, y los ciclos se repitieron de manera regular, evidenciando la fiabilidad de la lógica de control implementada en el PLC y la respuesta consistente de los sensores y actuadores. Esta operación estable y autónoma durante un periodo extendido demuestra fehacientemente cómo la automatización implementada mitiga eficazmente el riesgo de sobrepresión y permite una operación desatendida y predecible. La capacidad del sistema para manejar este consumo constante también sugiere su potencial para aplicaciones que requieran un suministro de hidrógeno controlado a baja tasa, como podría ser en la cromatografía de gases.

Estos resultados subrayan el impacto de la automatización en el perfil de seguridad y fiabilidad de la producción de hidrógeno PEM. En un escenario manual, la sobrepresión, por ejemplo, podría desarrollarse en cuestión de minutos si la generación de hidrógeno no se supervisa y gestiona activamente, con el potencial de exceder los límites de diseño de los componentes.

De manera similar, el riesgo de deshidratación de la membrana PEM debido al agotamiento del agua comprometería gravemente la integridad y vida útil de la celda. Ambos escenarios son eficazmente prevenidos por el sistema automatizado mediante la histéresis de presión y el corte por bajo nivel, respectivamente, los cuales actúan como un seguro autónomo del proceso. La fiabilidad operativa también experimenta una mejora sustancial; la necesidad de supervisión humana constante en un sistema manual no solo implica una dedicación intensiva de recursos, sino que introduce la variable del error humano. La automatización, al permitir una operación desatendida y predecible, minimiza esta dependencia.

En consecuencia, la estrategia de automatización implementada no se limita a una simple adición de funcionalidades, sino que redefine la operación del electrolizador PEM. Transforma un proceso potencialmente vulnerable y demandante en un sistema robusto, capaz de autorregularse, proteger sus componentes críticos y ofrecer una operación segura, continua y predecible, sentando una base sólida para aplicaciones que requieran un suministro fiable de hidrógeno verde.

Conclusiones

La producción segura y fiable de hidrógeno verde mediante electrólisis PEM es fundamental para su consolidación como vector energético sostenible.

Este trabajo ha demostrado que la implementación de una estrategia de automatización adecuada es esencial para gestionar y mitigar los riesgos inherentes a este proceso.

El sistema de control automatizado desarrollado, centrado en un PLC y complementado con interfaces HMI y web, aborda eficazmente los principales peligros operativos. La lógica de control previene de manera proactiva y autónoma los escenarios de sobrepresión y deshidratación de la membrana PEM, respectivamente, dos de las fallas más críticas que pueden comprometer la integridad del electrolizador y la seguridad del entorno.

Los resultados experimentales validan la robustez y fiabilidad del control implementado. Esta capacidad de operación estable y autónoma no solo incrementa la seguridad, sino que mejora la eficiencia operativa, al reducir la necesidad de supervisión humana constante y minimizar la probabilidad de errores.

Referencias

Cross Company. (2025). PLCs for process control. https://www.crossco.com/products/process-control/systems-and-components/plcs/

International Renewable Energy Agency (IRENA). (2018). Hydrogen from renewable power: Technology outlook for the energy transition. https://www.irena.org/publications/2018/Sep/Hydrogen-from-renewable-power

Kıstı, M., Hüner, B., Albadwi, A., Özdoğan, E., Uzgören, İ. N., Uysal, S., Conağası, M., Süzen, Y. O., Demir, N., Kaya, M. F. (2025). Recent advances in polymer electrolyte membrane water electrolyzer stack development studies: A review. *ACS Omega, 10*(10), 9824-9853. https://doi.org/10.1021/acsomega.4c10147

Montaland, P., & Verhoeven, C. (2024). Green energies and hydrogen: Using simulation to design systems and coupling the system model to the PLC for control evaluation. https://blogs.sw.siemens.com/simcenter/simulation-to-design-hydrogen-systems-and-coupling-to-plc-for-control-evaluation/

National Engineering Policy Centre. (2022). The role of hydrogen in a net zero energy system. https://raeng.org.uk/media/tkphxfwy/the-role-of-hydrogen-in-the-net-zero-energy-system.pdf

Renewable UK. (2022). Green hydrogen optimising net zero. https://www.renewableuk.com/news-and-resources/publications/green-hydrogen-optimising-net-zero/

Área temática:

Diseño, Gestión, Innovación y Optimización de Procesos

Capítulo 4.

Gestión tecnológica en la minería de arcilla en La Guajira, Colombia[1]

Ángel Darío Guerrero Matute[2]

Danny Daniel López Juvinao[3]

Cómo citar: Guerrero Matute, A. D. y López Juvinao, D. D. (2025). Gestión tecnológica en la minería de arcilla en La Guajira, Colombia. En D. N Diaz Rosero, J. L. Huertas Delgado y F. C. Gómez Meneses (Comp.), *Aportes de la investigación y aplicación en ciencia e ingeniería* (pp. 34–41). Editorial Unimar. https://doi.org/10.31948/editorialunimar.316.c474

Resumen

La presente investigación tuvo como objetivo, realizar un estudio sobre las fases de la gestión tecnológica para la solución de problemas industriales en la minería de arcilla en La Guajira, Colombia. Metodológicamente, el tipo de investigación fue descriptivo, con análisis cuantitativo, teniendo en cuenta dos variables nominales: la gestión tecnológica y los problemas industriales. Asimismo, corresponde al diseño no experimental. La población del fenómeno en estudio comprende las minas de: El Confuso en Fonseca, Barrocol y Carretalito en Barrancas, Comulaca y Pargo Rojo en Riohacha, todas dedicadas a la extracción de arcilla. En definitiva, se encontró que las minas carecen de alternativas tecnológicas, dificultando los niveles de producción y mejora de procesos que permitan el desarrollo continuo con nuevas tecnologías. Las minas no realizan vigilancia tecnológica para el posicionamiento en el mercado; además, las herramientas y equipos no están en óptimas condiciones para su operatividad, resaltando la falta de estrategias para adoptar nuevas tecnologías. Finalmente, es notorio que no se cuenta con un sistema de innovación y equipos que complementen los procesos para la obtención del producto final.

Palabras clave: gestión tecnológica, industrialización, minería, innovación, productividad

[1] Capítulo resultado de la investigación titulada: *Fases de la gestión tecnológica para la solución de problemas industriales en la minería de arcilla en La Guajira, Colombia*, desarrollada desde el 15 de abril de 2024 hasta el 14 de diciembre de 2024, en el departamento de La Guajira, Colombia.

[2] Ingeniero Industrial, joven investigador de la Universidad de La Guajira; integrante del grupo de investigación IPAITUG, Riohacha, La Guajira, Colombia. Correo electrónico: adguerrero@uniguajira.edu.co

[3] Doctor en Ciencias Gerenciales, Universidad Rafael Belloso Chacín, Venezuela; docente investigador de la Universidad de La Guajira; integrante del grupo de investigación IPAITUG, Riohacha, La Guajira, Colombia. Correo electrónico: dlopezj@uniguajira.edu.co

Introducción

La interacción entre la tecnología y las pequeñas empresas es un tema de gran interés, dado que están relacionadas con aspectos poco usuales en la gestión, lo que hace evidente que la integración genera expectativas para abordarlos. Las pequeñas empresas en crecimiento se enfrentan a eventos que generan rápidos desafíos y variaciones en un corto plazo (Linton y Solomon, 2017). Es claro que, en entornos dinámicos, las empresas tienen visión para buscar ventajas competitivas (Schiefer et al., 2024). En este sentido, gestionar activos tecnológicos dinamiza los procesos operativos, otorga una visión de crecimiento y fortalece las bases en el desarrollo de los productos y servicios (Quiceno et al., 2023).

Las nuevas tecnologías avanzan continuamente y es probable que afecten todos los aspectos del rendimiento empresarial; por ejemplo, la investigación y el desarrollo, y los impulsores de la planificación estratégica. Esto sugiere que el cambio tecnológico es un factor crucial para obtener, conservar y mantener una ventaja competitiva (O'Regan y Ghobadian, 2005).

Las estrategias empresariales que involucren actividades de gestión tecnológica fortalecen el desarrollo de iniciativas relacionadas con los procesos internos, ya sea en el nivel operativo o en el administrativo, mediante la implementación de innovaciones o modificaciones sustanciales que incrementan la productividad en las empresas; por supuesto, esto se sustenta en funciones de liderazgo que afectan directamente el desempeño de la empresa (Anokhin et al., 2021).

Por otra parte, el sector minero, como uno de los pilares fundamentales en el desarrollo económico del mundo, tiene una amplia variedad de aristas que comprenden actividades a gran escala, con el uso de tecnología de punta y manejadas por multinacionales, que contrastan con la minería artesanal que se lleva a cabo con tecnología rudimentaria y, ampliamente funge como una actividad de subsistencia con la cual se destaca el uso de técnicas y herramientas artesanales o equipo de fácil acceso (Boero, 2020). La Guajira, rica en minerales, presenta estas dos realidades, por lo que la minería de arcilla, ampliamente desarrollada en esta región, es la actividad en la que se enfoca este estudio, y pertenece al tipo de minería a pequeña escala que se ejecuta de forma artesanal.

Por otro lado, haciendo énfasis en el estudio donde se identificaron los problemas industriales teniendo en cuenta la gestión tecnológica, se observó la diversidad de dificultades que enfrentan estas minas, donde sus procesos carecen de tecnificación, donde no se aplican conceptos como la distribución de las instalaciones, no se hace uso de elementos de protección personal (EPP) en los operarios, entre otros.

Estas dificultades motivan la realización del estudio, especialmente porque se entiende que desde el área de la ingeniería se puede plantear alternativas viables que pueden ser aportadas sin ningún costo, como la formulación de esquemas de gestión como los plasmados en los resultados o la formulación de los lineamientos que aportarán significativamente a la mejora de la actividad minera, si son aplicados eficientemente.

Metodología

Se empleó el tipo de investigación descriptiva, puesto que el objetivo fue conocer y describir la población estudiada y el fenómeno de interés que le afecta. Este tipo de investigación se basa inicialmente en la técnica de la observación científica, la cual debe ser exhaustiva, precisa y metódica en cuanto a la calidad de los datos que se recolecte, para determinar si hay asociaciones entre las diferentes variables estudiadas (Román et al., 2021). Adicionalmente, la investigación está enmarcada en el diseño no experimental porque no se manipulan intencionalmente las variables independientes; se busca en la prueba empírica, evidencias sistemáticas donde el investigador no tiene control directo sobre el objeto de estudio (Babativa, 2017).

Para llevar a cabo esta investigación, se determinó la muestra a partir del número de trabajadores de cada mina de arcilla, teniendo una distribución de la siguiente manera: Mina El Confuso, 15 trabajadores; Barrocol, 12; Carretalito, 10; Comulaca, 15; y, Pargo Rojo, 20, para un total de 72 trabajadores que conforman la muestra de la investigación.

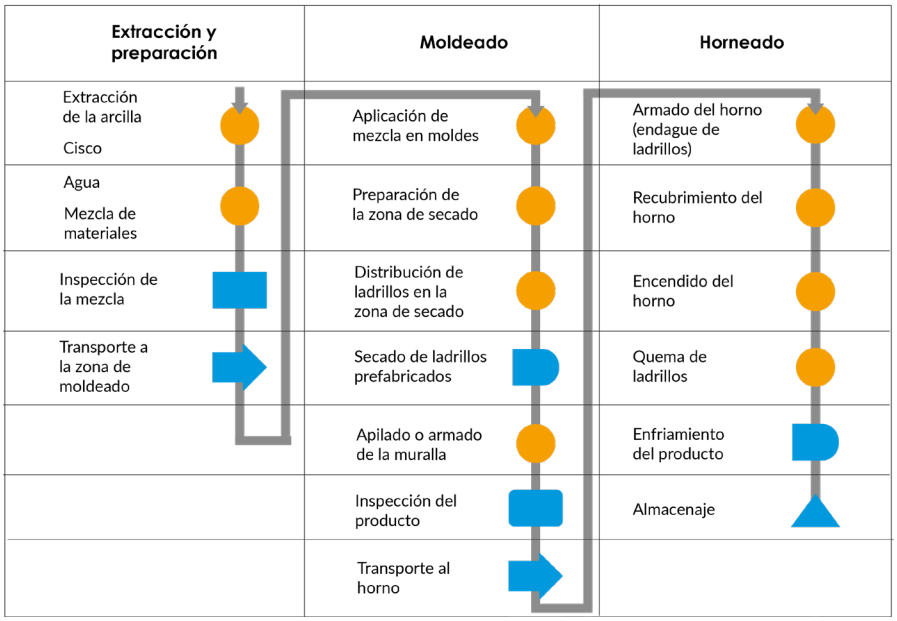
Resultados

Gestión tecnológica

Para la dimensión 'Inventario tecnológico' se consideró el proceso productivo de las minas de arcilla en La Guajira, que se representó mediante un diagrama de flujo, como se observa en la Figura 1.

Figura 1

Proceso de fabricación de las minas de arcilla en La Guajira



Si bien al observar las condiciones de las minas y todo lo que implican sus actividades de explotación de arcilla, la implementación de tecnología es prácticamente nula, y la existente es rudimentaria (Figura 2); no cuentan con maquinaria o equipos que les faciliten el proceso o les otorguen ventajas que resulten en mejoras de rendimiento.

Figura 2

Tecnología rudimentaria de las minas de arcilla en La Guajira



En el punto de la vigilancia tecnológica, como proceso que antecede a la transferencia o adquisición de tecnología, se hace necesario el acompañamiento mediante la implementación de asistencias técnicas para que, una vez adquirida dicha tecnología, los operarios se adapten eficientemente mediante el uso adecuado de la misma.

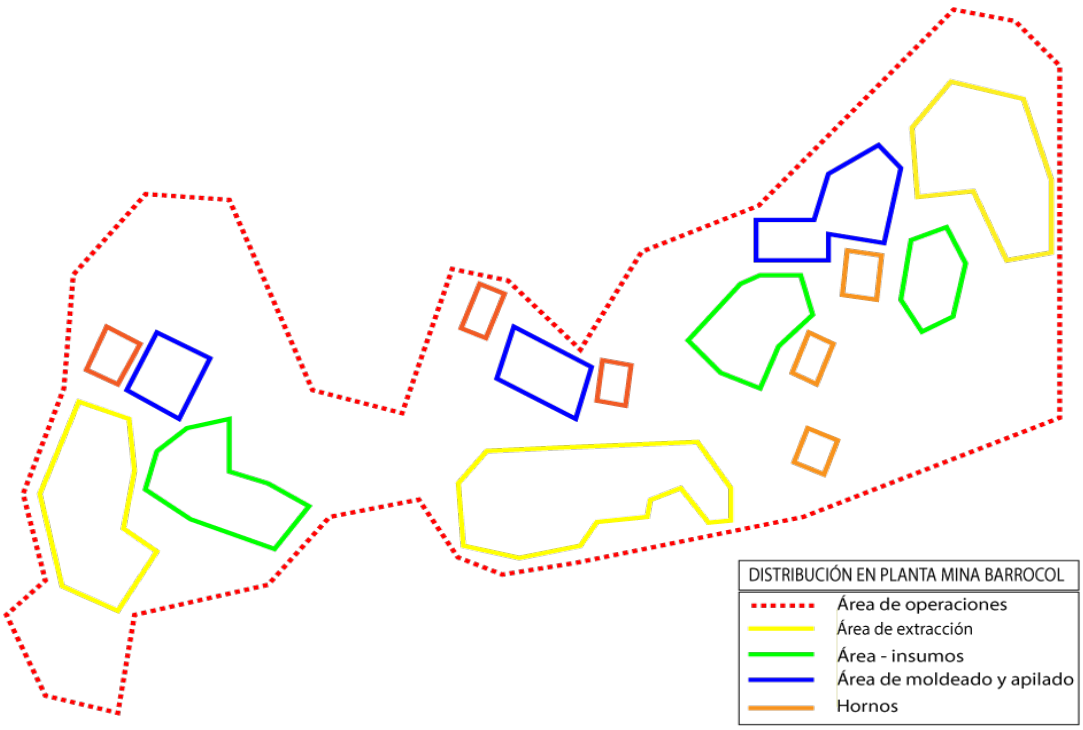
Problemas industriales

Generalmente, la minería artesanal se enfrenta a una serie de desafíos, desde la informalidad hasta las dificultades en los procesos operacionales. Ante este panorama, se presentan resultados de las dimensiones 'Planificación de la producción' y 'Coordinación de procesos industriales'.

Ahora bien, como elemento sustancial de la planificación de la producción, la distribución en planta está plasmada de tal manera que el ciclo de las actividades se cumpla en un tiempo prudente para cumplir con los pedidos. En la Figura 3 se observa la distribución en planta de la mina Barrocol, siendo un diseño semejante al resto de las minas de arcilla.

Figura 3

Distribución en planta de la mina de arcilla Barrocol en La Guajira



Conviene resaltar la importancia del uso de los EPP, que son de uso obligatorio en este tipo de actividades de alto riesgo; se debe crear estrategias en conjunto con los dueños, para la adquisición de la dotación (casco, guantes, botas, gafas, uniforme overol), otorgando así, condiciones de seguridad. Por otra parte, la coordinación de procesos se alinea con aquellos segmentos de las minas en cuanto a lo que se quiere mejorar. El análisis arroja que la adecuación de las áreas de secado, al acercarlas al horno, reduce el tiempo al momento de transportar el producto en proceso al horno. Entre tanto, se formuló una serie de lineamientos estratégicos a partir de los resultados, como se aprecia en la Tabla 1.

Tabla 1

Lineamientos estratégicos de las minas de arcilla en La Guajira

Dimensión	Propósito	Alcance	Lineamiento	Estrategia	Respons.
Inventario tecnológico	Establecer un modelo eficiente de gestión tecnológica, sustentado en la implementación progresiva de soluciones tecnológicas (Flujo operativo, maquinaria y equipos, capacitaciones).	Modernización de las minas de arcilla mediante la implementación de tecnologías físicas y digitales, optimización de procesos y reestructuración organizacional.	Registro y digitalización de tecnología existente y alternativa.	Planificar la adquisición de nueva tecnología, estudiando la posibilidad de iniciar con las que estén al alcance financiero.	Gerente, jefe de operaciones
Vigilancia tecnológica			Monitoreo, control y verificación.		
Planif. de la producción			Definición de áreas productivas y asignación de espacios según las actividades operativas.		
Coordinación de procesos			Diagnóstico de métodos de producción actuales.		

Conclusiones

Una vez finalizado el análisis de los resultados, con relación a la dimensión 'Inventario tecnológico', se concluyó que existe una desconexión en procesos administrativos básicos, como la estructura organizacional y el proceso productivo. Se identificaron tecnologías rudimentarias y el uso de maquinaria existente, además de posibles adquisiciones futuras. También se ilustraron equipos utilizados según las necesidades de la mina.

Por otra parte, en la dimensión 'Vigilancia tecnológica' se destacó la necesidad de asistencia técnica para la adopción de nuevas tecnologías y la difusión del conocimiento para su asimilación. Se establecieron pautas para proteger la tecnología existente y garantizar su seguridad.

En cuanto a la dimensión 'Planificación de la producción', se caracterizaron los espacios de trabajo, el orden de las actividades y la capacidad productiva de las minas. Se identificaron máquinas para ampliar la producción y se señalaron los EPP necesarios.

En lo referente a la dimensión 'Coordinación de procesos industriales' se concluye que se requiere considerar parámetros clave para optimizar las minas y mejorar segmentos específicos. Se destaca la importancia de controlar insumos, flexibilizar horarios laborales y facilitar la adaptación a nuevas herramientas.

Y finalmente, en lo atinente a los lineamientos estratégicos, se expresa que son una instrucción concisa con la que las minas de arcilla en La Guajira pueden mejorar sus operaciones. Además, se presenta como una solución que integra las alternativas a variedad de dificultades existentes en las minas, mediante la intervención de la gestión tecnológica, que favorece efectivamente el crecimiento de estos entornos productivos, convirtiéndolos en altamente competitivos, como punto de partida para llegar a la escala industrial, de la mano de factores clave como la satisfacción del cliente y la sostenibilidad.

Referencias

Anokhin, S. A., Spitsin, V., Akerman, E., & Morgan, T. (2021). Technological leadership and firm performance in Russian industries during crisis. *Journal of Business Venturing Insights, Elsevier, 15.* https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jbvi.2021.e00223

Babativa, C. (2017). *Investigación cuantitativa.* Fundación Universitaria del Área Andina.

Boero, C. (2020). *Mantenimiento industrial.* Universitas.

Linton, J. y Solomon, G. T. (2017). Tecnología, innovación, emprendimiento y la pequeña empresa – Tecnología e innovación en la pequeña empresa. *Revista de Gestión de Pequeñas Empresas, 55*(2). https://doi.org/https://doi.org/10.1111/jsbm.12311

O'Regan, N., & Ghobadian, A. (2005). Innovation in SMEs: The impact of strategic orientation and environmental perceptions. *International Journal of Productivity and Performance Management, 54*(2) 81-97. https://doi.org/https://doi.org/10.1108/17410400510576595

Quiceno, S., Urrego, W., Posada, J. C. y Valencia-Arias, A. (2023). Revisión de modelos de gestión tecnológica e innovación orientados a la construcción de una metodología para el desarrollo de biomateriales biodegradables. *Ingeniare, Revista chilena de ingeniería*, *31*, 31. https://dx.doi.org/10.4067/s0718-33052023000100231

Román, P., Rodríguez, M. J. y Ropero, C. (Eds.). (2021). *Metodología de la investigación: de lector a divulgador.* Editorial Universidad de Almería.

Schiefer, T., Mahr, D., Van Fenema, P. C. y Mennens, K. (2024). Un enfoque colaborativo para gestionar la innovación continua del servicio. *Tecnonovación, 134*, 103029. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.technovation.2024.103029

Capítulo 5.

Evaluación de compuestos reforzados con fibra de carbono en autopartes impresas en 3D: Hyundai Accent 1[1]

Diana Belén Peralta Zurita[2]
Santiago Ferrándiz Bou[3]
Christian Mauricio Cobos[4]
Denis Marcelo Ugeño Guilcapi[5]

Cómo citar: Peralta Zurita, D. B., Ferrándiz Bou, S., Cobos, C. M. y Ugeño Guilcapi, D. M. (2025). Evaluación de compuestos reforzados con fibra de carbono en autopartes impresas en 3D: Hyundai Accent 1. En D. N Diaz Rosero, J. L. Huertas Delgado y F. C. Gómez Meneses (Comp.), *Aportes de la investigación y aplicación en ciencia e ingeniería* (pp. 42– 50).Editorial Unimar. https://doi.org/10.31948/editorialunimar.316.c475

Resumen

Esta investigación tiene como objetivo, optimizar el proceso de fabricación de la tapa de distribución del Hyundai Accent 2001 mediante la aplicación de ingeniería inversa y tecnologías de fabricación aditiva. Se evalúa la viabilidad técnica de reemplazar el polipropileno original por un compuesto de ABS Plus reforzado con fibra de carbono, manteniendo las propiedades mecánicas necesarias para su funcionamiento automotriz. La metodología incluyó escaneo 3D del componente, modelado CAD-CAE y manufactura por deposición de material fundido (FFF), con un diseño de relleno del 35 % de fibra en las capas externas y 30 % de relleno interno. La caracterización mecánica se realizó conforme con las normas ASTM D3039-14 y ASTM D7264, obteniéndose una resistencia a la tracción de 26,52 MPa y un módulo elástico de 1026,58 MPa, comparables al polipropileno original (27 MPa). Los resultados confirman que el uso de materiales compuestos, junto con la fabricación aditiva, permite desarrollar autopartes funcionales, sostenibles y adaptadas a las necesidades del mercado nacional, fortaleciendo la innovación y autonomía tecnológica del sector automotriz.

