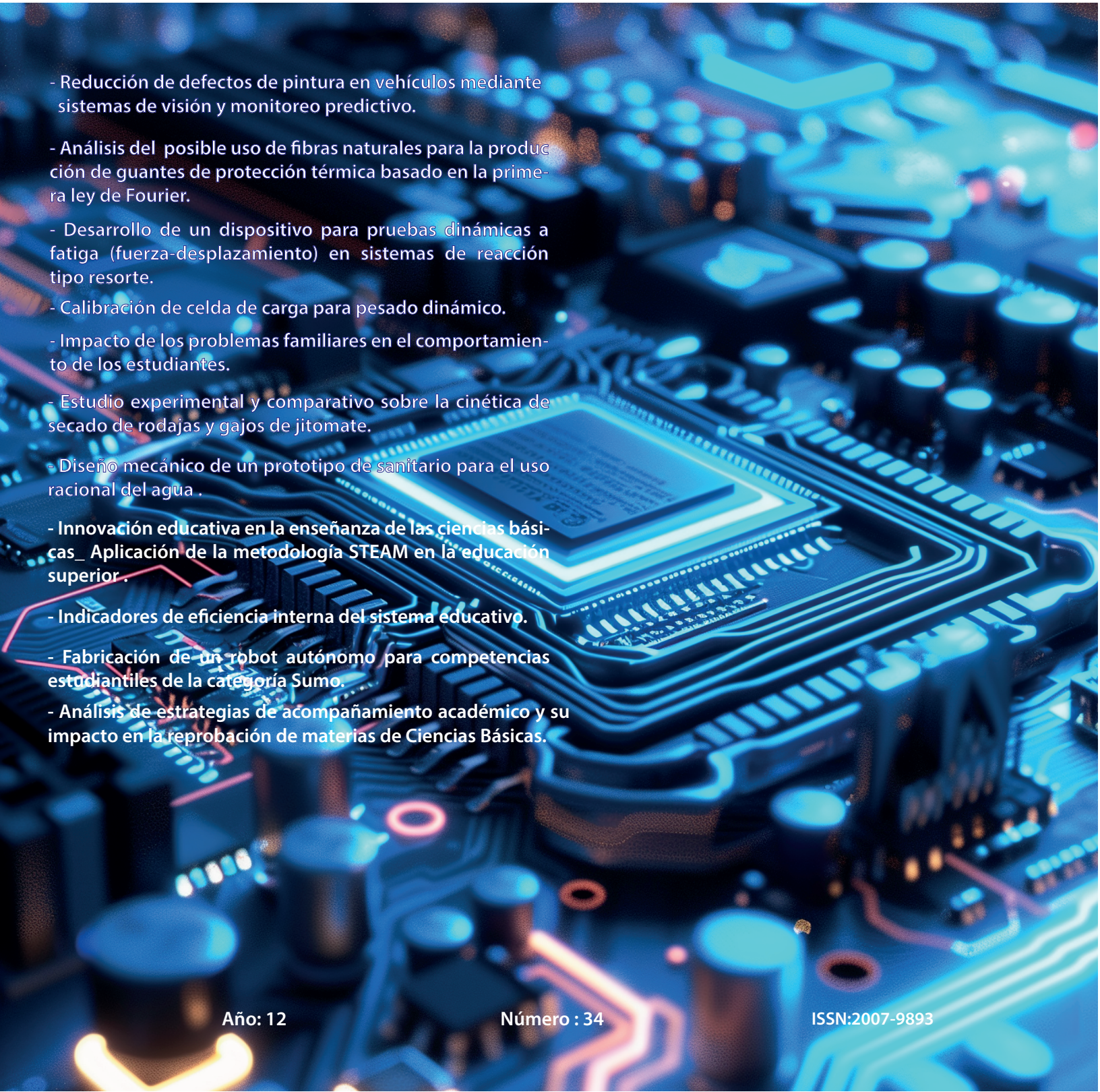
Revista
Capital Intelectual
Ciencia Tecnología Sociedad



- Reducción de defectos de pintura en vehículos mediante sistemas de visión y monitoreo predictivo.

- Análisis del posible uso de fibras naturales para la producción de guantes de protección térmica basado en la primera ley de Fourier.

- Desarrollo de un dispositivo para pruebas dinámicas a fatiga (fuerza-desplazamiento) en sistemas de reacción tipo resorte.

- Calibración de celda de carga para pesado dinámico.

- Impacto de los problemas familiares en el comportamiento de los estudiantes.

- Estudio experimental y comparativo sobre la cinética de secado de rodajas y gajos de jitomate.

- Diseño mecánico de un prototipo de sanitario para el uso racional del agua .

- Innovación educativa en la enseñanza de las ciencias básicas_ Aplicación de la metodología STEAM en la educación superior .

- Indicadores de eficiencia interna del sistema educativo.

- Fabricación de un robot autónomo para competencias estudiantiles de la categoría Sumo.

- Análisis de estrategias de acompañamiento académico y su impacto en la reprobación de materias de Ciencias Básicas.

Año: 12 Número : 34 ISSN:2007-9893

Revista Capital Intelectual
Ciencia Tecnología Sociedad

Directorio

Dr. Ramón Jiménez López
Director General Tecnológico Nacional de México

MC. Manuel Chávez Sáenz
Director de Institutos Tecnológicos Descentralizados

Lic. Juan Carlos Torres Cedillo
Secretario de Educación del Gobierno del Estado de San Luis Potosí.

Mtra. Jocelin Villagrán Rodríguez
Directora de Educación Media Superior y Superior de la SEGE

Lic. Luis Gerardo Aldaco Ortega
Director General del ITSSLP,C

Consejo Editorial

Ing. César Alejandro Rico Martínez
Encargado de la Dirección Académica del ITSSLP,C

Dra. Gabriela Rangel Ramírez
Encargada de la subdirección Académica del ITSSLP,C

Ing. Alberto Gil de Partearroyo Martínez
Encargado de la Subdirección de Vinculación del ITSSLP,C

Dra. Diana Leticia Espericueta González
Encargada de la Subdirección de Posgrado e Investigación del ITSSLP,C

REVISTA CAPITAL INTELECTUAL. Año 12. No. 34; Septiembre - Diciembre 2025 es una publicación cuatrimestral editada por el Instituto Tecnológico Superior de San Luis Potosí, Capital. Carretera 57 México – Piedras Negras Km 189+100 Tramo Querétaro – San Luis Potosí N° 6501 Villa de Pozos, San Luis Potosí, C.P. 78421 Tel. 444 8041220.https://slpotosicapital.tecnm.mx-//comunicacion-difusion/revista/ ; revista.captial.intelectual@gmail.com; Editor responsable: Dra. Gabriela Rangel Ramírez, Encargada de la Subdiección de Posgrado e Investigación. Reservas de Derechos al Uso Exclusivo No. 042014-073119354200-102, ISSN: 2007-9893; ambos otorgados por el Instituto Nacional de Derecho de Autor, Responsable de la última actualización de este número, Lic. Verónica del Rosario García Sánchez, Subdirectora de Vincualción del Instituto Tecnológico Superior de San Luis Potosí, Capital. Su objetivo principal es difundir el quehacer académico (investigación y docencia) del personal adscrito al ITSSLP,C, así como del personal del Tecnológico Nacional de México y otras instituciones de Educación Superior Nacionales y Extranjeras. Las opiniones expresadas por los autores no necesariamente reflejan la postura del Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico Superior de San Luis Potosí, Capital. Todo artículo publicado es responsabiloidad de los autores. Queda estrictamente prohibida la reporoducción total o parcial de los contenidos e imágenes de la publicación sin previa autorización del Instituto Tecnológico Superior de San Luis Potosí, Capital.

Editor

Dra. Diana Leticia Espericueta González

Encargada de la Subdirección de Estudios de Posgrado e Investigación del ITSSLP,C

Diseñadora

Lic. María de Lourdes Aranda Sánchez

ÍNDICE

Reducción de defectos de pintura en vehículos mediante sistemas de visión y monitoreo predictivo. 4

Juan Reyes Alba, Luis Emmanuel Correa Olvera

Análisis del posible uso de fibras naturales para la produc ción de guantes de protección térmica basado en la primera ley de Fourier. 12

Andrea Guadalupe Esparza Ramírez ,Wendy de Jesús Zavala Méndez , Rubicelia García Garnica, Ivonne Kado-Mercado Elías Verónica Elvira Salazar Muñoz

Desarrollo de un dispositivo para pruebas dinámicas a fatiga (fuerza-desplazamiento) en sistemas de reacción tipo resorte. 20

Victor Samuel Vilchis Bravo ,Benjamín Cruz Cruz ,Alfredo Chávez Luna ,Martín Oliva Rangel ,Jesús Eduardo Villagómez Orozco a

Calibración de celda de carga para pesado dinámico. 28

J.E. Villagómez Orozco, L.E. Correa Olvera , M. Oliva Rangel, V.S. Vilchis Bravo

Impacto de los problemas familiares en el comportamiento de los estudiantes. 34

Rubí Perla Cortes León ,Estrella Ivonne García Vega ,David Enrique Romero Soto ,Luis Antonio Pereda Jiménez

Estudio experimental y comparativo sobre la cinética de secado de rodajas y gajos de jitomate. 40

Walter Victorico Cruz Pérez ,Felipe García Ramírez ,Salvador Sosa Reyes

Diseño mecánico de un prototipo de sanitario para el uso racional del agua . 46

Malcom Irving Villanueva Portugal ,Marcos Octavio Osuna Armenta ,Margarita Soto Alcalá

Innovación educativa en la enseñanza de las ciencias básicas Aplicación de la etodología STEAM en la educación superior . 52

Omayra reynoso, Gerardo Reynoso. Azucena Martínez, Adriana Montoya castro, José Manuel Esparza

Indicadores de eficiencia interna del sistema educativo. 56

José Manuel Esparza Leyva ,Diana Leticia Espericueta González , José Francisco Ibarra Sánchez

Fabricación de un robot autónomo para competencias estudiantiles de la categoría Sumo. 61

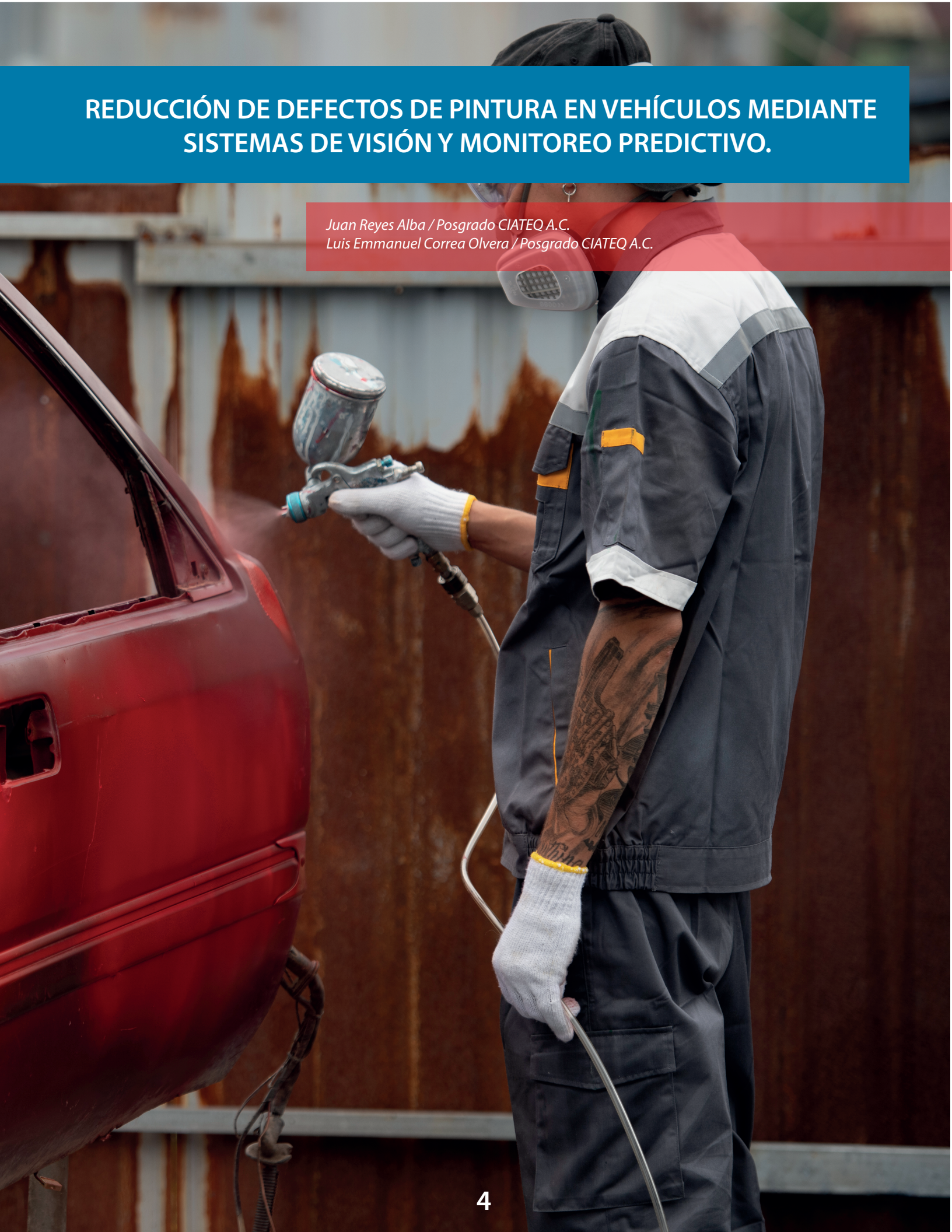
José Álvaro Vázquez Rivera , Jorge Omar Coreño Torres

Análisis de estrategias de acompañamiento académico y su impacto en la reprobación de materias de Ciencias Básicas. 66

Omayra reynoso, Gerardo Reynoso. Azucena Martínez, Adriana Montoya castro, José Manuel Esparza

REDUCCIÓN DE DEFECTOS DE PINTURA EN VEHÍCULOS MEDIANTE SISTEMAS DE VISIÓN Y MONITOREO PREDICTIVO.

Juan Reyes Alba / Posgrado CIATEQ A.C.
Luis Emmanuel Correa Olvera / Posgrado CIATEQ A.C.



ABSTRACT.

The application of paint in the automotive industry constitutes a critical stage of the manufacturing process, as it directly influences product quality, operating costs, and production efficiency. This study presents a technological solution based on the integration of a condition monitoring system (Condition Monitoring Toolkit, CMTK), designed for early fault detection in electric motors, and surface verification system (SVS), aimed at detecting and classifying defects. Over two consecutive four-month periods, 102,570 units were evaluated, with the same production volume maintained in both periods, in order to compare quality defects before and after the systems implementation. The results show a 53.65% reduction in defects attributable to environmental contamination, as well as a decrease in other defects generated during the paint application process in vehicles. These findings support the effectiveness of predictive maintenance strategies and surface verification system in paint processes within the automotive sector.

Keywords:
Automotive painting, manufacturing process, product quality, predictive maintenance, condition monitoring toolkit, automated vision system, defect detection, operational costs, production efficiency, environmental contamination.

RESUMEN.

La aplicación de pintura en la industria automotriz constituye una etapa crítica del proceso de manufactura, ya que influye directamente en la calidad del producto, los costos operativos y la eficiencia de producción. Este estudio presenta una solución tecnológica basada en la integración de un sistema de monitoreo de condiciones (CMTK), diseñado para la detección temprana de fallas en motores eléctricos y un sistema de verificación de superficies (SVS) destinado a la detección y clasificación de defectos. Se evaluaron 102,570 unidades durante dos periodos consecutivos de cuatro meses, manteniendo constante el volumen de producción en ambos periodos, con el fin de comparar los defectos de calidad antes y después de la implementación. Los resultados evidencian una disminución del 53.65% en los defectos asociados a la contaminación ambiental, así como una reducción en otros defectos generados durante la aplicación de pintura en los vehículos, lo que respalda la efectividad de las estrategias de mantenimiento predictivo y los sistemas de verificación de superficies en el sector automotriz.

Palabras clave:
Pintura automotriz, proceso de manufactura, calidad del producto, mantenimiento predictivo, kit de herramientas de monitoreo de condiciones, visión automatizada, detección de defectos, costos operativos, eficiencia de producción, contaminación ambiental.

INTRODUCCIÓN

La inspección de pintura representa una de las tareas más complejas dentro del ámbito de la visión artificial, debido a la variedad de superficies, colores y más de 25 tipos de defectos potenciales. En la industria automotriz, la calidad del acabado superficial no solo es relevante por motivos estéticos, sino también por papel en la protección contra la corrosión y otros agentes externos. La pintura, además de brindar valor visual, contribuye de manera directa a la durabilidad y vida útil del vehículo. Sin embargo, uno de los desafíos más significativos en el proceso de pintado es la presencia de partículas contaminantes dentro de las cabinas de pintura. Estas partículas generan defectos superficiales que afectan la uniformidad y adherencia del recubrimiento, lo que conduce a retrabajos, desperdicio de materiales y aumentos en los costos operativos.

En los últimos años, la industria automotriz ha adoptado tecnologías de visión artificial como herramienta clave para el control de calidad en procesos críticos como la pintura. Estudios han demostrado que el uso de cámaras de alta resolución, junto con algoritmos de machine learning, permite detectar defectos como cráteres, marcas de agua y suciedad superficial con alta precisión [1], [2]. También se ha analizado el impacto de factores como la iluminación, la óptica y los métodos de adquisición sobre el desempeño de los sistemas de inspección visual basados en visión artificial. [13]. El mantenimiento predictivo ha ganado relevancia gracias al desarrollo de sensores IoT y técnicas de análisis de vibración en la predicción de fallas en motores eléctricos y sistemas de ventilación. [3],[4]. Diversos estudios han documentado cómo estas tecnologías se integran dentro del enfoque de la industrial 4.0, destacando su impacto en la eficiencia operativa y reducción de costos. [9], [10], [11].

Aunque algunas plantas han incorporado sistemas de visión para inspecciones automatizadas, muchas de estas soluciones se enfocan únicamente en la detección superficial de los defectos, sin abordar las causas raíz, como las condiciones ambientales dentro de las cabinas de pintura. Estudios previos han demostrado que el mal funcionamiento de los extractores de aire puede alterar el flujo interno, favoreciendo la acumulación de contaminantes [5], [6], [7]. Esta acumulación incrementa el riesgo de defectos superficiales, comprometiendo la calidad final del producto.

Sin embargo, en la mayoría de estas soluciones se enfocan de manera aislada ya sea en la inspección de defectos o en el monitoreo de los equipos, sin integrar ambos enfoques. Esta separación limita la capacidad de identificar tanto la consecuencia (el defecto) como su causa raíz (fallos en extractores o condiciones ambientales). Esta brecha tecnológica representa una oportunidad importante para desarrollar soluciones integrales a entornos complejos como las cabinas de pintura de alta producción.

Frente a estas limitaciones, el presente artículo propone una solución compuesta por SVS para la detección y clasificación de defectos y CMTK para el monitoreo predictivo, orientado a evaluar en tiempo real el estado de los motores de extracción. El objetivo es mejorar significativamente la calidad del acabado superficial mediante la detección temprana de fallas y la prevención de condiciones adversas que generan contaminación ambiental dentro del proceso de pintado automotriz.

OBJETIVO GENERAL

Evaluar cuantitativamente el impacto de la implementación del sistema de detección y clasificación de defectos y el monitoreo predictivo en la reducción de defectos por contaminación ambiental en el proceso de pintado automotriz.

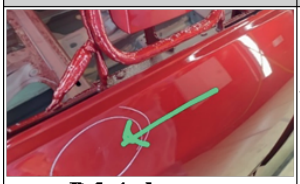
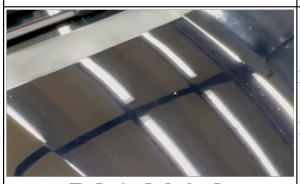
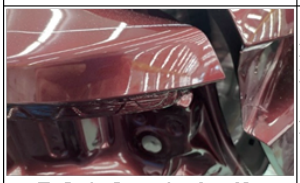
DESARROLLO DE CONTENIDOS

Investigar los factores que influyen en el uso de dispositivos móviles para compras en distintas plataformas, enfocándose en aspectos como usabilidad, seguridad y preferencias del consumidor, para entender cómo afectan la decisión de compra y así ofrecer recomendaciones que mejoren la experiencia móvil y promuevan su adopción en el comercio electrónico.
La solución propuesta en este artículo consiste en la integración de dos sistemas tecnológicos, el SVS y el CMTK, diseñados para garantizar la calidad del proceso de pintado automotriz y mejorar la eficiencia operativa.

El SVS fue diseñado para detectar y clasificar defectos superficiales en las diferentes etapas del proceso de pintura automotriz. El sistema utiliza cámaras de alta resolución, configuradas bajo condiciones de iluminación controlada y montadas estratégicamente a lo largo de la línea de producción, capaces de capturar 15 000 imágenes de cada vehículo inmediatamente después de ser pintado. Métodos similares han demostrado ser eficaces en la inspección de piezas pintadas, combinando rapidez con alta precisión mediante herramientas como MATLAB [14]. En la figura 1 se muestra el sistema SVS.