Palabras clave: manufactura aditiva; ingeniería inversa; mallado; tracción; flexión

[1] Capítulo con Fondos de la Universidad Internacional SEK, proyecto DII- P021819, resultado de la investigación titulada: *Evaluación experimental y CAD- CAE de materiales reforzados técnicos de altas prestaciones fabricados mediante impresión 3D para fabricación de piezas de automoción,* desarrollada desde el 1 de septiembre de 2023 hasta el 31 de agosto de 2024, en Pichincha, Ecuador.

[2] Universidad Internacional SEK, Facultad de Arquitectura e Ingeniería. Correo electrónico: diana.peralta@uisek.edu.ec

[3] Universitat Politècnica de València, Instituto de Tecnología de Materiales. Correo electrónico: sferrand@mcm.upv.es

[4] Universidad Politécnica Salesiana. Correo electrónico: ccobos@ups.edu.ec

[5] Instituto Superior Tecnológico Vida Nueva. Correo electrónico: denis.ugeno@istvidanueva.edu.ec

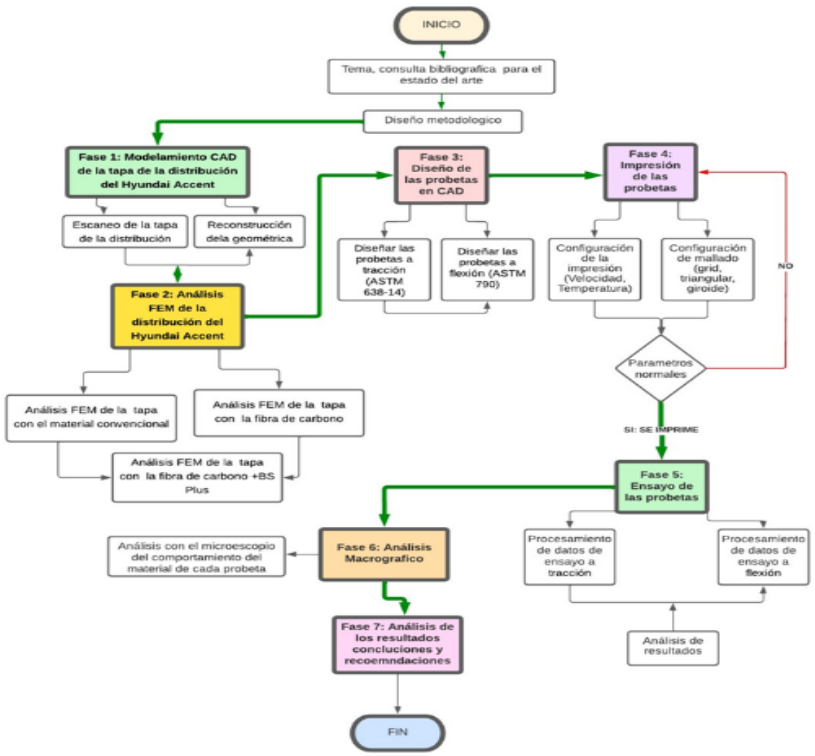
Introducción

Este estudio propone mejorar la resistencia al impacto de la tapa de distribución del Hyundai Accent mediante la aplicación de ingeniería inversa y fabricación aditiva con fibra de carbono. La metodología permite obtener la geometría del componente original y optimizarla funcionalmente. La ingeniería inversa se posiciona como una herramienta esencial en el rediseño de autopartes, mientras que la impresión 3D ofrece ventajas únicas en la incorporación de materiales compuestos avanzados (Alarifi, 2022; Peralta et al., 2024).

El enfoque propuesto se posiciona como una alternativa técnica viable para sustituir materiales convencionales en autopartes, fomentando la innovación en su manufactura. En particular, se recurre a la tecnología FFF (Fabricación por Filamento Fundido), que permite la deposición precisa de filamentos termoplásticos mediante extrusión, con alta exactitud y bajo costo (Reascos, 2023). La elección del material se fundamenta en los principios de la fabricación aditiva, que posibilita la manipulación de material a escala micrométrica para construir sólidos funcionales adaptados a los requerimientos automotrices (Freire et al., 2023). Además, se integraron de forma sistemática, herramientas de ingeniería CAD y CAE para el modelado y análisis estructural de la autoparte (ver Figura 1).

Figura 1

Diseño metodología para la fabricación aditiva de la tapa de la distribución del HyundaiAccent

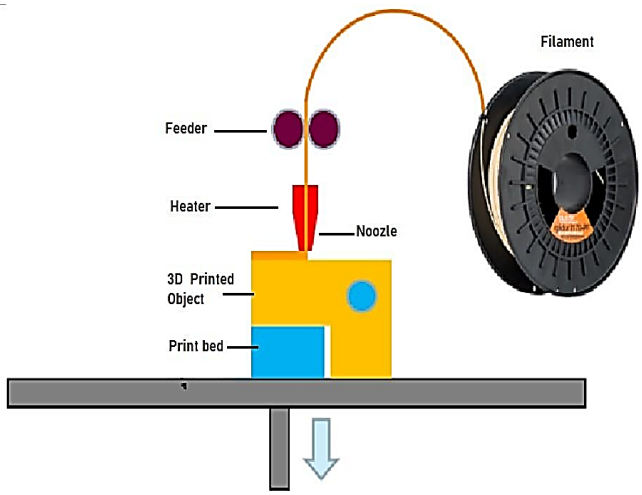


Selección de la metodología de impresión 3D

La tecnología FDM (Modelado por Deposición Fundida) utiliza el material de entrada de fabricación en forma de filamentos termoplásticos que se licúan y se vuelven a solidificar en la forma deseada (Hoang et al., 2019) (ver Figura 2) según el modelo CAD definido, y construye las piezas tridimensionalmente haciendo avanzar un hilo de plástico fundido por un cabezal de extrusión controlado por ordenador (Liu et al., 2021).

Figura 2

Elementos fundamentales de la impresión FFF



En la impresión FDM, el filamento debe fundirse hasta alcanzar un estado líquido que permita la deposición capa por capa del modelo 3D, utilizando un hilo fino de plástico que se superpone sucesivamente para formar el componente final (Mazurchevici et al., 2020).

Selección del material para impresión 3D

Un material compuesto está constituido por una matriz y un refuerzo, cuya combinación permite obtener propiedades superiores a las de sus componentes individuales (Briceño-Martínez et al., 2019). Las matrices pueden ser metálicas, cerámicas o poliméricas, y los refuerzos incluyen fibras como carbono, vidrio, aramida, naturales, así como, polímeros técnicos como ABS Plus (Llanes et al., 2019).

En esta investigación se emplea fibras de carbono, conocidas por su alta resistencia mecánica y conformación a base de átomos de carbono, superando incluso a materiales convencionales en esfuerzo resistivo (Mosleh et al., 2021). Estas fibras se integran con ABS Plus, un polímero técnico que presenta menor contracción y mayor resistencia que el ABS estándar, facilitando su procesamiento mecánico y mejorando los tiempos de impresión 3D (Durga et al., 2019). Su uso es común en componentes industriales que requieren alta durabilidad, convirtiéndolo en una alternativa idónea para la fabricación aditiva de autopartes reforzadas.

Materiales y Métodos

Geometría de la tapa de distribución mediante escáner 3D

Se empleó la ingeniería inversa para la obtención de la geometría de la tapa de distribución del Hyundai Accent mediante la aplicación del escáner GO SCAN, determinando la forma y características de la pieza (ver Figura 3).

Figura 3

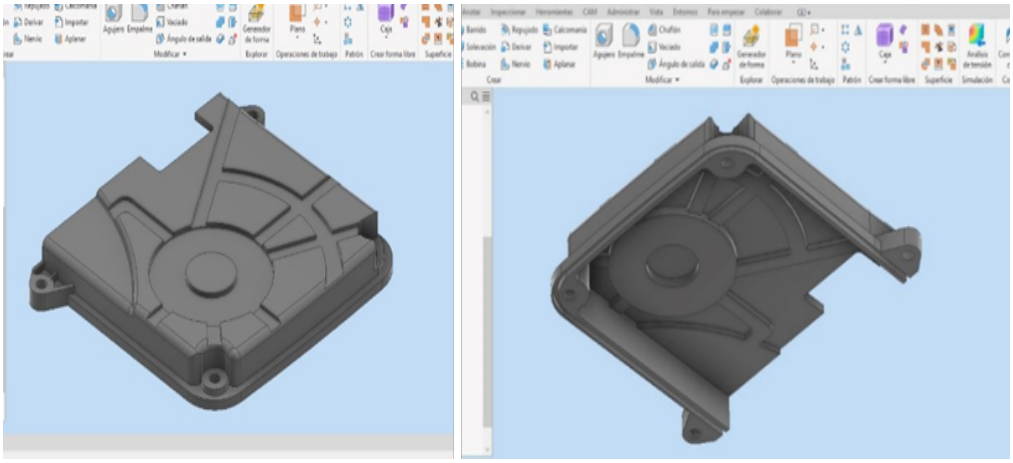
Geometric acquisition by 3D scanner



La información es enviada y analizada mediante el software Geomagic Design Direct, para obtener un modelo CAD de la tapa y corregir errores de modelado mediante el software Inventor (ver Figura 4).

Figura 4

Modelo CAD obtenido de la tapa de distribución mediante el software Inventor



Selección del material alternativo para la adhesión a la fibra de carbono + ABS plus

Hay que tomar en cuenta que la tapa de la distribución del Hyundai Accent está fabricada del material polipropileno; para la selección, un material alternativo; se imprimió una serie de probetas considerando la temperatura de impresión y la velocidad de esta (ver Tabla 1), con el objetivo de determinar la mejor adherencia en la unión de estos dos materiales compuestos.

Tabla 1

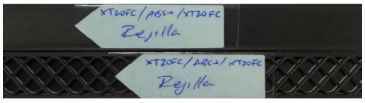
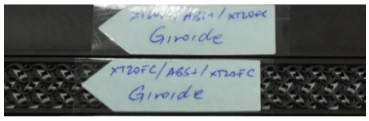
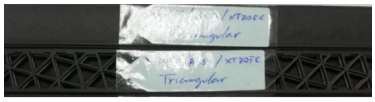
Características de los ensayos de probetas del material compuesto

Probeta	Material	Relleno	Resolución	Temperatura impresión
1	Fibra de carbono	15 %	0,2 mm - 32 capas	240 °C
2	Fibra de carbono	20 %	0,3 mm - 32 capas	270 °C
3	Fibra de carbono	30 %	0,3 mm - 32 capas	275 °C
4	Fibra de carbono	80 %	0,3 mm - 32 capas	270 °C
5	ABS plus	15-30-80-10 %	0,3 mm - 32 capas	260 - 265 - 270 - 275 °C
6	Fibra de carbono + ABS plus	50 %	0,3 mm - 32 capas	270 °C
7	Fibra de carbono + ABS plus	T/35 % de XT-CF20, 30 % ABS Plus 35 % de XT-CF20	0,3 mm - 32 capas	275 °C

En la Tabla 2 se aprecia los tipos de mallado que se eligió para la impresión de las respectivas probetas, tomando en cuenta que cada una de ellas permitirá identificar la probeta con mayor resistencia mecánica cuando sea sometida a los ensayos de tracción y compresión.

Tabla 2

Tipo de mallado para impresión de las probetas de ensayo de tracción y flexión

Mallado	Probeta
Rejilla	
Giroide	
Triangular	

Nota. Esta tabla representa los tipos de mallado para la construcción de las probetas.

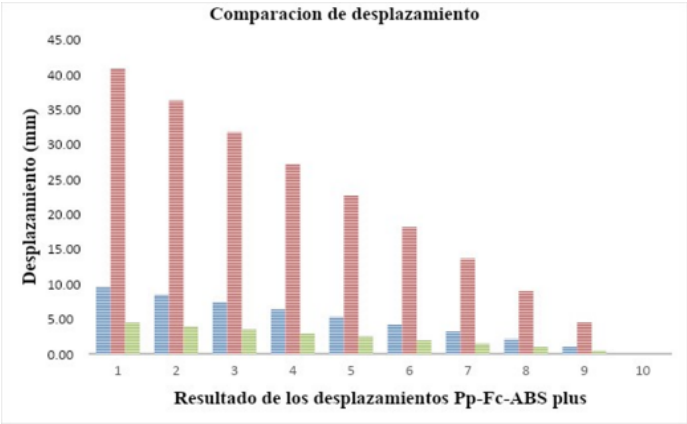
Los ensayos mostraron que la probeta 1 tuvo una impresión adecuada, mientras que la probeta 2 ofreció mejor definición con mayor tiempo de impresión. La probeta 3 evidenció mejor adhesión entre capas, y la probeta 4 presentó buena calidad de forma con tiempos elevados. En ABS, la configuración óptima fue 30 % de relleno a 275 °C por su excelente adherencia. La probeta 6, con fibra de carbono y ABS al 50 % de relleno a 270 °C, fue susceptible a la flexión. La probeta 7, con 35 % XT-CF20, 30 % ABS Plus y resolución de 0,3 mm, alcanzó alta calidad estructural.

Resultados y Discusión

A partir de los resultados (ver Figura 5) se observa que la fibra de carbono presenta una deformación máxima de 4,46 mm, superando al material original y ABS plus.

Figura 5

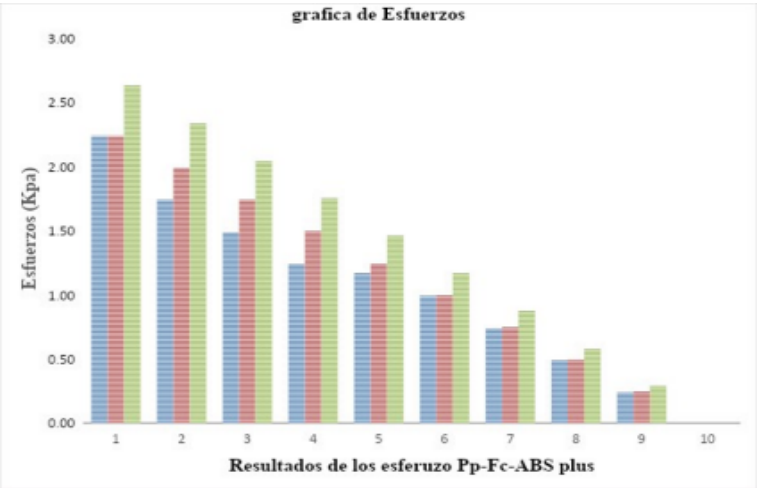
Comparación de desplazamientos: PP, ABS Plus y FC.



Se analizan los esfuerzos que se generaron en la simulación por elementos finitos según la teoría de Von Mises (ver Figura 6), determinando que la fibra de carbono soporta 2,63 Kpa antes de su fractura, superando al material original y al ABS Plus.

Figura 5

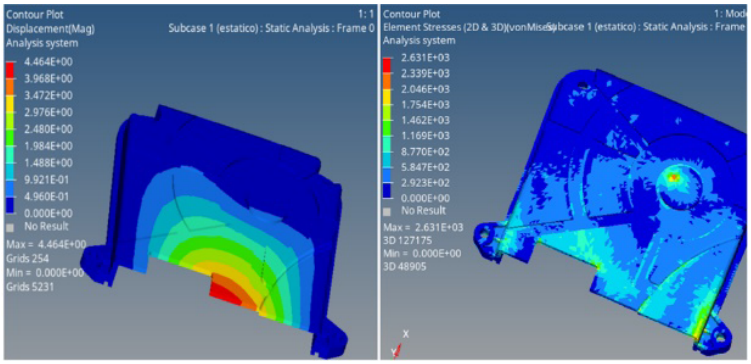
Comparativa de esfuerzos: PP, ABS Plus y FC



La simulación FEM en HyperWorks de la tapa de distribución del Hyundai Accent, bajo una carga de 53,33 kN, evidenció un comportamiento estructural mejorado al reemplazar el polipropileno original. El material original presentó un desplazamiento máximo de 9,53 mm y un esfuerzo Von Mises de 2,24 kPa. En contraste, la fibra de carbono redujo el desplazamiento a 4,46 mm con un esfuerzo de 2,63 kPa, indicando mayor rigidez estructural. El ABS Plus mostró el menor desplazamiento (4,08 mm) y un esfuerzo equivalente al del polipropileno, lo que confirma que ambos compuestos ofrecen mayor resistencia a la deformación sin comprometer el límite elástico (ver Figura 7).

Figura 7

Simulación FEM material alternativo



Conclusiones

Los resultados de simulación FEM y ensayos destructivos demuestran que el compuesto T2-ETC02, con refuerzo de fibra de carbono, presenta menor deformación (0,95 mm) y mayor resistencia estructural (2,63 kPa) frente a cargas mecánicas, en comparación con el polipropileno y el ABS Plus. Esta alternativa no solo iguala, sino que supera el desempeño del material original.

Se recomienda emplear una velocidad de impresión de 35 mm/s y una temperatura de extrusión de 275 °C, ya que estas condiciones favorecen la adherencia interlaminar y evitan defectos asociados a velocidades elevadas (como las observadas a 60 mm/s y 260 °C). Además, el uso de patrones de relleno como el giroide con 35,71 % de densidad ha mostrado un equilibrio entre rigidez y peso.

El escaneo 3D con GO SCAN y el modelado en programas CAD demostraron ser altamente eficaces para obtener y reconstruir geometrías precisas. Su implementación sistemática permite reducir tiempos de desarrollo y mejorar la adaptación de materiales alternativos en componentes críticos del sector automotriz.

Referencias

Alarifi, I. M. (2022). A performance evaluation study of 3D printed nylon/glass fiber and nylon/carbon fiber composite materials. *Journal of Materials Research and Technology, 21*, 884-892. https://doi.org/10.1016/j.jmrt.2022.09.085

Briceño-Martínez, B. J., Llanes-Cedeño, E. A., Rocha-Hoyos, J. C., Chamba, E., Cuasapud, D. y Cárdenaz-Yánez, A. (2019). Tecnologías de impresión 3D: evaluaciones de FDM y Polyjet en la fabricación de autopartes de automóviles. *Enfoque UTE*, *10*(3), 13-29. https://doi.org/10.29019/enfoqueute.v10n3.414

Durga, V., Rajiv, P., & Navya, V. (2019). Efecto de los parámetros del proceso de modelado por deposición fundida (FDM) en la resistencia a la tracción del PLA de fibra de carbono. *Materials Today: Proceedings, 18*(6), 2012–2018. https://doi.org/10.1016/j.matpr.2019.06.009

Freire, J., Ayala, P., & Garcia, M. V. (2023). Interactive device for carpal tunnel rehabilitation. In *Lecture Notes in Networks and Systems, 678*, (pp. 412-427). https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-031-30592-4_28

Hoang, T., Prudhomme, G., Marin, P. y Vignat, F. (2019). Elección entre el modelo virtual y el prototipo en el proceso de diseño para fabricación aditiva. *Revista DYNA, 94*(2), 168–174. https://doi.org/10.6036/8899

Liu, G., Zhang, X., Chen, X., He, Y., Cheng, L., Huo, M., Yin, J., Hao, F., Chen, S., Wang, P., Yi, S., Wan, L., Mao, Z., Chen, Z, Wuang, X, Cao, X., & Lu, J. (2021). Additive manufacturing of structural materials. *Materials Science and Engineering Reports, 145*, 100596. https://doi.org/10.1016/j.mser.2020.100596

Llanes, E. A., Peralta, D., Pucha-Tambo, M. y Rocha-Hoyos, J. C. (2019). Caracterización mecánica a flexión de materiales compuestos con matriz fotopolimérica reforzada con fibras de abacá y cabuya mediante impresión 3D. *Ingenius, Revista de Ciencia y Tecnología, 22*, 100-112. https://doi.org/10.17163/ings.n22.2019.10

Mazurchevici, A., Nedelcu, D., & Popa, R. (2020). Additive manufacturing of composite materials by FDM technology: A review. Indian Journal of Engineering and Materials Sciences, 27, 179-192. https://doi.org/10.56042/ijems.v27i2.45920

Mosleh, N., Rezadoust, A. M., & Dariushi, S. (2021). Determining process-window for manufacturing of continuous carbon fiber-reinforced composite using 3D-printing. Materials and Manufacturing Processes, 36(4), 409–418. https://doi.org/10.1080/10426914.2020.1843664

Peralta, D., Ferrándiz, S., Cobos, C. M. y Guachamin, C. (2024). Alternative selection material and auto part manufacturing process for fused deposition modeling using CAD-CAM-CAE tools. In *Proceedings of the International Conference on Computer Science, Electronics and Industrial Engineering (CSEI 2023)* (pp.742-756). https://doi.org/10.1007/978-3-031-70981-4_49

Reascos, I., Trejo, D., Benavides, K., Aldás, B., & Quilo, B. (2023). Diagnosis of digital maturity of SMEs in the province of Imbabura - Ecuador. In *Lecture Notes in Networks and Systems, 678*, pp. 586–601.

Capítulo 6.

Análisis de la planificación logística en la minería de caliza La Guajira, Colombia[1]

Leanis Elisabeth Choles Polo[2]
Danny Daniel López Juvinao[3]

Cómo citar: Choles Polo, L. E., López Juvinao, D. D. (2025). Análisis de la planificación logística en la minería de caliza La Guajira, Colombia. En D. N Diaz Rosero, J. L. Huertas Delgado y F. C. Gómez Meneses (Comp.), *Aportes de la investigación y aplicación en ciencia e ingeniería* (pp. 51–57). Editorial Unimar. https://doi.org/10.31948/editorialunimar.316.c476

Resumen

La presente investigación se centró en analizar la planificación logística en la minería de caliza en La Guajira. Este estudio fue de tipo descriptivo, no experimental; la población objeto de estudio abarcó las empresas Cohornical y Distracal, dedicadas a la producción de caliza en el departamento de La Guajira. La metodología incluyó la recolección de información mediante visitas de campo y la recopilación de datos secundarios de artículos e investigaciones previas. En cuanto a los resultados, se evidenció que las minas no cuentan con una planificación y aplicación de estrategias logísticas; además, existe desconocimiento de los elementos básicos de la logística integral, lo que afecta el desarrollo de las operaciones. De igual manera, no cuentan con equipo de protección personal y no disponen de maquinaria pesada ni de sistemas automatizados. Finalmente, se concluye que las alternativas propuestas representan una oportunidad para que las minas de caliza en La Guajira incorporen la planificación logística y mejoren la productividad y competitividad dentro del mercado globalizado.

Palabras clave: logística integral, minería, productividad, caliza, competitividad

[1] Capítulo resultado de la investigación titulada: *Planificación logística en la minería de caliza en La Guajira, Colombia*, desarrollada desde el 15 de abril de 2024 hasta el 14 de diciembre de 2024, en el departamento de La Guajira, Colombia.

[2] Ingeniera Industrial, Universidad de La Guajira; Joven investigadora; integrante del grupo de investigación IPAITUG, Riohacha, La Guajira, Colombia. Correo electrónico: lecholes@uniguajira.edu.co

[3] Doctor en Ciencias Gerenciales, Universidad Rafael Belloso Chacín, Venezuela; docente investigador Universidad de La Guajira; integrante del grupo de investigación IPAITUG, Riohacha, La Guajira, Colombia. Correo electrónico: dlopezj@uniguajira.edu.co.