Aplicando los algoritmos adecuados, SVS procesa las imágenes adquiridas para detectar una amplia variedad de defectos, incluyendo: sellados, rayones, suciedad, marcas de agua, cráteres, ojos de pez, gotas de pintura, puntos de escoria, salpicaduras, fibras, pelos, etc. En la tabla 1 se muestran algunos tipos de defectos detectados.

Tabla I. Tipos de defectos superficiales detectados por el sistema de visión (SVS). (Elaboración propia)

Defecto	Descripción del defecto
 Defecto de cascara	Ocurre cuando partículas del ambiente, como polvo o fibras, se adhieren a la pintura húmeda, generando una superficie rugosa.
 Defecto de brisado	Ocurre cuando el pulverizado de la pintura se ve afectado por corrientes de aire, creando pequeñas gotas de pintura que se adhieren a la superficie de forma irregular.
 Defecto de contaminación	Se refiere a la presencia de partículas externas, como polvo, grasa o suciedad, que afecta la adherencia de la pintura y la calidad del acabado.
 Defecto de cráter	Se refiere a pequeños agujeros en la pintura debido a burbujas de aire atrapadas en la capa de pintura fresca.

Gracias al uso de aprendizaje automático, el sistema no solo identifica los defectos, sino que también los clasifica, lo que facilita su reparación. Cuando SVS detecta una imperfección, esta puede revisarse al instante en monitores. Este proceso reduce la fatiga visual y aumenta el tiempo disponible para corregir cuidadosamente la pintura.

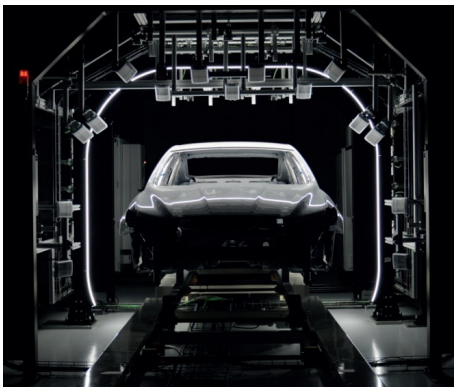


Figura 1. Sistema de detección y clasificación de defectos. (Elaboración propia)

SVS puede inspeccionar hasta el 98 % de la superficie externa de la carrocería, detectando y clasificando defectos de hasta 0,1 mm (0,004 pulgadas), con una tasa de detección superior al 99 % y una alta precisión de localización de hasta Ø4,0 mm, esencial para la reparación automática de defectos de pintura. Estudios previos han reportado resultados comparables (≈ 91 %) al combinar técnicas estadísticas con modelos de clasificación en aplicaciones similares [15].
Por su parte, el CMTK está orientado a supervisar en tiempo real el estado operativo de los extractores de aire ubicados en las cabinas de pintura. Este sistema emplea sensores inteligentes BCM0001 de Balluff, compatibles con el protocolo IO-Link, capaces de medir variables críticas como vibración, temperatura, humedad relativa y presión atmosférica. Esta herramienta se alinea con modelos de manufactura inteligente, los cuales destacan la importancia de sistemas flexibles y programables en entornos industriales complejos [12]. En la figura 2 se muestra la arquitectura del sistema CMTK.



Figura 2. Sistema CMTK.

Los datos recolectados se transmiten continuamente a una plataforma de visualización (dashboard), donde se presentan gráficas de tendencia, valores actuales y alertas automáticas si los parámetros exceden los umbrales establecidos. Ante la detección de condiciones fuera de especificación, el sistema emite notificaciones vía correo electrónico al equipo de mantenimiento, lo que permite la ejecución preventivas y evita la generación de condiciones propicias para la acumulación de partículas contaminantes. En la figura 3 se muestra el dashboard y visualización con monitoreo en tiempo real.

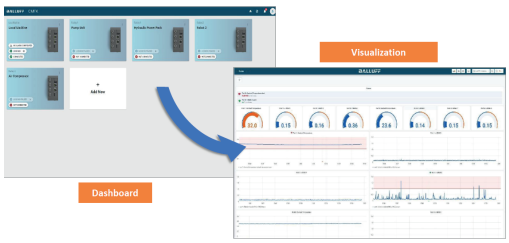


Figura 3. Dashboard y visualización en tiempo real.

Ambos sistemas operan de manera integrada dentro de la arquitectura de automatización de la planta. Mientras el SVS actúa como un sistema de control de calidad en línea, el CMTK funciona como un sistema de mantenimiento predictivo basado en condición. Esta sinergia tecnológica permite no solo detectar los defectos al momento de su aparición, sino también identificar las causas raíz asociadas con el mal funcionamiento de los extractores de aire o condiciones ambientales desfavorables dentro de las cabinas.

La intervención se implementó en una planta automotriz con una capacidad promedio de producción de 700 unidades por día, operando en tres turnos continuos, seis días a la semana. El área de pintura está compuesta por varios procesos, que incluyen el proceso de premier, base y clear, todas ellas dentro de cabinas con sistemas de extracción y filtración de aire. En la figura 4 se muestra la distribución del área de pintura.

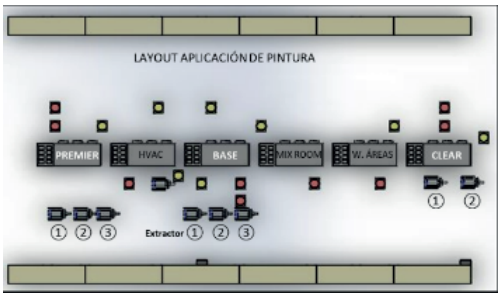


Figura 4. Distribución de los extractores en la planta pintura (Elaboración propia)

Durante un periodo de cuatro meses, se evaluaron 102,570 unidades, comparando los indicadores clave del proceso antes y después de la implementación del sistema. Se registró una reducción estadísticamente significativa en los defectos atribuidos a contaminación ambiental.

Estos resultados demuestran que la integración de sistemas de visión artificial y monitoreo predictivo no solo permite detectar defectos de forma oportuna, sino también anticipar las condiciones que los generan. Esta capacidad predictiva ha facilitado una mejor toma de decisiones operativas, reducido los retrabajos, y optimizado el uso de materiales y recursos en el proceso de manufactura.

METODOLOGÍA

Se realizó un estudio mediante un análisis comparativo antes y después de la intervención tecnológica, con el objetivo de evaluar el impacto de la implementación de un sistema de visión artificial y monitoreo predictivo sobre los defectos por contaminación ambiental en el proceso automotriz. El estudio se desarrolló en la línea de pintura de una planta automotriz que opera tres en turnos continuos, seis días por semana, con una producción promedio de 700 unidades diarias.

El estudio se desarrolló en la línea de pintura de una planta automotriz que opera tres en turnos continuos, seis días por semana, con una producción promedio de 700 unidades diarias. El proceso de pintado incluye los procesos de premier, base y clear, todas realizadas en cabinas presurizadas equipadas con sistemas de extracción y filtración de aire.

Durante el primer periodo de análisis, se recopilaron datos de defectos superficiales mediante inspección visual asistida por sistemas manuales. Estos defectos fueron clasificados según tipo, localización y frecuencia, permitiendo establecer una línea base para su comparación posterior.

Posteriormente, se implementó el sistema SVS, que permitió detectar imperfecciones en el acabado con alta precisión y repetibilidad. Las cámaras de alta resolución instaladas en la línea inspeccionaron el 98% de la superficie del vehículo bajo condiciones de iluminación controladas. Los defectos fueron clasificados en categorías como: cáscara, basura, grumo, brisado, sello embarrado, repegón, cráter, entre otros. La ubicación de los defectos se trazó digitalmente sobre el modelo de la carrocería para identificar patrones de recurrencia por turno, estación o zona.

De manera simultánea, se integró el módulo CMTK, conectado a sensores inteligentes BCM0001 de Balluff capaces de medir magnitudes físicas en tiempo real como, vibración, temperatura, humedad relativa y presión atmosférica.

Los datos se transmitieron continuamente mediante una plataforma digital tipo dashboard, la cual emitía alertas automáticas ante condiciones fuera de especificación, permitiendo la intervención preventiva del personal de mantenimiento.

Para evaluar el impacto de la solución tecnológica, se compararon los registros de defectos de dos periodos consecutivos de cuatro meses cada uno (antes y después de la implementación), manteniendo constante el volumen de producción.

Los datos fueron representados mediante gráficas de tendencia, análisis de frecuencias y comparaciones porcentuales, a fin de determinar la reducción relativa en defectos atribuibles a la intervención tecnológica.

RESULTADOS

Durante el período de evaluación inicial (septiembre-diciembre-24), se registraron un total de 102 570 defectos de calidad, de los cuales 17,382 defectos fueron asociados a contaminación ambiental representando el 16.9% del total. Estas fallas coincidieron con periodos de funcionamiento anómalo de los extractores, los cuales presentaban niveles elevados de vibración, caída de presión y aumento de humedad en la cabina de pintura. En la figura 5 se muestra los resultados de la evaluación inicial en relación con la cantidad de defectos detectados.

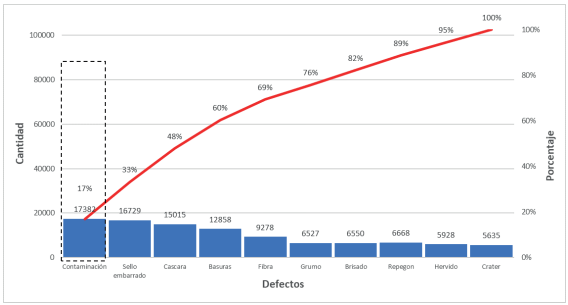


Figura 5. Cantidad de defectos en la evaluación inicial (Elaboración propia)

Con la implementación del sistema CMTK, fue posible monitorear en tiempo real las variables críticas de los motores de extracción y emitir alertas automáticas ante desviaciones de parámetros establecidos. Estas alertas permitieron intervenciones oportunas por parte del equipo de mantenimiento, evitando condiciones propicias para la acumulación de partículas contaminantes. En la figura 6 se muestra la visualización de las alarmas.

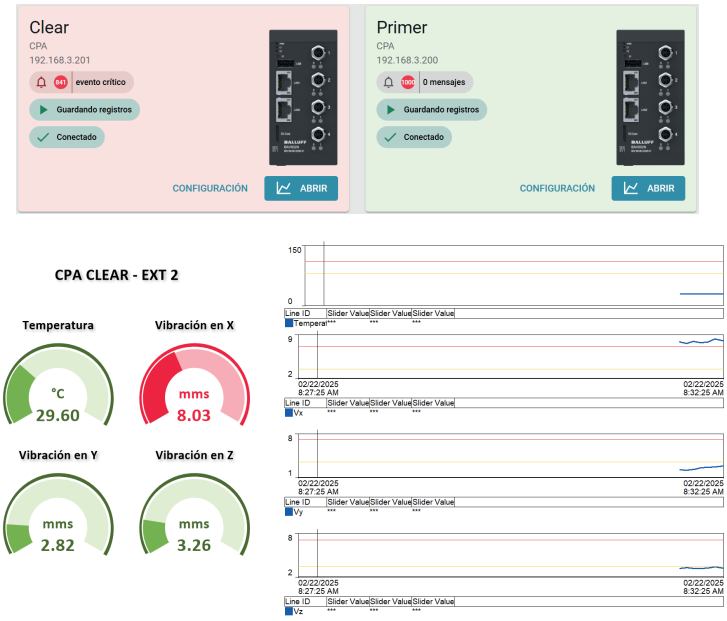


Figura 6. Visualización de alarmas en el dashboard.

Este hallazgo respalda lo planteado por los autores, quienes destacan la eficacia del mantenimiento predictivo como una herramienta clave en la industrial 4.0 [3], [4].

Durante el segundo periodo de evaluación (enero-abril 25), se mantuvo constante el volumen de producción (700 unidades por día). A lo largo de este periodo se registró un total de 60,330 defectos, de los cuales 8,057 fueron causados por la contaminación-ambiental. En la figura 7 se muestra el defectivo generado en el segundo periodo de evaluación.

Esto representa el 7.86% del total, logrando una reducción del 53.64% en defectos por contaminación respecto al periodo anterior. En la figura 8 se muestra la reducción de defectivo en la aplicación de pintura.

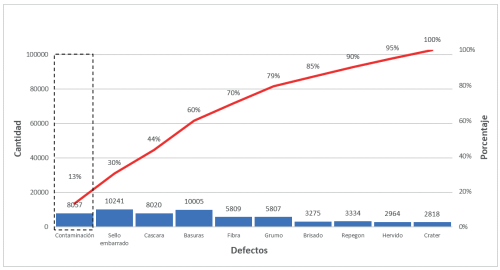


Figura 7. Defectivo en la aplicación de pintura, enero-abril (Elaboración propia)

Esta disminución significativa refleja el impacto positivo de la implementación del sistema integrado de visión artificial y monitoreo predictivo, al permitir la detección temprana de fallas y la prevención de condiciones críticas dentro de las cabinas de pintura.

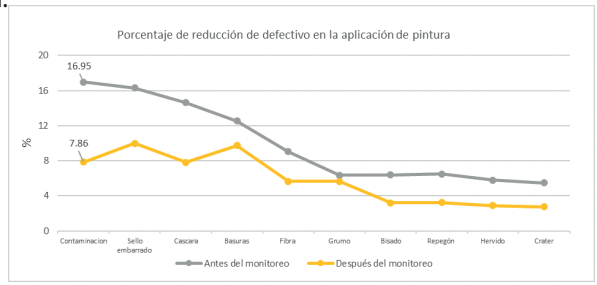


Figura 8. Reducción de defectivo en la aplicación de pintura, enero-abril (Elaboración propia)

DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos validan la hipótesis de que la integración de tecnologías de visión artificial con sistemas de monitoreo predictivo permite no solo detectar defectos de forma precisa, sino también abordar de manera directa sus causas raíz. Esta integración ha sido destacada en la literatura como una tendencia clave en la Industria 4.0, aunque también se han identificado desafíos importantes relacionados con la recopilación, procesamiento y análisis de datos en ambientes industriales complejos [12]. Sin embargo, a pesar de los logros alcanzados, aún persisten áreas de oportunidad que deben atenderse para asegurar la sostenibilidad del sistema y potenciar sus beneficios a largo plazo. Estas áreas comprenden dimensiones técnicas, operativas y ambientales, que se detallan a continuación.

El sistema presenta una alta dependencia de la infraestructura de red para la transmisión en tiempo real de los datos. Cualquier fallo o interrupción en la red puede ocasionar la pérdida de información crítica, lo que afecta negativamente la toma de decisiones oportunas [8]. Por lo tanto, resulta imprescindible implementar protocolos de respaldo y mecanismos de redundancia que garanticen la integridad y disponibilidad continua de los datos.

Por otro lado, aunque el sistema de monitoreo ha demostrado efectividad en la detección y clasificación de defectos, es necesario realizar actualizaciones periódicas, tanto del software como de los modelos de clasificación de defectos, para mantener su desempeño óptimo y adaptarlo a posibles cambios en las condiciones operativas o tecnológicas. [2].

La calibración y mantenimiento de los sensores representa otro aspecto fundamental para un monitoreo confiable. Por tanto, se deben establecer programas de calibración y mantenimiento para evitar desviaciones en las mediciones y reducir la generación de falsas alarmas. [5].

Asimismo, se identifica la influencia de variables externas que actualmente no son monitoreadas, pero que pueden incidir directamente en la calidad del proceso. La incorporación de sensores adicionales que permitan captar estas variables contribuirá a un mejor entendimiento y control del sistema. [7].

Es importante destacar que, si bien el sistema constituye una herramienta valiosa, la interpretación y aplicación correcta de los datos dependen en gran medida del personal operativo. Por ello, se recomienda fortalecer los programas de capacitación en análisis de datos, diagnóstico de fallas y respuesta oportuna ante alarmas, con el fin de maximizar el potencial del sistema y minimizar errores humanos que puedan generar defectos. [6].

Estas áreas representan algunos de los aspectos clave que, de ser abordados, contribuirán significativamente al fortalecimiento y evolución del sistema, garantizando su desempeño óptimo y la sostenibilidad de los beneficios alcanzados.

CONCLUSIONES

La integración de un sistema de visión artificial, junto con un módulo de monitoreo predictivo, demostró ser efectiva para mejorar la calidad del proceso de pintado automotriz, al reducir significativamente los defectos causados por contaminación ambiental.

Durante el período de evaluación, se logró una reducción del 53.64 % en los defectos por contaminación, pasando de 17,382 a 8,057 defectos, lo que representa una mejora sustancial.

La capacidad del sistema para detectar defectos con alta precisión y clasificar su tipo y ubicación permitió una intervención oportuna y más eficiente, reduciendo retrabajos, desperdicio de material y costos operativos.

El sistema de monitoreo predictivo permitió anticipar fallas en los extractores de aire mediante el análisis en tiempo real de variables como vibración, temperatura, humedad y presión, lo cual fue clave para evitar la acumulación de partículas contaminantes en las cabinas de pintura.

A pesar de los beneficios observados, se identificaron áreas de oportunidad, como la necesidad de fortalecer la infraestructura de red, garantizar la calibración regular de sensores, incorporar nuevas variables ambientales y mejorar la capacitación del personal en análisis de datos y respuesta ante alertas.

La experiencia demuestra que la adopción de soluciones tecnológicas bajo el enfoque de Industria 4.0 no solo mejora el desempeño técnico del proceso, sino que también fortalece la toma de decisiones basada en datos, contribuyendo a una cultura operativa más proactiva y sostenible.

OPORTUNIDAD DE INVESTIGACIONES FUTURAS.

Este estudio demostró que combinar un sistema de visión artificial con monitoreo predictivo puede reducir significativamente los defectos en el proceso de pintura automotriz. Sin embargo, también se detectaron varias áreas en las que se pueden seguir mejorando o explorando nuevas soluciones en el futuro.

Una de las principales oportunidades es incorporar sensores que midan condiciones externas, como la calidad del aire fuera de la cabina o la presencia de sustancias que puedan contaminar la pintura. Esto ayudaría a tener un control más completo del ambiente.

Otra mejora posible es utilizar técnicas más avanzadas de inteligencia artificial, como el aprendizaje profundo (deep learning), que permitiría detectar y predecir defectos con mayor precisión.

También sería útil automatizar algunas respuestas del sistema. Por ejemplo, que ciertos ajustes se realicen de forma automática cuando se detecta un problema, sin esperar la intervención de una persona.

Además, se podría aplicar esta solución en otras partes del proceso de producción automotriz, no solo en pintura, y estudiar cómo estos sistemas ayudan a reducir costos y mejorar la calidad a largo plazo.

Otra idea interesante es mejorar la forma en que los operarios interactúan con el sistema, haciendo que las pantallas y alertas sean más claras, fáciles de entender y útiles para tomar decisiones rápidas.

Finalmente, en el futuro se podrían usar "gemelos digitales", que son modelos virtuales del proceso real. Esto permitiría simular y predecir fallas antes de que ocurran, ayudando a planear mejor el mantenimiento y mejorar aún más la eficiencia.

Estas ideas abren el camino para seguir desarrollando procesos de manufactura más inteligentes, eficientes y sostenibles en la industria automotriz.

AGRADECIMIENTOS

Agradecer sinceramente a los autores el esfuerzo, la dedicación y la claridad con la que han compartido sus aportes al mundo. Sus investigaciones, ideas y experiencias fueron una guía importante para entender mejor el tema y encontrar nuevas formas de abordar los retos que enfrentamos.

Cada artículo que leímos nos aportó algo valioso, ya sea una base teórica, una solución técnica o una nueva manera de ver el problema. Gracias a esos aportes, pudimos construir nuestras propias ideas con mayor claridad y confianza.

Este trabajo no sería lo que es sin el conocimiento compartido por quienes investigaron antes que nosotros. A todos ellos, les dedicamos este pequeño reconocimiento con respeto y gratitud.

REFERENCIAS

[[1] Li, X., Zhang, Y., & Chen, W. (2020). Surface defect detection in automotive painting using deep learning. Sensors, 20(3), 720.

[2] Fernández, D., Torres, M., & Ruiz, A. (2018). Aplicaciones de visión artificial en procesos de pintura automotriz. Ingeniería y Automatización, 6(1), 12–20.

[3] Joung, C. B., Carrell, J., & Yoon, H. J. (2019). Smart maintenance: predictive monitoring of rotating equipment. Procedia Manufacturing, 38, 1224–1231.

[4] Magadán, M., Ramírez, L., & Ortega, J. (2019). Vibrational analysis for predictive maintenance in industrial motors. Journal of Maintenance Engineering, 34(2), 101–109.

[5] Air Quality de México. (2021). Contaminación en ambientes industriales: causas y soluciones.

[6] Castañeda, L., & Nava, R. (2019). Implementación de tecnologías emergentes en procesos industriales. Revista de Innovación y Tecnología, 13(2), 45–52.

[7] Evident Scientific. (2021). Particle contamination and surface inspection in clean environments.

[8] Roldán-Gómez, A., Díaz, R., & González, F. (2021). Ciberseguridad y confiabilidad en redes industriales para la industria 4.0. Revista de Ingeniería Digital, 8(1), 33–40.

[9] Zhu, T., Ran, Y., Zhou, X., & Wen, Y. (2019). A Survey of Predictive Maintenance: Systems, Purposes and Approaches. [ArXiv preprint]. Revisión exhaustiva de sistemas de mantenimiento predictivo, arquitectura, métodos de optimización y técnicas de aprendizaje automático arXiv.