Introducción

La planificación logística es vital a la hora de establecer un sistema logístico adecuado que estará soportado en la construcción de un plan operativo y de implementación apropiado para la empresa (García, 2020). Es en el proceso de planificación logística donde se toman decisiones clave respecto a todos los procesos, incluyendo las fases de suministro, producción y distribución (Staniuk et al., 2024). La planificación estratégica logística es importante porque proporciona optimización de procesos e incrementa su efectividad, eficacia y eficiencia a lo largo de la cadena de suministros (López-Cáceres, 2022).

En la planificación logística, una de las vertientes que inciden en este proceso es la optimización de recursos, que está orientada a la maximización de la capacidad de producción en función de los recursos disponibles y la demanda existente (Espín-Guerrero et al., 2022). En consonancia con los elementos de la planificación logística, los indicadores de desempeño, como herramienta de gestión, permiten medir el rendimiento de un determinado proceso, evaluar logros, señalar falencias, o más aún, realizar evaluaciones comparativas entre diversas organizaciones (Arango et al., 2017).

La calidad del producto en la minería de caliza se refiere a las características específicas del mineral, que determinan su idoneidad para diversos usos industriales, como la producción de cal o cemento. La calidad del producto está principalmente vinculada a su composición química, como el contenido de carbonato de calcio, y sus propiedades físicas, como la textura y dureza (Bautista y Mendoza, 2015).

Por otra parte, en Colombia, específicamente en el departamento de La Guajira, la explotación de la piedra caliza se realiza en forma artesanal, que se caracteriza por una labor para el sustento básico. Los hornos son gran parte de las herramientas, y los equipos son rudimentarios en Distracal y Cohornical (López-Juvinao, 2017). En este sentido, la minería de caliza presenta múltiples problemas en sus operaciones logísticas, como el caso del control de calidad que no se realiza durante el proceso sino al final, lo que incrementa el riesgo de pérdidas. De igual manera, hay dificultades como la falta de espacios para almacenaje, limitaciones en la administración de canales de distribución, gestión de pedidos, optimización de recursos y productividad.

Por todo lo anterior, en esta investigación se analizó la planificación logística en la minería de caliza, mediante la identificación de los problemas logísticos para, posteriormente, ser analizados. A partir de los problemas surgieron propuestas alternativas con las que se puede intervenir en esos entornos, para la mejora y optimización de los procesos en la minería de caliza en La Guajira.

Metodología

El análisis del proyecto corresponde al tipo de investigación descriptiva, donde se describen las características, funciones o fenómenos específicos en su entorno natural; es decir, no interviene ni se afecta el entorno de estudio. Se toman los datos de los problemas logísticos, tal como se muestra en las empresas objeto de estudio (Romero-Carazas et al., 2024). Así pues, la investigación es de diseño no experimental, dado que no se manipulan activamente las variables; se enfoca en observar y describir los fenómenos, como se presentan naturalmente, con el fin de entender los fenómenos en contextos naturales; en este caso, la planificación logística en la minería de caliza en las empresas Cohornical y Distracal (Tarrillo et al., 2024).

Por su parte, el instrumento utilizado como herramienta para la recolección de información fue un cuestionario, que consistió en un conjunto de preguntas estandarizadas que se administraron al grupo de personas que hicieron parte del objeto de estudio (Hadi et al., 2023). Por otro lado, la población del estudio se estableció de la siguiente manera: Cohornical estuvo conformada por 25 empleados y Distracal, por 15, para un total de 40 empleados.

Resultados

Planificación logística

El diagnóstico de la producción en la minería de caliza permitió visualizar su estado actual (Figura 1), identificando las falencias y problemáticas en temas logísticos. Las visiones generales reflejan que ambas organizaciones cuentan con una estructura artesanal; no poseen una correcta distribución en planta, y los procesos se encuentran dirigidos a más de una operación, sin las medidas de seguridad pertinentes.

Dentro de la empresa minera Cohornical se realizan labores de extracción de materiales que incluyen los agregados pétreos, contando con una mayor capacidad de maquinaria; sin embargo, para las operaciones que solo incluyen la extracción de caliza, no cuentan con el equipamiento necesario; esto contrasta con la empresa Distracal, que solo fija sus operaciones en la extracción de caliza, contando con una menor área de influencia, pero con equipamiento que aumenta la producción y genera una mayor eficiencia para la calidad del producto.

Figura 1

Área de procesamiento de caliza



Los indicadores en las minas Cohornical y Distracal cumplen un papel de gran importancia al medir y mejorar la eficiencia de las actividades en cada etapa del proceso, teniendo en cuenta las limitaciones y recursos disponibles en las operaciones realizadas. Los indicadores de rendimiento permiten medir la cantidad de caliza extraída por jornada en las minas, el consumo de recursos como combustible y herramientas, el tiempo dedicado a cada fase del proceso y la efectividad en la distribución final. Además, permiten monitorear la seguridad en las operaciones, el cumplimiento de los plazos de entrega y el nivel de satisfacción del cliente.

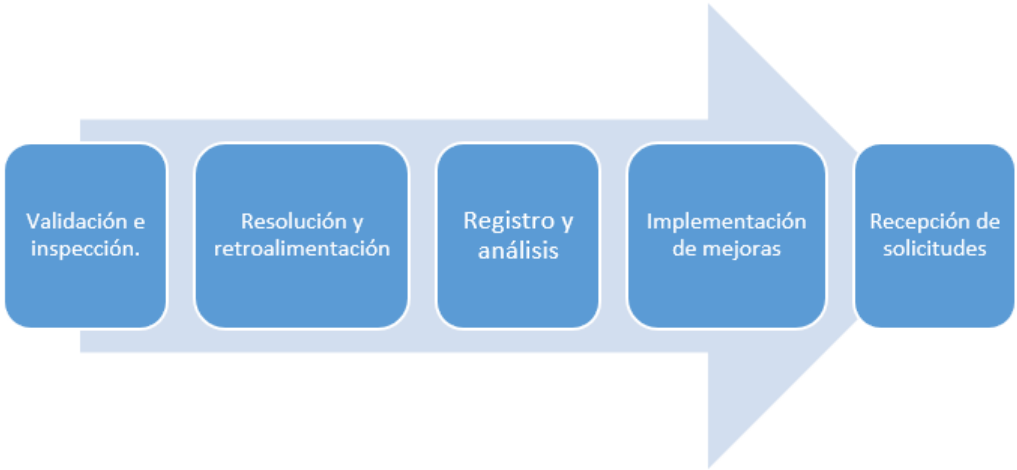
Es importante que las minas Cohornical y Distracal puedan fortalecer su modelo logístico mediante una gestión sólida de proveedores que garantice materiales de calidad y tiempos de entrega adecuados, optimizando rutas y transporte para reducir costos y mejorar tiempos de entrega, manteniendo controles de calidad en cada fase del ciclo logístico para evitar devoluciones y rechazos.

Por otra parte, la eficiencia de entregas en las minas Cohornical y Distracal enfrenta desafíos significativos debido a la falta de estándares claros que aseguren un desempeño óptimo y adecuado; las operaciones parecen centrarse únicamente en generar ingresos inmediatos, sin priorizar la identificación de estrategias que permitan optimizar los procesos y garantizar una operación más eficiente.

Además, en las minas artesanales de caliza, la gestión de devoluciones de productos (Figura 2) requiere políticas y procedimientos claros adaptados a las limitaciones del sector. Es esencial definir las condiciones para aceptar devoluciones, como daños en el producto, errores en el volumen entregado o incumplimiento de especificaciones.

Figura 2

Ciclo de devoluciones y mejora continua en la minería artesanal de caliza



A partir del análisis de resultados, se plantearon los siguientes lineamientos estratégicos (Tabla 1), que indican una forma adecuada de abordar los elementos que hacen parte de la planificación logística.

Tabla 1

Lineamientos estratégicos de la minería de caliza en La Guajira

Indicador logístico	Lineamientos estratégicos
Punto de origen del producto	-Implementa un sistema de seguridad y salud en el trabajo, que permita prevenir accidentes laborales y métodos para la gestión y disposición segura de residuos.
Canal de distribución	-Incorporar canales indirectos mediante alianzas estratégicas con intermediarios locales (transportistas o distribuidores). -Crear un sistema digital de gestión de pedidos para mantener una comunicación directa con los clientes.
Competitividad logística	-Planificar y coordinar la extracción, transporte y entrega, para minimizar retrasos.
Eficiencia de entrega	-Crear un modelo logístico integral que coordine actividades desde la planificación hasta la entrega final, utilizando sistemas de trazabilidad para garantizar la puntualidad de las entregas.

Gestión de devoluciones	- Estandarizar y automatizar el proceso de gestión de devoluciones, de suerte que permita establecer políticas claras sobre qué se puede devolver y en qué condiciones. -Integrar la tecnología para rastrear devoluciones y analizar causas recurrentes.
Calidad del producto	-Implementar un sistema de gestión de calidad (SGC) para obtener certificaciones internacionales como ISO 9001 y garantizar estándares de calidad en los procesos. - Monitorear las diferentes etapas del proceso para preservar la integridad del material.

Conclusiones

Con relación a la dimensión 'Productividad': una gestión logística inadecuada, junto con la ausencia de control sobre las actividades, da lugar a dificultades que generan ineficiencias en las operaciones, lo que puede impactar negativamente en el desempeño productivo, iniciando desde el punto de origen del producto, canal de distribución, destino final del producto, flujo de materiales, tiempo de transporte entre otros indicadores.

Para la dimensión 'Indicadores de rendimiento', se observa que las empresas presentan falencias, por lo que se ven afectadas la competitividad logística, la calidad del servicio, los medios de distribución y los indicadores de calidad.

En cuanto a la dimensión 'Optimización de recursos', también hay falencias en los ciclos logísticos, por no planear el manejo del aprovisionamiento y la gestión inadecuada de inventarios, con lo cual se propuso la implementación de un modelo de gestión Lean que mejore significativamente las etapas de los ciclos logísticos y direccione estratégicamente los inventarios, en aras de maximizar la eficiencia.

Con relación a la dimensión 'Gestión de entregas y devoluciones', se aprecia que las minas carecen de estándares que garanticen el desarrollo óptimo de estos procesos, por lo cual se proponen herramientas de planificación logística para reducir los retrasos y mejorar la coordinación de entregas y devoluciones.

Por último, los lineamientos estratégicos se presentan a partir del análisis realizado en las empresas mineras de caliza, como alternativa para enfrentar esos desafíos en términos logísticos. Por lo tanto, se proponen lineamientos soportados en la aplicación de estrategias para optimizar recursos, reducir costos, mejorar la satisfacción del cliente y así maximizar la eficiencia en la cadena logística, desde el proveedor hasta el consumidor final.

Referencias

Arango, M. D., Ruiz, S., Ortiz, L. F. y Zapata, J. A. (2017). Indicadores de desempeño para empresas del sector logístico: un enfoque desde el transporte de carga terrestre. *Ingeniare, Revista chilena de ingeniería, 25*(4), 707-720. https://doi.org/http://dx.doi.org/10.4067/S0718-3052017000400707

Bautista, Y. P. y Mendoza, M. Á. (2015). *Estrategias de desarrollo para la empresa Cal del Centro S.A.C.* [Tesís de maestría, Universidad del Pacífico]. https://repositorio.up.edu.pe/item/6f6b1ed4-65c2-4cd9-8750-d26202331535

Espín-Guerrero, R., Toalombo-Rojas, B., Moyolema-Chaglla, Á. y Altamirano-Salazar, A. (2022). Optimización de los procesos operativos mediante la teoría de restricciones en una empresa metalmecánica. *Revista Digital Novasinergia, 5*(2), 33-57. https://doi.org/https://doi.org/10.37135/ns.01.10.03

García, R. (2020). Gestión logística en las instituciones universitarias públicas de la costa oriental del lago. *Revista Enfoques, 4*(14), 108-122. https://doi.org/10.33996/revistaenfoques.v4i14.84

Hadi, M. M., Martel, C. P., Huayta, F. T., Rojas, C. R. y Arias, J. (2023). *Metodología de la investigación: Guía para el proyecto de tesis.* Instituto Universitario de Innovación, CienciayTecnologíaInudiPerú.https://doi.org/https://doi.org/10.35622/inudi.b.073

López-Juvinao, D. D. (2017). Sistema integrado de planificación y control de la producción para la empresa minera 'Cohoornical' en Distracción, La Guajira. En I Congreso Internacional de Ciencias Sociales y Humanas (pp. 2121-2139). Universidad de La Guajira. I https://www.researchgate.net/publication/329180887_Sistema_integrado_de_planificacion_y_control_de_la_produccion_para_la_empresa_minera_Cohoornical_en_Distraccion_La_Guajira

López-Cáceres, H. D. (2022). *Planificación estratégica logística, factor importante en el desarrollo empresarial* [Tesis de pregrado, Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo]. https://tesis.usat.edu.pe/handle/20.500.12423/4988

Tarrillo, O., Mejía, J., Dávila, J., Pintado, C., Tapia, C., Chilón, W. y Vélez, S. B. (2024). Metodología de la investigación: una mirada global. Ejemplos prácticos. CID - Centro de Investigación y Desarrollo. https://doi.org/https://doi.org/10.37811/cli_w1078

Romero-Carazas, R., Mayta-Huiza, D., Ancaya-Martínez, M., Tasayco-Barrios, S. y Berrio-Quispe, M. L. (2024). *Método de investigación científica: Diseño de proyectos y elaboración de protocolos en las Ciencias Sociales.* Fondo Editorial IDICAP Pacífico. https://doi.org/https://doi.org/10.53595/eip.012.2024

Staniuk, W., Staniuk, M., Chamier-Gliszczynski, N., & Królikowski, T. (2024). Logistics planning process – as an element of Logistics 4.0. *Procedia Computer Science, 246,* 2284-2291. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.procs.2024.09.561

Capítulo 7.

Inteligencia artificial para la identificación de errores en el etiquetado en la industria

Juan Carlos López Valencia[1]
Julio César Caicedo Eraso[2]
Luis Fernando Mejía Gutiérrez[3]

Cómo citar: López Valencia, J. C., Caicedo Eraso, J. C. y Mejía Gutiérrez, L. F. (2025). Inteligencia artificial para la identificación de errores en el etiquetado en la industria. En D. N Diaz Rosero, J. L. Huertas Delgado y F. C. Gómez Meneses (Comp.), *Aportes de la investigación y aplicación en ciencia e ingeniería* (pp. 58–60). Editorial Unimar. https://doi.org/10.31948/editorialunimar.316.c477

Resumen

El presente proyecto tiene como objetivo, desarrollar una inteligencia artificial (IA) para empresas, que permita prevenir y detectar errores humanos en el etiquetado de productos, un problema que afecta la eficiencia, rentabilidad y reputación empresarial. Mediante técnicas de aprendizaje automático y análisis de datos, se diseña una solución que analiza las tareas diarias de los empleados para identificar equivocaciones y omisiones. La metodología incluye la investigación de IA, análisis de necesidades empresariales, diseño de prototipo funcional y estudio comparativo de resultados. Los hallazgos esperan demostrar una mejora en la operación y reducción de errores humanos en el etiquetado, con un impacto positivo en la calidad, cumplimiento legal y experiencia del cliente.

Palabras clave: inteligencia artificial; error humano; etiquetado de productos; aprendizaje automático; eficiencia empresarial; prevención de errores; análisis de datos; software empresarial; mejora continua; productividad

[1] Técnico en control industrial. Estudiante, Ingeniería de sistemas y computación, Universidad de Caldas, Manizales, Colombia. Estudiante líder semillero de investigación SingBio, Universidad de Caldas, Manizales, Colombia; juan.1701718236@ucaldas.edu.co

[2] Doctor en ciencias biomédicas. Profesor titular, Facultad de Inteligencia artificial e ingeniería, Universidad de Caldas, Manizales, Colombia. Líder grupo de investigación GruCalPro, Universidad de Caldas, Manizales, Colombia; julioc.caicedo@ucaldas.edu.co

[3] Magíster en Ciencias de los alimentos. Profesor titular, Facultad de Inteligencia artificial e ingeniería, Universidad de Caldas, Manizales, Colombia; luis.mejia_g@ucaldas.edu.co

Introducción

El etiquetado incorrecto de productos debido a errores humanos es un problema recurrente en muchas empresas, con consecuencias negativas como confusión del consumidor, problemas legales, daño a la marca, pérdida de ingresos y clientes. Estos errores reflejan falencias en la atención y cuidado de los empleados al realizar tareas rutinarias, y su prevención es vital para la salud operativa y financiera de cualquier organización.

La inteligencia artificial (IA) surge como una herramienta prometedora para mitigar estas fallas, al permitir la automatización y supervisión inteligente de procesos cotidianos. Este proyecto se fundamenta en la necesidad de desarrollar una solución de IA que analice y detecte posibles errores en el etiquetado, contribuyendo a mejorar la precisión y eficiencia empresarial. Se justifica en estudios previos que destacan la importancia de minimizar el error humano mediante tecnologías avanzadas, fomentando una cultura organizacional orientada a la prevención y mejora continua.

Desarrollo del tema

El error humano, a pesar de los avances tecnológicos, sigue siendo una de las principales causas de problemas en el entorno laboral. Estudios muestran que la atención, motivación y condiciones del trabajador influyen en la ocurrencia de estos errores. Para abordarlos, es necesario implementar medidas preventivas, fomentar la capacitación y crear un ambiente que valore el aprendizaje continuo. La IA puede ejecutar un rol crucial, simulando actividades intelectuales humanas para mejorar la detección y corrección de errores. Tecnologías basadas en IA permiten automatizar procesos propensos a fallas y analizar grandes volúmenes de datos para identificar patrones de comportamiento erróneo.

En sectores como la manufactura y la industria alimentaria, donde el error puede implicar consecuencias graves, la IA ayuda a reducir riesgos y a mejorar la calidad.

El desarrollo de un prototipo funcional de IA para la supervisión del etiquetado es un paso fundamental, acompañado por estudios comparativos que evalúan su eficacia frente a métodos tradicionales. Este enfoque no busca sustituir al trabajador, sino complementarlo, optimizando tiempos y resultados. Finalmente, la integración de IA en las operaciones cotidianas permitirá a las empresas mejorar su competitividad y minimizar pérdidas asociadas a errores humanos.

Conclusiones

La implementación de una IA para la prevención de errores en el etiquetado de productos puede mejorar significativamente la eficiencia operativa y la calidad del servicio en las empresas. El proyecto demuestra que esta puede detectar equivocaciones humanas y minimizar sus impactos negativos, lo que contribuye a la reducción de problemas legales, daños a la marca y pérdidas financieras. Es fundamental que la IA complemente el trabajo humano y se integre dentro de una cultura organizacional que promueva la capacitación y mejora continua. Cada objetivo planteado ha evidenciado que las soluciones basadas en IA son viables y efectivas para enfrentar el problema del error humano en el etiquetado, lo que puede extenderse a otros ámbitos laborales con similares desafíos.

Capítulo 8.

Evaluación sensorial y contenido de polifenoles en formulaciones de infusión aromática frutal[1]

Laura Isabel Márquez Muñoz[2]
Allison Daniela Bravo Botina[3]
Gabriel Arley Pantoja Quiroz[4]
Juan Esteban Nieto Gómez[5]

Cómo citar: Márquez Muñoz, l. I., Bravo Botina, A. D., Pantoja Quiroz, G. A. y Nieto Gómez, J. E. (2025). Evaluación sensorial y contenido de polifenoles en formulaciones de infusión aromática frutal. En D. N Diaz Rosero, J. L. Huertas Delgado y F. C. Gómez Meneses (Comp.), *Aportes de la investigación y aplicación en ciencia e ingeniería* (pp. 61– 67). Editorial Unimar. https://doi.org/10.31948/editorialunimar.316.c478

Resumen

Se desarrolló una infusión aromática combinando fresa, manzanilla y limoncillo, con el objetivo de evaluar su viabilidad desde el punto de vista del contenido de polifenoles y la aceptación sensorial. Se utilizó un diseño de mezclas tipo centroide simplex con tres factores, evaluando el contenido de polifenoles y la aceptación sensorial. La selección del panel de evaluación se realizó a partir de una encuesta de consumo en la ciudad de Pasto. Los resultados del análisis estadístico revelaron que no hubo diferencias significativas en el contenido de polifenoles entre las mezclas evaluadas, obteniendo un promedio de 6.62 mg g-1. De igual manera, la aceptación sensorial no presentó diferencias significativas. No obstante, la optimización del diseño mostró que la mezcla con mayor aceptación (72 %) correspondió a una formulación compuesta por 60 % de fresa, 20 % de manzanilla y 20 % de limoncillo, destacándose el componente frutal como el de mayor agrado para los panelistas.

Palabras clave: infusión aromática frutal; contenido de polifenoles; aceptación sensorial; diseño de productos; desarrollo sostenible.

[1] Capítulo resultado de la investigación titulada: Elaboración de una infusión aromática con manzanilla (*Chamaemelum nobile*), limoncillo (*Cymbopogon*) y fresa de categoría industrial (*Fragaria ananassa var. Albión*) en el municipio de Pasto, desarrollada desde el 29 de enero de 2024 hasta el 26 de mayo de 2025, en el departamento de Nariño, Colombia.

[2] Magíster en Dirección de Proyectos, UNIR España. Docente de Ingeniería Industrial, Fundación de Educación Superior San José. Correo: marquez.laura@usanjose.edu.co

[3] Ingeniería de Procesos, Universidad Mariana; Grupo de investigación GIIDOP; Correo electrónico: allisonda.bravo@umariana.edu.co

[4] Ingeniera de Procesos, Universidad Mariana. Grupo de investigación GIIDOP. Correo electrónico: gabrielar.pantoja@umariana.edu.co

[5] Ingeniera de Procesos, Universidad Mariana. Grupo de investigación GIIDOP. Correo electrónico: juanes.nieto@umariana.edu.co

Introducción

Colombia produce anualmente 114 mil toneladas de fresa que destacan por su sabor, beneficios nutricionales y alta demanda (Agronet, 2022). Desafortunadamente, el 34 % de su producción se pierde, representando pérdidas económicas importantes para los productores (Departamento Nacional de Planeación [DNP], 2020).

Las plantas aromáticas, aunque son más resistentes a la contaminación por microorganismos, enfrentan problemáticas, como la baja transformación agroindustrial y la desorganización del sector productivo, lo que limita su aprovechamiento comercial (Angulo et al., 2012; Liu et al., 2023).

Por lo anterior, el objetivo de esta investigación fue evaluar diferentes formulaciones de infusión aromática frutal que permitan obtener aquella que atienda a los requerimientos sensoriales y nutricionales del mercado, abriendo potenciales áreas para el desarrollo económico y agrícola del departamento de Nariño.

Desarrollo del tema

Preparación de la infusión: la infusión aromática se compone de 1 g de la mezcla contenida en papel filtrante, el cual debe ser resistente y libre de sustancias que alteren las características organolépticas o de composición del producto, como establece la NTC 2698 de 1998 (ICONTEC, 1998).

Análisis sensorial: se realizó la identificación del consumo de infusiones aromáticas en la ciudad de Pasto, por medio de muestreo no probabilístico estratificado, con 10 % de error y una probabilidad de que ocurra o no del 0,5 y 0,5 respectivamente, y un intervalo de confianza de 95 %, en donde se calculó por medio de la ecuación, el tamaño de muestra: 100 personas a encuestar (Benassini, 2009). Por medio de la población de consumo identificada, se seleccionó una muestra de 30 personas para el desarrollo del panel sensorial. La aceptación se calculó con un ponderado de 20, 30, 50 % para color, olor y sabor.