[10] Benhanifia, A., Ben Cheikh, Z., Oliveira, P. M., Valente, A., & Lima, J. (2025). Systematic review of predictive maintenance practices in the manufacturing sector. Intelligent Systems with Applications, 26, 200501. Estudio basado en el marco PRISMA sobre implementación de IoT e IA en mantenimiento predictivo bibliotecadigital.ipb.ptResearchGate.

[11] Zhu, T., Ran, Y., Zhou, X., & Wen, Y. (2019). Predictive maintenance in Industry 4.0: A systematic literature review. Computers & Industrial Engineering, 150, 106889. Revisión sistemática sobre PdM en el contexto de la Industria 4.0, incluyendo marcos conceptuales y taxonomía del área ScienceDirect.

[12] CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology. (2023). Challenges in predictive maintenance – A review. Revisión de los principales retos del mantenimiento predictivo, desde el procesamiento hasta el análisis de datos en ambientes industriales ScienceDirect.

[13] State of the Art in Defect Detection Based on Machine Vision. (2021). International Journal of Precision Engineering and Manufacturing Green Technology, 9, 661–691. Revisión sobre iluminación, adquisición de imágenes, procesamiento y análisis en inspección visual, con énfasis en aprendizaje profundo SpringerLink.

[14] Liang, Y., Zhao, H., Tang, X., & Li, T. (2024). Research on Defect Detection Method of Painting Parts Based on Machine Vision. Journal of Electrical Systems, 20(2). Desarrolla un sistema basado en MATLAB/Halcon para inspección de piezas pintadas con precisión y rapidez journal.esrgroups.org.

[15] Khan, A. S., Mehdi, M. H., Uddin, R., Abbasi, A. R., Chowdhry, B. S., & Nisar, K. Ensemble Based Automotive Paint Surface Defect Detection… (año no especificado). Estudio que combina filtrado estadístico y aprendizaje automático para clasificación de defectos de pintura con alta precisión (≈ 91 %) Authorea.

[16] Sang, G. M., Xu, L., & de Vrieze, P. (2021). A Predictive Maintenance Model for Flexible Manufacturing in the Context of Industry 4.0. Frontiers in Big Data. Describe un modelo de mantenimiento predictivo con soporte en programación de actividades para entornos flexibles de manufactura Frontiers.

Aramendi, J. (2025, mayo 30). Paint inspection 4.0: Machine vision and artificial intelligence for a flawless finish. IPCM Pedia. Recuperado de https://www.ipcm.it/en/post/paint-inspection.aspx

Morales Matamoros, O., Nava, J. G. T., Moreno Escobar, J. J., & Ceballos Chávez, B. A. (2025). Artificial intelligence for quality defects in the automotive industry: A systemic review. Sensors, 25(5), 1288. https://doi.org/10.3390/s25051288

Huber, C., Knoll, D., & Guthe, M. (2025). Fully-synthetic training for visual quality inspection in automotive production. arXiv. https://doi.org/10.48550/arXiv.2503.09354

Mehta, D., & Klarmann, N. (2023). Autoencoder based visual anomaly localization for manufacturing quality control. arXiv. https://arxiv.org/abs/2309.06854

Rožanec, J. M., Zajec, P., Theodoropoulos, S., Koehorst, E., Fortuna, B., & Mladenić, D. (2022). Synthetic data augmentation using GAN for improved automated visual inspection. arXiv. https://arxiv.org/abs/2212.09317

Cummins, L., Sommers, A., Bakhtiari Ramezani, S., Mittal, S., Jabour, J., Seale, M., & Rahimi, S. (2024). Explainable predictive maintenance: A survey of current methods, challenges and opportunities. arXiv. https://doi.org/10.48550/arXiv.2401.07871

IEEE Vision Systems for AI Defect Detection Hits 96% Accuracy in Auto Production. (2025). SDLCCorp. Recuperado de https://sdlccorp.com/case-studies/ai-defect-deteion-hits-96-accuracy-in-auto-production/

EINES Vision Systems. (2024, julio 22). Advanced automotive paint defects detection. Recuperado de https://eines.com/advanced-automotive-paint-defects-detection/
Matamoros, O. M., et al. (2025). (repetido ya citado arriba, omitir duplicado).

MDPI. (2025). Artificial intelligence for quality defects in the automotive industry: A systemic review. Sensors, 25(5), 1288. https://doi.org/10.3390/s25051288 (duplicado, ya citado, omitir).

MDPI. (2022). Predictive maintenance in the automotive sector: A literature review. Entropy, 27(1), 2. https://doi.org/10.3390/entropy27010002

Vehicle Empire. (2025). Ensuring excellence: Quality control in painting for automotive success. Vehicle Empire. Recuperado de https://vehicleempire.com/quality-control-in-painting/

Mariano, K. D. P., Almada, F. L. N., & Dutra, M. A. (2024). Smart air quality monitoring for automotive workshop environments. arXiv. https://arxiv.org/abs/2410.03986

Link, T., et al. (2025). Detection of production relevant deviations in paint sprays. Journal of Coatings Technology and Research, 22, 877–884. https://doi.org/10.1007/s11998-024-01015-1

López, P. M., et al. (2024). Optimizing correction factors on color differences for automotive painting services. Sensors, 24(24), 8213. https://doi.org/10.3390/s24198213

MDPI. (2024). A predictive quality inspection framework for the manufacturing process in the context of Industry 4.0. Sensors, 24(17), 5644. https://doi.org/10.3390/s24175644

Pruckovskaja, V., Weissenfeld, A., Heistracher, C., Graser, A., Kafka, J., Leputsch, P., Schall, D., & Kemnitz, J. (2023). Federated learning for predictive maintenance and quality inspection in industrial applications. arXiv. https://arxiv.org/abs/2304.11101

Hamel, C., Ahsan, M. M., & Raman, S. (2024). PMI-DT: Leveraging digital twins and machine learning for predictive modeling and inspection in manufacturing. arXiv. https://arxiv.org/abs/2411.01299

•Springer et al. (2023). Identification of volatile organic compounds emitted by coatings in a car factory painting line. Journal of Coatings Technology and Research, 21, 665–682. https://doi.org/10.1007/s11998-023-00847-7

Siemens. (2025, abril 28). Predictive maintenance for automotive smart manufacturing. Automotive & Transportation Blog. Recuperado de https://blogs.sw.siemens.com/automotive-transportation/2025/04/28/predictive-maintenance-for-automotive-smart-manufacturing/



Juan Reyes Alba es ingeniero en mantenimiento industrial por la UT, con experiencia en manufactura avanzada. Realizó sus prácticas profesionales en una empresa de grado alimenticio y actualmente es empleado de una empresa del sector automotriz, garantizando en óptimas condiciones los equipos de producción. Además, cursa un posgrado en manufactura avanzada, enfocándose en la optimización de procesos y nuevas tecnologías de fabricación.



ANÁLISIS DEL POSIBLE USO DE FIBRAS NATURALES PARA LA PRODUCCIÓN DE GUANTES DE PROTECCIÓN TÉRMICA BASADO EN LA PRIMERA LEY DE FOURIER



Andrea Guadalupe Esparza Ramírez / Facultad de Ingeniería, Área de Metalurgia y Materiales UASLP
Wendy de Jesús Zavala Méndez / Facultad de Ingeniería, Área de Metalurgia y Materiales UASLP
Rubicelia García Garnica / Facultad de Ingeniería, Área de Metalurgia y Materiales UASLP
Ivonne Kado-Mercado Elías / Facultad de Ingeniería, Área de Metalurgia y Materiales UASLP
Verónica Elvira Salazar Muñoz / Facultad de Ingeniería, Área de Metalurgia y Materiales UASLP

ABSTRACT.

This study theoretically analyzes the feasibility of replacing leather gloves with natural fibers such as linen, cotton, or pineapple fiber combined with PHBV resin (poly(3-hydroxybutyrate-co-3-hydroxyvalerate)), evaluating their mechanical, thermal, and environmental properties. Characteristics such as density, tensile strength, Young's modulus, and thermal conductivity were compared, also considering the environmental impact, including carbon footprint, water footprint, and greenhouse gas emissions. The analysis focused on determining whether pineapple waste, such as leaves and peels, could generate a fiber that, when integrated with PHBV, offers a sustainable and efficient alternative to rawhide. The theoretical results suggest that this composite fiber could provide greater mechanical strength and better thermal insulation, showing favorable economic and ecological potential for the development of more sustainable gloves.

Keywords: natural fibers, thermal properties, Fourier's law, thermal gloves.

RESUMEN.

Este estudio analiza de manera teórica la viabilidad de sustituir los guantes de carnaza por fibras naturales, como lino, algodón o fibra de piña combinada con resina PHBV (poli(3-hidroxibutirato-co-3-hidroxivalerato), evaluando sus propiedades mecánicas, térmicas y ambientales. Se compararon características como densidad, resistencia a la tensión, módulo de Young y conductividad térmica, considerando también el impacto ambiental, incluyendo huella de carbono, huella hídrica y emisiones de gases de efecto invernadero. El análisis se centró en determinar si los residuos de piña, como hojas y cáscaras, podrían generar una fibra que, al integrarse con PHBV, ofrezca una alternativa sostenible y eficiente frente a la carnaza. Los resultados teóricos sugieren que esta fibra compuesta podría proporcionar mayor resistencia mecánica y mejor aislamiento térmico, mostrando un potencial económico y ecológico favorable para el desarrollo de guantes más sostenibles.

Palabras clave: fibras naturales, propiedades térmicas, ley de Fourier, guantes térmico.

INTRODUCCIÓN

Los guantes de seguridad son esenciales para proteger las manos de riesgos físicos, químicos y térmicos en entornos industriales y de laboratorio. Su uso adecuado previene lesiones, quemaduras y enfermedades ocupacionales, garantizando la seguridad y eficiencia en el trabajo. En la actualidad los guantes de carnaza son muy utilizados y se someten a pruebas de inflamabilidad, resistencia al calor por conducción, convección o radiación, y salpicaduras de metal fundido según la norma EN 407:2020. Debido a las condiciones en las que se utilizan, su vida útil es generalmente corta. Al identificar esta problemática se propuso la sustitución de guantes de carnaza por guantes elaborados con fibras naturales, como algodón, lino y fibra de piña combinada con una matriz polimérica de poli(3-hidroxibutirato-co-3-hidroxivalerato) (PHBV) que es un polímero biodegradable. Esta mezcla de materiales consiste en un material compuesto que combina y mejora las propiedades mecánicas y térmicas que presentan los materiales de forma individual [Rivera-Briso, A. L. 2018].

La fibra de piña, un subproducto agrícola que se utiliza poco, presenta propiedades destacadas como resistencia mecánica, bajo peso, y aislamiento térmico y acústico [Huanaco Pariona, J. J.,2020]. Las características de las hojas y cáscara de piña varían según la especie el clima y el tipo de suelo. La composición química de la fibra de piña incluye entre un 70-82% de celulosa, un 5-12 % de lignina y un 1.1% de ceniza, aunque estos valores pueden fluctuar según la edad de las fibras y las condiciones de cultivo [Luo, S. y Netravali, A. N., 1999]

La fibra de algodón, una de las materias primas naturales más utilizadas en la industria textil, destaca por su alta pureza, suavidad, capacidad de absorción y buena resistencia mecánica [Haigler et al., 2012]. Su estructura está compuesta principalmente por celulosa, con contenidos que oscilan entre el 88 y el 96%, además de pequeñas cantidades de hemicelulosa (2–6%), lignina (0.5–1%) y ceras naturales (0.4–1%) [Wankhede, B. et al., 2022]. Estas proporciones varían según la especie, las condiciones climáticas y los métodos de procesamiento. Gracias a su biocompatibilidad y biodegradabilidad, el algodón también se ha empleado como refuerzo en materiales compuestos sostenibles [Khan, M. Z. R., et al. (2022)].

Por otro lado, la fibra de lino, obtenida del tallo de la planta Linum usitatissimum, es reconocida por su elevada resistencia, rigidez, y excelente capacidad de absorción de humedad [Akin, D. E. (2012)]. Su composición química está dominada por la celulosa, con valores típicos de entre 65 y 85%, acompañada de hemicelulosa (10–20%), lignina (1–4%) y cenizas (1–2%) [Faruk et al., 2022]. Estas proporciones dependen del tipo de cultivo, las condiciones del suelo y el proceso de extracción empleado. Además de su uso textil, el lino se utiliza ampliamente como refuerzo natural en biocompositos debido a su bajo impacto ambiental y su alta relación resistencia-peso [Faruk et al., 2022].

El uso de fibras naturales, como las de la piña puede reducir el costo de producción de los guantes, aumentar su resistencia térmica y hacerlos más ligeros. Además, el proceso de fabricación de guantes de carnaza, qué implica el tratamiento de piel animal, genera un impacto ambiental considerable. Los productos químicos utilizados como las sales de cromo y sales amoniacales, además de la gestión de residuos de la piel, contribuyen a la contaminación del agua y del suelo [Chivichón López, 2009].

Después de identificar el problema de la corta vida útil de los guantes de carnaza que vienen de piel de animal, generalmente piel de vaca, se propuso el uso de fibras naturales como el algodón, el lino y la fibra de piña. Para mejorar la conformabilidad de las mismas, se propone un material compuesto de fibra y matriz polimérica para incrementar sus propiedades mecánicas y térmicas. Después de una investigación exhaustiva se eligió el polímero termoplástico poli(3-hidroxibutirato-co-3-hidroxivalerato) (PHBV) debido a sus buenas propiedades mecánica, su biodegradabilidad y nula toxicidad. La combinación de PHBV con fibras naturales puede favorecer las propiedades térmicas [Rivera-Briso, A. L. 2018], [Mergaert, J.,1992].

Mediante un conformado en caliente utilizando la resina PHBV con fibra dispersa se puede obtener un textil con propiedades térmicas y mecánicas superiores a la carnaza. Esta hipótesis se basa en la información reportada en la literatura [Asim, 2015], [Kasim, 2015], [Kengkhetkit, 2018], [Rivera-Briso, A. L. 2018] [Kiruthika 2022], donde se establece que las propiedades mecánicas y térmicas de la resina y de la fibra de piña son más favorables que las propiedades de los guantes de carnaza. La temperatura de procesamiento de la resina PHBV en compuestos se mantiene alrededor de 270°C, y el pretratamiento alcalino de la fibra de piña mejora la estabilidad térmica del material [Rivera-Briso, A. L. 2018].

Y basados en Ramírez, F (2018), tendría un proceso de manufactura menos complicado que el de los guantes de carnaza.

Objetivos general y específicos

El objetivo principal de este proyecto es desarrollar una propuesta de un textil de material compuesto (matriz polimérica + fibra) que puede utilizarse para fabricar guantes térmicos y ecológicos a partir de fibras de cáscara y hojas de piña, como alternativa a los guantes de carnaza. El enfoque se centra en mejorar las propiedades mecánicas y térmicas de los guantes aumentando así su vida útil y sostenibilidad. Este trabajo también está enfocado en atender los siguientes Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de la Organización de las Naciones Unidas (ONU): 3. Salud y bienestar, 9. Industria, innovación e infraestructura, y 12. Producción y consumo responsable.

Estableciendo como objetivos específicos:

-Analizar las restricciones de propiedades de los guantes para la aplicación específica.

-Analizar el proceso de manufactura del material compuesto.

-Investigar exhaustivamente el impacto al medio ambiente y los costos relacionados.

-Calcular el desempeño térmico del material.

Planteamiento y desarrollo

Se realizó la revisión bibliográfica de la literatura actual para conocer las propiedades mecánicas, térmicas y físicas reportadas para las fibras seleccionadas. Posteriormente se analizaron los datos, se graficaron para la toma de decisiones.
Se propone el uso del textil de material compuesto para la elaboración de guantes térmicos, por lo tanto, se realizó un análisis teórico utilizando la primera ley de Fourier (ecuación 1):

$$Q = kA/X\ \Delta T$$

Donde Q representa la velocidad de transferencia de calor, A es el área de sección, x es el espesor La constante de conductividad térmica (k) y ΔT es la diferencia de temperatura. En este caso, se consideró una diferencia de temperatura de 200 °C, que puede representar la temperatura de diversas aplicaciones donde se requieren guantes térmicos, y 36 °C, correspondiente a la temperatura promedio de la mano.

Se evaluó el efecto del espesor del textil en la transferencia de calor. Se consideró un área constante de 0.07 m^2, correspondiente al área promedio de una mano. Para obtener este valor, se midió el área promedio de diez manos, aproximando los dedos como prismas rectangulares y la palma de la mano como un cuadrado, considerando el espesor como la altura de cada segmento.

Se utilizaron los valores de conductividad térmica reportados en la literatura para cada material, y se varió el espesor del material compuesto con el fin de calcular el calor emitido por cada uno, aplicando la ecuación de la primera ley de Fourier.

RESULTADOS

A continuación, se presentan los resultados del análisis integral de la fibra de piña, seleccionada tras evaluar diversas fibras naturales por sus propiedades físicas y mecánicas. Los análisis posteriores se realizaron comparando la fibra de piña con la carnaza, considerando su proceso de manufactura, impacto ambiental y costos asociados.
Esta comparación permite evaluar de manera clara la viabilidad de la fibra de piña como material alternativo frente a opciones convencionales, destacando sus ventajas y posibles limitaciones en aplicaciones prácticas.

Análisis de las propiedades de las fibras y del polímero.

Los polímeros reforzados con fibras naturales son susceptibles a la absorción de humedad en consecuencia el agua causa una degradación del producto final afectando sus propiedades mecánicas y físicas según lo indicado por Asim, (2015). A pesar de estas limitaciones, el poli(3-hidroxibutirato-co-3-hidroxivalerato) (PHBV) presenta propiedades favorables, incluyendo características hidrofóbicas [Rivera-Briso, A. L. 2018]. La conductividad térmica del PHBV puro en promedio es de 0.23 W/m·K [Kiruthika, 2022]. Sin embargo, este valor puede variar dependiendo de la concentración de 3-hidroxivalerato [Rivera-Briso, A. L. 2018] y del porcentaje en peso del polímero PHBV en combinación con una fibra natural como la fibra de piña.

En la Tabla 1 se resumen las propiedades mecánicas y físicas de algunas fibras naturales [Kengkhetkit, 2018], así como las propiedades del Caucho de nitrilo (NBR, caucho de acrilonitrilo-butadieno), obtenidos de la base de datos MatWeb [MatWeb, LLC. (s. f.).], y del PHBV [Zytner, P.,2020], [Dent, P. I. (2020)] y [Dedieu, et al. (2023)]

Tabla 1. Propiedades mecánicas y físicas de fibras naturales.

Fibras	*Fibra de piña*	*Lino*	*Algodón*	*Carnaza*	*NBR*	*PHBV*
Módulo de Young (GPa)	34.5-82.5	27.6	5.5-12.6	0.1-0.5	0.01322	3.3
Resistencia a la tracción (MPa)	170-1627	45-1100	287-800	10-25	6.89 - 24.1	41
Diámetro de la fibra (μm)	20-80	-	-	1-10	-	-
Densidad (g/cm^3)	1.526	1.5-3	1.5-1.6	1.1	1.15 - 1.35	1.25
Conductividad térmica (W/mk)	0.030-0.065	0.47	0.03-0.04	0.12-0.25	0.25	0.419
% Humedad	12	20	8-32	50-70	-	-

En la Figura 1 se presenta una comparación de las propiedades mecánicas de la de la fibra de hoja de piña, lino, algodón y carnaza en función de su módulo de Young y densidad. La fibra de piña destaca como el material más rígido, ya que exhibe el mayor módulo de Young entre los materiales analizados. Esto indica que tiene un alto potencial para aplicaciones que requieren estructuras ligeras pero resistentes. Las propiedades que puede aportar la fibra de hojas de piña se deben a su alto contenido de celulosa y lignina en su estructura, además de su bajo costo.

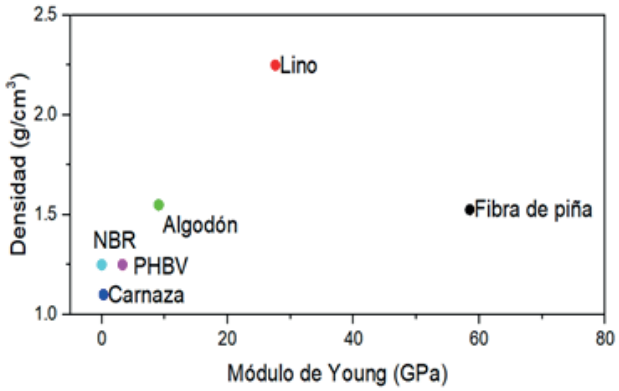


Fig. 1. Relación del Módulo de Young en función de la densidad.

Con base en el análisis realizado, se eligió la fibra de la hoja de piña debido a su alta rigidez y a su similitud en densidad con el algodón. Aunque el algodón, a pesar de ser ligero, presenta un módulo de Young superior al de la carnaza, se consideró pertinente analizar la fibra de piña por tratarse de una alternativa más novedosa. Por otro lado, la densidad del lino resulta demasiado alta, y se busca evitar que los guantes sean una carga excesiva para el usuario. La carnaza es el material que presenta la mejor relación resistencia-peso, sin embargo, su producción conlleva importantes impactos ecológicos, los cuales se discutirán en el apartado 3.3.