Determinación de polifenoles totales: el contenido fenólico total se determinó mediante el método de Folin-Ciocalteu por triplicado (Yang, et al., 2009).

Diseño experimental para las infusiones aromáticas: para la formulación final de la infusión aromática se utilizó un diseño de mezclas, como se observa en la Tabla 1 y la Figura 1.

Tabla 1

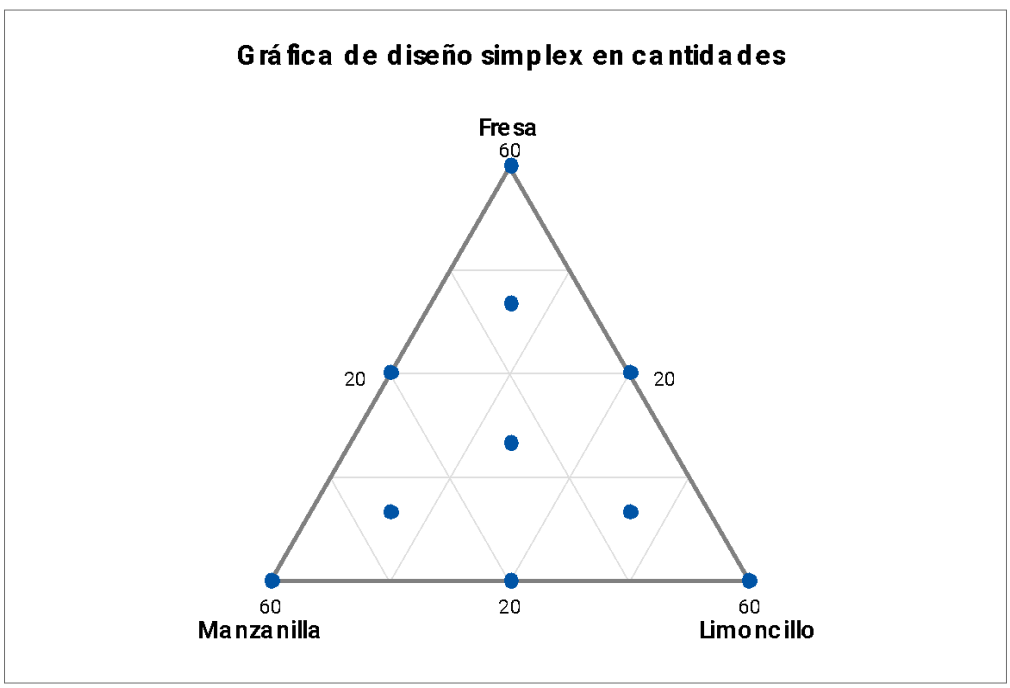
Diseño experimental

Parámetros del diseño experimental				
Corrida	**Tipo**	**Fresa**	**Manzanilla**	**Limoncillo**
1	1	60	20	20
2	1	20	60	20
3	1	20	20	60
4	2	40	40	20
5	2	40	20	40
6	2	20	40	40
7	0	33,333	33,333	33,333
8	-1	46,667	26,667	26,667
9	-1	26,667	46,667	26,667
10	-1	26,667	26,667	46,667

Nota. Esta investigación.

Figura 1

Gráfica de puntos del diseño simplex evaluados



Resultados y análisis

Formulación de la mezcla aromática frutal

En las tablas 2 y 3 se presentan los resultados experimentales de polifenoles (mg GAE/g) y el análisis de varianza del diseño experimental de mezclas. La Figura 2 muestra una gráfica de contorno de los resultados del contenido de polifenoles.

Tabla 2

Contenido de polifenoles experimentales y teóricos en la mezcla

Núm.	Porcentaje en mezcla			mg GAE/g		% Conservación
	Fr	Man	Lim	Real	Teórico inicial	
1	60,00	20,00	20,00	8,16 ± 0,04	14,00	58,30
2	20,00	60,00	20,00	7,82 ± 0,34	9,29	84,15
3	20,00	20,00	60,00	6,19 ± 0,02	6,37	97,22
4	40,00	40,00	20,00	7,98 ± 0,14	11,64	68,53
5	40,00	20,00	40,00	7,37 ± 0,10	10,18	72,42
6	20,00	40,00	40,00	7,23 ± 0,20	7,83	92,31
7	33,33	33,33	33,33	7,40 ± 0,31	9,89	74,88
8	46,67	26,67	26,67	7,79 ± 0,20	11,94	65,24
9	26,67	46,67	26,67	7,67 ± 0,24	9,59	80,05
10	26,67	26,67	46,67	7,07 ± 0,13	8,13	86,94

Nota. Fr, fresa; Man, manzanilla; Lim, limoncillo.

Figura 2

Gráfica de contorno del contenido de polifenoles con respecto a la mezcla de fresa, manzanilla y limoncillo

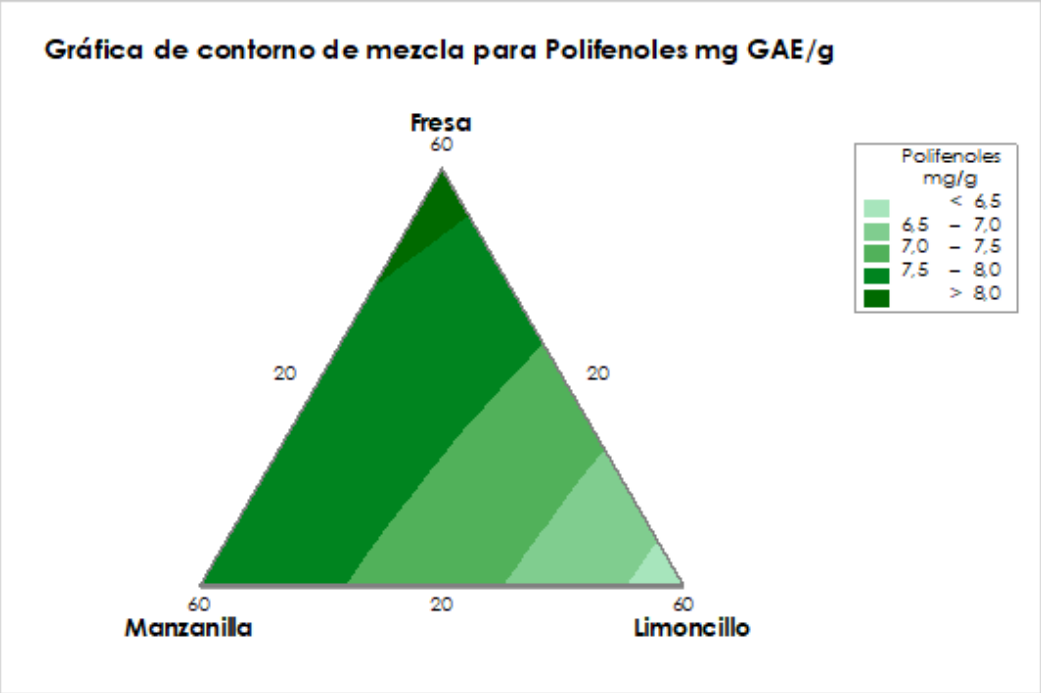


Tabla 3

Análisis de varianza para el diseño de mezclas en función de la variable contenido de Polifenoles mg GAE/g

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Regresión	5	5,68458	1,13692	33,62	0,000
Lineal	2	0,85348	0,42674	12,62	0,001
Cuadrático	3	0,10209	0,03403	1,01	0,419
Fresa*Manzanilla	1	0,00829	0,00829	0,25	0,628
Fresa*Limoncillo	1	0,03848	0,03848	1,14	0,304
Manzanilla*Limoncillo	1	0,05540	0,05540	1,64	0,221

Los resultados del diseño de mezclas con relación al contenido de polifenoles indican que no existen diferencias significativas ($p>0,05$) (Tabla 3), lo cual podría estar relacionado con el contenido inicial de los polifenoles y la pérdida en el proceso de secado. De igual forma, presenta que hay una correlación entre las variables R^2, del 92 % dentro del modelo cuadrático (Montgomery, 2004, p. 104). Se observó una

ligera tendencia hacia un mayor contenido fenólico en las formulaciones con 60, 20 y 20 % de fresa, limoncillo y manzanilla respectivamente (Figura 2), mostrando una correlación inversa entre la conservación de polifenoles y el tiempo de secado a altas temperaturas (Méndez et al., 2017), ya que los tiempos de secado de limoncillo y manzanilla están alrededor de las 4h, mientras que el de fresa es de 7h.

Panel sensorial

La Tabla 4 presenta el análisis Anova del diseño de mezclas con respecto a la aceptación sensorial general y dividida por atributos: color, olor, sabor.

Tabla 4

Análisis de varianza por aspecto con respecto a la proporción por componente (fresa, manzanilla y limoncillo)

Aspecto	Fuente	Valor P
Color	Fresa*Manzanilla	0,970
	Fresa*Limoncillo	0,766
	Manzanilla*Limoncillo	0,460
Olor	Fresa*Manzanilla	0,949
	Fresa*Limoncillo	0,360
	Manzanilla*Limoncillo	0,110
Sabor	Fresa*Manzanilla	0,186
	Fresa*Limoncillo	0,712
	Manzanilla*Limoncillo	0,106
Aceptación general	Fresa*Manzanilla	0,446
	Fresa*Limoncillo	0,532
	Manzanilla*Limoncillo	0,098

La aceptación sensorial con respecto a los aspectos individuales de color, olor y sabor evaluados indicó que, si bien no existen diferencias significativas ($p>0,05$), el sabor fue más identificable para los panelistas que el color y el olor, ya que hubo valores p más bajos.

Conclusiones

La encuesta sobre el consumo de infusiones aromáticas permitió establecer de mejor manera un panel sensorial acorde con la edad y con el estrato socioeconómico de los consumidores potenciales en la ciudad de Pasto, presentando un panorama general sobre el posible campo de desarrollo para estos productos.

En cuanto al análisis de polifenoles, no se encontraron diferencias significativas entre las formulaciones, donde la fresa fue el ingrediente que más contribuyó al contenido total de estos compuestos. Sin embargo, se evidenció una reducción

de polifenoles, especialmente atribuida al proceso de secado, que favorece la volatilización de estos compuestos bioactivos.

Los resultados de la aceptación mostraron que los aspectos más valorados por los consumidores fueron el aroma y el sabor. Aunque no se evidenció una diferencia estadísticamente significativa, se observó una tendencia ligeramente positiva cuando el porcentaje de fresa en la mezcla era mayor (60 %); esto sugiere que las formulaciones con mayor proporción de fruta podrían mejorar la percepción del producto.

Referencias

Agronet. (2022). Estadísticas home. https://www.agronet.gov.co/estadistica/Paginas/home.aspx.

Angulo, A., Rosero, R. y González, M. (2012). Estudio etnobotánico de las plantas medicinales utilizadas por los habitantes del corregimiento de Genoy, municipio de Pasto, Colombia. *Revista Universidad y Salud, 12*(2), 168-185.

Benassini, M. (2009). *Introducción a la investigación de mercados: Enfoque para América Latina*. Pearson Educación.

Departamento Nacional de Planeación (DNP). (2020). Política para la prevención y reducción de las pérdidas y desperdicios de alimentos. https://www.dnp.gov.co/LaEntidad_/misiones/mision-crecimiento-verde/Documents/Comite%20Sostenibilidad/Presentaciones/Sesi%C3%B3n%205/1_Avances_Politica_para_prevencion_reduccion_de_perdidas_desperdicios_alimentos.pdf

ICONTEC. (1998). Norma Técnica Colombiana NTC 2698. https://es.scribd.com/document/427486442/NTC2698-pdf

Liu, Y., Guo, C., Zang, E., Shi, R., Liu, Q., Zhang, M., Zhang, K., & Li, M. (2023). Review on herbal tea as a functional food: classification, active compounds, biological activity, and industrial status. *Journal of Future Foods,* 3(3), 206-219. https://doi.org/10.1016/j.jfutfo.2023.02.002

Méndez-Lagunas, L., Rodríguez-Ramírez, J., Cruz-Gracida, M., Sandoval-Torres, S., & Barriada-Bernal, G. (2017). Convective drying kinetics of strawberry (Fragaria ananassa): Effects on antioxidant activity, anthocyanins and total phenolic content. *Food Chemistry.* https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.03.010

Montgomery, D. C. (2004). Diseño y análisis de experimentos (2.ª ed.). Limusa.

Yang, J., Martinson, T. E., & Liu, R. H. (2009). Phytochemical profiles and antioxidant activities of wine grapes. *Food Chemistry, 116*(1), 332-339. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.02.021

Capítulo 9.

Causas de baja producción agrícola que afectan la seguridad y soberanía alimentaria en la Amazonía colombiana[1]

Alejandro Geobanny Jurado Mejía[2]
Heriberto Fernando Vargas Losada[3]

Cómo citar: Jurado Mejía, A. G. y Vargas Losada, H. F. (2025). Causas de baja producción agrícola que afectan la seguridad y soberanía alimentaria en la Amazonía colombiana. En D. N Diaz Rosero, J. L. Huertas Delgado y F. C. Gómez Meneses (Comp.), *Aportes de la investigación y aplicación en ciencia e ingeniería* (pp. 68–79). Editorial Unimar. https://doi.org/10.31948/editorialunimar.316.c479

Resumen

La investigación sobre las causas que afectan la agricultura y aquejan la seguridad y soberanía alimentaria en la Amazonía colombiana, tiene entre sus objetivos, identificar y analizar el origen y soluciones sobre factores que impactan negativamente la agricultura desde la visión de los actores del sector agrícola en la región, con énfasis y consecuencias para la seguridad y soberanía alimentaria de la población.

El estudio se efectuó en Caquetá, Colombia, con metodología fenomenológica hermenéutica que, sin vedar su propia subjetividad, permitió entender percepciones y experiencias de los actores involucrados, analizada desde la interpretación, comprensión y explicación. Los resultados subrayan 16 factores negativos responsables de la baja producción agrícola, que incluyen los subsidios del gobierno con deficiente orientación, la dificultad en la comercialización de los productos, la ausencia de vías de comunicación, entre otros; además, se exponen las opciones que los actores proponen como solución, desde la perspectiva de los productores para lograr una producción agrícola sostenible, una participación de la comunidad y el cuidado del medio ambiente, entre otras.

[1] Capítulo resultado de la investigación titulada: Estrategia de formación agropecuaria comunitaria para la seguridad y soberanía alimentaria de la Comunidad Rural de Villa Hermosa, Corregimiento de Santo Domingo del municipio de Florencia, desarrollada con el financiamiento de la Universidad de la Amazonía, del 20 de enero de 2022 hasta el 30 de mayo de 2023, en el departamento de Caquetá, Colombia.

[2] Doctor en Educación y Cultura Ambiental, Universidad de la Amazonía. Docente investigador, Universidad de la Amazonía. Integrante del grupo de investigación Biotecnología y Control de Calidad en Alimentos, Florencia, Caquetá, Colombia. Correo electrónico: a.jurado@udla.edu.co

[3] Doctor en Educación y Cultura Ambiental, Universidad de la Amazonía. Docente investigador, Universidad de la Amazonía. Integrante del grupo de investigación GEICOM, Florencia, Caquetá, Colombia. Correo electrónico: heri.vargas@udla.edu.co

Las conclusiones señalan la urgente necesidad de políticas agrarias integrales y enfoques de participación comunitaria, para superar las causas de mínima producción agrícola y contribuir con la seguridad y soberanía alimentaria en la región, toda vez que el estudio aporta una visión contextualizada para promover estrategias reales en la Amazonía colombiana.

Palabras clave: agricultura sostenible, factores negativos, soluciones agrícolas, cosmovisión comunitaria

Introducción

La alimentación en sustento y provisión representa la necesidad humana de mayor importancia soportada en contextos culturales, sociales, económicos y ambientales de la población, donde la producción agropecuaria como solución a las necesidades de alimentación, tiene respuesta en la seguridad alimentaria, representada en cuatro dimensiones: Disponibilidad, Acceso, Utilización y Estabilidad de alimentos a lo largo del tiempo (Mendoza-Barrientos et al., 2024).

La producción agraria es un conjunto de acciones humanas para el cultivo de la tierra, recolección de productos y la cría de animales, con la intención primordial de obtener alimentos para el consumo y la comercialización (Rojas et al., 2024); sin embargo, en el mundo 2.400 millones de personas sufren de inseguridad alimentaria (Beltrán et al., 2023). En Colombia la inseguridad alimentaria la vive el 54,2 % de los hogares (Portilla et al., 2024).

Por lo anterior, el escrito muestra los motivos que afectan la vocación agrícola y alteran la seguridad y soberanía alimentaria de comunidades rurales en la Amazonía colombiana. Luego de ser productores agrícolas, en la actualidad enfrentan desafíos para cultivar alimentos y contribuir con el problema de inseguridad alimentaria manifiesta y los niveles de pobreza monetaria de 36,8 % y pobreza extrema de 11,4 % en el departamento de Caquetá (Departamento Administrativo Nacional de Estadística [DANE], 2024). Las causas que afectan la agricultura se identificaron con la pregunta orientadora sobre ¿Cuáles son los factores que han afectado la agricultura en el Caquetá, por parte de las comunidades rurales con tierra y tradición en cultivos?

La investigación se desarrolló con metodología de fenomenología hermenéutica desde la comprensión, descripción e interpretación, que orientó convenientemente estructuras esenciales de la experiencia vivida por las comunidades rurales del Caquetá, en función de la producción agropecuaria. El reconocimiento del significado e importancia de los elementos vitales de esta experiencia permitieron identificar desempeño agropecuario social, económico y ambiental de la experiencia vivida en sistemas de producción de alimentos, definiendo las causas de la baja producción agrícola y planteando alternativas de solución; el diseño y la elaboración de instrumentos de recolección de información se basó en Castillo (2021), Iriarte-Pupo (2020), Fuster (2019) y Manen (2003).

Con la aplicación de instrumentos de encuestas, entrevistas, talleres de intervención y grupos de discusión, se logró la participación de 61 familias de comunidades rurales y, en total, 137 actores entre productores, expertos, investigadores, funcionarios públicos y comerciantes vinculados a las comunidades de estudio. Los resultados fueron analizados con software Atlas Ti 9 (Jurado-Mejía, 2023), con lo que fue posible determinar que el Caquetá, teniendo condiciones para la agricultura y acervo de tierra, únicamente produce el 12,4 % de los alimentos que consume (Jurado-Mejía et al., 2023).

Entre los hallazgos, 16 factores aquejan la vocación y la producción agrícola, afectando la seguridad y soberanía alimentaria del sector rural; de ellos, los subsidios del gobierno mal orientados sobresalen como causa principal, aunados a las dificultades de comercialización, vías de acceso nulas o en mal estado, proyectos de extensión rural inadecuados e insumos agropecuarios con elevado costo, que no dan margen de utilidad.

Finalmente, es posible considerar que los problemas de hambre, de malnutrición y pobreza en las comunidades rurales de la Amazonia colombiana, son motivados por la débil seguridad alimentaria. Es posible optimizar, si se subsanan las causas que afectan la agricultura y se crean sistemas de producción agrícola sostenibles, que sean equilibrados y equitativos en cuanto a lo ambiental, cultural, la economía y lo social.

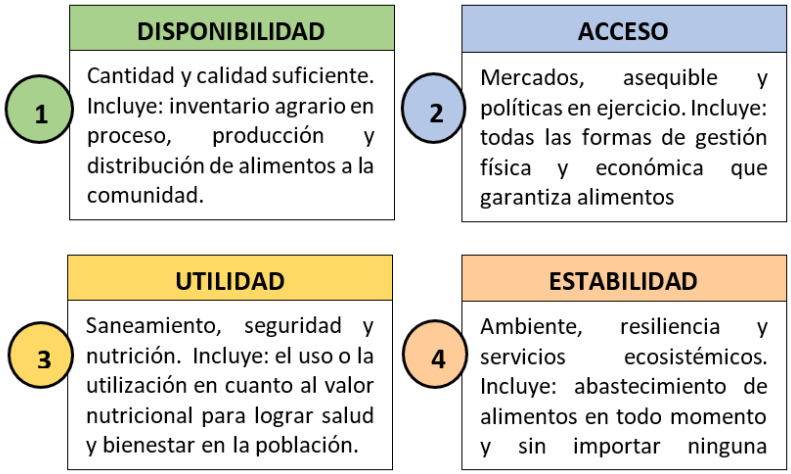
Reconocer y superar las causas que influyen en la pérdida de la vocación agrícola fortalece la cosmovisión que tienen las comunidades rurales para defender la soberanía alimentaria y para que el hambre, la pobreza y, en general, la necesidad de alimentación sea un problema superado. Si se cultiva, se facilita la comercialización, se paga lo justo y se hace una formación agrícola permanente a los jóvenes, de manera práctica, experiencial, participativa y cooperativa, a partir de la definición de prioridades de la comunidad y desde los saberes previos de los mismos.

Seguridad y soberanía alimentaria

La seguridad alimentaria hace referencia al hecho de que todas las personas tienen acceso físico, económico y social a suficiente cantidad de alimentos nutritivos e inocuos que permiten satisfacer las necesidades dietéticas y de alimentación de la población, para tener una vida saludable y activa (Food and Agriculture Organization of the United Nations, FAO, 2021).. En el concepto está implícita no solo la disponibilidad de los alimentos, sino el acceso, la utilización y la estabilidad a través del tiempo, como se indica en la Figura 1.

Figura 1

Dimensiones de la seguridad alimentaria



Nota: elaboración propia a partir de Jurado-Mejía (2023).

De acuerdo con la FAO (2021), la seguridad alimentaria exige un enfoque integral que contemple que la producción, la distribución y el consumo de alimentos en los sistemas alimentarios fortalezcan el acceso a ellos.

De la soberanía alimentaria se dice que es un derecho de las comunidades, al precisar sus propias políticas agrícolas, pesqueras, ganaderas y de alimentación, enfatizando en la producción local y en proteger los recursos naturales (Somashekar et al., 2024), lo que sugiere que el concepto suscita un modelo de consumo y producción que salvaguarda el conocimiento tradicional, la cultura y, con ello, la biodiversidad.

Ahora bien, los conceptos de seguridad y soberanía alimentaria están estrechamente unidos; se tiene en cuenta que la soberanía alimentaria puede ser el ideal para lograr la seguridad alimentaria, esencialmente en comunidades en entornos vulnerables, por lo que integrar los dos enfoques posibilita sistemas alimentarios equitativos, resilientes y sostenibles.

Relación entre Seguridad y Soberanía alimentaria

Tanto la seguridad como la soberanía alimentaria están vinculadas a los sistemas de producción agropecuaria, que se entiende como el conjunto de acciones y procesos que integran ganadería y agricultura para obtener productos de alimentación humana que se comercializan y aportan al desarrollo económico (García et al., 2020), lo que hace posible la sostenibilidad en el tiempo, aunado a que nuevas tecnologías mejoran la productividad y reducen el impacto ambiental, pero también, distancian a la soberanía alimentaria, como principio de autonomía de esta.

Sin embargo, tecnología como la de precisión posibilita en la comunidad enfrentar desafíos de variabilidad de los mercados y los cambios climáticos, aunque la sostenibilidad agropecuaria no solo es integración de rentabilidad, conservación de recursos y bienestar social, sino que requiere políticas públicas de apoyo técnico responsable y sostenible para el sector.