En la Figura 2 se visualiza la cantidad de calor transmitido en el área específica promedio calculada para la fibra de piña, lino, algodón, carnaza, PHBV y NBR, en función del espesor.

Como se observó en la Figura 2, la fibra de piña es mejor aislante térmico que la carnaza porque su conductividad térmica es más baja, lo que significa que permite que pase menos calor por unidad de área.

Aunque hay una menor transferencia de calor en él algodón, este es descartado por las propiedades mecánicas que tiene.

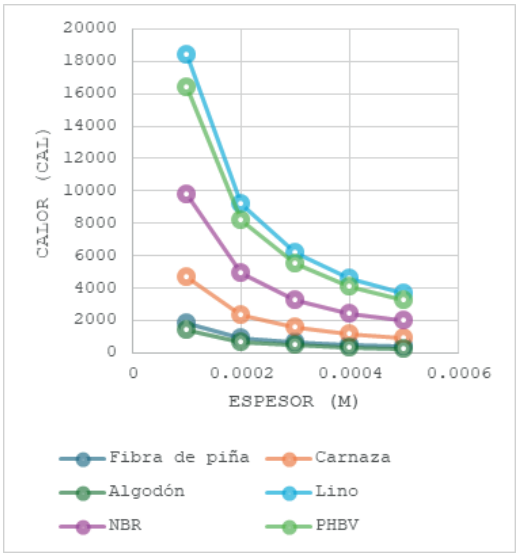


Fig. 2. Calor calculado en función del espesor de los materiales analizados.

En la Figura 2 se puede observar que la cantidad de calor que pasa a través de la fibra de piña es aproximadamente un 60.8% menor que la que pasa a través de la carnaza. Por otro lado, se incluye el PHBV debido a que sería la matriz del compósito propuesto con fibra de piña. Aunque en este trabajo no se determinaron experimentalmente las propiedades térmicas del compósito, se espera que su conductividad térmica se sitúe entre los valores de ambos materiales —la fibra de piña y el PHBV—, dando lugar a un comportamiento intermedio que dependerá de la fracción volumétrica y de la calidad de la interfaz fibra-matriz.

Análisis del proceso de manufactura.

La manufactura de la fibra de piña se realiza a partir de subproductos agrícolas que comúnmente son desechados tales como las hojas y la cáscara de piña [Ramírez, F., 2018]. Primero, las hojas se separan del tallo principal mediante un proceso manual conocido como desgaje. Posteriormente, se preparan para el desfibrado junto con la cáscara de piña, eliminando cualquier residuo o impureza que pueda interferir con la extracción de las fibras. Para el desfibrado, se utiliza un molino de bolas de 120 mm de diámetro y 300 mm de largo, con 50 bolas de acero de 25,4 mm de diámetro interno. Este equipo permite una molienda eficiente de las hojas, facilitando la extracción de la fibra. En el desfibrado, se introducen aproximadamente 240 g de desechos de piña junto con 150 ml de agua en el molino de bolas, que girará a aproximadamente 60 rpm durante 6 horas [Ramírez, F. 2018].

Las fibras extraídas de la piña son sometidas a una serie de tratamientos diseñados para mejorar su calidad y rendimiento en aplicaciones textiles. El primer paso en este proceso es un rebrote en agua, donde las fibras se sumergen con el objetivo de eliminar los componentes de la pulpa de la piña. Este tratamiento facilita la desintegración de la celulosa, preparándola para las etapas subsiguientes. Después se aplica un tratamiento alcalino, en este procedimiento tiene como finalidad eliminar los componentes hidrofóbicos que se encuentran en las superficies de las fibras, tales como grasas y ceras. Al hacerlo, se incrementa la capacidad de la tela para absorber la matriz polimérica, lo que es crucial para mejorar la adherencia en compuestos textiles. Posteriormente, se lleva a cabo un desengomado enzimático. Este proceso utiliza pectinasa en una concentración del 8% para eliminar la pectina que puede interferir con las propiedades mecánicas y la calidad de las fibras. Se busca mantener un pH de 7 y una temperatura de 52 °C durante este tratamiento, condiciones que son óptimas para eliminar la pectina. La eliminación de la pectina contribuye significativamente a la obtención de una fibra de alta calidad textil, mejorando sus características mecánicas y térmicas [Ramírez, F. 2018].

Los hilos obtenidos de estas fibras, que tienen un diámetro promedio de 8.66 µm, se entrelazan utilizando telares para formar una tela.

Además, para mejorar las propiedades mecánicas de la fibra de piña, se incorpora resina de poli(hidroxibutirato-co-valerato) (PHBV) como matriz, que se intercalará con capas de fibras de piña en un proceso de conformación de compuestos laminados. Finalmente, esta tela de fibra de piña, junto con la resina PHBV, se utiliza para confeccionar guantes, transformando un residuo agrícola en un material textil ecológico y versátil.

Por otro lado, la carnaza es un material de origen animal que se obtiene a partir de la piel de ganado bovino, principalmente como un subproducto de la industria cárnica. Su producción inicia con el procesamiento de las pieles crudas, las cuales se limpian y someten a tratamientos químicos para eliminar restos de grasa, carne y pelo. Posteriormente, la piel se divide en capas mediante un proceso de descarne y rebajado, del cual la carnaza corresponde a la parte interna o inferior de la piel, menos densa y más fibrosa que la capa superior usada para el cuero. Dependiendo del uso final, la carnaza puede ser secada, curtida o tratada con agentes químicos para mejorar su resistencia, flexibilidad o aspecto. Este material se emplea en la fabricación de guantes, calzado, tapicería y artículos industriales, debido a su bajo costo y buena durabilidad (Daniels, 2023).

Análisis del impacto ambiental.

La carnaza se obtiene de la piel de vaca, mientras que la fibra de piña se produce a partir de subproductos o desechos, como la cáscara y las hojas. A continuación, se presenta una comparación del impacto ambiental de ambos materiales, los cuales resultan ser los más relevantes para este análisis.

El ganado vacuno es responsable del 14.5% de las emisiones globales de gases de efecto invernadero [GreenPeace, 2015], principalmente por la liberación de metano durante la digestión del ganado y la gestión de su estiércol. Una vaca emite 200 gramos de metano al día, equivalente a 5 kg de CO2, lo que suma 100 millones de toneladas de metano anuales, o 2,500 millones de toneladas de CO2 [Watts, G., 2019] [Infortamboandina, 2020]. Además, la producción de cuero está vinculada a la deforestación y al uso intensivo de recursos como el agua.

La producción de piña tiene un impacto ambiental significativamente menor. Un estudio en Colombia estimó que la producción de piña genera 43.1 toneladas de CO2 al año, dependiendo de las prácticas agrícolas. Iniciativas como las piñas carbono neutral en Costa Rica han logrado compensar emisiones mediante reforestación y energías renovables [Bastida Cañada, O. A., 2025].

Este trabajo propone un material alternativo para la fabricación de guantes térmicos desechables, que además de ofrecer protección frente a temperaturas moderadas, contribuya a reducir el impacto ambiental generado por los residuos plásticos de un solo uso. Este tipo de guantes se utiliza en diversos procesos industriales y de laboratorio donde se requiere protección térmica temporal y condiciones de higiene estrictas, como en la manipulación de materiales o reactivos calientes en laboratorios químicos y de biotecnología, en el manejo de alimentos recién cocinados en la industria alimentaria, en operaciones de moldeo o metalografía con probetas templadas, o durante la manipulación de resinas y compuestos que liberan calor por reacción exotérmica. En este contexto, la fibra de hoja de piña se presenta como una opción viable para desarrollar materiales biodegradables que ofrezcan resistencia térmica moderada, bajo peso y un tiempo de degradación significativamente menor que el de los polímeros sintéticos convencionales [Ullaguari Alvarado, M. G., 2022]. El empleo de esta fibra podría permitir la producción de guantes que satisfagan las necesidades de seguridad y funcionalidad de estos procesos, al mismo tiempo que se alineen con los principios de sostenibilidad y reducción de residuos.

Según datos de Agricultura y Desarrollo Rural (2024), la fibra de piña, sin aditivos, es completamente biodegradable y se descompone entre 2 y 4 semanas en condiciones ideales, liberando nutrientes al suelo. En cambio, la piel de vaca sin tratar puede tardar entre 1 y 5 meses en biodegradarse y el cuero tratado puede tardar décadas o siglos en descomponerse, liberando compuestos tóxicos que contaminan el suelo y el agua.

El poli(3-hidroxibutirato-co-3-hidroxivalerato) (PHBV) es un biopolímero biodegradable y biocompatible cuya degradación varía de 151 a 220 días en suelo compostado a 28 °C, con la participación de diversos microorganismos (Mergaert, J., 1992).

La huella hídrica total de una vaca en un sistema industrial puede alcanzar los 3,100,000 litros, incluyendo el agua para cultivar alimentos, beber y procesar la carne. El tratamiento de la piel de vaca en el curtido requiere entre 100 y 200 litros de agua por piel, dependiendo del método y las condiciones. El agua utilizada puede ser del 50% al 200% el peso de la piel de la vaca, esto varía dependiendo de las condiciones en las que se encuentre la piel, como la grasa que contiene o la suciedad (Chivichón, AB, 2009).

Durante su ciclo de crecimiento de 18 a 24 meses, la piña necesita entre 450 y 700 litros de agua anuales por metro cuadrado, distribuidos uniformemente [Bastida Cañada, O. A., 2025]. Al ser un subproducto de las hojas de piña, el material no requiere terreno adicional. Además, la biomasa del procesamiento de la fibra de piña puede convertirse en fertilizante, generando ingresos adicionales para los agricultores (El Portal Inmobiliario, 2016). La cantidad de agua necesaria para producir PHBV depende del proceso de producción, que generalmente implica la fermentación de azúcares o biomasa por bacterias en condiciones controladas [Oluwabunmi, K. E., 2021].

El tratamiento de la piel de vaca implica el uso de una variedad de químicos tóxicos, incluyendo salmuera, ácido sulfúrico, hidróxido de calcio, peróxidos, y varios productos alcalinos como NaS2 y NaHS, además de sales amoniacales (como sulfato de amonio o cloruro de amonio), sales de cromo, bicarbonato de sodio, ácidos débiles, ácido acético, colorantes, amoniaco, solventes y formol. Este proceso puede tener un impacto significativo en el medio ambiente debido a la toxicidad de los productos utilizados (Chivichón, AB, 2009)

En cambio, la producción de fibra de piña utiliza una cantidad considerablemente menor de químicos, y estos son menos tóxicos y dañinos para el medio ambiente. Los químicos empleados en este proceso, como hidróxido de sodio (NaOH), pectinasa, silano e hipoclorito de sodio, son menos agresivos en comparación con los utilizados en el tratamiento de la piel de vaca (Ramírez, F. 2018).

Análisis de costos.

El textil se puede crear con diferentes espesores y también se puede procesar de diversas formas, con el fin de generar diferentes tipos de texturas. Se requieren las hojas de aproximadamente 16 piñas para producir un metro cuadrado de tela (El Portal Inmobiliario 2016). Tomando como referencia a Azteca, P. (s. f.), que se dedica a la venta de piel de vaca, se tiene un promedio de costo por metro cuadrado de $610.00 MXN. Comparado con los datos obtenidos de Fixe (2024), el costo aproximado de 1 m^2 de tela de fibra de piña sería de $432.00 MXN, lo que representa un ahorro de 29.18% en comparación con el cuero animal.

Basándose en los datos de la página de economía del Gobierno Federal Mexicano, la producción de piel de vaca se concentra principalmente en los estados de Guanajuato y Jalisco. Por otro lado, México también se posiciona como un importante productor de piña, con cultivos en estados como Veracruz, Oaxaca, Tabasco, Nayarit y Jalisco. Según datos de la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural, en 2020, el país fue noveno productor mundial. Este cultivo no solo es relevante por su volumen, sino también por su valor comercial, que se estima en aproximadamente 2,899 millones de pesos en el mismo año.

Un aspecto innovador relacionado con la producción de piña es el aprovechamiento de sus residuos, específicamente las hojas que se desechan tras la cosecha. Además, el proceso de la fibra de piña genera biomasa que puede transformarse en fertilizante, brindando un beneficio adicional a los productores. La fibra de piña es biodegradable y compostable, descomponiéndose casi por completo en un periodo de trece semanas, lo que la convierte en una opción más sostenible en comparación con otros materiales.

DISCUSIÓN.

El uso de fibra de piña, combinada con una matriz de PHBV, da un compósito que presenta ventajas significativas en comparación con la carnaza utilizada tradicionalmente en la fabricación de guantes para la protección térmica. Este material compuesto exhibe propiedades mecánicas superiores, como una mayor resistencia a la tracción y un módulo de Young más elevado, lo que se daría como resultado una durabilidad considerablemente mayor respecto a los guantes elaborados con carnaza. Evaluando las propiedades térmicas, la fibra de piña transmite aproximadamente un 60% menos calor en comparación con la carnaza. Tanto el PHBV como la fibra de piña presentan una conductividad térmica inferior a la de la carnaza, lo cual convierte al compósito en un mejor aislante térmico.

Desde una perspectiva ambiental, al comparar las materias, se observa una diferencia significativa en el impacto ecológico. La producción ganadera necesaria para obtener piel de vaca genera aproximadamente 2,500 millones de toneladas de CO_2 al año, mientras que la producción de piña emite tan solo 43.1 toneladas anuales. Además, la huella hídrica de la fibra de piña es considerablemente menor, requiriendo en promedio 575 litros de agua por metro cuadrado en el periodo de vida de la piña (máximo 24 meses), en contraste con los 3.1 millones de litros de agua que puede consumir una vaca a lo largo de su vida. Económicamente, la fibra de piña también es más accesible, con un costo estimado de $ 432.00 MXN por metro cuadrado, de acuerdo con Fixe (2024), lo que representa un ahorro del 29.18% en comparación con el cuero de carnaza, cuyo precio alcanza los $ 610.00 MXN por metro cuadrado.

CONCLUSIONES

En resumen, la fibra de piña por sí sola presenta mejores propiedades mecánicas y térmicas que otros materiales naturales, pero al añadirse una matriz polimérica de PHBV, se obtiene una solución económica y sostenible frente a los guantes de carnaza. El compósito mejora el rendimiento térmico y mecánico del producto, aumentando su durabilidad.

La producción de la fibra de piña genera un menor impacto ambiental al reducir emisiones de CO_2, disminuir la huella hídrica y transformar desechos orgánicos, además de evitar el uso de sustancias químicas peligrosas empleadas en el curtido del cuero. A diferencia de los materiales sintéticos, la fibra de piña con PHBV es más ecológica al final de su vida útil, ya que los residuos pueden ser compostados.

Económicamente, también resulta más accesible y alarga la vida útil del guante, favoreciendo prácticas de consumo responsable. Todo esto hace de este compósito una mejor opción tanto para la industria como para el medio ambiente.

Un compuesto PHBV + fibra de piña es viable como sustituto ecológico de la carnaza en guantes térmicos desechables o semidesechables, siempre que la aplicación implique calor moderado (hasta 150 °C) y no requiera resistencia extrema a la abrasión o a chispas metálicas.

REFERENCIAS

[1]Akin, D. E. (2012). Linen most useful: Perspectives on structure, chemistry, and enzymes for retting flax. International Scholarly Research Notices, 2013, Article ID 186534. http://doi.org/10.5402/2013/186534

[2]Asim, M., Abdan, K., Jawaid, M., Nasir, M., Dashtizadeh, Z., Ishak, M. R., & Hoque, M. E. (2015). A review on pineapple leaves fibre and its composites. https://doi.org/10.1155/2015/950567

[3]Azteca, P. (s. f.). Tienda. Pieles Azteca. https://teneriaazteca.mx/tienda

[4]Bastida Cañada, O. A. (2025, 24 enero). Clima, suelo y agua para la producción del cultivo de la piña. Blog Agricultura. https://blogagricultura.com/clima-suelo-pina/

[5]Chivichón López, A. B. (2009). Propuestas para mejorar el flujo de producción de una empresa dedicada al procesamiento del cuero vacío (Tesis de grado, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería). Guatemala.

[6]Daniels, R. P. (2003). Back to basics: Leather manufacture (Reimpresa). World Trades Publishing, World Leather. ISBN 9780952213970.

[7]Dedieu, I., Aouf, C., Gaucel, S., & et al. (2023). Recycled poly(hydroxybutyrate-co-valerate) as food packaging: Effect of multiple melt processing on packaging performance and food contact suitability. Journal of Polymers and the Environment, 31, 1019–1028. http://doi.org/10.1007/s10924-022-02600-4

[8]Dent, P. I. (2020). Rheological characterization of PHBV systems to quantify their processing capabilities in packaging applications [Undergraduate thesis, The Ohio State University, William G. Lowrie Department of Chemical and Biomolecular Engineering].

[9]El Portal Inmobiliario. (2016). Piñatex: El cuero vegetal. El Portal Inmobiliario. https://www.elportalinmobiliario.com.mx/articulos/pinatex-el-cuero-vegetal

[10]Fixe. (2024, 12 junio). Fibra textil a partir de piña - Plataforma Bio-emprender. Plataforma Bio-emprender. https://bio-emprender.iica.int/iica-club/fibra-textil-a-partir-de-pina/

[11]Greenpeace. (2025, 14 abril). Carne. ES | Greenpeace España. https://es.greenpeace.org/es/trabajamos-en/consumismo/carne/

[12]Haigler, C. H., et al. (2012). Cotton fiber: A powerful single-cell model for cell wall and cellulose synthesis. Frontiers in Plant Science, 3, 104. https://doi.org/10.3389/fpls.2012.00104

[13]Huanaco Pariona, J. J. (2020). Compósitos reforzados con fibras naturales [Trabajo de investigación para optar al grado de Bachiller en Ingeniería Ambiental, Facultad de Ciencias Ambientales, Carrera Profesional de Ingeniería Ambiental].

[14]Infortamboandina. (s. f.). El mito de las vacas contaminantes.. https://www.infortamboandina.co/es/noticias/el-mito-de-las-vacas-contaminantes

[15]Kasim, A., Selamat, M., Aznan, N., Sahadan, S. N., Daud, M. A. M., Jumaidin, R., & Salleh, S. (2015). Effect of pineapple leaf fiber loading on the mechanical properties of pineapple leaf fiber-polypropylene composite.https://doi.org/10.11113/jt.v77.6617

[16]Kengkhetkit, N., Wongpreedee, T., & Amornsakchai, T. (2018). Pineapple leaf fiber: From waste to high-performance green reinforcement for plastics and rubbers. En A. K. Bledzki & M. Faruk (Eds.), Lignocellulosic composite materials (pp. 271–291). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-68696-7_6

[17]Khan, M. Z. R., et al. (2022). A Review on Cotton Fibre-Reinforced Polymer Composites and Their Applications. Journal of Reinforced Plastics and Composites, 41(1), 1–18. https://doi.org/10.1177/14644207221143876

[18]Kiruthika, A. V. (2022). PHBV based blends and composites. En S. M. Rangappa, J. Parameswaranpillai, M. Ramesh, & S. Siengchin (Eds.), Biodegradable polymers, blends and composites (pp. 283–308). Woodhead Publishing. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-823791-5.00008-9

[19]Luo, S., & Netravali, A. N. (1999). Propiedades mecánicas e interfaciales de compuestos ecológicos verdes hechos de fibras de piña y resina de poli(hidroxibutirato-co-valerato). Revista de Ciencia de Materiales, 34, 3709–3719. https://doi.org/10.1023/A:1004659507231

[20]MatWeb, LLC. (s. f.). Nitrile Rubber (NBR, Acrylonitrile-Butadiene Rubber). MatWeb Material Property Data. Recuperado de https://www.matweb.com/search/datasheet_print.aspx?matguid=75d3830136414f58802f3f8a1a1ed9a3&utm_source=chatgpt.comhttps://www.matweb.com/search/datasheet_print.aspx?matguid=38d92a7df29c4a46ad504c8f1e3f18dc&utm

[21]Mergaert, J., Anderson, C., Wouters, A., Swings, J., & Kersters, K. (1992). Biodegradation of polyhydroxyalkanoates. FEMS Microbiology Reviews, 103(3), 317–322. https://doi.org/10.1016/0168-6445(92)90002-4

[22]Oluwabunmi, K. E., Zhao, W., & D'Souza, N. A. (2021). Carbon capture utilization for biopolymer foam manufacture: Thermal, mechanical and acoustic performance of PCL/PHBV CO2 foams. Polymers, 13(15), 2559. https://doi.org/10.3390/polym13152559

[23]Ramírez, F., Liu Lee, K.-T., & Hodgson Rojas, M. (2018). Fibra de la hoja de piña, obtención y aplicaciones. Pineapple leaf fiber, obtaining and applications. https://doi.org/10.13140/RG.2.2.18654.69449

[24]Rivera-Briso, A. L., & Serrano-Aroca, Á. (2018). Poli(3-hidroxibutirato-co-3-hidroxivalerato): Estrategias de mejora para aplicaciones avanzadas. Polímeros (Basilea), 10(7), 732. https://doi.org/10.3390/polym10070732

[25]Rivera Briso, A. L., & Serrano Aroca, Á. (2018). Métodos de refuerzo mecánico del poli(3-hidroxibutirato-co-3-hidroxivalerato) para aplicaciones industriales avanzadas. Nereis: Revista Iberoamericana interdisciplinar de métodos, modelización y simulación, vol 10, pags. 79-94.

[26]Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural, S. (s. f.-b, 29 marzo 2021). Crece 16.2% producción de piña en México durante 2020. gob.mx. https://www.gob.mx/agricultura/prensa/crece-16-2-produccion-de-pina-en-mexico-durante-2020?idiom=es

[27]Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural, S. (s. f., abril 2024). Conoce la huella hídrica de los cultivos y los alimentos. Gobierno de México. https://www.gob.mx/agricultura/es/articulos/conoce-la-huella-hidrica-de-los-cultivos-y-los-alimentos?idiom=es#:~:text=La%20huella%20h%C3%ADdrica%20de%20una,200%20kg%20de%20carne%20deshuesada.

[28]Ullaguari Alvarado, M. G., & Valarezo Yaguana, N. S. (2022). Fibras textiles a partir de la hoja de piña [Trabajo de graduación, Universidad del Azuay]. Universidad del Azuay.

[29]Wankhede, B., Bisaria, H., Ojha, S., & Dakre, V. S. (2022). A review on cotton fibre-reinforced polymer composites and their applications. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part L: Journal of Materials: Design and Applications, 237(6), 1347–1362. http://doi.org/10.1177/14644207221143876

[30]Watts, G. (2019). Las sorprendentes maneras para reducir los gases contaminantes que producen las vacas. BBC News Mundo. https://www.bbc.com/mundo/vert-fut-49557404

[31]Zytner, P., Wu, F., Misra, M., & Mohanty, A. K. (2020). Toughening of biodegradablepoly(3-hydroxybutyrate-co-3-hydroxyvalerate)/poly(ε-caprolactone) blends by in situ reactive compatibilization. ACS Omega, 5, 14900–14910. https://doi.org/10.1021/acsomega.0c01587

Autores



Andrea Guadalupe Esparza Ramírez.
Es estudiante de Ingeniería Metalúrgica y de Materiales en la Universidad Autónoma de San Luis Potosí (UASLP). Es miembro de la Asociación de Ingenieros Mineros, Metalurgistas y Geólogos de México, así como del Capítulo Estudiantil de la Sociedad Mexicana de Materiales.
Participó en el Encuentro de Jóvenes Investigadores de San Luis Potosí y actualmente trabaja en la elaboración de un compendio de reactivos orgánicos para ataques metalográficos del aluminio 1100. Se caracteriza por su interés en mantenerse activa a través de cursos, talleres, congresos y actividades recreativas que fortalezcan su formación personal y profesional.



Wendy de Jesús Zavala Méndez.
Estudiante de Ingeniería Metalúrgica y de Materiales en la Universidad Autónoma de San Luis Potosí (UASLP). Se distingue por ser una persona responsable, dedicada y con un marcado interés en la innovación de los procesos industriales.
Su objetivo profesional es aplicar sus conocimientos para desarrollar soluciones eficientes en el área de los materiales, contribuyendo al avance tecnológico y al cuidado del medio ambiente dentro del campo de la ingeniería.



Dra. Rubicelia García Garnica. Doctora en Ingeniería Minerales por la Universidad Autónoma de San Luis Potosí (UASLP) e Ingeniera Química por el Instituto Tecnológico de Oaxaca. Sus líneas de investigación se centran en la caracterización mineralógica, física y química de minerales y materiales; estudios geometalúrgicos de yacimientos minerales; procesos de flotación selectiva de minerales tipo sulfuros, silicatos y sulfosales; procesos hidrometalúrgicos para la obtención de cobre; así como en el procesamiento de minerales para la obtención de litio. Participa activamente en el desarrollo de proyectos metalúrgicos para la industria minera y en actividades de divulgación científica.



M.E. Ivonne Kado Mercado-Elías.
Ingeniera Metalurgista y de Materiales por la Universidad Autónoma de San Luis Potosí (UASLP) y Maestra en Educación Basada en Competencias por la Universidad del Valle de México (UVM). Ha desarrollado su trayectoria profesional en el área de minerales, con especial enfoque en el análisis de materiales, así como en procesos de hidrometalurgia y electrometalurgia. Ha supervisado proyectos en el ámbito de materiales con la empresa IMAGO Aerospace y se ha destacado como divulgadora científica mediante charlas, talleres y actividades de promoción del conocimiento científico y tecnológico.



Dra. Verónica Elvira Salazar Muñoz.
Doctora en Ingeniería y Ciencia de los Materiales por la Universidad Autónoma de San Luis Potosí (UASLP), donde también obtuvo la Maestría en Metalurgia e Ingeniería de Materiales y el título de Ingeniera Metalurgista y de Materiales.
Sus líneas de investigación incluyen la síntesis y caracterización de materiales cerámicos magnéticos basados en tierras raras; la evaluación y mejora del desempeño mecánico de aleaciones ferrosas y no ferrosas mediante tratamientos térmicos y procesos de deformación plástica severa; así como la caracterización de las propiedades físicas y químicas de materiales. Además, participa activamente en actividades de divulgación científica y formación de jóvenes investigadores.



DESARROLLO DE UN DISPOSITIVO PARA PRUEBAS DINÁMICAS A FATIGA (FUERZA-DESPLAZAMIENTO) EN SISTEMAS DE REACCIÓN TIPO RESORTE



Victor Samuel Vilchis Bravo / CIATEQ A.C. Centro de Tecnología Avanzada
Benjamín Cruz Cruz / CIATEQ A.C. Centro de Tecnología Avanzada
Alfredo Chávez Luna / CIATEQ A.C. Centro de Tecnología Avanzada
Martín Oliva Rangel / CIATEQ A.C. Centro de Tecnología Avanzada
Jesús Eduardo Villagómez Orozco / CIATEQ A.C. Centro de Tecnología Avanzada

ABSTRACT

When developing new equipment or devices, it is essential to have a robust design that establishes both the useful life and reliability of the product, applying validation procedures that guarantee these characteristics. In the automotive industry, components such as pedal systems are subject to significant demands during use, and their service life can be affected by operating conditions and how each user handles them. For this reason, manufacturers establish highly demanding fatigue testing standards and protocols, which include test cycles of over one million to certify durability and performance, as well as user safety. In this context, we present the development of a dynamic test bench designed to operate with 1-second cycles, independent of the applied load, capable of performing force- or displacement-controlled tests. The equipment has a universal bench that allows various automotive devices to be mounted, an actuator support that is adjustable in height and angle, and an electric actuator with a capacity of up to 3 kN and 250 mm of displacement, instrumented with a load cell for precise force feedback. The structural design was verified through numerical analysis and functional testing. For validation purposes, the bank successfully ran more than one million cycles on an automotive pedal, demonstrating its ability to reproduce industrial fatigue protocols and its potential for evaluating the reliability of different automotive components.

Keywords: test bench, pedal board, fatigue test.

RESUMEN

Durante el desarrollo de nuevos equipos o dispositivos es indispensable contar con un diseño robusto que permita establecer tanto la vida útil como la confiabilidad del producto, aplicando procedimientos de validación que garanticen dichas características. En la industria automotriz, componentes como los sistemas de pedales están sometidos a exigencias significativas durante su uso, y su vida útil puede verse afectada por las condiciones de operación y la forma de manejo de cada usuario. Por ello, los fabricantes establecen normas y protocolos de ensayo de fatiga altamente exigentes, que contemplan ciclos de prueba superiores a un millón para certificar la durabilidad y el desempeño, así como la seguridad del usuario. En este contexto, se presenta el desarrollo de un banco de pruebas dinámico diseñado para operar con ciclos de 1 segundo, independientes de la carga aplicada, capaz de ejecutar ensayos controlados por fuerza o por desplazamiento. El equipo cuenta con una bancada universal que permite montar diversos dispositivos automotrices, un soporte de actuador ajustable en altura y ángulo, y un actuador eléctrico de hasta 3 kN de capacidad y 250 mm de desplazamiento, instrumentado con celda de carga para retroalimentación precisa de la fuerza. El diseño estructural se verificó mediante análisis numérico y pruebas funcionales para su validación, el banco ejecutó satisfactoriamente más de un millón de ciclos sobre un pedal automotriz, demostrando su capacidad para reproducir protocolos de fatiga industriales y su potencial para evaluar la confiabilidad de diferentes componentes automotrices.

Palabras claves: banco de pruebas, elemento automotriz, prueba a la fatiga.

INTRODUCCIÓN

En el desarrollo de nuevos equipos o dispositivos mecánicos dentro de la industria automotriz, resulta fundamental establecer su confiabilidad, en particular la vida útil de cada componente que los integra. El uso de herramientas de ingeniería asistida por computadora (CAE, por sus siglas en inglés) permite obtener resultados preliminares en tiempos reducidos durante las etapas de diseño. Sin embargo, para incrementar la fiabilidad real de los productos, es indispensable complementarlos con ensayos físicos controlados, de manera que se reproduzcan las condiciones de servicio.

Para garantizar la confiabilidad deseada, es necesario someter los dispositivos a ensayos repetitivos que simulen de manera representativa su operación real. Esto ha impulsado el desarrollo de bancos de prueba especializados, los cuales evolucionan constantemente a partir de hallazgos previos. Permitiendo así tanto mejorar el diseño de los equipos como identificar causas de fallas específicas cuando se presentan incidentes aislados.



Fig. 1. Dispositivo automotriz sometidos a pruebas, [1]

En sistemas de reacción tipo resorte, como los pedales automotrices, resulta crítico evaluar su durabilidad mediante pruebas de fatiga cíclicas bajo condiciones que se aproximen al uso real. La aplicación repetida de fuerzas o desplazamientos controlados con una periodicidad definida permite estimar la vida útil de los elementos mecánicos involucrados.

El banco de pruebas propuesto en este trabajo se diseñó considerando el uso de elementos comerciales —actuadores eléctricos, servomotores y celdas de carga—. Para asegurar un control preciso de los parámetros clave (fuerza o desplazamiento) y facilitar la replicación de protocolos industriales. El sistema opera con un ciclo de aplicación de 1 segundo, lo que permite alcanzar un millón de ciclos en aproximadamente 11,5 días de operación continua. Además, la integración de un sistema de control autoajustable en fuerza o desplazamiento mejora la confiabilidad de los resultados. Proporcionando mayor certeza en la determinación de la vida útil y el desempeño de los dispositivos y sus elementos mecánicos.

Objetivo general y específicos.

Desarrollar y validar un banco de pruebas dinámico que permita realizar ensayos de vida útil y fatiga en dispositivos mecánicos sometidos a condiciones de uso extremas. Con el fin de evaluar su confiabilidad y apoyar el diseño robusto de componentes automotrices.

Estableciendo como objetivos específicos:

-Diseñar un sistema de accionamiento capaz de ejecutar ciclos de carga o desplazamiento de 1 segundo de manera constante y controlada.

Desarrollar y validar un banco de pruebas dinámico que permita realizar ensayos de vida útil y fatiga en dispositivos mecánicos sometidos a condiciones de uso extremas. Con el fin de evaluar su confiabilidad y apoyar el diseño robusto de componentes automotrices.

Estableciendo como objetivos específicos:

-Diseñar un sistema de accionamiento capaz de ejecutar ciclos de carga o desplazamiento de 1 segundo de manera constante y controlada.

-Integrar un actuador eléctrico con capacidad de 3 kN y carrera máxima de 250 mm. Instrumentado con celda de carga para medición y retroalimentación de fuerza.

-Implementar un sistema de control ajustable que permita seleccionar entre modos de ensayo por fuerza o por desplazamiento según el protocolo requerido.

-Validar el desempeño del banco ejecutando más de un millón de ciclos continuos en un dispositivo automotriz representativo, asegurando así la estabilidad estructural y la confiabilidad de la medición durante las pruebas.

Planteamiento y Desarrollo

Una de las buenas prácticas en el diseño de dispositivos mecánicos es realizar ensayos con cargas repetidas para determinar cuántos ciclos pueden soportar antes de presentar una falla. Este enfoque involucra a cada uno de los elementos que lo componen; el método usado para estos casos es la prueba de fatiga. En la literatura se encuentran documentados varios métodos en la aplicación de dicha falla, siendo el de prueba de fatiga el más usado. En la literatura se describen diversas técnicas para inducir y analizar la falla por fatiga, cada una con diferentes enfoques y criterios de evaluación. El método más empleado para la prueba a fatiga es el de esfuerzo–vida (S–N), que somete el elemento a cargas cíclicas controladas. Estableciendo así la relación entre el nivel de esfuerzo aplicado y el número deciclos alcanzados durante la prueba hasta ocurrir la falla en el dispositivo [2].
El método de esfuerzo-vida predice un comportamiento tal como muestra el diagrama S-N de Figura 2, para un acero 4130, el cual correlaciona el número de ciclos y el esfuerzo último a la tensión del material. Una vez que el dispositivo o elemento que lo compone supera los ciclos de prueba, se establece que tiene una vida infinita.

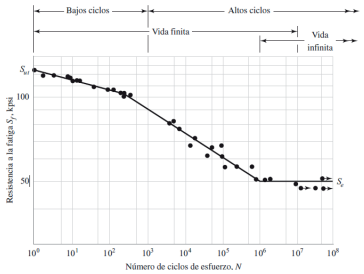


Fig. 2. Ciclo de prueba del dispositivo [2]

En el diseño del banco de pruebas se requirió establecer tanto los parámetros de operación, los cuales son indicados en la TABLA 1, como la secuencia del ciclo de prueba, mostrada en la Figura 2.

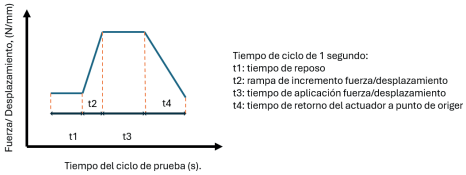


Fig. 2. Ciclo de prueba del dispositivo, [3].

TABLA 1 Especificaciones generales del banco de pruebas de fatiga. Elaboración propia

Requerimientos	Especificaciones
Espacio disponible para dispositivos en bancada principal:	-2
Cantidad de soportes de actuador eléctrico permisibles a montarse en el banco de pruebas	-4
Dimensiones generales.	Alto:1.7m Ancho: 1.4m Largo: 3.45m
Dimensión General de bancada individual.	Alto mínimo: 1.10m Alto máximo: 1.40m Ancho: 0.11m Largo: 1.50m Giro de actuador: β±40° Inclinación máxima de actuador: α±20°
Tiempo máximo de ciclo	1 segundo.
Alimentación eléctrica	440 VCA 60Hz 3 φ
Fuerza máxima de actuadores eléctricos.	3KN
Longitud de desplazamiento máximo de actuadores.	250mm
Velocidad del actuador.	0.5 m/seg
Celdas de carga Rango de medición (4 unidades).	0-10KN
Cada actuador debe tener una base independiente	

Teniendo en cuenta las cuatro fases del ciclo de prueba, se estableció que cada una de ellas (acelerar, mantener la carga, desacelerar y reposo) dura 0.25 segundos y que el desplazamiento máximo requerido es de 250 mm. Por lo tanto, se concluye que la velocidad del husillo para un recorrido total de un segundo por ciclo es de = 1 m/s.

Según las especificaciones, se esbozó el diseño conceptual del banco de prueba. Este incluye, tal como se ilustra en la Figura 3, una bancada principal, un porta-utillaje donde se instalan los dispositivos mecánicos que serán evaluados y un soporte individual para el montaje del actuador. El soporte individual contiene un sistema de balancín que permite al actuador conservar su equilibrio cuando no está en uso o cuando el dispositivo presenta una falla.

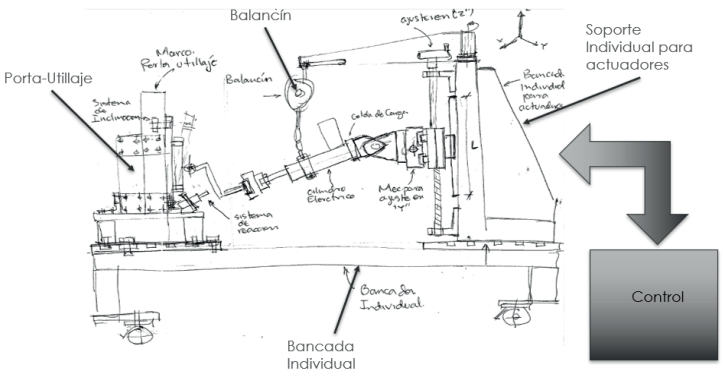


Fig. 3. Esquema conceptual del banco de pruebas de pedales, [3].

Para el caso del soporte individual del actuador, se evaluaron dos conceptos de diseño que cumplieran con los requerimientos establecidos, Figura 4. El concepto "A" presentó las mejores ventajas; destaca una mayor robustez estructural del sistema, condición necesaria debido a la elevada cantidad de ciclos que debe soportar en una prueba de fatiga.

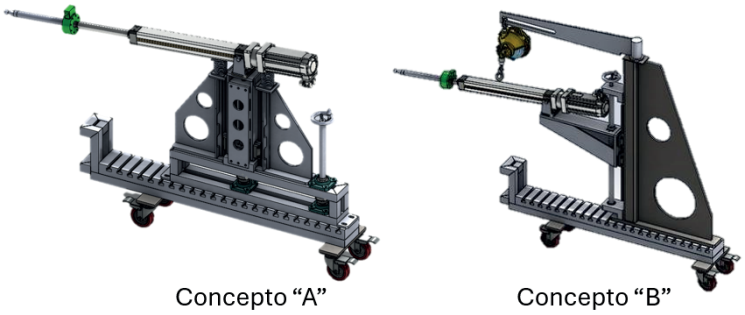


Fig. 4. Diseños conceptuales del soporte de actuador, [3].

En la Figura 5, se muestra el diseño final del banco de prueba, el cual fue desarrollado utilizando el software Solidworks 2016 como herramienta para tal fin; en este diseño se consideran los elementos establecidos en el esquema conceptual.

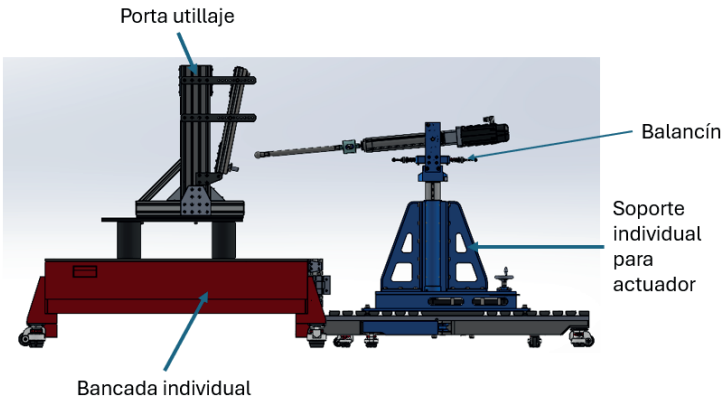
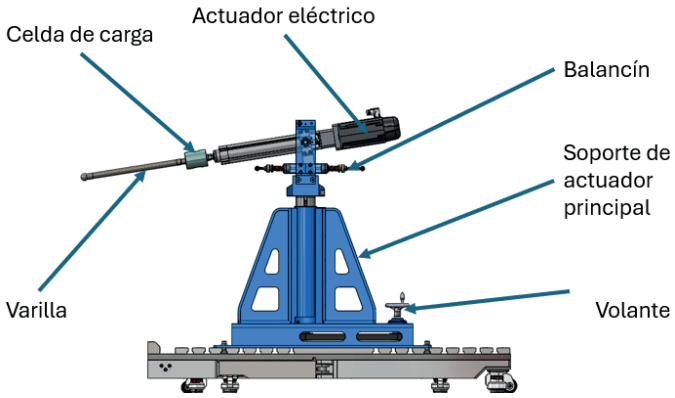


Figura 5. Diseños banco de pruebas, [3].

Para el soporte individual de un actuador, este viene montado en una base que es ajustable en altura mediante un volante. En la punta del vástago del actuador se sitúa una celda de carga con una varilla, que tiene como función trasladar la fuerza al dispositivo a probar; véase la figura 6.



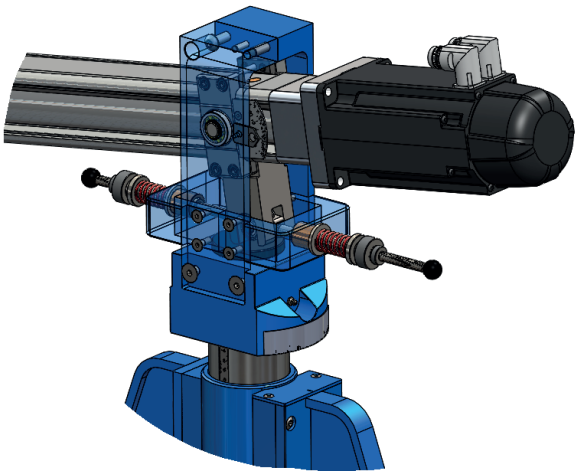


Figura 6. Diseños soporte individual del actuador, [3].