Metodología

El estudio se desarrolló en el corregimiento de Santo Domingo, vereda de Villa Hermosa, ubicada en Florencia, Caquetá, Colombia, localizada entre la latitud 1°36'27.12''N y longitud 75°43'53.65''O. La investigación con enfoque fenomenológico hermenéutico se enmarca en el paradigma del positivismo de corte descriptivo.

La fenomenología hermenéutica, como metodología de enfoque investigativo cualitativo, tiene su esencia en la descripción y la comprensión de experiencias vividas por los actores en sus propios contextos, para encontrar las causas que llevaron a la pérdida de la vocación agrícola. Se centra en la descripción y comprensión de las experiencias vividas por los individuos, buscando desentrañar sus significados y estructuras. Integra la fenomenología de Husserl (1913, como se cita en Lambert, 2006), que describe la esencia de los fenómenos (causas), con la hermenéutica de Heidegger (1926) y Gadamer (1998), que se fundamenta en la interpretación y comprensión de las causas en los contextos que les dieron origen.

En síntesis, la fenomenología describe la esencia de la experiencia vivida, a través del 'epojé' (sin juicios previos) (Fuster, 2019); la hermenéutica interpreta las causas y comprende el significado en el contexto propio de la comunidad rural (Iriarte-Pupo, 2020), en comprensión de las partes en la interpretación profunda en el círculo hermenéutico, que busca entender el significado de las experiencias desde la perspectiva de la persona que las vive (Quintana y Hermida, 2019), en las fases del todo el proceso: fase previa que acerca a la experiencia, fase descriptiva que recoge datos detallados de la experiencia y, la fase analítica e interpretativa analiza e identifica la temática, las categorías o cualidades y los patrones o modelos, indagando la comprensión profunda de la experiencia (Eulogía et al., 2023); de este proceso se identificaron 16 factores responsables de la baja producción agrícola en la Amazonía colombiana.

Descripción del problema

En esencia, la seguridad alimentaria está en alerta global cuando los cambios de clima, uso de suelo y la disminución de agua apta para la agricultura pronostican dificultades para la producción de alimentos en el año 2050, el cual tiene un estimado poblacional de 9.100 millones de personas (Pérez et al., 2018) y 9.700 millones (Banco Mundial, 2022). Desde ya, de 7.632,8 millones de personas del total poblacional del mundo, 821,4 están subalimentadas, 730,9 son pobres extremos, 2013,8 y 704,3 tienen inseguridad alimentaria moderada y grave respectivamente y, aunque en el mundo la pobreza extrema bajó de 54 % a 41 % entre 1990 y 2015, en África pasó de 277 a 413 millones de personas en extrema pobreza (FAO, 2019).

En América Latina, 209 millones de personas son pobres (33,7 %) y 78 millones de habitantes (12,5 %) son pobres extremos, con determinantes sociales de salud e inseguridad alimentaria en aumento (Naciones Unidas y Comisión Económica para América Latina y el Caribe [CEPAL], 2022). En Latinoamérica la inseguridad alimentaria aumentó de 129,9 a 191,7 millones de personas entre 2014 y 2020 (Centro Latinoamericano para el Desarrollo Rural, 2023). En Colombia, la pobreza llega a 21 millones de personas y la pobreza extrema a 7,4 millones de personas, aumentando de 9,6 % a 15,1 % (Salazar, 2021), aunque para el año 2023 se reportó en 11,4 % (DANE, 2024).

Por lo anterior, se investigó sobre ¿Cuáles son los factores que han afectado la agricultura en el Caquetá, por parte de las comunidades rurales con tierra y tradición en cultivos?

Resultados y discusión

El uso del suelo en predios suma cerca de 1.225 hectáreas (ha), que se distribuyen así: 77,4 % en pasturas, 12,13 % en bosques, 6,4 % en cultivos y 4,07 % en otros usos. El promedio de extensión de cada finca es de 20,1 ha, con un mínimo de 0,4 ha y un máximo de 80 ha. De ellas, el 70 % inició con producción agrícola, el 5,4 % con plantaciones forestales y un 24,6 % con sistemas ganaderos. En la actualidad, el 98,4 % se convirtieron en predios de ganadería extensiva.

Por análisis de conglomerados jerárquicos a partir de las variables económicas, sociales, políticas y ambientales aplicadas a las 61 fincas objeto de estudio en la comunidad de Villa Hermosa, el 43 % son sistemas agropecuarios de acumulación simple y el 57 % sistemas rurales de subsistencia. Al indagar, por las razones de pérdida de vocación agrícola, 16 factores fueron los más significativos, que en orden de importancia se indican en la Tabla 1.

Tabla 1

Causas negativas por las que los actores no cultivan y soluciones que plantean

Descripción de causas y soluciones		
Núm.	**Descripción de causas**	**Alternativas de solución**
1	Apoyos del gobierno mal orientados	Apoyos superiores condicionados a resultados
2	Dificultades de comercialización	Garantizar mercado y definir precios anticipados sobre una base de calidad
3	Vías y medios de comunicación insuficientes, defectuosos o ausentes	Trabajar recursos propios sin licencias privadas y participar a la comunidad (iniciativas de minga)

Descripción de causas y soluciones		
Núm.	**Descripción de causas**	**Alternativas de solución**
4	Proyectos de extensión rural deficientes y sin participación de la comunidad	Extensión rural integral y participativa (identificar prioridades y plantear alternativas de solución con y desde la comunidad)
5	Insumos agropecuarios con elevados costos	Controlar precios, mejorar sistemas de producción, eliminar tratados de libre comercio desiguales
6	Mínima producción agrícola	Promover agricultura con semillas nativas
7	Pereza de los habitantes rurales	Sistemas de producción efectiva
8	Alternativas de producción no agropecuaria	Al garantizar una buena compra y buen precio, se eliminan prácticas no agropecuarias.
9	Formas de producción no sostenible	Promover prácticas y saberes agroecológicos y ancestrales
10	Dificultad y desigualdad en acceso y tenencia de tierra	Minimizar dependencias en semillas, tecnologías e insumos.
11	Mínima convocatoria e incidencia rural en iniciativas para la comunidad	Promoción de manejo sostenible de recursos naturales renovables
12	Mínimo compromiso de entidades públicas con la producción agropecuaria	Aprovechamiento sostenible de la biodiversidad. Incentivos a la producción agrícola.
13	Inadecuadas formas de financiamiento	Facilitar procesos de acceso y tenencia de tierra (Sin excepción exigir 20 % en bosques, 40 % en agricultura de alimentos humanos y 40 % en otros usos; de no hacerlo, exigir impuestos elevados)
14	Nulos incentivos agropecuarios	Trabajar desde y con la comunidad

Descripción de causas y soluciones		
Núm.	**Descripción de causas**	**Alternativas de solución**
15	Deficientes sistemas de comunicación y formación (periodos cortos) agropecuaria	Formar a jóvenes rurales en prácticas productivas, ambientales, culturales, comerciales y organizativas.
16	Deficientes servicios de salud, educación agropecuaria (especialidad), vivienda rural...	Identificar con la comunidad prioridades y plantear soluciones (agua, saneamiento básico rural).

Tabla 2

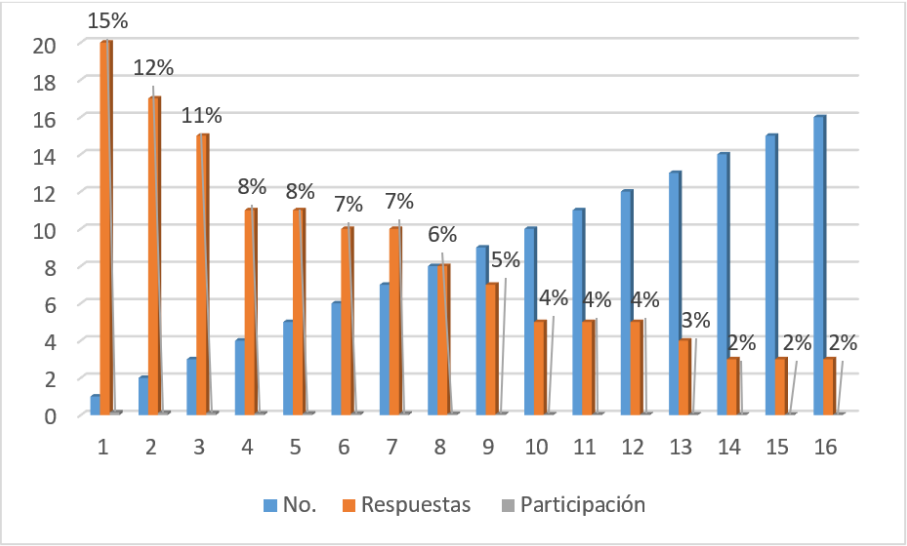
Frecuencia y participación de causas

Participación de los factores por número de respuestas					
F	**QR**	**P**	**F1**	**QR1**	**P1**
1	20	15 %	9	7	5 %
2	17	12 %	10	5	4 %
3	15	11 %	11	5	4 %
4	11	8 %	12	5	4 %
5	11	8 %	13	4	3 %
6	10	7 %	14	3	2 %
7	10	7 %	15	3	2 %
8	8	6 %	16	3	2 %
Total				137	100 %

Nota. F: Factor, QR: cantidad de respuestas, P: Participación, la adición del 1 indica que continúa.

Figura 2

Frecuencia y participación de causas



Los resultados señalan lentitud y rezago en el desarrollo de los sistemas agropecuarios en la Amazonía colombiana, por factores que los actores consideran como responsables de la escasa producción agrícola. Llama la atención como factor más sobresaliente, los subsidios del gobierno, identificados como apoyo mal orientado, porque reconocen los habitantes mayores que es el responsable del abandono del campo por parte de los jóvenes, que, aunque es poco y no sirve de mucho, los jóvenes lo acumulan para comparar una moto y con ello, migran a la ciudad a desempeñarse como moto taxistas o en palabras de ellos, a formar bandas delincuenciales; por ello proponen que el apoyo se debe dar, previo a exigir unas acciones en la comunidad, lo que favorecería la producción, si anticipadamente se fija un precio y el gobierno se obliga a comprar.

En general, la poca educación agrícola por parte de la comunidad, la dificultad para comercializar los productos, la falta de vías de acceso, la ausencia de proyectos agropecuarios construidos y planeados desde y con la comunidad y no desde el escritorio de funcionarios que no conocen las condiciones de la región, hacen que se generen otras alternativas de producción, entre las que se encuentran las actividades ilícitas.

Así, con recursos limitados, ausencia de apoyo institucional para subsanar las causas identificadas, se requieren acciones y políticas claras que permitan al Caquetá y a la Amazonía mejorar los sistemas de producción agrícola y protegerlos de actividades y modelos productivos no sostenibles; más aún, cuando se aumenta la deforestación, el uso excesivo de agroquímicos que demandan alternativas saludables para recuperar suelos y una distribución efectiva y equitativa de tierras para aumentar y condicionar la frontera agrícola.

Conclusiones

Las implicaciones de la baja producción agrícola en las comunidades rurales de la Amazonía colombiana continuarán en rezago si no se proponen soluciones a los factores de incidencia negativa en la vocación agrícola, toda vez que la comunidad está en un escenario improductivo y se está desaprovechando el potencial de las tierras y las ventajas que proporciona el lugar para contribuir con la seguridad y soberanía alimentaria, generar empleo e impactar positivamente en la calidad de vida de los habitantes.

Retornar la vocación agrícola en la comunidad y la región para la seguridad y soberanía alimentaria es posible, si mejoran las condiciones de rentabilidad y se facilita la comercialización de la producción agro a precios justos, se crean espacios de formación continua para los productores, se facilitan créditos flexibles, se promueve la agroindustria, se tecnifica la labor agrícola, se formulan y ejecutan políticas eficientes, se da visibilidad e importancia a la actividad agraria, para que varios aspectos mejoren si se garantiza la compra de productos agrícolas a un precio mínimo y se paga por calidad, como lo hacen los compradores de leche o café.

Referencias

Banco Mundial. (2022). Agricultura y alimentos. https://www.bancomundial.org/es/topic/agriculture/overview

Beltrán, Z., Mazo, S., Suárez, L. F. y Arévalo, V. A. (2023). Inseguridad alimentaria en Colombia. https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/notas-estadisticas/NotaEstadistica-FIES-DANE-FAO.pdf

Castillo, S. N. (2021). Fenomenología como método de investigación cualitativa: preguntas desde la práctica investigativa. *Revista Latinoamericana de Metodología de la Investigación Social, 10*(20), 7-18. https://www.relmis.com.ar/ojs/index.php/relmis/article/view/fenomenologia_como_metodo

Centro Latinoamericano para el Desarrollo Rural. (2023). Análisis de coyuntura COVID-19 en América Latina. https://www.rimisp.org/wp-content/uploads/2023/05/Analisis-Coyuntura-Impactos_COVID19_Guatemala-Mayo2023.pdf

Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). (2024). Pobreza y desigualdad. https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/pobreza-y-condiciones-de-vida/pobreza-monetaria

Eulogía, M. D., Pimentel, F. y Vallejo, U. C. (2023). Aporte de la Hermenéutica y la Fenomenología en la Investigación : Una reflexión teórica. *Ciencia Latina Internacional, 7*(3), 4064-4075. https://doi.org/https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i3.6466

Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (2021). The state of food security and nutrition in the world 2021. The world is at a critical juncture. https://www.fao.org/interactive/state-of-food-security-nutrition/2021/en/

Fuster, D. E. (2019). Investigación cualitativa: Método fenomenológico hermenéutico. *Propósitos y Representaciones, 7*(1), 201-229. https://doi.org/10.20511/pyr2019.v7n1.267

Gadamer, H.-G. (1998). *Verdad y Método II.* Ediciones Sígueme.

García, P. G., Parada, L. y Martín, J. Y. (2020). *Agricultura urbana en Teusaquillo, una experiencia educativa en medio de la pandemia*. Universidad Santo Tomás.

Heidegger, M. (1926). *Ser y Tiempo* (J. E. Rivera, Trad.). Escuela de Filosofía, Universidad ARCIS.

Iriarte-Pupo, A. J. (2020). Fenomenología-hermenéutica de la investigación formativa. El formador de formadores: de la imposición a la transformación. *Revista de Investigación, Desarrollo e Innovación, 10*(2), 311-322. https://doi.org/10.19053/20278306.v10.n2.2020.10722

Jurado-Mejía, A. G. (2023). *Estrategia de formación agropecuaria comunitaria para la seguridad y soberanía alimentaria de la comunidad rural de Villa Hermosa, corregimiento de Santo Domingo del municipio de Florencia-Caquetá* [Tesis doctoral, Universidad de la Amazonia]. https://chaira.uniamazonia.edu.co/Files/Biblioteca/Tesis/12990735X984.pdf

Jurado-Mejía, A. G., Pardo-Rozo, Y.-Y. y Hernández-Londoño, C. E. (2023). Tipificación de sistemas agropecuarios en el piedemonte amazónico colombiano. *Revista Facultad de Ciencias Económicas: Investigación y Reflexión, 31*(1), 31-51. https://doi.org/10.18359/rfce.6239

Lambert, C. (2006). Edmund Husserl: la idea de la fenomenología. *Teología y vida*, *47*(4), 517-529. https://dx.doi.org/10.4067/S0049-34492006000300008

Manen van, M. (2003). *Investigación educativa y experiencia vivida. Ciencia humana para una pedagogía de la acción y de la sensibilidad*. Ideas Books.

Mendoza-Barrientos, L. C., Quiroz-Valenzuela, R. J. y Aguilar-Janto, L. E. (2024). La inseguridad alimentaria en América Latina en la postpandemia: Revisión sistemática. *Revista Arbitrada Interdisciplinaria Koinonía*, *9*(17), 298-316. https://doi.org/10.35381/r.k.v9i17.3222

Naciones Unidas y Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). (2022). *Panorama Social de América Latina*. NU CEPAL.

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2019). El estado de la seguridad alimentaria y la nutrición en el mundo 2019. http://www.fao.org/publications/es

Pérez, V. A., Leyva, D. A. y Gómez, F. C. (2018). Desafíos y propuestas para lograr la seguridad alimentaria hacia el año 2050. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, 9*(1), 175-189. https://doi.org/10.29312/remexca.v9i1.857

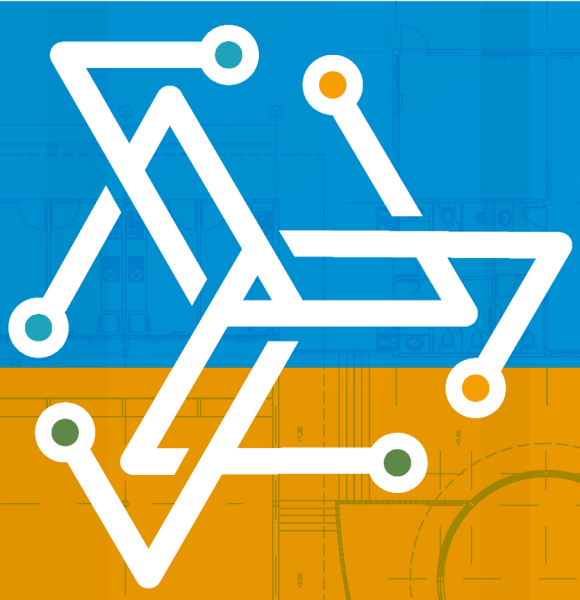
Portilla, E. M., Llanos, M., Gutiérrez, O. A., Llanos, A. y Martínez, T. J. (2024). Niveles de inseguridad alimentaria en los hogares y características asociadas en niños de 0 a 59 meses en Colombia. *Revista Salud Uninorte, 40*(2), 512-531. https://doi.org/10.14482/SUN.40.02.407.298

Quintana, L. y Hermida, J. (2019). La hermenéutica como método de interpretación de textos en la investigación psicoanalítica. *Revista de Psicología y Ciencias Afines, 16*(2), 73-80. https://doi.org/10.1177/160940691201100303

Rojas, L., Rojas, R. A. y Baylon, E. G. (2024). Factores de producción agrícola en el crecimiento económico de la Región Pasco durante el periodo 2012-2022. *Revista Aula Virtual, 5*(12), 817-841. https://doi.org/https://doi.org/10.5281/zenodo.13227892

Salazar, C. (2021, 30 de abril). Más de 21 millones de personas viven en la pobreza y 7,4 millones en pobreza extrema. *La República*. https://www.larepublica.co/economia/mas-de-21-millones-de-personas-viven-en-la-pobreza-y-74-millones-en-pobreza-extrema-3161813

Somashekar, K. S., Abhishek, G. J., Kumar, V., Tiwari, A., Lakra, T. S., Sangeeta, Kapoor, M., & Chauhan, B. (2024). Agroecology principles, practices, and their impact on sustainable food systems. *European Journal of Nutrition & Food Safety, 16*(9), 249-260. https://doi.org/10.9734/EJNFS/2024/V16I91544



Área temática:

Enseñanza e Ingeniería

Capítulo 10.

OVA como estrategia interactiva en la formulación de proyectos de investigación formativa

Rubén Darío Cárdenas Espinosa[1]
Diego López Franco[2]
Julio César Caicedo Eraso[3]

Cómo citar: Cárdenas Espinosa, R. D., López Franco, D. y Caicedo Eraso, J. C. (2025). OVA como estrategia interactiva en la formulación de proyectos de investigación formativa. En D. N Diaz Rosero, J. L. Huertas Delgado y F. C. Gómez Meneses (Comp.), *Aportes de la investigación y aplicación en ciencia e ingeniería* (pp. 81–83). Editorial Unimar. https://doi.org/10.31948/editorialunimar.316.c480

Resumen

El desarrollo de habilidades digitales es fundamental en la educación superior, particularmente en programas tecnológicos y de ingeniería impartidos en modalidad a distancia. Este artículo describe una estrategia pedagógica basada en un Objeto Virtual de Aprendizaje (OVA) interactivo orientado a mejorar competencias digitales y fortalecer la formulación de proyectos de investigación formativa. Se aplicó un diseño cuasi-experimental con pretest y postest, complementado por una encuesta de percepción. La intervención incluyó a 60 estudiantes divididos en tres grupos con distintos niveles de acompañamiento docente. Los resultados evidenciaron una mejora significativa en el desempeño académico, con una diferencia promedio de 1.6 puntos entre pretest y postest, y una correlación de Pearson de hasta 0.88 en el grupo con mayor apoyo. Además, el 85 % de los estudiantes percibieron el OVA como útil para adquirir nuevas competencias. Se concluye que la integración de OVA interactivos, especialmente cuando se combinan con apoyo docente, potencia el aprendizaje autónomo, colaborativo y significativo en entornos virtuales.

Palabras clave: estrategia interactiva, formulación de proyectos, habilidades digitales, investigación formativa, objeto virtual de aprendizaje (OVA)

[1] PhD. Information Technology, DSc. Cum Laude Electronic Engineering, PhD(c) en Ingeniería. Facultad de inteligencia artificial e ingeniería, Universidad de Caldas, Manizales, Colombia. TECSIS, Líder grupo de investigación ReNuevaTe ciencia Tecnología e Innovación; Facultad de inteligencia artificial e ingeniería, Universidad de Caldas, Manizales, Colombia; ruben.cardenas@ucaldas.edu.co

[2] Magíster en Educación y Magíster en Tecnologías digitales, PhD(c) en Ingeniería. Facultad de inteligencia artificial e ingeniería, Universidad de Caldas, Manizales, Colombia. SingBio, grupos de investigación GruCalPro; diego.lopez_f@ucaldas.edu.co

[3] Doctor en ciencias biomédicas; Profesor titular, Facultad de inteligencia artificial e ingeniería, Universidad de Caldas, Manizales, Colombia; Líder grupo de investigación GruCalPro, Universidad de Caldas, Manizales, Colombia; julioc.caicedo@ucaldas.edu.co

Introducción

La creciente digitalización de los entornos educativos ha impulsado la necesidad de desarrollar competencias digitales sólidas en los estudiantes universitarios, especialmente en carreras tecnológicas (Pagani et al., 2016). Los Objetos Virtuales de Aprendizaje (OVA) se han consolidado como herramientas clave para promover la personalización, la autonomía y la colaboración en procesos formativos virtuales (Mejía et al., 2020; Cárdenas et al., 2024). En este contexto, el presente estudio se propuso evaluar el impacto de un OVA interactivo en el desarrollo de habilidades digitales y en la calidad de los proyectos de investigación formativa. Las preguntas de investigación fueron: ¿Qué impacto tiene el uso de un OVA en el desarrollo de competencias digitales? ¿Cómo influye el acompañamiento docente en la efectividad del OVA?

Desarrollo del tema

Los OVA permiten a los estudiantes avanzar a su propio ritmo, fortaleciendo el aprendizaje personalizado (Mejía et al., 2020). Cuando se integran con herramientas de inteligencia artificial, su efectividad se amplía al adaptar los contenidos a necesidades individuales (Cárdenas et al., 2024). En el estudio se trabajó con una muestra de 60 estudiantes organizados en tres grupos: Grupo 1 (clases + OVA), Grupo 2 (solo OVA) y Grupo 3 (OVA con acceso limitado).

Se aplicaron instrumentos estandarizados, como cuestionarios de competencias digitales, rúbricas de evaluación de proyectos y encuestas de percepción. Las diferencias de rendimiento entre el pretest y el postest fueron estadísticamente significativas en los tres grupos ($p < 0.05$), con mejoras más pronunciadas en el Grupo 1, que recibió orientación docente ($t = 9.12$). El valor de correlación de Pearson más alto ($r = 0.88$) también correspondió a este grupo, evidenciando la importancia del acompañamiento pedagógico.