La altura del soporte para el actuador lineal eléctrico se ajusta hasta 290 mm (Z) como máxima mediante una rosca ACME. Además, permite que el ángulo de inclinación sea de α = ±20° respecto a la vertical y que el ángulo de giro sea de β ±40°. Esto permite que el dispositivo adopte una posición en la combinación de estos dos ángulos para aplicar fuerza. Este hecho se ilustra en la Figura 7. El soporte del actuador, además, tiene un ajuste lineal en su bancada, lo que posibilita acercarlo o distanciarlo del dispositivo a examinar.

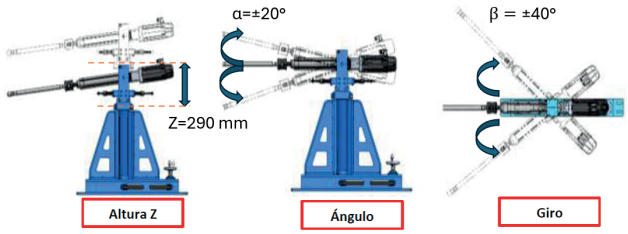


Figura 7. Parámetros de ajuste para el soporte del actuador eléctrico. [3].

Cabe mencionar que el banco de prueba está diseñado para operar al mismo tiempo cuatro soportes de actuadores eléctricos de manera simultánea, con el fin de evaluar varios dispositivos al mismo tiempo y con la opción de trabajar diferentes protocolos de prueba en cada uno.

A) Pruebas de validación estructural en el diseño del banco de pruebas.

El primer paso fue el de construir los pilares con medida de 1.90 mts asi como los cargueros superiores e inferiores con medidas de 0.8 mts, para posteriormente unirlos por cada extremo formando una estructura rectangular, después con uso de un taladro, perforar y atornillar cada esquina de los pilares como se puede ver en la ilustración 10.

Dado el tiempo que lleva realizar un ensayo de fatiga, resulta fundamental que el banco de pruebas tenga la rigidez y resistencia necesarias para soportar las cargas aplicadas sin fallas estructurales.

Para validar el banco de pruebas, se llevó a cabo un análisis estructural a la banca principal y otro al soporte de actuador eléctrico utilizando el módulo de ANSYS 2016, Structural Analysis & Simulation software.

En cuanto al análisis estructural de la bancada principal, se consideró el escenario crítico en el que se instalan cuatro dispositivos para prueba y a cada uno se aplica una fuerza de 3 kN. Distribuyéndose las reacciones y condiciones de frontera para el análisis tal como se muestra en la Figura 8, (Chávez, 2016).

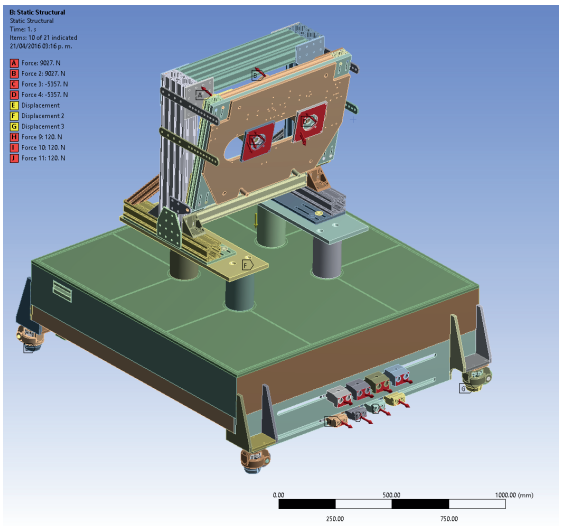


Figura 8. Condiciones de frontera del la banca principal y porta-husillos Chávez, [5].

Se definieron además dos casos para el análisis de la estructura del soporte del actuador eléctrico; en uno de ellos, el actuador se extiende a una altura de Z = 0 mm y, en el otro, Z = 290 mm. Las condiciones de frontera para el caso Z = 0 mm aparecen en la Figura 9.

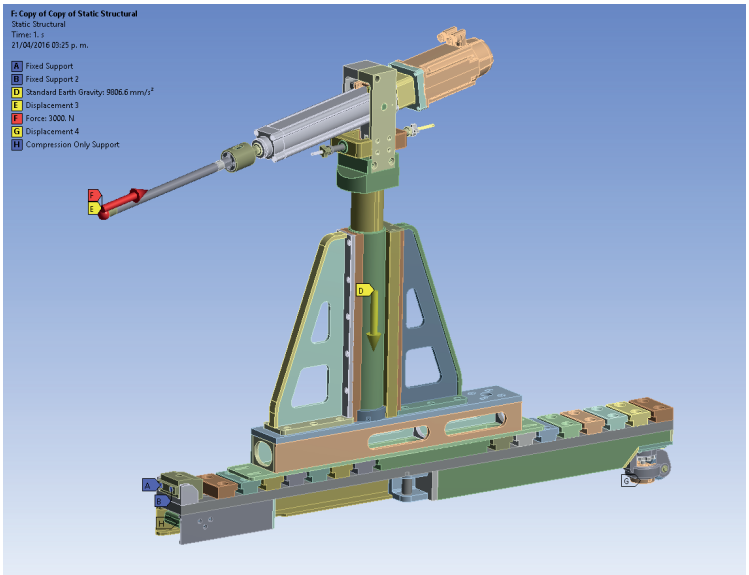


Fig. 9. Condiciones de frontera de la banca principal y porta-husillos, [5].

Los resultados del análisis estructural para el caso de la bancada principal se muestran en la Figura 10.

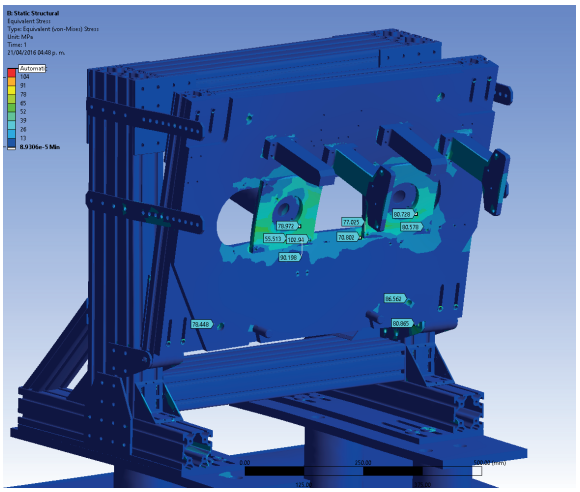


Fig. 10. Comportamiento de la banca principal, aplicando una fuerza de 12,000 N en suma de los actuadores. [5].

La Figura 11 ilustra los resultados de la manera en que el soporte del actuador se comporta cuando un actuador eléctrico aplica una carga de 3,000 N.

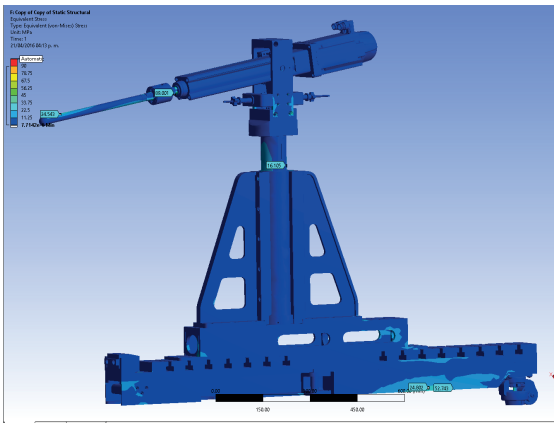


Fig. 11. Comportamiento del soporte de actuador, aplicando una carga de 3,000 N, [5]

A partir de las zonas identificadas como críticas en las Figuras 10 y 11, se obtiene un factor de seguridad por carga fluctuante. Un factor de seguridad arriba de 1 predice que el componente debe tener una vida mayor de 1 millón de ciclos.
De acuerdo con los resultados obtenidos por elemento finito, mostrados en la TABLA 2, se observa que cada uno de los componentes está por arriba de un factor de seguridad de 1.

TABLA 2 Factor de seguridad resultante de los análisis por el método de elemento finito, [5].

		Esfuerzo (MPa)		Factor de:	Esfuerzo (MPa)		Factor de
Componente	Material	Ultimo	Fluencia	corrección	Medio	Amplitud	seguridad
Vástago	100cr6	1050	930	0.85	44.67	44.33	10.2
Barra con punta esférica	AISI 304	520	210	0.85	12.44	12.10	11.5
Guía de soporte	AISI 1518	640	480	0.85	8.62	7.59	31.3
Soporte de bascula miento	ASTM A36	440	250	0.85	17.04	16.54	8.9
Base de estructura soporte cilindro	ASTM A36	440	250	0.85	33.21	19.53	5.4
Estructura de mesa	ASTM A36	440	250	0.85	27.10	25.85	5.6
Sujetador interior	ASTM A36	440	250	0.85	31.28	31.28	4.8
Placa soporte de mecanismo de reacción	ASTM A36	440	250	0.85	40.36	40.36	3.7
Placa con recorte, barreno 1	ASTM A36	440	250	0.85	52.53	52.53	2.9
Placa con recorte, barreno 2	ASTM A36	440	250	0.85	51.47	51.47	2.9
Placa con recorte, barreno 3	ASTM A36	440	250	0.85	45.10	45.10	3.3
Placa con recorte, barreno 4	ASTM A36	440	250	0.85	40.28	40.28	3.7
Placa con recorte, barreno 5	ASTM A36	440	250	0.85	39.22	39.22	3.8
Punto de rotación	6105 T5	262	241	0.85	40.43	40.43	2.9

B) Validación de actuador eléctrico para ciclos de 1 segundo.

Adicionalmente al análisis por el método de elemento finito, se requirió validar la capacidad de los equipos comerciales que componen al banco. Considerando que para elegir los equipos se deben cumplir las especificaciones de la TABLA 1, que incluyen un ciclo de prueba de 1 segundo, una fuerza soportada o ejercida de 3000 N y un desplazamiento de 250 mm (todos considerados valores máximos). Además de que pueda cumplir con la trayectoria que muestra la Figura 2.

Se realizó un examen de la variedad de marcas disponibles en el mercado de actuadores eléctricos comerciales, basándose en los parámetros establecidos. No todas las marcas satisfacían la condición de fuerza máxima (Fmax = 3 kN y = 0.5 m/s); sin embargo, el modelo ESBF-63-250-25P (63 tamaño del husillo, 250 mm de carrera y 25 paso del husillo) de FESTO fue el único que cumplió con los requerimientos. En la Figura 12, se muestran las características del actuador eléctrico ESBF-63 seleccionado, con una capacidad de 7 kN.

Tamaño		63		
Paso del husillo	[mm/giro]	5	10	25
Diámetro del husillo	[mm]	25		
Fuerza máx. del cilindro[1)]	[kN]	7	7	6
Par de accionamiento máx.	[Nm]	7	13,1	26,5
Fuerza radial máx.[2)]	[N]	700		
Velocidad máx.	[m/s]	0,27	0,53	1,35
Revoluciones máx.	[rpm]	3250	3220	3260
Aceleración máx.	[m/s²]	5	15	25
Ángulo de giro máx. del vástago[3)]	[°]	±0,4		
Holgura en la inversión de sentido[3)]	[mm]	< 0,03	< 0,03	< 0,04
Precisión de repetición	[mm]	±0,015	±0,01	
Par de accionamiento sin carga[4)]	[Nm]	0,4	0,45	0,5

Figura 12. Características del actuador eléctrico marca FESTO ESBF-63-250-25P, [4].

Según la información proporcionada para la selección del actuador eléctrico de un ciclo de 1 segundo y una fuerza de 3 kN, se analizaron opciones de solución. La opción elegida fue de la serie ESBF (FESTO), tamaño 63 y con un paso del husillo de 25, por la respuesta al ciclo de trabajo y además por el tiempo que presenta para su mantenimiento (ver Figura 13).

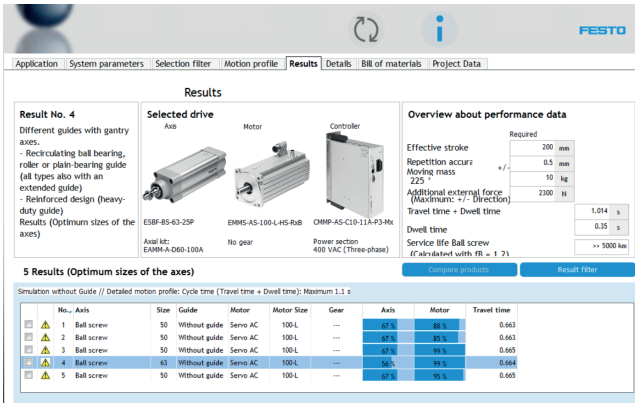


Fig. 13. Selección de actuador eléctricos, [4].

Dentro de la información generada para su selección, se determinaron los tiempos para cada etapa del ciclo de trabajo que estaría realizando dicho actuador eléctrico. La Figura 14 muestra que el tiempo requerido para que el vástago del actuador logre la carga o carrera máxima es de 0.3 segundos. Siguiendo la descripción del ciclo, el próximo paso es mantener la carga durante un mismo período de tiempo y luego devolver el vástago en 0.3 segundos, considerando un descanso de 0.35 segundos.

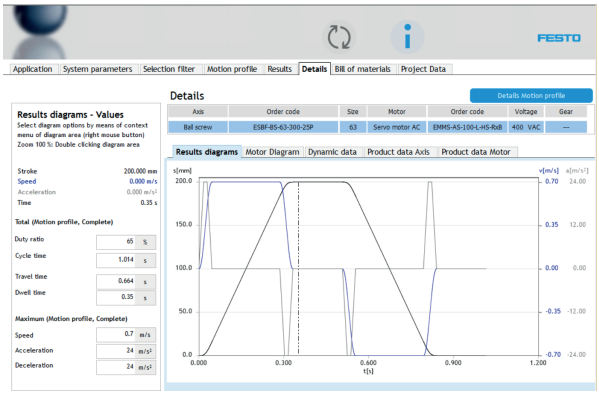


Fig. 14. Comportamiento del actuador eléctrico de acuerdo con los requerimientos, [4].

RESULTADOS

De acuerdo con los resultados obtenidos en el análisis por el método de elemento finito, se concluyen los siguientes:

-Cargas constantes: El análisis por elementos finitos del soporte del actuador y de la bancada principal (Figuras 10 y 11) ha dado como resultado un esfuerzo equivalente de magnitud entre baja y media, comparado con el de fluencia de los materiales que se han asignado a cada uno de los componentes del banco. Por lo tanto, al aplicarles una carga constante de 3,000 N a cada actuador, la falla que pueda lograrse es mínima.

-Pandeo: La fuerza necesaria para provocar el pandeo de la barra con punta esférica y el vástago del cilindro, en la evaluación por pandeo, fue de 370,470 N (ver Figura 11).

-Cargas Fluctuantes: De acuerdo con los puntos críticos que se obtuvieron en el análisis por elemento finito y tomando en consideración la condición de carga variable (relación de Soderberg), el factor de seguridad es mayor a 1. Por lo que esto predice que la vida de los componentes debe ser mayor a 1,000,000 de ciclos.

-Análisis por Fatiga: Cuando se examinan los resultados del análisis por elementos finitos en comparación con la amplitud del esfuerzo máximo en cada componente (considerando las curvas de fatiga de los materiales, según Boyer, 1986), se llega a la conclusión de que el banco de pruebas resiste a fatiga. Para cada material mencionado en la Tabla 3, consigue tener una vida superior a los 10,000,000 ciclos.

TABLA 3. Amplitud del esfuerzo máximo para cada material usado en el banco, [4].

Especificación De material	Amplitud esfuerzo a 10^7 ciclos (Mpa)
100cr6	800
AISI 304	212
AISI 1518	
ASTM A36	80
AISI 1045	300
6105 T5	75

Por lo tanto, estos resultados muestran que el diseño del banco es capaz de llevar a cabo pruebas con ciclos mayores a 〖10〗^7 .
Otra cuestión relevante en la selección del actuador eléctrico es el tiempo de mantenimiento en relación con los ciclos de trabajo que se han llevado a cabo. Según los criterios de operación del actuador definidos durante su selección, se dispone de una capacidad operativa de 5000 km (5,000,000 m) antes de un mantenimiento, como se puede observar en la Figura 15. Si se considera un caso extremo de ciclo para todos los trayectos de prueba (ida y vuelta) de 0.5m, habría 10,000,000 ciclos de operación antes del mantenimiento.

Axis:	Motor:	Controller:
ESBF-BS-63-25P	EMMS-AS-100-L-HS-RxB	CMMP-AS-C10-11A-P3-Mx
Axial kit:	No gear	Power section
EAMM-A-D60-100A		400 VAC (Three-phase)

Technical data		Load calculated from:	
Axis technology	Ball screw		Required
Guide	Without guide	Effective stroke	250 mm
Motor type	Servo AC		
Maximum ambient air temperature	25 °C	Repetition accuracy	0.5 mm
Mounting position, Axis	225 °	Maximum moving mass	1 kg
		Additional external force	2240 N

This solution offers you the following performance		Motion profile see diagram (Detailed motion profile, Complete)
Travel time	0.649 s	
Cycle time	1.049 s	
Dwell time	0.4 s	
Duty ratio	62 %	
Load Axis (Service life Ball screw = >> 5000 km (Calculated with fB = 1.2))	52 %	
Load Motor	99 %	

Fig. 15. Tiempo de operación del actuador eléctrico previo a un mantenimiento. FESTO, (2000-2021),

Y de acuerdo con los resultados obtenidos se realizó la fabricación (Figura 16).



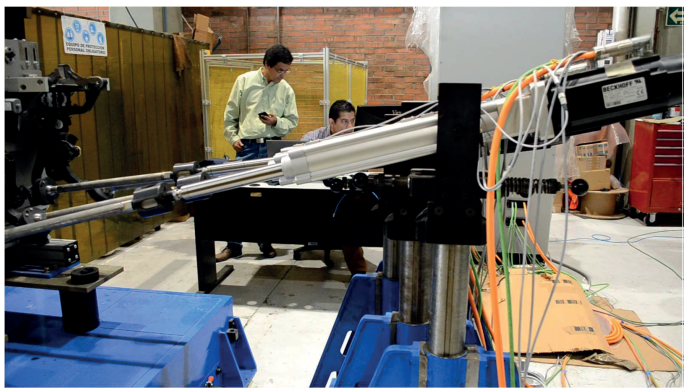


Fig. 16. Fabricación de banco de pruebas dinámicas a fatiga, [3].

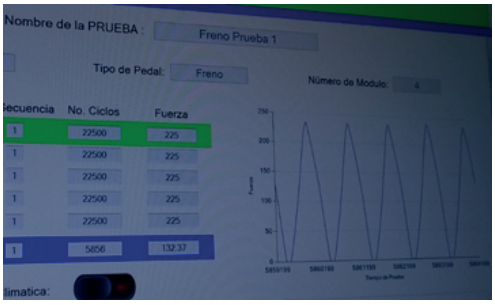


Fig. 17. Graficas de la operación del banco de pruebas dinámico, [3].

Concluyendo que el equipo creado para efectuar pruebas dinámicas sirve para ejecutar pruebas de más de 1 millón de ciclos y posibilita la instalación de varios tipos de dispositivos en la bancada principal. El banco también puede ser configurado para llevar a cabo pruebas de fatiga, ya sea a una distancia fija o hasta alcanzar una fuerza máxima de 3 kN.

Discusión

La combinación de tecnologías actuales de simulación y diseño, junto con la disponibilidad de sistemas de control precisos y actuadores eléctricos. Ha hecho posible que se desarrollen bancos de prueba que pueden simular con precisión considerable el funcionamiento real de los dispositivos mecánicos. Estas herramientas facilitan la aplicación controlada de fuerza o desplazamiento, permitiendo evaluar la vida útil de un componente bajo condiciones cercanas a su operación real y obtener resultados más confiables sobre su punto de falla.
En el presente trabajo no se detalló el desarrollo completo del sistema de control y adquisición de datos, aunque fue indispensable su implementación para ejecutar las pruebas de validación. Este sistema incluyó el uso de celdas de carga acopladas al actuador para la retroalimentación de la fuerza aplicada, garantizando la precisión en los parámetros de ensayo.
Los resultados obtenidos confirman que el uso de elementos comerciales y un control autoajustable de la carga permiten construir bancos de ensayo versátiles y confiables. Esto se alinea con la tendencia actual de desarrollar equipos de prueba modulares que reduzcan costos, faciliten la replicación de protocolos industriales y aumenten la velocidad de validación de nuevos diseños.

Conclusiones

El diseño estructural y el sistema de accionamiento demostraron un desempeño confiable durante la ejecución de más de un millón de ciclos continuos sin presentar fallas, validando la capacidad del banco para reproducir condiciones de operación reales.
El banco de pruebas dinámico desarrollado permite realizar ensayos de fatiga y vida útil con ciclos de 1 segundo, aplicando desplazamientos de hasta 250 mm y cargas controladas de hasta 3 kN, manteniendo la repetibilidad y estabilidad requeridas para estudios de durabilidad.
La integración de un sistema de control en lazo cerrado con retroalimentación de fuerza y desplazamiento mediante celdas de carga permitió mantener la precisión de los parámetros de ensayo a lo largo de toda la prueba.

Aunque la validación experimental se centró en un pedal automotriz, la arquitectura del banco esaplicable a otros dispositivos mecánicos que requieran evaluación de durabilidad bajo condiciones cíclicas controladas.
El equipo constituye una herramienta confiable para el análisis de vida útil y comportamiento a fatiga de componentes mecánicos, contribuyendo a la obtención de diseños más robustos y a la verificación experimental de resultados obtenidos mediante simulaciones.

REFERENCIAS

[1] LAYANA, (2024), página web https://www.layana.com/es/products/-bi-pedals

[2] Budynas,G. Nisbett, J,K. (2012), Diseño en ingeniería mecánica de Shigley, Novena edición.

[3] Vilchis V., (2016), Revisión: D1/3 Desarrollo de un banco de pruebas para ensayos dinámicos.

[4] FESTO, (2000-2021), Cilindros eléctricos ESBF, con actuador por husillo (2023/09).
https://www.festo.com/media/catalog/205795_documentation.pdf.

[5] Chávez A. (2016), Reporte: Análisis estático estructural por el método de elemento finito para un banco de pruebas.

[3] Boyer H., E, (1986), Atlas of fatigue curve

Autores



Ingeniero mecánico, por la Universidad de Guanajuato. Realizó la Maestría en diseño mecánico en la Universidad de Guanajuato. El trabajo actual en CIATEQ durante los 30 años se fundamenta en el desarrollo de máquinas y dispositivos mecatrónicos, ha participado en más de 83 proyectos de desarrollo tecnológico e ingeniería. Tiene diplomados en neumática e hidráulica Industrial impartida por la Universidad Autónoma de México-FESTO DIDACTIC-CIATEQ, diplomado en automatización industrial, diplomado en desarrollo de habilidades gerenciales por el tecnológico de Monterrey.



Electromecánico que ha participado en más de cincuenta proyectos. Dentro de las principales actividades desarrollas han sido en áreas de: diseño mecánico; análisis de integridad mecánica; auditorias operativas; ingeniería de reconstrucción y rehabilitación mecánica; metodología de diseño de producto; estudios de evaluación y optimización; diseño y desarrollo de hornos de vacío para tratamiento térmico; integración de equipos eléctricos mecánicos, neumáticos e hidráulicos para la creación de los proyectos de desarrollos tecnológicos realizados para la industria privada y de gobierno.



Ingeniero mecánico, por el Tecnológico Nacional de México campus Querétaro. Realizo la Maestría de Ciencia y Tecnología en Diseño y Desarrollo de Sistemas Mecánicos en el PICyT.El trabajo actual en CIATEQ durante los 25 años en el desarrollo de máquinas, dispositivos mecánicos y la predicción numérica de componentes estructurales, ha participado en más de 120 proyectos de desarrollo tecnológico e ingeniería. Ha dirigido proyectos de investigación en el campo de la Tribología y presentado sus trabajos en congresos internacionales.



Ingeniero Mecánico por la Universidad de Guanajuato, con más de 36 años de experiencia en diseño y desarrollo de maquinaria y equipos especiales. Ha impulsado proyectos de innovación para diversas industrias, colaborando con sectores público y privado. Realizó una estancia técnica en Japón en mecatrónica y ha desarrollado soluciones industriales, dispositivos médicos y sistemas de prueba, combinando ingeniería aplicada e innovación tecnológica.



Es Ingeniero Electromecánico y tiene Maestría en Ingeniería Mecánica. Desde 1999 se ha desempeñado como Investigador en CIATEQ, A.C. y desde el año 2010 a la fecha, es Líder de Proyec tos de desarrollo tecnológico en la Gerencia de Máquinas Especiales, en la Dirección de Sistemas Mecánicos. Ha desarrollado más de 40 diferentes proyectos vinculados con lasdiferentes industrias, diseñando máquinas, mecanismos y sistemas especiales para las industrias metalmecánica autopartes, automotriz, textil y de investigación que han ayudado a la competitividad y a la innovación de las empresas mexicanas.

CALIBRACIÓN DE CELDA DE CARGA PARA PESADO DINÁMICO

J.E. Villagómez Orozco / CIATEQ, A.C
L.E. Correa Olvera / CIATEQ A.C.
M. Oliva Rangel / CIATEQ A.C.
V.S. Vilchis Bravo / CIATEQ A.C.



ABSTRACT.

This paper presents a calibration procedure for a single-point load cell used in a dynamic weighing system integrated into a sausage dosing and packaging process. The system is designed to produce packages with a predefined target mass, ensuring compliance with specified tolerance limits. The raw material—sausage—features a continuous cylindrical shape ranging from 4 to 5 meters in length and exhibits flexibility. A key challenge in this process is the non-uniform linear density of the sausage, which varies along its length. This variability prevents the establishment of a consistent and repeatable correlation between mass and length, making static measurement methods unsuitable. To address this, the system performs dynamic weighing and cutting operations. As the sausage moves through the system, its mass is continuously monitored. Once the predefined mass threshold is reached, the system triggers a cutting mechanism to segment the sausage accordingly. The accuracy and repeatability of the weighing process are critical to maintaining product quality. A single-point load cell is employed for this purpose, requiring precise calibration of three control parameters to ensure reliable measurements. The proposed calibration procedure enables the load cell to deliver repeatable and sufficiently accurate readings, thereby ensuring that each sausage segment falls within the defined mass tolerance range.

Keywords: Load cell calibration, Sausage dynamic weighing, Factorial experimental design.

RESUMEN

Este trabajo presenta un procedimiento para la calibración de una celda de carga utilizada para pesaje dinámico en un sistema de dosificado y empaquetado de embutidos, con el que se obtienen paquetes con una determinada masa previamente definida. En este caso, el embutido como materia prima tiene forma cilíndrica continua entre 4 y 5 m de longitud y es flexible; su densidad lineal varía a lo largo de su forma. El objetivo es pesar y cortar de forma dinámica el embutido para generar paquetes con una masa y límites de tolerancia definidos. La variación en la densidad lineal del embutido a lo largo de su forma y la variación de la longitud del mismo, no permite que se predefina una relación concreta entre la masa y la longitud de forma repetible, razón por la que se realiza el pesado dinámico y al alcanzar la masa predefinida, el corte del embutido. Para el pesado dinámico se utiliza una celda de carga del tipo single point, la cual, requiere el ajuste y calibración de tres parámetros de control para obtener lecturas repetibles. Con el procedimiento presentado se logra que las lecturas de la celda de carga sean repetibles y lo suficientemente precisas para que el embutido pesado quede dentro del rango de tolerancias definido.

Palabras clave: Calibración celda de carga, Pesaje dinámico de embutidos, Diseño de experimento factorial.

INTRODUCCIÓN

La dosificación de tiras de embutidos para formar paquetes con una masa determinada se realiza con un dispositivo especialmente diseñado para tal fin [1]. Dicho dispositivo pesa dinámicamente las tiras del embutido y las corta automáticamente al completar el peso previamente definido para después enrollar el trozo cortado y empaquetarlo. Estas operaciones se repiten durante todo el turno de producción de forma automática.
La alimentación de la tira del embutido se realiza mediante una banda transportadora en la cual se ha colocado una celda de carga del tipo single-point [2], que va midiendo el peso de la tira alimentada dinámicamente. Al llegar al peso predefinido, el control del dispositivo envía una señal para activar el sistema de corte y una vez cortado, la banda transportadora vuelve a alimentar la tira del embutido y se repite el ciclo n veces.
La Fig. 1 muestra el diagrama de la celda de carga utilizada para el dispositivo desarrollado. Sus características técnicas y de operación, así como dimensiones se observan en [3].

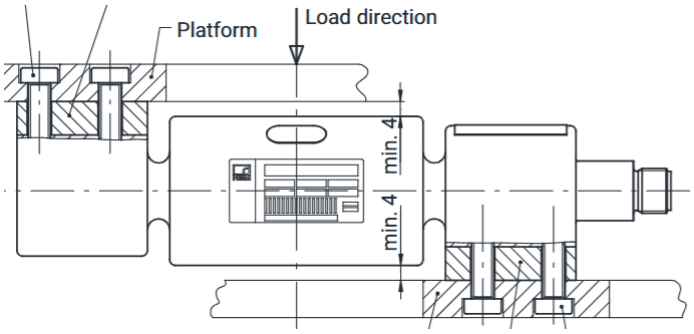


Fig. 1 Celda de carga tipo Single-Point. (Hottinger Brüel & Kjaer GmbH)

Las tiras del embutido tienen longitudes variables, entre 4 y 5 metros y además su densidad lineal (Kg/m) también es variable. De acuerdo con los requisitos iniciales, los trozos del embutido cortado deben cumplir con una masa predefinida y dentro de una tolerancia también predefinida.
La celda de carga debe realizar lecturas repetibles para mantener la masa de los trozos dentro de las tolerancias definidas. Para la correcta operación de la celda de carga es necesario configurar tres parámetros de operación que influyen en la medición dinámica de masa de los trozos de embutido cortados. Estos parámetros son; el filtro para estabilizar los valores de la lectura, el filtro para supresión de interferencias y el ordinal del filtro para interferencias. Estos parámetros tienen los siguientes rangos:

•Filtro para estabilizar el valor de la lectura del peso: rango de 1 a 250. o Valor predeterminado: 10.

•Filtro para supresión de interferencias electrónicas: rango de 0.5 a 20 Hz. o Valor predeterminado: 0.5.

•Ordinal del filtro para interferencias electrónicas: 2 a 10.
o Valor predeterminado: 4.

Para el caso de medición de la masa con una celda de carga estática, esto es, como una balanza, estos parámetros no influyen porque la señal eléctrica de salida de la celda de carga se estabiliza (al no cambiar la masa que está midiendo) y las lecturas se muestran correctamente con los parámetros que vienen predeterminados de fábrica.
Para el caso de medición de masa dinámica, la señal eléctrica de salida nunca se estabiliza y se mantiene variable y aumentando, ya que se va alimentando la tira del embutido por medio de la banda transportadora.

A. Mediciones Iniciales
Las mediciones iniciales de la masa obtenidas con la celda de carga y con los parámetros de configuración predeterminados se muestran en la Fig. 2.

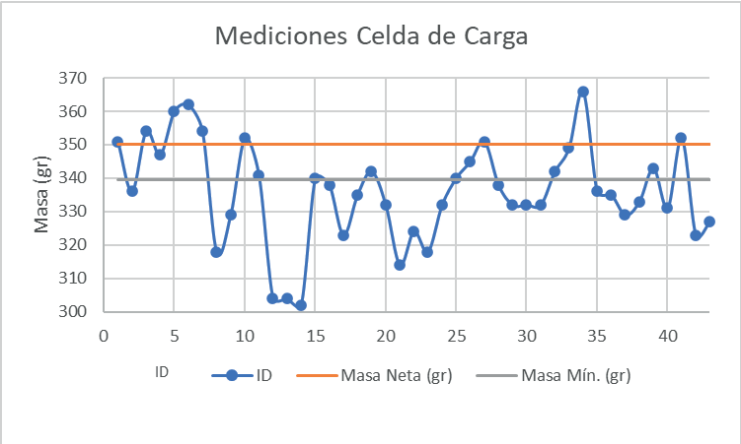


Fig. 2. Mediciones iniciales de masa del embutido

La línea color naranja de la Fig. 2 indica la masa neta que debe lograrse en el paquete de embutido pesado y cortado, mientras que la línea color gris señala el límite de la tolerancia de acuerdo con el requerimiento indicado. Los puntos y líneas de color azul marcan las lecturas realizadas con la celda de carga.
Se obtuvieron 43 mediciones y como se puede observar el rango de variación se encuentra entre 302 y 366gr para una masa deseada de 350gr.
La tolerancia indicada para las tiras de embutido ya cortadas y pesadas es de 10.5gr, es decir, está limitada hacia el mínimo aceptable. El valor máximo de la tolerancia no está restringido, por lo que no es tomado en consideración en el análisis. Por lo tanto, la especificación de la masa del paquete del embutido es la siguiente:

m_p= 〖350〗 _(-10.5)^ gr

(1) De acuerdo con los resultados observados en la Fig. 2, la mayoría de los valores medidos están por debajo de 350gr.

Análisis de las Mediciones Iniciales
El promedio de las mediciones se puede observar en la Error! Reference source not found., línea de color amarillo.

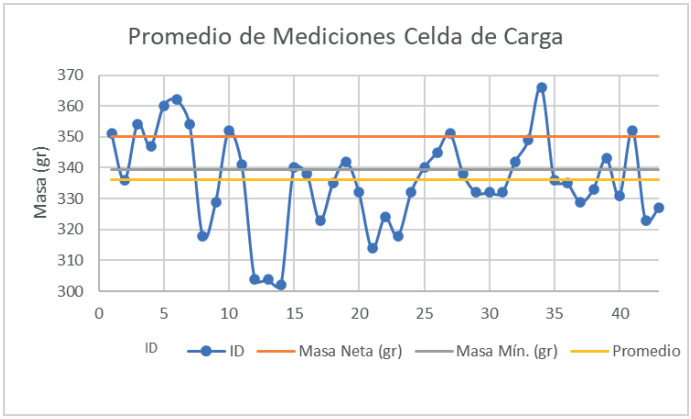


Fig. 3 Promedio de mediciones iniciales

El promedio es de 336gr, que está por debajo del límite mínimo de 339.5gr. Además, de los 43 valores medidos, 19 están por debajo del promedio y 24 están por debajo del límite mínimo.
Solo 19 de las 43 mediciones están dentro del rango establecido, lo que corresponde al 44% de las muestras.

La desviación estándar (σ) de las mediciones iniciales, está indicada en la Fig. 4 , la cual corresponde a 14.81gr.

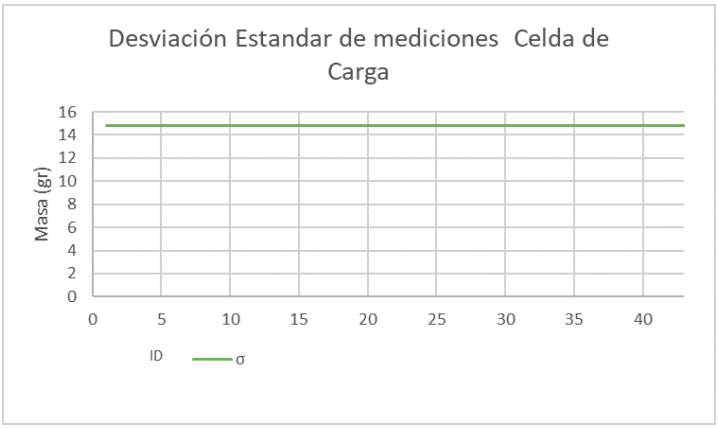


Fig. 4 Desviación estándar de las mediciones iniciales

Considerando la variación de la masa en los trozos cortados del embutido, y que la masa promedio de las muestras está por debajo del límite permitido, además que el rango de variación es amplio, se planteó el diseño de un experimento para encontrar los valores de los parámetros que influyen en dichas mediciones dinámicas con la celda de carga.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

De acuerdo con lo señalado anteriormente, la celda de carga utiliza 3 parámetros de configuración con los que, al modificarlos, se puede ajustar o calibrar la respuesta de la celda.
Encontrar los valores óptimos de estos parámetros, debe resultar en lograr asegurar la masa definida para los paquetes de trozos de embutido y dentro de la tolerancia requerida.
Se propuso utilizar un diseño de experimentos del tipo factorial [4] 3k, considerando que se tienen 3 variables y como el rango de operación de los parámetros señalados es bastante amplio, se propuso también dividir los rangos en 3 valores, bajo, medio y alto.

Con lo cual, el diseño del experimento factorial queda:

DE= 3^k=3^3

(2) El resultado del diseño de experimentos propuesto indica que se deben realizar 27 lecturas con los diferentes niveles de valores de los parámetros, es decir, combinaciones con bajo, medio y alto.
Cabe señalar que, para la verificación de la masa de los trozos cortados, se utilizó una balanza calibrada modelo SP2001 marca Scout-Pro [5].

ID	Masa (kg)	DATOS	FREQ	AMORT
1		b	b	b
2		b	b	m
3		b	b	a
4		b	m	b
5		b	m	m
6		b	m	a
7		b	a	b
8		b	a	m
9		b	a	a
10		m	b	b
11		m	b	m
12		m	b	a
13		m	m	b
14		m	m	m
15		m	m	a
16		m	a	b
17		m	a	m
18		m	a	a
19		a	b	b
20		a	b	m
21		a	b	a
22		a	m	b
23		a	m	m
24		a	m	a
25		a	a	b
26		a	a	m
27		a	a	a

Fig. 5 Plantilla desarrollada para registrar mediciones

En la Fig. 5 de muestra la plantilla desarrollada para hacer las mediciones.

Los rangos definidos para las variables se muestran en la TABLA I.

TABLA I

VALORES DE LOS PARÁMETROS DE CONFIGURACIÓN DE CELDA DE CARGA

Variable	Rango de Valores		
	BAJO	MEDIO	ALTO
Datos	1 a 83	84 a 167	168 a 250
Freq.	.5 a 4.5	5 a 12.5	13 a 20
Amort	2 a 4	5 a 7	8 a 10

La variable "Datos" corresponde al Filtro para estabilizar el valor de la lectura del peso. La variable Freq. corresponde al Filtro para supresión de interferencias electrónicas y la variable Amort. equivale al Ordinal del filtro para interferencias electrónicas.

RESULTADOS

Se llevaron a cabo los primeros experimentos para encontrar los valores óptimos de las variables de configuración de la celda de carga, los cuales deben permitir que las mediciones sean repetibles. Para este caso, los trozos del embutido se definieron de 250gr. y se realizaron 3 repeticiones para cada combinación de valores de los parámetros de las variables.

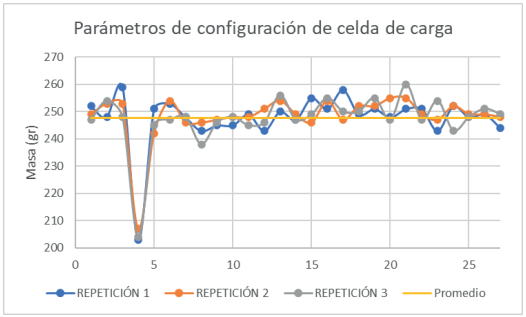


Fig. 6 Mediciones para definir configuración de celda de carga

Las lecturas de los 27 experimentos se muestran en la Fig. 6. Se puede observar que para el caso 4, con valores de los parámetros Bajo-Medio-Bajo hay un error muy grande en la medición, por lo que dichos valores en los parámetros deben excluirse. El promedio de las mediciones se muestra en la línea de color amarillo. Por otro lado, también se observó lo siguiente: Para la variable llamada "Filtro para estabilizar el valor de la lectura del peso" que en la Fig. 5 se nombra como "Datos", lo que hace es determinar la "cantidad de datos" que se analizan de la lectura continua que produce la celda de carga, es decir, entre más cantidad de datos se analicen, mayor cantidad de tiempo requiere el control de la celda de carga para obtener una lectura dinámica de la masa. Este tiempo que le toma al control analizar la cantidad de datos seleccionados es inversamente proporcional a la cantidad de trozos de embutido procesados, lo que resulta en una baja de la productividad o performance del dispositivo, de forma muy sensible.
Esta disminución de la productividad del dispositivo restringe los valores de ese parámetro, lo que resulta en que sus valores deben estar dentro del rango bajo.
De acuerdo con lo anterior, los valores bajos del parámetro "Datos" están en los primeros 9 experimentos de la Fig. 5.

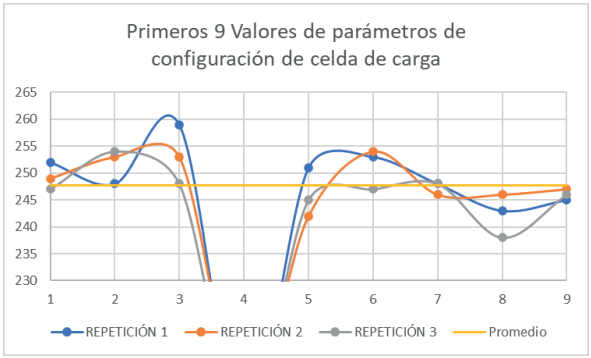


Fig. Fig. 7 Primeros 9 valores de parámetros de configuración de celda de carga

Los valores bajos del parámetro "Datos" se muestran en la Fig. 7 y los valores de las combinaciones de 7 y 9 muestran las mediciones con menores diferencias en las repeticiones. Estas combinaciones muestran los valores: Bajo-Alto-Bajo y Bajo-Alto-Alto.
Los valores señalados se muestran en la Error! Reference source not found. y se observa que ambas combinaciones están muy cercanas al valor requerido de 250gr.

TABLA II
MEDICIONES DE MASA DE PAQUETES CON COMBINACIONES DE PARÁMETROS 7 Y 9

ID	Rep. 1 Masa (gr)	Rep. 2 Masa (gr)	Rep. 3 Masa (gr)	Datos	Freq.	Amort.	Promedio Masa (gr)
7	248	246	248	b	a	b	247.33
9	245	247	246	b	a	a	246

Los valores definidos para las combinaciones anteriores se observan en la TABLA III

TABLA III
VALORES DE PARÁMETROS EN LAS COMBINACIONES 7 Y 9

Variable	Rango de Valores	
	Combinación 7	Combinación 9
Datos	10	10
Freq.	15	15
Amort.	4	10

Utilizando los valores de los parámetros señalados en la TABLA III, se corrieron nuevamente los ensayos para medición de las masas de trozos de embutidos procesados en el dispositivo, en este caso, paquetes de 350gr. Se procesaron 43 paquetes equivalentes a 15kg del embutido.
También se procesó otro ensayo con la combinación de parámetros número 9 con 43 trozos de embutido.