Los proyectos desarrollados abarcaron temáticas como inteligencia artificial, sostenibilidad, salud digital y educación interactiva, mostrando diversidad y aplicación práctica del conocimiento. Aquellos realizados en el Grupo 1 presentaron mayor coherencia metodológica y profundidad conceptual.

Conclusiones

La implementación del OVA permitió una mejora significativa en las competencias digitales de los estudiantes, reflejada en el aumento de sus calificaciones y en la calidad de los proyectos de investigación formulados. El acompañamiento docente fue un factor determinante para maximizar el impacto de la estrategia, lo cual coincide con investigaciones previas que destacan la relevancia del apoyo pedagógico en entornos digitales (Pérez-Escoda et al., 2016).

El OVA fue percibido positivamente por los participantes, aunque se identificaron desafíos técnicos que deben abordarse para garantizar equidad en el acceso. Este

estudio contribuye a la comprensión del papel de los OVA en la formación investigativa y digital, y plantea la necesidad de investigaciones longitudinales que evalúen el impacto a largo plazo de estas herramientas, así como su integración con tecnologías emergentes como la realidad aumentada y la inteligencia artificial.

Referencias

Cárdenas, R. D., Caicedo-Eraso, J. C. y Epifanía, A. D. (2024). Digital skills in the use of artificial intelligence tools for the formulation of formative research projects. *LatIA, 2*, 106. https://doi.org/10.62486/latia2024106

Mejía, K., Escoto, B., Barahona, J., & Flores, O. (2020). Designing a MOOC to prepare faculty members to teach on virtual learning environments in the time of COVID-19. En *2020 IEEE Learning with MOOCS (LWMOOCS)* (pp. 96-99) [Ponencia]. https://doi.org/10.1109/lwmoocs50143.2020.9234381

Pagani, L., Argentin, G., Gui, M., & Stanca, L. (2016). The impact of digital skills on educational outcomes: Evidence from performance. *Educational Studies, 42*(2), 1-26. https://doi.org/10.1080/03055698.2016.1148588

Pérez-Escoda, A., Castro Zubizarreta, A., & Fandos-Igado, M. (2016). *Digital Skills in the Z Generation: Key Questions for a Critical Approach*. Grupo Comunicar Ediciones.

Capítulo 11.

Las rúbricas y el aprendizaje basado en proyectos: una estrategia innovadora para la formación de Ingenieros[1]

Heriberto Fernando Vargas Losada[2]
Denis Lorena Álvarez Guayara[3]
Alejandro Geobanny Jurado Mejía[4]

Cómo citar: Vargas Losada, H. F., Álvarez Guayara, D. L, Jurado Mejía, A. G. (2025). Las rúbricas y el aprendizaje basado en proyectos: una estrategia innovadora para la formación de Ingenieros. En D. N Diaz Rosero, J. L. Huertas Delgado y F. C. Gómez Meneses (Comp.), *Aportes de la investigación y aplicación en ciencia e ingeniería* (pp. 84–90). Editorial Unimar. https://doi.org/10.31948/editorialunimar.316.c481

Resumen

La autoevaluación, como reflexión crítica, permite identificar sus fortalezas y debilidades promoviendo conciencia de su proceso de aprendizaje, la coevaluación implica un trabajo colaborativo y constructivo a través de los pares, y la heteroevaluación es el complemento y validez. Como resultado de esta propuesta, se presenta un crecimiento significativo en el desarrollo de competencias investigativas y técnicas, en donde los estudiantes, a través de trabajos colaborativos y de reflexión, critican su aprendizaje teniendo en cuenta el cumplimiento de los objetivos establecidos en los proyectos desarrollados bajo el ABP.

Se evidencia mayor compromiso, creatividad e innovación, aspectos clave en la formación de los ingenieros de sistemas. La evaluación a través de la sinergia de la autoevaluación, coevaluación y heteroevaluación y la implementación de rúbricas permite la comunicación de hallazgos, fomenta habilidades de exposición y argumentación, generando un compromiso activo por parte de los estudiantes bajo retroalimentación constante, alcanzando un alto desarrollo académico esencial para el ámbito profesional.

[1] Capítulo resultado del proyecto titulado: Estrategia didáctica mediada por las TIC para contribuir al fortalecimiento de las competencias en lógica algorítmica de los estudiantes de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de la Amazonia.

[2] Doctor en Educación y cultura ambiental, docente e investigador de la facultad de Ingeniería de la Universidad de la Amazonia. Florencia-Caquetá. Email: heri.vargas@udla.edu.co

[3] Doctoranda en Educación y cultura ambiental, docente e investigadora de la facultad de Ingeniería de la Universidad de la Amazonia. Florencia-Caquetá. Email: d.alvarez@udla.edu.co

[4] Doctor en Educación y cultura ambiental, docente e investigador de la facultad de Ingeniería de la Universidad de la Amazonia. Florencia-Caquetá. Email: a.jurado@udla.edu.co

En conclusión, la combinación de un enfoque evaluativo integrador con una metodología basada en proyectos representa una estrategia poderosa para la formación de los ingenieros, fortaleciendo las competencias técnicas dentro de un entorno dinámico y colaborativo. La utilización de las rúbricas asegura un proceso equitativo y comprensible que fortalece un aprendizaje activo orientado a resultados concretos y, de esta manera, cumplir con los objetivos educativos de las asignaturas desarrolladas.

Palabras clave: autoevaluación, coevaluación, heteroevaluación, rúbricas, ABP

Introducción

En el presente siglo, la formación de los ingenieros enfrenta desafíos complejos, ante los cuales se requiere desarrollar estrategias pedagógicas capaces de integrar aspectos teóricos y habilidades prácticas desde un contexto innovador que evalúe el futuro desempeño de estos profesionales. En el caso de la Ingeniería de Sistemas, se busca que los profesionales desarrollen competencias en pensamiento crítico, resolución de problemas y capacidades investigativas, para adaptarse a los nuevos avances tecnológicos, ya sea por lenguajes de programación, *frameworks*, librerías o cualquier elemento técnico, que hoy en día está en constante evolución (Castañeda-Solís et al., 2024).

Esta investigación se motivó por las distintas limitaciones que los sistemas evaluativos tradicionales poseen para caracterizar el perfil profesional de un ingeniero, ya que las metodologías tradicionales evaluativas se centran en una evaluación unidireccional y cuantitativa, desaprovechando la reflexión crítica y el aprendizaje colaborativo como potencial formativo. Por tal razón, el objetivo principal consiste en demostrar la implementación de un modelo evaluativo integrador fundamentado en el Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP) y el respaldo del uso de rúbricas como características en el desarrollo de competencias académicas e investigativas en los estudiantes de ingeniería de la Universidad de la Amazonia.

Algunos estudios previos que sustentan esta investigación están basados en los principios del constructivismo de Vygotsky, en donde la coevaluación facilita el aprendizaje colaborativo, como también las teorías de evaluación formativa de Scriven y la pedagogía crítica de Freire, que contribuyen al desarrollo del proceso formativo de los estudiantes. No se puede dejar a un lado el ABP, ya que estos presentan efectividad en la integración de conocimientos teóricos aplicados a la práctica, según Barrows y Tamblyn (1980).

La metodología establecida en esta investigación gira en torno a los ABP implementados inicialmente en las asignaturas del área de socio-humanística del programa de Ingeniería de Sistemas de la Universidad de la Amazonia, fundamentados en cinco fases: definición, planificación, ejecución, evaluación y presentación, creando de esta manera un ciclo de aprendizaje experiencial. Con ello se busca formar ingenieros capaces de enfrentar problemáticas dinámicas que deben resolver con el aprendizaje de competencias técnicas y complementarse con

habilidades comunicativas, trabajo colaborativo y pensamiento crítico, evaluadas en su formación con rúbricas que presenten transparencia y objetividad, garantizando equidad del proceso evaluativo.

Desarrollo del tema

Fundamentos teóricos de la evaluación integral

La complementariedad de las tres perspectivas evaluativas (Auto, Co y Hetero) en el contexto educativo contribuye de forma significativa al proceso de valoración del aprendizaje. En la autoevaluación, los estudiantes desarrollan conciencia sobre su aprendizaje y son capaces de identificar fortalezas y autonomía de mejora (González-Pérez y Ramírez-Montoya, 2022). De esta manera, se busca una autorregulación y responsabilidad académica.

Por otra parte, la coevaluación es la valoración mutua entre pares, ganando así, el desarrollo de habilidades críticas y analíticas, fortaleciendo el trabajo colaborativo. Bajo esta modalidad, el estudiante obtiene distintas perspectivas de lo evaluado, lo que fundamenta el desarrollo de capacidades de análisis crítico para su formación (González-Pérez y Ramírez-Montoya, 2022).

La heteroevaluación, realizada de forma tradicional por el docente, aporta la perspectiva experta y la validación académica que garantiza la calidad a nivel de estándares en la formación. Su mayor valor es reflejado con la integración de las dos modalidades anteriores, creando así un sistema evaluativo desde múltiples dimensiones del aprendizaje (Mercado-López y Escudero-Nahón, 2025).

Aprendizaje Basado en Proyectos en Ingeniería

Esta metodología constructivista sitúa a los estudiantes como la columna del proceso de aprendizaje a través del desarrollo de proyectos complejos que simulan desafíos reales. Para el caso de la Ingeniería de Sistemas, por su naturaleza, esta metodología es pertinente para la ejecución planteada desde la multidisciplinariedad (Castañeda-Solís et al., 2024).

El marco metodológico guiado por el ABP, estructura en sus dos fases finales, la evaluación y la presentación de sus resultados y para ello, previamente el estudiante debe haber definido la problemática y los objetivos del proyecto, para continuar con las estrategias de la planificación del desarrollo y los recursos necesarios para cumplir con lo propuesto; de esta forma, se fomenta la gestión de habilidades que deben tener los futuros profesionales (Silva-Ordoñez et al., 2021).

La implementación de proyectos como perfeccionamiento formativo de los ingenieros permite la práctica del conocimiento y el desarrollo de competencias técnicas y trasversales. Sumado a lo anterior, el proceso evaluativo con sus tres modalidades profundiza una reflexión crítica y un aprendizaje continuo que es reflejado en el desarrollo de habilidades comunicativas para su ejercicio profesional.

Rúbricas como herramientas de evaluación transparente

Los instrumentos de evaluación como las rúbricas operacionalizan criterios de calidad de forma explícita y comprensible, logrando así que los estudiantes y docentes posean un marco común de valoración de desempeño académico. Su implementación dentro del contexto de los ABP genera un alto grado de interés, debido a que las evaluaciones de proyectos multidisciplinarios integran diversas competencias laborales que deben ser procesadas de forma integral (Chen et al., 2023).

Las rúbricas reflejan el progreso en el desarrollo de las competencias específicas o transversales de los estudiantes, las cuales por medio del uso de criterios y definición de niveles de desempeño fundamentan el futuro desempeño profesional (Zhang et al., 2023).

Implementación en el contexto de la Universidad de la Amazonia

El caso de estudio desarrollado para esta investigación se basó en la experiencia ejecutada en las asignaturas del área socio-humanística del programa de Ingeniería de Sistemas de la Universidad de la Amazonia. Esta implementación se apoyó desde los acuerdos pedagógicos firmados con los estudiantes hasta la definición de las prácticas equilibradas con los contenidos teóricos, creando de esta forma un conjunto de competencias profesionales ideales para los futuros egresados (Rodríguez-Chueca et al., 2020).

La metodología empleada en este proceso educativo giró en torno a proyectos colaborativos que abordan problemáticas reales del contexto regional, nacional e internacional. Los estudiantes se organizaron en parejas y, en algunos casos, partieron de la construcción de revisiones de literaturas sobre bases de datos bibliográficas generales de alto impacto como Scopus, SciencDirect o Web of Science.

El sistema de evaluación se operacionalizó a través de la implementación de rúbricas, las cuales fueron diseñadas para cada fase de ejecución de las propuestas de trabajo, permitiendo valorar los productos como los procesos. La aplicación inicial de la autoevaluación permite que los estudiantes analicen su propio desempeño; con la coevaluación fomentan la retroalimentación constructiva de pares y la heteroevaluación confirma la validación del aprendizaje (Mercado-López y Escudero-Nahón, 2025).

Resultados e impactos observados

Los resultados obtenidos con el desarrollo de esta estrategia evaluativa evidenciaron diferentes impactos significativos. En el ámbito de competencias, se registró un crecimiento considerable en el desempeño de los futuros ingenieros de la Universidad de la Amazonia. Los datos de las pruebas Saber pro de los últimos años revelan un incremento en el desarrollo de competencias genéricas, así como un aumento progresivo en el número de graduados por esta modalidad de opción de grado en el programa. Según Helle et al. (2020), el crecimiento de las capacidades investigativas

de los estudiantes se manifiesta en la calidad de los proyectos desarrollados y de los resultados obtenidos en las pruebas definidas por la nación.

Otro aspecto es el compromiso estudiantil. Se evidencia una responsabilidad fuerte y progresiva a lo largo de cada una de las fases del desarrollo de los proyectos. La evaluación de la creatividad e innovación se fundamenta en criterios previamente estructurados y sistematizados en instrumentos de medición específicos, donde la socialización anticipada de estos criterios constituye una estrategia pedagógica que facilita la transparencia evaluativa y promueve la autorregulación del aprendizaje. Los momentos formativos de autoevaluación y coevaluación, al estar fundamentados en criterios conocidos y consensuados, trascienden su función calificativa para convertirse en mecanismos de retroalimentación constructiva que generan espacios de reflexión metacognitiva donde el estudiante desarrolla capacidades de autorregulación y pensamiento crítico, creando un ambiente de aprendizaje donde la toma de riesgos creativos se desarrolla dentro de marcos conceptuales claramente definidos que orientan la innovación hacia estándares de calidad académica específicos.

Las competencias comunicativas y argumentativas de los estudiantes son manifestadas de manera particular durante las sesiones de socialización de resultados, demostrando capacidad de estructurar y transmitir conceptos complejos con claridad discursiva y rigor argumentativo. El desarrollo de estas competencias comunicacionales constituye un componente fundamental en la formación profesional del ingeniero, considerando que la comunicación efectiva de propuestas y soluciones técnicas representa una competencia transversal indispensable para el ejercicio profesional en el campo de la ingeniería.

La incorporación de rúbricas en los procesos de evaluación ha transformado significativamente la experiencia educativa al promover una mayor transparencia y objetividad. Este enfoque sistemático ha logrado disminuir considerablemente la percepción de arbitrariedad en las calificaciones, mientras que simultáneamente ha fortalecido la comprensión que tienen los estudiantes acerca de los criterios y estándares académicos esperados. Además, el sistema de retroalimentación continua que facilitan las rúbricas se convierte en un catalizador del mejoramiento constante, fomentando el desarrollo de habilidades metacognitivas que permiten a los estudiantes reflexionar sobre su propio proceso de aprendizaje y autorregular su desempeño académico; de esta forma, se cambia de una nota cuantitativa a una nota formativa.

Conclusiones

La sinergia entre el ABP y las rúbricas para una evaluación integral, constituye una estrategia pedagógica efectiva en la formación multidisciplinar de los ingenieros. Esto se viene reflejando en los resultados obtenidos del programa de Ingeniería de Sistemas de la Universidad de la Amazonia a través de las pruebas Saber Pro de los últimos años; estos efectos son validados con el número de nuevos profesionales graduados bajo esta modalidad institucional, reflejando la potencialidad de competencias técnicas y habilidades transversales, fomentando el pensamiento crítico y las capacidades comunicativas demandadas en el mercado laboral actual.

El éxito de esta estrategia dependió de tres pilares fundamentales: el compromiso institucional desde el contexto normativo, la capacitación del cuerpo docente y, la disponibilidad de recursos técnicos e infraestructura apropiados para su implementación. Para cumplir con lo propuesto se requiere una inversión considerable por todos los actores y los resultados obtenidos en calidad educativa que justifican este esfuerzo; además, generan un impacto transformador en la formación de ingenieros. Estos profesionales pueden liderar procesos de innovación tecnológica y generar soluciones apoyadas en un desarrollo social y económico para la región, el país o el mundo.

Referencias

Barrows, H. S., & Tamblyn, R. M. (1980). *Problem based learning: an approach to medical education*. Springer.

Castañeda-Solís, L., García-Martínez, J. A., & Villegas-González, C. (2024). Project-based learning effectiveness in engineering education: A systematic review of recent implementations. *Journal of Engineering Education, 113*(2), 245-268. https://doi.org/10.1002/jee.20485

Chen, X., Wang, M., & Liu, S. (2023). Rubrics in higher education: An exploration of undergraduate students' understanding and perspectives on assessment transparency. *Assessment & Evaluation in Higher Education, 48*(7), 1142-1158. https://doi.org/10.1080/02602938.2023.2299330

González-Pérez, L. I., & Ramírez-Montoya, M. S. (2022). Self-regulation and peer assessment in project-based learning: A mixed-methods study in engineering education. *Computers & Education*, 178, 104-118. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2021.104395

Helle, L., Tynjälä, P., Olkinuora, E., & Lonka, K. (2020). Forms of implementation and challenges of PBL in engineering education: A review of literature. *European Journal of Engineering Education, 45*(3), 381-400. https://doi.org/10.1080/03043797.2020.1718615

Mercado-López, E. P., & Escudero-Nahón, A. (2025). Self-assessment, hetero-assessment, and co-assessment as learning evaluation strategies within the flipped classroom. *Pensamiento Americano*, *18*(36), e-806. https://doi.org/10.21803/penamer.18.36.806

Rodríguez-Chueca, J., Molina-García, A., García-Aranda, C., Pérez, J., & Rodríguez, E. (2020). Understanding sustainability and the circular economy through flipped classroom and challenge-based learning: An innovative experience in engineering education. *Environmental Education Research, 26*(2), 238-252. https://doi.org/10.1080/13504622.2019.1705965

Silva-Ordoñez, I., García-Molina, M., & Domínguez-Quintero, A. M. (2021). Project-based learning in an engineering-design course: Developing mechanical-engineering graduates for the world of work. *Procedia Manufacturing, 51*, 1456-1463. https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.10.203

Zhang, L., Park, S., & Kim, J. (2023). Effectiveness of rubric-based assessment in engineering education: A meta-analysis of recent studies. *Educational Assessment, 28*(4), 289-308. https://doi.org/10.1080/10627197.2023.2185432

Área temática:

Ingeniería, Informática y computación

Capítulo 12.

Aplicativo móvil para monitoreo y control de hábitos del sueño en jóvenes universitarios

Lina María Nieto Alarcón[1]
Julio César Caicedo Eraso[2]
Luis Fernando Mejía Gutiérrez[3]

Cómo citar: Nieto Alarcón, L. M., Caicedo Eraso, J. C. y Mejía Gutiérrez, L. F. (2025). Aplicativo móvil para monitoreo y control de hábitos del sueño en jóvenes universitarios. En D. N Diaz Rosero, J. L. Huertas Delgado y F. C. Gómez Meneses (Comp.), *Aportes de la investigación y aplicación en ciencia e ingeniería* (pp. 92–94). Editorial Unimar. https://doi.org/10.31948/editorialunimar.316.c482

Resumen

El proyecto busca mejorar los hábitos de sueño y la salud mental de jóvenes universitarios en Colombia mediante el desarrollo de una aplicación móvil innovadora. Sus principales objetivos son diseñar una metodología computacional basada en principios de polisomnografía, desarrollar una aplicación que analice patrones de sueño y ofrezca recomendaciones basadas en el análisis de los datos y, evaluar su efectividad en un estudio piloto. El alcance incluye no solo el desarrollo tecnológico, sino la capacitación de estudiantes, la generación de conocimiento científico y la sensibilización social sobre la importancia del sueño.

La metodología combina enfoques de recolección de datos con dispositivos portátiles, análisis mediante algoritmos de aprendizaje automático, todo bajo un esquema ágil Scrum. Entre los resultados esperados destaca el desarrollo de un prototipo funcional, publicaciones científicas, formación de talento humano y eventos de apropiación social. Además, se proyecta un impacto significativo en la calidad de vida de los estudiantes universitarios.

[1] Estudiante de Ingeniería de Sistemas y Computación, Universidad de Caldas, Manizales, Colombia; integrante semillero de investigación SingBio, Universidad de Caldas, Manizales, Colombia. Correo electrónico: lina.nieto22243@ucaldas.edu.co

[2] Doctor en Ciencias Biomédicas; profesor titular, Facultad de Inteligencia Artificial e Ingeniería, Universidad de Caldas, Manizales, Colombia; líder grupo de investigación GruCalPro, Universidad de Caldas, Manizales, Colombia. Correo electrónico: julioc.caicedo@ucaldas.edu.co

[3] Magíster en Ciencias de los Alimentos; profesor titular, Facultad de Inteligencia Artificial e Ingeniería, Universidad de Caldas, Manizales, Colombia. Correo electrónico: luis.mejia_g@ucaldas.edu.co

Palabras clave: sueño saludable; salud mental; jóvenes universitarios; aplicación móvil; aprendizaje automático; polisomnografía; bienestar emocional; intervención tecnológica

Introducción

En Colombia, los trastornos del sueño y sus consecuencias en la salud mental se han convertido en una preocupación creciente, especialmente entre la población universitaria joven. La combinación de alta presión académica, demandas sociales y cambios en los estilos de vida ha provocado un aumento significativo de casos de malos hábitos de sueño que afectan su diario vivir, su desempeño académico y las relaciones interpersonales de los estudiantes. Estudios han demostrado que la falta de sueño adecuado debilita la capacidad de concentración, la memoria y la capacidad de gestionar las emociones de manera adecuada.

El proyecto surge como respuesta a esta necesidad urgente, proponiendo una solución tecnológica basada en la combinación de herramientas computacionales avanzadas y principios de polisomnografía para monitorear, analizar y mejorar la calidad del sueño de los jóvenes universitarios. Con un enfoque de investigación aplicada, se plantea diseñar y desarrollar una aplicación móvil capaz de recolectar datos a través de dispositivos portátiles, procesarlos mediante algoritmos de aprendizaje automático y ofrecer recomendaciones personalizadas. Esta propuesta no solo tiene el objetivo de intervenir directamente en los hábitos de sueño, sino también de generar conocimiento científico y estrategias educativas que puedan ser replicadas en otros contextos.

Desarrollo del tema

El proyecto se centra en implementar una metodología computacional innovadora para mejorar la calidad de sueño y con ello, la salud mental de jóvenes universitarios en Colombia. Para lograrlo se desarrollará una aplicación móvil que utiliza dispositivos portátiles para recolectar datos sobre patrones de sueño y, mediante algoritmos de aprendizaje automático, genera recomendaciones personalizadas adaptadas a cada usuario. La investigación parte del reconocimiento de que la calidad del sueño entre los jóvenes universitarios en Colombia se ha deteriorado notablemente, afectando su salud mental y física. Factores como el estrés académico, los cambios en las rutinas diarias, el uso excesivo de dispositivos electrónicos y los desafíos emocionales postpandemia han agudizado los problemas en la calidad del sueño.

La metodología sigue un enfoque de investigación aplicada, organizada en fases: diagnóstico inicial, diseño y desarrollo de la app, pilotaje con estudiantes, análisis de resultados y ajuste del prototipo. Esta metodología combina la recolección de datos, el procesamiento avanzado mediante algoritmos y la implementación de intervenciones personalizadas, como rutinas de descanso y técnicas de relajación. Se espera obtener como resultados, una fase inicial de la aplicación, publicaciones científicas sobre el impacto del proyecto, formación de estudiantes en áreas de tecnología aplicada al bienestar y actividades de sensibilización social. Este proyecto no solo aporta soluciones tecnológicas innovadoras al campo del sueño y la salud

mental, sino que genera un impacto positivo a nivel académico y social, ofreciendo herramientas escalables para otras poblaciones vulnerables.

Conclusiones

El desarrollo de una metodología computacional para monitorear y analizar el sueño en jóvenes universitarios representa una oportunidad valiosa para identificar los patrones que afectan su descanso y rendimiento académico. Aunque la aplicación móvil aún se encuentra en fase de diseño y desarrollo, se ha comprobado que es técnicamente viable y tiene el potencial de ser una herramienta práctica y accesible, capaz de ofrecer sugerencias ajustadas a las necesidades individuales de los estudiantes. Se espera que, una vez evaluada en su fase piloto, pueda demostrar mejoras significativas en la calidad del sueño y contribuir a reducir factores como el estrés y la ansiedad. En conjunto, este trabajo valida la importancia de integrar tecnología, salud y educación, para construir soluciones innovadoras que, en el futuro, puedan beneficiar tanto a nivel individual como colectivo, generando un impacto positivo en el bienestar académico y social de los jóvenes universitarios en Colombia.

Capítulo 13.

Objeto Virtual de Aprendizaje interactivo, para potenciar el pensamiento computacional

Diego López Franco[1]
Rubén Darío Cárdenas Espinosa[2]
Julio César Caicedo Eraso[3]

Cómo citar: López Franco, D., Cárdenas Espinosa, R. D. y Caicedo Eraso, J. C. (2025). Objeto Virtual de Aprendizaje interactivo, para potenciar el pensamiento computacional. En D. N Diaz Rosero, J. L. Huertas Delgado y F. C. Gómez Meneses (Comp.), *Aportes de la investigación y aplicación en ciencia e ingeniería* (pp. 95–99). Editorial Unimar. https://doi.org/10.31948/editorialunimar.316.c483

Resumen

El propósito de este estudio fue desarrollar un Objeto Virtual de Aprendizaje (OVA) interactivo para potenciar el pensamiento computacional que mejore las competencias de creación de algoritmos y reconocimiento de patrones en población no programadora. La investigación se llevó a cabo con una muestra de 37 participantes de diferentes edades y niveles de experiencia en programación, quienes utilizaron el OVA en un entorno controlado. Se empleó un enfoque metodológico mixto, integrando análisis cuantitativos y cualitativos. Los resultados indicaron que el uso del OVA tuvo un impacto positivo en el desarrollo de las competencias evaluadas, con un desempeño superior en participantes con experiencia intermedia. Las pruebas estadísticas realizadas confirman la relevancia del OVA para potenciar el pensamiento computacional, destacándose como una herramienta eficaz para la enseñanza de ciencias de la computación. Se concluyó que este tipo de recursos educativos puede ser adaptado a diferentes niveles de formación, proporcionando un entorno interactivo que fomenta el aprendizaje autónomo y colaborativo.

Palabras clave: algoritmos, desarrollo, Objeto Virtual de Aprendizaje (OVA), pensamiento computacional, reconocimiento de patrones.

[1] Magíster en Educación y Magíster en Tecnologías digitales, PhD(c) en Ingeniería. Facultad de inteligencia artificial e ingeniería, Universidad de Caldas, Manizales, Colombia. SingBio, grupos de investigación GruCalPro; diego.lopez_f@ucaldas.edu.co,

[2] PhD. Information Technology, DSc. Cum Laude Electronic Engineering, PhD(c) en Ingeniería. Facultad de inteligencia artificial e ingeniería, Universidad de Caldas, Manizales, Colombia. TECSIS, Líder grupo de investigación ReNuevaTe ciencia Tecnología e Innovación; Facultad de inteligencia artificial e ingeniería, Universidad de Caldas, Manizales, Colombia; ruben.cardenas@ucaldas.edu.co

[3] Doctor en Ciencias biomédicas; Profesor titular, Facultad de inteligencia artificial e ingeniería, Universidad de Caldas, Manizales, Colombia; Líder grupo de investigación GruCalPro, Universidad de Caldas, Manizales, Colombia; julioc.caicedo@ucaldas.edu.co

Introducción

El pensamiento computacional (PC) se ha convertido en una competencia esencial para afrontar los retos de la sociedad digital, extendiéndose más allá del ámbito de la programación hacia disciplinas no técnicas (Soui y Haddad, 2023; Voskoglou, 2024). Su enseñanza, especialmente entre los programadores, enfrenta el desafío de presentar conceptos abstractos de forma accesible. En este contexto, los Objetos Virtuales de Aprendizaje (OVA) han demostrado ser herramientas efectivas para visualizar procesos complejos y promover el aprendizaje activo (Pellas, 2024). El objetivo principal de este estudio fue diseñar, implementar y evaluar un OVA interactivo que potencie habilidades fundamentales del pensamiento computacional —creación de algoritmos y reconocimiento de patrones— en una población diversa sin formación previa en programación.

Desarrollo del tema

Presentación

Los OVA son herramientas digitales que ofrecen experiencias interactivas y adaptativas para el aprendizaje. En este estudio, se desarrolló un OVA basado en principios constructivistas, incorporando retroalimentación inmediata, visualización algorítmica y escenarios prácticos (Moreno y Mayer, 2019). Las investigaciones previas han resaltado que estos entornos, cuando son adaptados según el nivel de experiencia del usuario, potencian competencias como la descomposición de problemas, la abstracción y la generalización de soluciones (Chansilp y Oliver, 2021; Lye y Ling-Koh, 2014).

El OVA fue implementado durante cuatro sesiones semanales en un entorno controlado, y su impacto fue evaluado mediante instrumentos cuantitativos (encuestas de desempeño y percepción) y cualitativos (observaciones y análisis temático). Las competencias analizadas incluyeron descomposición, abstracción, algoritmos y reconocimiento de patrones. Se observó que los participantes con experiencia intermedia lograron los mejores resultados en todas las competencias, destacando especialmente en el reconocimiento de patrones (M = 4.12), seguido por algoritmos (M = 4.00) y abstracción (M = 3.85).

Aplicación metodológica a partir del OVA

El OVA desarrollado a partir de los referentes anteriores se denominó: 'Estrategia didáctica interactiva virtual para el fomento de habilidades TIC y su relación con el pensamiento computacional'. Se construyó a partir de una revisión teórica amplia y actualizada, y tuvo como base el modelo integrado propuesto por Mahoney (2004, como se cita en Marquis, 2009), en el que se identifican y organizan variables fundamentales del PC en contextos mediados por tecnologías de la información y la comunicación. El diseño metodológico empleó un enfoque mixto que permite triangular datos cuantitativos y cualitativos, fortaleciendo la comprensión del fenómeno investigado.

En la Figura 1 se observa el diseño del OVA implementado en la plataforma LMS Moodle.

Figura 1

Interfaz OVA desarrollado



Desde la perspectiva metodológica, el uso de entornos virtuales y herramientas interactivas está alineado con los hallazgos de estudios recientes que promueven simulaciones inmersivas, juegos serios y laboratorios virtuales como medios efectivos para la enseñanza del PC (Kazimoglu et al., 2012; Cardoso et al., 2016; Basu et al., 2016).

Conclusiones

El OVA interactivo desarrollado mostró ser una herramienta eficaz para potenciar el PC, especialmente en habilidades como la creación de algoritmos y el reconocimiento de patrones. Se destaca la importancia de la visualización dinámica, la adaptabilidad del entorno y la interacción colaborativa como elementos clave para el éxito del aprendizaje. Aunque el mayor impacto se observó en usuarios con experiencia intermedia, se recomienda adaptar los contenidos y mecanismos del OVA para atender a principiantes y avanzados, promoviendo una enseñanza diferenciada. La Figura 2 presenta ejemplos de las actividades realizadas a partir del objeto virtual para la recolección e interpretación de los datos.

Figura 2

Actividades desarrolladas en el objeto virtual



Los hallazgos respaldan el uso de tecnologías emergentes en entornos educativos, y sugieren que el desarrollo de herramientas digitales interactivas puede cerrar brechas en el aprendizaje de conceptos computacionales complejos, fomentando la equidad educativa. Para investigaciones futuras, se recomienda evaluar el impacto longitudinal del OVA y su integración en programas curriculares más amplios.

Referencias

Basu, S., Biswas, G., & Kinnebrew, J. S. (2016). Learner modeling for adaptive scaffolding in a computational thinking environment. *Journal of Educational Psychology, 108*(3), 354-370.

Cardoso, J. P., Mellos, L., Schardosim, J. P., Pereira, J., Mafra, P. M., & Bento, J. (2016). Design and implementation of a remote lab for teaching programming and robotics. Education and Information Technologies, 21(2), 301–317.

Chansilp, N., & Oliver, M. (2021). Multimedia programming environments and their impact on novice learners. *Computers & Education, 161*, 104076.

Kazimoglu, C., Kiernan, M., Bacon, L., & MacKinnon, L. (2012). A serious game for developing computational thinking. *Procedia - Social and Behavioral Sciences, 47*, 1991–1999.

Lye, S. Y., & Ling-Koh, J. H. (2014). Review on teaching and learning of computational thinking through programming. *Computers in Human Behavior, 41*, 51-61.

Marquis, A., Warren, E. S. y Arnkoff, D. (2009). Michael J. Mahoney: Una retrospectiva. Journal of Psychotherapy Integration, 19 (4), 402-418. https://doi.org/10.1037/a0017971

Moreno, R., & Mayer, R. E. (2019). Interactive multimodal learning environments: Behavioral and cognitive effects. *Educational Psychology Review, 31*(2), 357-379.

Pellas, N. (2024). Enhancing computational thinking with tangible programming tools. *Journal of Educational Computing Research, 62*(1), 5-25.

Soui, M., & Haddad, Z. (2023). Personalized deep learning in education: Advances and ethical challenges. Computers & Education, 188, 104608.

Voskoglou, M. (2024). Computational thinking: Definitions, techniques, and educational applications. *Analysis and Metaphysics, 23*(1), 751-783.

Capítulo 14.

Aplicativo computacional con inteligencia artificial para el análisis de la ansiedad generalizada en jóvenes universitarios[1]

Juliana Chamorro Marín[2]
Julio César Caicedo Eraso[3]
Luis Fernando Mejía Gutiérrez[4]

Cómo citar: Chamorro Marín, J., Caicedo Eraso, J. C. y Mejía Gutiérrez, L. F. (2025). Aplicativo computacional con inteligencia artificial para el análisis de la ansiedad generalizada en jóvenes universitarios. En D. N Diaz Rosero, J. L. Huertas Delgado y F. C. Gómez Meneses (Comp.), *Aportes de la investigación y aplicación en ciencia e ingeniería* (pp. 100–102). Editorial Unimar. https://doi.org/10.31948/editorialunimar.316.c484

Resumen

Este proyecto tiene como objetivo, desarrollar una estrategia computacional de apoyo terapéutico que funcione como acompañamiento interactivo para facilitar la regulación emocional y mejorar la toma de decisiones en personas con ansiedad generalizada.

El alcance abarca la caracterización de niveles de ansiedad en jóvenes mediante el uso del instrumento psicométrico ISRA-B y el desarrollo de una solución tecnológica adaptable basada en inteligencia artificial. La metodología emplea técnicas ágiles como Scrum, incorporando el análisis de señales fisiológicas (EEG y frecuencia cardíaca), redes neuronales convolucionales para la detección de patrones y un sistema difuso como el Takagi-Sugeno-Kang para la clasificación de niveles de ansiedad.

Se espera como resultado principal, una plataforma funcional capaz de ofrecer recomendaciones personalizadas, mejorar la seguridad posdecisión y reducir la influencia negativa de la ansiedad. Los hallazgos iniciales se documentarán en un artículo científico e informe técnico, y se compartirán en congresos y publicaciones

[1] Capítulo resultado de la investigación titulada: *Aplicativo Computacional con Inteligencia Artificial para el Análisis de la Ansiedad Generalizada en Jóvenes Universitarios*, desarrollada desde el 20 de agosto de 2024 hasta el 28 de febrero de 2025, en el departamento de Caldas, Colombia.

[2] Estudiante de Ingeniería de Sistemas y Computación, Universidad de Caldas, Manizales, Colombia; Estudiante líder semillero de investigación SingBio, Universidad de Caldas, Manizales, Colombia. Correo electrónico: juliana.chamorro32053@ucaldas.edu.co

[3] Doctor en Ciencias biomédicas; Profesor titular, Facultad de Inteligencia Artificial e Ingeniería, Universidad de Caldas, Manizales, Colombia; Líder grupo de investigación GruCalPro, Universidad de Caldas, Manizales, Colombia. Correo electrónico: julioc.caicedo@ucaldas.edu.co

[4] Magíster en Ciencias de los Alimentos; Profesor titular, Facultad de Inteligencia Artificial e Ingeniería, Universidad de Caldas, Manizales, Colombia. Correo electrónico: luis.mejia_g@ucaldas.edu.co

académicas. Como conclusión sobresaliente, este proyecto busca sensibilizar a la comunidad sobre la importancia de la regulación emocional en la toma de decisiones, mostrando el potencial transformador de la inteligencia artificial en la salud mental.

Palabras clave: ansiedad; inteligencia artificial; gestión emocional; jóvenes universitarios; toma de decisiones; ansiedad generalizada.

Introducción

La ansiedad generalizada es un problema creciente entre los jóvenes universitarios, afectando su bienestar emocional, rendimiento académico y capacidad para tomar decisiones claras. Este proyecto surge de una motivación personal al descubrir que muchas experiencias compartidas por los compañeros reflejan dificultades comunes para gestionar la ansiedad en contextos académicos.

El objetivo es desarrollar una estrategia computacional basada en inteligencia artificial (IA) que actúe como acompañamiento interactivo para regular emociones y apoyar la gestión de la ansiedad. Usando el instrumento psicométrico ISRA-B, redes neuronales convolucionales y sistemas difusos como el Takagi-Sugeno-Kang, se busca construir un prototipo adaptable que combine datos fisiológicos, como EEG y frecuencia cardíaca, para ofrecer recomendaciones personalizadas.

Este proyecto se fundamenta en investigaciones recientes que muestran cómo la ansiedad distorsiona la percepción del riesgo, reduce la flexibilidad cognitiva y afecta los circuitos cerebrales relacionados con el control emocional (Yamamori y Robinson, 2023; Xu et al., 2020; Babaoglu et al., 2024).

Desarrollo del tema

El problema central que aborda este proyecto es el impacto de la ansiedad en distintos aspectos de la vida de los jóvenes universitarios, que afectan no solo su capacidad para tomar decisiones claras y efectivas, sino su bienestar emocional, social y académico. Como se muestra en estudios (Yamamori y Robinson, 2023; Xu et al., 2020), la ansiedad altera circuitos cerebrales clave, incrementa el sobrepensamiento y disminuye la flexibilidad cognitiva, llevando a elecciones menos racionales y a una menor seguridad posdecisión. Frente a este desafío, se plantea la necesidad de soluciones innovadoras que combinen enfoques tecnológicos y terapéuticos.

La metodología propuesta integra el uso del instrumento psicométrico ISRA-B para identificar niveles de ansiedad adaptativa, junto con tecnologías computacionales avanzadas. Se aplican redes neuronales convolucionales para detectar patrones complejos en señales fisiológicas (como EEG y frecuencia cardíaca) y sistemas difusos Takagi-Sugeno-Kang para clasificar los niveles de ansiedad de forma personalizada. El desarrollo sigue un enfoque ágil (Scrum), permitiendo ajustes iterativos conforme se recolecten datos relevantes. Esta combinación de IA y datos biométricos busca diseñar un prototipo adaptable capaz de acompañar al usuario en tiempo real, proporcionando recomendaciones específicas que lo ayuden a regular sus emociones durante procesos de toma de decisiones.

Los resultados esperados incluyen una plataforma funcional capaz no solo de identificar signos de ansiedad, sino también de ofrecer apoyo interactivo para mejorar la seguridad posdecisión, reducir la influencia negativa del estrés y actuar como herramienta preventiva, terapéutica y de acompañamiento diario (Das y Gavade, 2024; Jacobson y Nemesure, 2021). El aspecto más innovador de este proyecto radica en la combinación de señales fisiológicas con IA, lo que permite un análisis personalizado y en tiempo real de los estados emocionales del usuario.

Conclusiones

Si bien existen diversas formas de abordar la ansiedad en jóvenes universitarios, este proyecto propone una solución tecnológica que, desde la ingeniería, integra lo emocional y lo cognitivo para ofrecer apoyo personalizado que fortalezca su bienestar integral. Podemos afirmar que el desarrollo de una herramienta basada en IA representa un punto de partida innovador, capaz de analizar señales fisiológicas en tiempo real y generar recomendaciones ajustadas a las necesidades del usuario, combinando avances técnicos con aplicaciones prácticas para la salud mental.

Finalmente, este proyecto constituye un aporte interdisciplinario significativo, destacando cómo la tecnología puede abrir camino a soluciones cada vez más disruptivas, no solo para estudiantes universitarios, sino también para futuras aplicaciones en otras poblaciones y contextos.

Referencias

Babaoglu, E., Yalcinturk, A. A., Gures, E. E., Sipahi, A. Z., & Dogan, S. (2024). The effect of Qigong exercise on state anxiety levels of inpatients in psychiatric wards: A randomized controlled study. *Explore, 20*(6). https://doi.org/10.1016/j.explore.2024.103064

Das, K. P., & Gavade, P. (2024). A review of the efficacy of artificial intelligence for managing anxiety disorders. *Frontiers in Artificial Intelligence, 7.* https://doi.org/10.3389/frai.2024.1435895

Jacobson, N. C., & Nemesure, M. D. (2021). Using artificial intelligence to predict change in depression and anxiety symptoms in a digital intervention: Evidence from a transdiagnostic randomized controlled trial. *Psychiatry Research, 295.* https://doi.org/10.1016/j.psychres.2020.113618

Xu, P., Van Dam, N. T., van Tol, M. J., Shen, X., Cui, Z., Gu, R., Qin, S., Aleman, A., Fan, J., & Luo, Y. (2020). Amygdala–prefrontal connectivity modulates loss aversion bias in anxious individuals. *NeuroImage, 218.* https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2020.116957

Yamamori, Y., & Robinson, O. J. (2023). Computational perspectives on human fear and anxiety. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews, 144*. https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2022.104959

Capítulo 15.

Morphology evaluation of nylon 12 parts manufactured by laser sintering: finishes, surface, and mechanical cleanliness

Nick Harritson Meza Lozano[1]
Camilo Andrés Pérez Jiménez[2]
Alejandro García Rodríguez[3]

Cómo citar: Meza Lozano, N. H., Pérez Jiménez, C. A. y García Rodríguez, A. (2025). Morphology evaluation of nylon 12 parts manufactured by laser sintering: finishes, surface, and mechanical cleanliness. En D. N Diaz Rosero, J. L. Huertas Delgado y F. C. Gómez Meneses (Comp.), *Aportes de la investigación y aplicación en ciencia e ingeniería* (pp. 103–107). Editorial Unimar. https://doi.org/10.31948/editorialunimar.316.c485

Abstract

The main objective of this study was to analyze the surface morphology of Nylon 12 parts manufactured by selective laser sintering (SLS), comparing three manufacturing conditions: as-sintered parts (70% virgin powder and 30% recycled), sintered parts subjected to mechanical cleaning, and parts fabricated entirely with 100% recycled powder. The analysis used confocal microscopy to accurately characterize surface topography and roughness parameters.

The methodology included the production of samples using an industrial SLS printer, mechanical cleaning with ceramic microspheres, and roughness evaluation through parameters Sa, Sz, and Sdr.

The results showed that mechanical cleaning produced more homogeneous surfaces with lower roughness, while the exclusive use of recycled powder led to more irregular surfaces [2]. Furthermore, it was confirmed that visual inspection alone is insufficient to assess surface quality.

It is concluded that manufacturing and post-processing conditions significantly influence the mechanical and functional performance of the parts, making the use of advanced characterization techniques essential to ensure quality in industrial applications.

Keywords: additive manufacturing, selective laser sintering, mechanical cleaning, mechanical characterization, PA 12

[1] Ingeniero mecánico, Universidad Santo Tomás. Correo: nickmeza@usantotomas.edu.co
[2] Ingeniero mecánico, Universidad Santo Tomás. Correo: camiloperezj@usantotomas.edu.co
[3] Escuela tecnológica Instituto Técnico Central. Correo: alejandrogarciar@usantotomas.edu.co

Resumen

Este estudio tuvo como objetivo principal, analizar la morfología superficial de piezas de Nylon 12 fabricadas mediante sinterizado selectivo por láser (SLS), comparando tres condiciones de fabricación: piezas tal como sinterizadas (70 % polvo nuevo y 30 % reciclado), piezas sinterizadas sometidas a limpieza mecánica y piezas fabricadas con polvo 100 % reciclado. El análisis se realizó mediante microscopía confocal para caracterizar con precisión la topografía y los parámetros de rugosidad superficial Sa, Sz y Sdr.

Los resultados mostraron que la limpieza mecánica genera superficies más homogéneas y de menor rugosidad, mientras que el uso exclusivo de polvo reciclado produce superficies más irregulares. Además, se comprobó que la inspección visual no es suficiente para evaluar la calidad superficial.

Se concluye que las condiciones de fabricación y posprocesamiento influyen significativamente en el rendimiento mecánico y funcional de las piezas, siendo indispensable el uso de técnicas avanzadas de caracterización para asegurar su calidad en aplicaciones industriales.

Palabras clave: manufactura aditiva, sinterizado selectivo láser, limpieza mecánica, caracterización mecánica, PA 12

Introduction

Additive manufacturing, and in particular, selective laser sintering (SLS), has established itself as a key manufacturing technology in sectors such as automotive, medical, and aerospace, due to its ability to produce parts with complex geometries and competitive mechanical properties. One of the most commonly used materials in SLS is Nylon 12 (PA12), thanks to its balance of strength, flexibility, and thermal stability (Awad et al., 2020).

However, the surface quality of parts manufactured by SLS can vary significantly depending on multiple factors: the condition of the powder used (virgin or recycled), sintering conditions, and post-processing treatments applied. These variations affect not only the aesthetic appearance of the parts, but also critical properties such as mechanical strength, friction, and coating adhesion.

This study aims to comparatively analyze the surface morphology of parts manufactured under three different conditions: as-sintered, as-sintered followed by mechanical cleaning, and sintered with fully recycled powder. The analysis is conducted using confocal microscopy, enabling accurate surface characterization and topography.

Development of the topic

Materials and equipment

For this study's development, virgin and recycled polyamide 12 (PA12) powder were used as the base materials for fabrication samples. The parts were produced using an industrial selective laser sintering (SLS) printer, equipped with a CO_2 laser and a sintering parameter control system that guarantees the repeatability of the process. For mechanical post-processing, a mechanical cleaning booth with ceramic microspheres was used to modify the surface texture of the parts. The morphological characterization of the surfaces was carried out using a high-resolution confocal microscope, capable of generating three-dimensional maps and quantifying roughness parameters such as Sa (arithmetic mean roughness), Sz (maximum profile height), and Sdr (surface complexity index), which allowed a precise evaluation of the surface condition under each manufacturing condition.

Methodology

In the fabrication of parts by selective laser sintering (SLS), the surface finish affects both the visual perception and the functionality of the component. PA12, the base material of this study, is widely used in additive manufacturing, and its white color, combined with high light absorption, can create misleading perceptions about its true properties' morphology. This study aims to analyze such morphology under various finishing conditions, using confocal microscopy to assess surface morphology during different finishing process conditions.

For this purpose, three types of samples were fabricated:

- As-sintered: Piece obtained directly from sintering, with a mixture of 70% new powder and 30% recycled, without further treatments.
- Mechanical cleaning: The piece was sintered with the same proportion of powder and subjected to mechanical cleaning to modify its surface texture.
- Fully recycled sintered: Part manufactured exclusively with recycled powder, without additional treatments.

The samples were analyzed by confocal microscopy to characterize their surface morphology and evaluate the impact of the different manufacturing and post-processing processes.

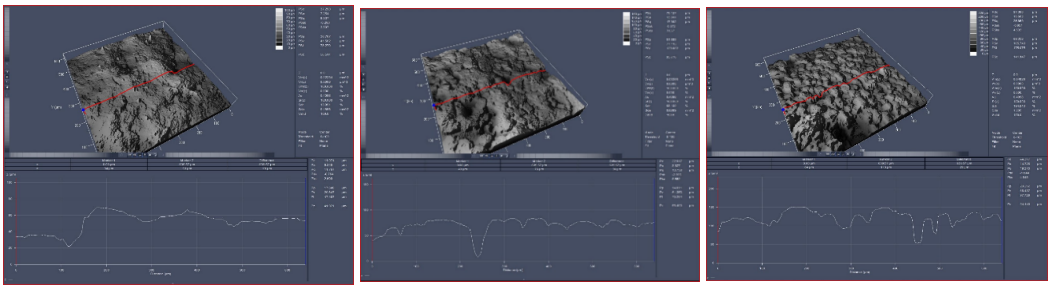
Results

Figure 1 illustrates the three surface conditions—as-sintered, mechanical cleaning, and fully recycled powder—and their impact on the appearance and surface structure of SLS-manufactured parts. Comparing these conditions provides deeper

insight into how different manufacturing and post-processing methods affect the morphological properties of Nylon 12, extending beyond mere visual assessment (Krupova et al., 2024).

Figure 1

Surface conditions



Note. Figure 1 presents the roughness profiles of Nylon 12 specimens manufactured by selective laser sintering (SLS). From left to right, the profiles correspond to mechanically cleaned, as-sintered (70% virgin, 30% recycled powder), and fully recycled powder conditions.

This study provides clearer insight into how surface finishing processes affect the properties of parts made using SLS. The findings show that visual perception alone is insufficient for evaluating surface quality because morphological differences can affect mechanical strength, friction, and coating adhesion. This information is essential for optimizing manufacturing parameters and ensuring that parts meet their intended functional requirements.

Conclusions

The surface morphological analysis conducted in this study reveals that the surface quality of Nylon 12 parts is greatly affected by SLS manufacturing and post-processing conditions. Samples that underwent mechanical cleaning showed more homogeneous surfaces with lower roughness, which is favorable for applications where aesthetics, friction, or adhesion of coatings are critical. In contrast, parts manufactured with 100% recycled powder showed more irregular surfaces, with greater dispersion in roughness parameters, which can compromise their mechanical and functional properties (Obst et al., 2018).

Additionally, it was found that visual inspection is not a reliable method for evaluating surface quality since relevant structural differences may be imperceptible to the naked eye. In this context, the use of advanced techniques such as confocal microscopy has become an essential tool for quality control in additive manufacturing. The obtained results allow us to optimize process parameters and establish more rigorous technical criteria to guarantee the performance and reliability of parts in demanding industrial environments (Tasch et al., 2018).

References

Awad, A., Fina, F., Goyanes, A., Gaisford, S., & Basit, A. W. (2020). 3D printing: Principles and pharmaceutical applications of selective laser sintering. *International Journal of Pharmaceutics, 586*, 119594. https://doi.org/10.1016/j.ijpharm.2020.119594

Krupova, H., Sternadelova, K., Mesicek, J., Ma, Q.-P., & Hajnys, J. (2024). Experimental evaluation of selectively laser-sintered polyamide 12 surface treatment for direct electrodeposition. *Progress in Organic Coatings, 186*, 107968. https://doi.org/10.1016/j.porgcoat.2023.107968

Obst, P., Launhardt, M., Drummer, D., Osswald, P. V., & Osswald, T. A. (2018). Failure criterion for PA12 SLS additive-manufactured parts. *Additive Manufacturing, 21*, 619–627. https://doi.org/10.1016/j.addma.2018.04.008

Tasch, D., Mad, A., Stadlbauer, R., & Schagerl, M. (2018). Thickness dependency of mechanical properties of laser-sintered polyamide lightweight structures. *Additive Manufacturing, 23*, 25-33. https://doi.org/10.1016/j.addma.2018.06.018



Área temática:

Sistemas Mecatrónicos

Capítulo 16.

Optimización de materiales para componentes de alta resistencia en el robot humanoide InMoov[1]

Cesar Augusto Calderón Cabrera[2]
Edison Javier Peña Figueroa[3]
David Esteban Ávila Ballen[4]
Luis Felipe Ardila Espitia[5]
Marco Antonio Jinete Gómez[6]

Cómo citar: Calderón Cabrera, C. A., Peña Figueroa, E. J., Ávila Ballen, D. E., Ardila Espitia, L. F. y Jinete Gómez, M. A. (2025). Optimización de materiales para componentes de alta resistencia en el robot humanoide InMoov. En D. N Diaz Rosero, J. L. Huertas Delgado y F. C. Gómez Meneses (Comp.), *Aportes de la investigación y aplicación en ciencia e ingeniería* (pp. 109–116).Editorial Unimar. https://doi.org/10.31948/editorialunimar.316.c486

Resumen

El artículo presenta la selección de materiales para la mejora de la resistencia y durabilidad mecánica de las partes que componen al robot humanoide InMoov. El estudio se realizó dentro del marco del proyecto CIBERCOM, una iniciativa dedicada a la innovación digital y educación inclusiva, que emplea el robot InMoov como una herramienta pedagógica para estimular el interés y la participación en distintos talleres formativos. Se realizó una evaluación comparativa de diversos materiales mediante ensayos mecánicos y se identificó el ácido poliláctico (PLA) con relleno de estructura tipo panal como referencia para la manufactura de impresión 3D. A su vez, se determinó que la fibra de carbono Hexcel AS4C presenta las características necesarias para los componentes sometidos a cargas críticas. El proceso de selección de materiales se fundamentó en criterios técnicos y cuantitativos, lo que terminó en la selección de la resina Tough 2000 para los componentes sujetos a grandes

[1] Capítulo resultado de la investigación titulada: *Optimización de materiales para componentes deaAlta resistencia en el robot humanoide, Universidad Piloto de Colombia*, desarrollada desde el 1 de febrero de 2021 hasta el 30 de noviembre de 2023, en la ciudad de Bogotá, Colombia.

[2] Estudiante de Ingeniería mecatrónica, Universidad Piloto de Colombia; integrante del semillero de investigación de procesamiento de imágenes 'OPEN CREATOR', Bogotá, Colombia. Correo electrónico: cesar-calderon@upc.edu.co

[3] Estudiante de Ingeniería mecatrónica, Universidad Piloto de Colombia; integrante del semillero de investigación de procesamiento de imágenes 'OPEN CREATOR', Bogotá, Colombia. Correo electrónico: edison-pena@upc.edu.co

[4] Estudiante de Ingeniería mecatrónica, Universidad Piloto de Colombia; integrante del semillero de investigación de procesamiento de imágenes 'OPEN CREATOR', Bogotá, Colombia. Correo electrónico: david-avila@upc.edu.co

[5] Estudiante de Ingeniería mecatrónica, Universidad Piloto de Colombia; integrante del semillero de investigación de procesamiento de imágenes 'OPEN CREATOR', Bogotá, Colombia. Correo electrónico: luis-ardila@upc.edu.co

[6] Magíster en Ingeniería- Automatización industrial, Universidad nacional de Colombia; docente investigador Universidad Piloto de Colombia, Bogotá, Colombia. Correo electrónico: marco-jinete@upc.edu.co

cargas mecánicas. Mediante la implementación de un robot interactivo en el proyecto CIBERCOM se busca impulsar el impacto pedagógico y, simultáneamente, fortalecer una red de colaboración tecnológica a nivel comunitario, potenciando las competencias locales a través de la aplicación de tecnologías accesibles y a bajo costo.

Palabras clave: materiales, innovación, educativo, simulación, selección

Introducción

El estudio se centra en la optimización de componentes para el robot humanoide InMoov, una plataforma de software abierto creada por el diseñador francés Gaël Langevin. El propósito original de InMoov era facilitar su duplicidad y adaptación por una comunidad global, fomentando la investigación e innovación sobre una base común, permitiendo de esta manera diversas personalizaciones y caracterizaciones, incentivando la creatividad en cada una de las réplicas del robot.

Manteniendo el enfoque altruista del proyecto, su implementación se articula con la iniciativa CIBERCOM, un programa enfocado en la innovación digital y la promoción de la educación inclusiva en la localidad de Ciudad Bolívar, Bogotá. CIBERCOM tiene como meta principal, el desarrollo de una estrategia digital que facilite la inclusión educativa y el acceso a recursos tecnológicos para las organizaciones sociales comunitarias. Una parte fundamental del proyecto es la utilización del robot InMoov como una herramienta pedagógica interactiva, diseñada para fomentar el interés científico y tecnológico para potenciar la participación activa, dirigida principalmente a la población infantil con contextos de vulnerabilidad socioeconómica, en distintos talleres de carácter formativo.

Mediante el uso de este sistema robótico, CIBERCOM aspira a maximizar el impacto educativo de sus talleres y, por consiguiente, a consolidar una red de colaboración tecnológica comunitaria, robusteciendo las capacidades locales con la adaptación de las tecnologías más accesibles y participativas.

Teniendo en cuenta este contexto, el presente artículo hace una importante contribución al proyecto CIBERCOM al documentar el proceso de selección y optimización de materiales, orientado a incrementar la resistencia estructural y la vida útil del robot InMoov, garantizando de esa forma su operación sostenida y eficaz en los distintos entornos educativos a los que estará expuesto. Adicionalmente, este trabajo contribuye como referencia técnica para la comunidad global de usuarios de InMoov, ofreciendo soluciones a desafíos comunes relacionados con la integridad estructural y la resistencia de sus partes y componentes. En resumen, esta investigación aporta al conocimiento técnico relevante para la comunidad global de InMoov y, de manera más específica, apoya a las causas comunitarias de promover el desarrollo y acceso a la educación para las poblaciones vulnerables en Bogotá.

Desarrollo del tema

Se empezó por una clasificación funcional de los componentes susceptibles de reemplazo, identificando tres grupos principales: estructurales, de movimiento y estéticos. Las piezas que se tendrán en cuenta son las que hacen parte de los grupos de estructurales y de movimiento, dado que son las que están sometidas a cargas y fuerzas.

Se llevó a cabo el estudio de los materiales candidatos, incluyendo al PLA y al Hexcel AS4C, y otros materiales como: Politetrafluoroetileno (PTFE), Poliamida 6 (PA6), Poliestireno Extruido (XPS), Polieteretercetona (PEEK) y la resina Tough 2000. Para cada uno de estos materiales, se evaluaron parámetros críticos como el peso, densidad, deformación y carga, realizando un análisis de comparación para identificar el material con el perfil de propiedades que mejor se adapte a los componentes seleccionados.

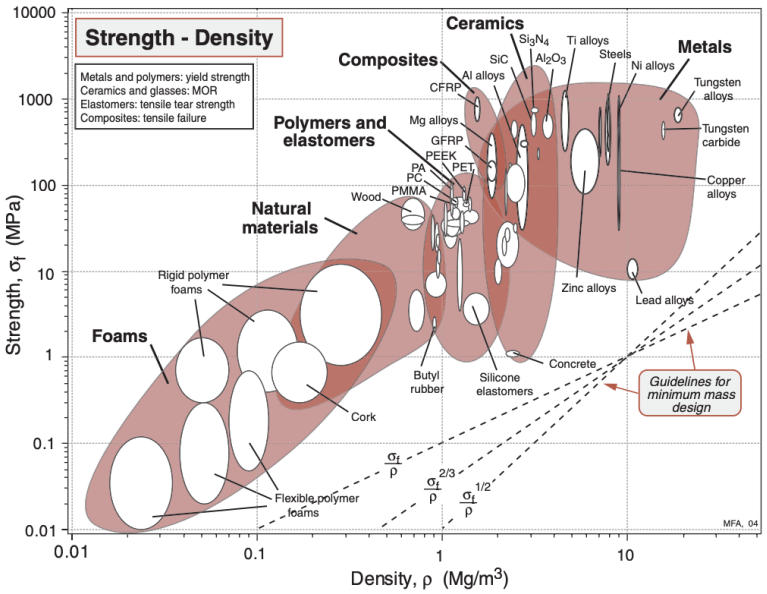
En la ingeniería de materiales, se utilizan diferentes técnicas para la selección de materiales, entre las que sobresalen el método empírico tradicional, el uso de diagramas de Ashby y el análisis cuantitativo ponderado. El método empírico se basa en la experiencia y conocimientos previos del ingeniero sobre la aplicación y comportamiento del material en distintos contextos. Los diagramas de Ashby son herramientas que permiten relacionar de manera gráfica múltiples propiedades de los materiales (ej., módulo de Young vs. densidad), facilitando la identificación visual de aquellos que cumplen con los rasgos solicitados. El análisis cuantitativo ponderado implica el definir criterios de selección, la asignación de pesos relativos a cada criterio según su importancia, evaluando cada material candidato frente a dichos criterios, finalizando con una puntuación global que facilite la decisión de qué material es mejor.

Para una selección adecuada del material, se establecieron los siguientes criterios técnicos:

- Baja densidad: minimizar la masa de los componentes, para no generar cargas adicionales al sistema.
- Alta resistencia a la compresión: capacidad de soportar cargas compresivas sin percibir daños o fracturas.
- Alta dureza superficial: resistencia al desgaste.
- Alta resistencia dieléctrica: se debe prevenir la conducción eléctrica, debido al potencial contacto con circuitos y componentes electrónicos.

Figura 1

Imagen representativa del mapa de Ashby que relaciona la fuerza y la densidad en los distintos grupos de materiales



Nota. Ashby (2016).

Tabla 1

Análisis comparativo de propiedades generales de familias de materiales

Grupo de material	Densidad (Mg/m^3)	Compresión (GPa)	Tenacidad ($GPa \cdot m^2$)	Resistencia eléctrica (Ωm)
Metales	3-15	10-500	0,02 – 0,15	10^{-8} - 10^{-6}
cerámicos	4-7	80-1000	0,0007 – 0,005	10^{-3} - 10^{-8}
Polímeros	0.8-2	1-8	0,0007 – 0,0016	10^{-3} - 10^{-8}

Nota. Ashby (2016).

Después de realizar el análisis preliminar, se puede descartar los metales, debido a su elevada densidad. Los materiales cerámicos, si bien es cierto que ofrecen una alta resistencia mecánica, presentan dificultades dada su baja maleabilidad y maquinabilidad; de ahí que sea difícil el procesamiento de pequeñas piezas, como las que son necesarias para el InMoov. En consecuencia, los polímeros son el grupo seleccionado para realizar un análisis a profundidad. Los polímeros seleccionados fueron:

- **Politetrafluoroetileno (PTFE)**: conocido comercialmente como teflón; se caracteriza por su baja densidad, buena resistencia química, bajo coeficiente de fricción y buenas propiedades dieléctricas.

- **Poliamida 6 (PA6)**: es un termoplástico de ingeniería que presenta una combinación buena de características, como: buena resistencia mecánica, rigidez, dureza, tenacidad, buena resistencia al desgaste y fácil mecanizado.

- **Poliestireno Extruido (XPS)**: es una variante del polímero expandido o icopor; posee buenas propiedades como ser buen aislante térmico, buen protector de humedad, y con resistencia mecánica y baja densidad; se suele utilizar en la industria de la construcción.

- **Polieteretercetona (PEEK)**: es un termoplástico semicristalino de alto rendimiento. Sus propiedades físicas lo catalogan como un material sobresaliente, debido a lo cual es utilizado en aplicaciones de alta exigencia.

- **Resina Tough 2000**: es una resina fotopolimerizable para estereolitografía (SLA); se caracteriza por una combinación de baja densidad, alta resistencia al impacto y a la tensión.

Tabla 2

Propiedades mecánicas y dieléctricas de los polímeros seleccionados

	Densidad (g/cm^3)	Tenacidad (MPa)	Compresión (MPa)	Resistencia dieléctrica (kV/mm)
Teflón	2.2	17.2	510	100
PA6	1.15	3450	2740	19.7
XPS	0.033	200	5	20
PEEK	1.34	4410	2970	36.5
Tough 2000	1,11	46	2200	18

Nota: Los datos fueron obtenidos de distintas bases y hojas de datos entregadas directamente por los fabricantes.

Es importante destacar que el material que sea seleccionado se utilizará exclusivamente para aquellos componentes que exhiben un desgaste acelerado o fallas prematuras, debido a la fuerza a la que está sometido y a las condiciones de operación. A continuación, se definen los criterios técnico-económicos para la evaluación de los materiales candidatos y se les asignará un valor de ponderación para el respectivo cálculo final.

Los criterios a tener en cuenta son: precio, tipo de procesamiento, peligro ambiental y apariencia estética; los pesos asignados son:

Precio: 3

- Tipo de procesamiento: 1
- Peligro ambiental: 2
- Apariencia estética: 2

Se dará una calificación de uno a cinco, dependiendo del desempeño del material en los criterios seleccionados, para después multiplicar la ponderación por el rendimiento y realizar la suma, con el fin de obtener el material con la mayor cantidad de puntos.

Tabla 3

Resultados del análisis cualitativo ponderado

Criterio	Ponderación	Material				
		Teflón	PA6	XPS	PEEK	Tough 2000
Precio	3	5	3	2	4	2
Tipo de procesamiento	1	3	3	3	3	5
Peligro ambiental	2	2	3	4	4	5
Apariencia	2	5	2	3	4	5
Total		24	24	23	31	31

Nota. Los materiales de mayor puntaje fueron el PEEK y el Tough 2000.

Los valores de ponderación fueron escogidos, principalmente, por la importancia que tenían dentro de la investigación y el contexto, en los cuales el número 1 significa poca importancia; el 2, importancia media y el 3, muy importante; por ejemplo, se le dio mayor importancia al precio, ya que debe ser financieramente viable, pero no se tomó en cuenta el tipo de procesamiento debido a que se tiene acceso a las distintas formas de fabricación. Después de asignar la calificación de cada material y realizar la operación, se obtuvo como material a escoger, el Tough 2000; esto significa que se utilizará el material en la fabricación de las nuevas piezas.

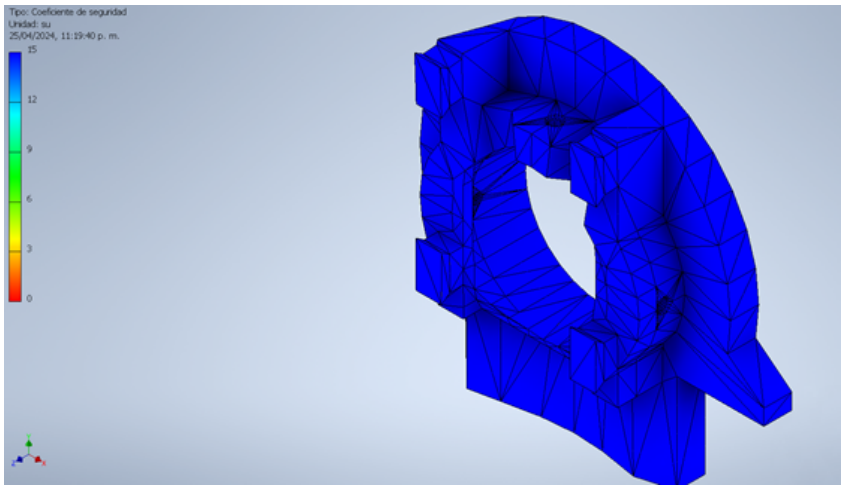
Se efectuaron simulaciones mediante el método de elementos finitos (MEF) utilizando el software *Autodesk Inventor Professional* para evaluar el comportamiento mecánico de los componentes fabricados con Tough 2000 bajo las condiciones de

carga, del cual se obtiene la distribución de tensiones equivalentes de Von Mises, los campos de desplazamiento y el factor de seguridad.

Los resultados de la simulación para el componente 'LeftPivMitV1' (Figura 2) indican una tensión máxima de Von Mises de 0.920 MPa, un desplazamiento máximo de 0.0088 mm y un factor de seguridad mínimo de 15. Estos valores sugieren un comportamiento estructural adecuado. Análisis análogos se realizaron para los componentes 'RotMitV3' y 'PivConnectorV1', que son los nombres de las piezas según la página oficial de Inmoov, las cuales hacen parte de la conexión entre la estructura del brazo y el tronco; por lo tanto, están unidas entre sí; sin embargo, no reciben cargas significantes para sufrir desgaste alguno.

Figura 2

Imagen de simulación de fuerzas sobre pieza estructural



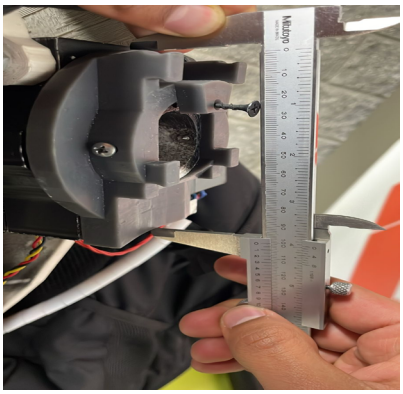
Nota. Creación propia (2022).

El análisis computacional indica que las tensiones máximas se encuentran dentro del límite elástico del material; los desplazamientos son de magnitud reducida y el factor de seguridad es consistentemente elevado (≥15). Estos resultados sugieren que la resina Tough 2000 posee las propiedades mecánicas adecuadas para los requerimientos de diseño.

Complementariamente, se planificó una validación experimental que incluyó la fabricación de los componentes con Tough 2000 y su sometimiento a ensayos funcionales en el ensamblaje del robot, evaluando el desempeño del brazo, la interacción con piezas adyacentes, la respuesta dinámica y la durabilidad.

Figura 3

Pieza impresa en Tough 2000



Nota. Creación propia (2022).

Conclusiones

Esta investigación surge de la necesidad de identificar un material ingenieril que posea las propiedades físicas adecuadas para satisfacer los requerimientos específicos de diseño. El propósito principal de este estudio es proponer un material alternativo que pueda sustituir eficazmente al PLA que había sido empleado originalmente.

En el marco metodológico de esta investigación, se evaluaron distintas opciones de materiales avanzados, tanto desde una perspectiva teórica como a través de pruebas experimentales. Como resultado de este proceso de análisis y validación, la resina Tough 2000 se destacó como la opción más prometedora; no solo cumplió satisfactoriamente con los criterios de desempeño definidos, sino que superó las expectativas, en términos de durabilidad, resistencia mecánica y estabilidad dieléctrica.

Los resultados obtenidos tras un año de uso continuo y seguimiento empírico respaldan sólidamente las predicciones derivadas de simulaciones computacionales y ensayos de laboratorio. Esta concordancia entre teoría y práctica reafirma la idoneidad de la resina Tough 2000 como un material viable y superior para reemplazar al PLA en las condiciones de uso evaluadas. En consecuencia, se recomienda su adopción para futuras implementaciones que requieren materiales con exigencias similares.

Referencias

Ashby, M. F. (2016). *Materials Selection in Mechanical Design* (5th ed.). Elsevier.