Fig. 8 Masa de trozos procesados con la combinación de parámetros no. 7

Para el ensayo con las combinaciones de valores no. 7, el rango medido está entre 342 y 366 gr. y para el ensayo con las combinaciones de valores no. 9, el rango de mediciones está entre 350 y 364 gr.

Como se puede observar con la combinación de parámetros no. 9 se obtiene un rango menor y además por encima del valor de masa requerido, que es de 350gr y se muestra en la Fig. 9.



Fig. 9 Masa de trozos procesados con la combinación de parámetros no. 9

Se puede observar que la combinación de valores de los parámetros no. 9, es mas estable y las mediciones están menos dispersas. Considerando esto, se procedió a ajustar los valores de los parámetros de esta combinación para observar la respuesta y de esta forma intentar cerrar el rango de mediciones.

TABLA IV
AJUSTE DE PARÁMETROS COMBINACIÓN 9A

Variable	Rango de Valores
	Combinación 9a
Datos	15
Freq.	13
Amort.	10

Para el ensayo con la combinación de valores de parámetros 9a se procesaron 43 trozos de embutido, equivalentes a 15 kg, para paquetes de 350gr. el promedio obtenido fue de 350.09gr y el rango está entre 345 y 356gr, es decir, 11gr en total.
También se puede observar que se cumple con la tolerancia requerida en los paquetes, que son de mínimo 339.5gr.
Los resultados de este ensayo se muestran en la Fig. 10

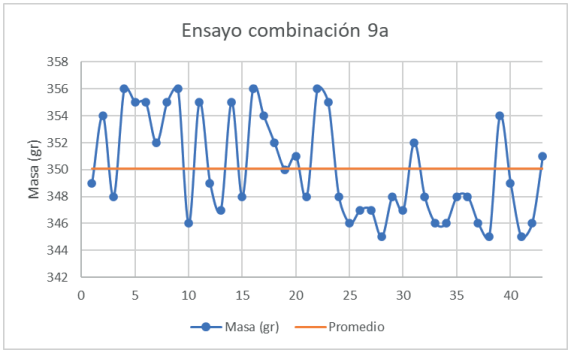


Fig. 10 Masa de trozos procesados con la combinación de parámetros no. 9a

La combinación de valores de los parámetros finales para los valores de las variables de configuración de la celda de carga quedó de acuerdo con la TABLA IV.
Los 43 trozos señalados se procesaron en un tiempo efectivo de 10.63 minutos, lo que equivale a 1.41 (kg/min) y a 84.66 (kg/hr).
Esta productividad está dentro del rango esperado del dispositivo, por lo que los valores de los parámetros de las variables se limitaron a los señalados en la TABLA IV.

CONCLUSIÓN

La variación de los primeros resultados obtenidos en el pesado dinámico de los trozos de embutido, sugirió la necesidad de utilizar una herramienta para diseñar el experimento y encontrar los mejores valores para las variables de configuración de la celda de carga.
Con el diseño del experimento del tipo factorial, se lograron definir los valores para los parámetros de las variables de configuración de la celda de carga tipo single-point, en el dispositivo para procesar tiras de embutidos en trozos con una masa determinada, en este caso de 350gr.
Los valores posibles de las variables se segregaron en 3 rangos debido a su amplitud, los cuales fueron de bajo-medio-alto y se definieron según la TABLA I.

Una vez realizados los ensayos definidos con el diseño del experimento se obtuvieron los primeros valores y posteriormente se ajustaron para lograr cerrar el rango de mediciones de los trozos del embutido y mantener el peso dentro del límite requerido. Con los valores de los parámetros definidos, el pesado dinámico controlado, además se logra la productividad esperada del dispositivo.

REFERENCIAS

[1] J. C. Sánchez Jiménez, L. E. Correa Olvera, J. E. Villagómez Orozco y M. A. Álvarez Pérez, «Reporte: Desarrollo de sistema de pesado, corte y enrollado de trozos de embutidos,» CIATEQ, A.C., Confidencial, Inédito, Querétaro, 2020.

[2]«Sensores e instrumentos HBM,» MB instrumentos México, 04 09 2025. [En línea]. Available: https://www.hbm.com/?id=3008&product_type_no=P25%20Easy-care%20load%20cell%20for%20high%20hygienic%20standards. [Último acceso: 04 09 2025].

[3] H. B. &. K. GmbH, «Single point load cell Data Sheet,» [En línea]. Available: https://www.hbm.com/fileadmin/mediapool/hbmdoc/technical/B02926.pdf. [Último acceso: 04 09 2025].

[4] H. Gutierrez Pulido y S. R. De la Vara, Análisis y Diseño de Experimentos, 2a Edicion, México: McGraw-Hill Interamericana Editores, 2008.

[5] «Scout Pro Electronic Portable Balance, SP2001 Data Sheet,» [En línea]. Available: https://dmx.ohaus.com/WorkArea/showcontent.aspx?id=6046. [Último acceso: 05 09 2005].

Autores



Jesús Eduardo Villagómez Orozco.
Es Ingeniero Electromecánico y tiene Maestría en Ingeniería Mecánica. Desde 1999 se ha desempeñado como Investigador en CIATEQ, A.C. y desde el año 2010 a la fecha, es Líder de Proyectos de desarrollo tecnológico en la Gerencia de Máquinas Especiales, en la Dirección de Sistemas Mecánicos. Ha desarrollado más de 40 diferentes proyectos vinculados con las diferentes industrias, diseñando máquinas, mecanismos y sistemas especiales para las industrias metalmecánica autopartes, automotriz, textil y de investigación que han ayudado a la competitividad y a la innovación de las empresas mexicanas.



Luis Emmanuel Correa Olvera. Es Ingeniero en Automatización (Sistemas Mecatrónicos) por parte de la Universidad Autónoma de Querétaro. Maestría en Manufactura Avanzada por parte de CIATEQ A.C. Cuenta con certificaciones CAD (SolidWorks Profesional- Mechanical Design) y de Rexroth (Drive & Control Training Center México) en Hidráulica Industrial y Proporcional. Cuenta con experiencia en proyectos de desarrollo tecnológico en las áreas de diseño mecánico y control automático, adquisición de datos, diseño electrónico y programación de microcontroladores. Actualmente se desempeña como Ing. Especializado en la Gerencia de Máquinas Especiales, Sistemas Mecánicos en CIATEQ.

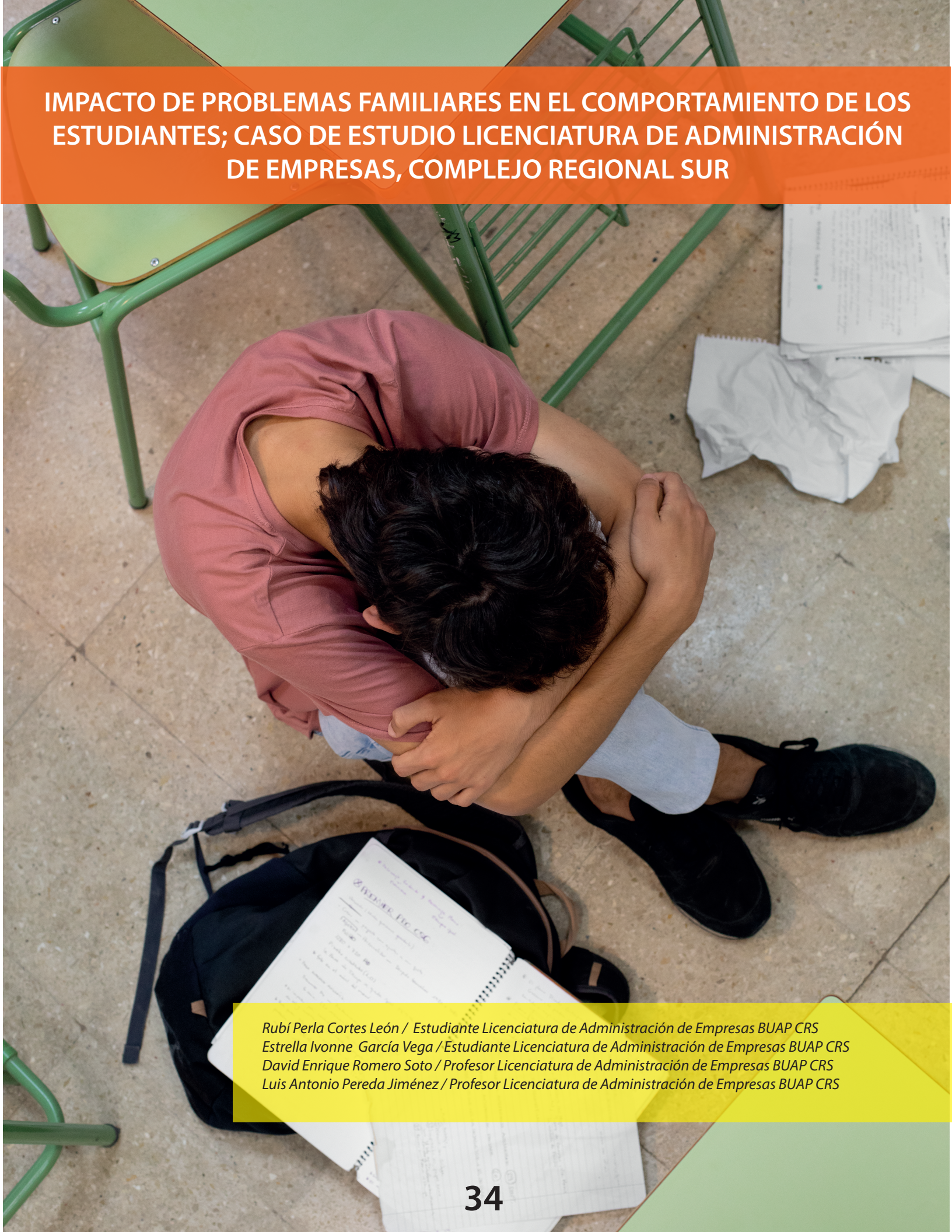


Ingeniero mecánico, por la Universidad de Guanajuato. Obtuvo el título de Maestría en Diseño Mecánico en la Universidad de Guanajuato. Hoy en día, trabaja para CIATEQ. Desde hace 30 años, se ha dedicado a la creación de máquinas y aparatos mecatrónicos, y ha colaborado en más de 83 proyectos de ingeniería y desarrollo tecnológico. Posee un diploma en desarrollo de habilidades gerenciales, ofrecido por el Tecnológico de Monterrey, y otros dos en neumática e hidráulica y automatización industrial, otorgados por la Universidad Autónoma de México-FESTO DIDACTIC-CIATEQ.



Ingeniero Mecánico por la Universidad de Guanajuato, con más de 36 años de experiencia en diseño y desarrollo de maquinaria y equipos especiales. Ha impulsado proyectos de innovación para diversas industrias, colaborando con sectores público y privado. Realizó una estancia técnica en Japón en mecatrónica y ha desarrollado soluciones industriales, dispositivos médicos y sistemas de prueba, combinando ingeniería aplicada e innovación tecnológica.

IMPACTO DE PROBLEMAS FAMILIARES EN EL COMPORTAMIENTO DE LOS ESTUDIANTES; CASO DE ESTUDIO LICENCIATURA DE ADMINISTRACIÓN DE EMPRESAS, COMPLEJO REGIONAL SUR



Rubí Perla Cortes León / Estudiante Licenciatura de Administración de Empresas BUAP CRS
Estrella Ivonne García Vega / Estudiante Licenciatura de Administración de Empresas BUAP CRS
David Enrique Romero Soto / Profesor Licenciatura de Administración de Empresas BUAP CRS
Luis Antonio Pereda Jiménez / Profesor Licenciatura de Administración de Empresas BUAP CRS

ABSTRACT.

Parental divorce can generate distrust in students, as well as emotional instability. Likewise, financial problems lead students to seek part-time jobs and reduce their study time, resulting in poor classroom performance. It has been found that foreign students are the most difficult in this area, with rent, utilities, and other expenses. Domestic violence is an important issue, as students tend to have difficulty socializing with their peers.

This research focuses on the impact of family problems such as divorce, financial problems, and domestic violence on the academic environment and student behavior. The methodology is quantitative and includes a case study that involves analysis to describe the students' context.

Based on the surveys administered, it was found that 62.1% of the surveyed population finds their classroom performance emotionally affected. 50% also believe psychological support is necessary to excel, and 39.7% believe the same. As a result, there is a need to create a psychological support group with trained personnel to ensure the student community achieves positive development in the classroom. The introduction of workshops and awareness-raising talks is important in these areas and addressing them requires strategies and social support. This research seeks to identify early detection of problems in students to cope with the situation and have a positive impact on the student community.

Keywords: Performance, Conflicts, Welfare, Adaptation, Academic.

RESUMEN.

El divorcio de los padres puede generar desconfianza en los alumnos, además, inestabilidad emocional; asimismo, los problemas económicos hacen que los alumnos busquen trabajos por medios tiempos y reduzcan el tiempo de estudio, esto genera que su desempeño en el aula sea bajo, se ha detectado que los estudiantes foráneos son quienes tienen mayor complicación en este ámbito entre pago de rentas, servicios y demás gastos. La violencia intrafamiliar es punto importante ya que los alumnos tienden a tener dificultad para socializar con su entorno.
Esta investigación está enfocada en el impacto de los problemas familiares como: divorcio, problemas económicos y violencia intrafamiliar en el entorno académico y en el comportamiento de los estudiantes.
La metodología es cuantitativa que incluye un estudio de caso que implica el análisis para describir el contexto de los estudiantes.
A partir de las encuestas aplicadas se detectó que el 62.1% de la población encuestada le afecta emocionalmente el desempeño en el aula, además un 50% creen que es necesario el apoyo psicológico para sobresalir y un 39.7% de igual forma. Como resultado, se plantea la necesidad de crear un grupo de apoyo psicológico con personal capacitado para que la comunidad estudiantil logre un buen desarrollo en el aula. La introducción de talleres y platicas de concientización son importantes en estos aspectos y abordarla requiere de estrategias y apoyo social. Esta investigación busca identificar la detección temprana de problemas en los alumnos para sobrellevar la situación y de un impacto positivo a la comunidad estudiantil.

Palabras clave: Rendimiento, Conflictos, Bienestar, Adaptación, Académico.

INTRODUCCIÓN.

La presente investigación hace énfasis en el impacto que tienen los problemas familiares a los alumnos de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla CRS de la Licenciatura de Administración de Empresas. El núcleo familiar se considera fundamental en el desarrollo social y para lograr el aprendizaje del alumnado puesto que de ello dependen sus valores, actitudes y comportamientos, desde las primeras etapas el ambiente familiar es fundamental para el desarrollo del alumno, así hasta lo profesional. Configura las bases emocionales y su manera de socializar con su entorno.

En el ambiente universitario los estudiantes pueden tener muchas exigencias académicas por lo que también requieren apoyo emocional y el apoyo por parte de su familia; sin embargo, cuando los alumnos se enfrentan en un entorno de conflictos los jóvenes pueden presentar bajo rendimiento en el aula e inclusive la baja definitiva.

La importancia de profundizar es reconocer que los alumnos también enfrentan problemas, no solo de carácter estudiantil, sino también de su ambiente familiar. Esta investigación busca crear concientización sobre dicha problemática y además con la finalidad de crear grupos de apoyo para alumnos que se encuentran afrontando dichos problemas esto con la finalidad de que haya una armonía sana y un desarrollo equilibrado en los estudiantes del complejo. Haciendo hincapié en que la salud mental es importante para lograr las metas propuestas y para ello con apoyo psicológico se puede lograr.

Desde la perspectiva educativa se puede lograr un mejor rendimiento con mecanismos que permitan garantizar una comunicación sana y una formación de profesionales con buena autoestima.

Pregunta de Investigación

¿Cómo los estudiantes de la Licenciatura de Administración de Empresas se ven afectados por los problemas familiares en su rendimiento académico?

Los problemas familiares son factores que pueden influir significativamente en el desarrollo emocional, social y académico de los estudiantes. Estas problemáticas pueden generar diversas reacciones como estrés, baja autoestima o ansiedad, afectando su capacidad de concentración, rendimiento académico y relaciones interpersonales dentro del entorno universitario.

OBJETIVO GENERAL Y ESPECÍFICOS.

Objetivo General

Identificar el impacto de los problemas familiares en el rendimiento académico de los estudiantes, para comprender su efecto mediante la recopilación y evaluación de datos.

Objetivos específicos

Identificar el impacto de los problemas familiares en el rendimiento académico de los estudiantes, para comprender su efecto mediante la recopilación y evaluación de datos.

-Identificar los problemas familiares de los estudiantes de la Licenciatura de Administración de Empresas de la BUAP, Campus Tehuacán.

-Categorizar los tipos de problemas familiares más frecuentes entre los estudiantes de la Licenciatura en Administración de Empresas de la BUAP (CRS).

-Evaluar el rendimiento académico de los estudiantes que experimentan problemas.

-Analizar cómo los problemas familiares afectan el desempeño académico, considerando factores como calificaciones, asistencia y cumplimiento de tareas.

JUSTIFICACIÓN

La presente investigación es relevante debido al impacto significativo que los problemas familiares pueden tener en el ámbito educativo y social, particularmente entre los estudiantes de la licenciatura de Administración de Empresas de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (BUAP). El divorcio, las dificultades económicas y la violencia intrafamiliar pueden influir en la estabilidad emocional, el rendimiento académico y la adaptación social de los jóvenes universitarios. Comprender la relación entre los problemas familiares y el desempeño académico es esencial para identificar las áreas de impacto y los factores que afectan el desarrollo educativo de los estudiantes de la licenciatura. El rendimiento académico es un indicador clave del desarrollo estudiantil y puede estar condicionado por factores externos como el entorno familiar. Además, los problemas emocionales derivados de situaciones familiares adversas pueden afectar la conducta de los estudiantes, generando dificultades en la integración social y en su participación en el ámbito universitario.

Dado que esta problemática afecta directamente a la comunidad estudiantil de la Licenciatura de Administración de Empresas (BUAP CRS), es fundamental generar conocimiento específico sobre su influencia en los jóvenes universitarios. Los resultados de esta investigación contribuirán a una mejor comprensión del fenómeno y podrán servir de referencia para futuras investigaciones o análisis en el ámbito académico, sobre todo para el diseño de programas que apoyen a los estudiantes que enfrentan estas dificultades.

De acuerdo con Ruiz [12], el desempeño académico de los alumnos depende del clima en el hogar, es decir, desde sus rasgos, actitudes y comportamientos que reflejan de sus familias. Este concepto tiene un valor significativo para los jóvenes, al haber un ambiente sano y buena comunicación con sus padres permite crear un ambiente afectivo lo que permite que el alumno logre destacar y mantenerse motivado en sus actividades académicas.
El valor práctico de esta investigación radica en su capacidad para generar estrategias de apoyo que puedan ser implementadas dentro de la licenciatura de Administración de Empresas para mitigar los efectos negativos de los problemas familiares. Según De Giovanni, [2], las instituciones académicas y las organizaciones deben proporcionar recursos y apoyo para la salud mental, esto puede incluir servicios de consejería, líneas de ayuda y programas de bienestar. Los programas de apoyo psicológico y académico que reconozcan la influencia de los problemas familiares pueden marcar una diferencia importante en el rendimiento académico de los estudiantes, ayudándoles a superar las barreras emocionales y sociales que estos problemas conllevan.

Además, la identificación de estos factores permite a la comunidad universitaria desarrollar estrategias para reducir la deserción escolar, mejorar el bienestar estudiantil y optimizar el desempeño académico. De acuerdo con datos [7] del Instituto Nacional de Estadística y Geografía, una proporción significativa de jóvenes en México ha experimentado violencia intrafamiliar, lo que puede derivar en estrés, ansiedad y falta de concentración. Estos factores no solo afectan su formación profesional, sino que también pueden repercutir en su capacidad para relacionarse con sus compañeros y docentes, generando un entorno de aprendizaje poco favorable.

El impacto de los problemas familiares en los estudiantes se refleja en su rendimiento dentro del aula. Las tensiones derivadas de situaciones como el divorcio, las dificultades económicas y la violencia intrafamiliar pueden generar elevados niveles de estrés y ansiedad en los jóvenes, afectando su capacidad para concentrarse y participar activamente en las clases.

[4] Los trastornos por ansiedad y depresión son causados en un 90% por el estrés laboral, emocional, económico o social, aseguró el doctor Alberto López Díaz, jefe de psiquiatría comunitaria del Hospital Psiquiátrico "Fray Bernardino Álvarez", de la Secretaría de Salud. "El estrés es una reacción del organismo ante situaciones adversas, que puede generar malestar y provoca taquicardia, sudoración excesiva, erección de los vellos de la piel, frialdad u hormigueo de extremidades y sensación de vacío en el estómago". Los efectos de estos problemas en la conducta y desempeño académico no solo afectan a nivel individual, sino que tienen repercusiones en el ambiente educativo en su totalidad. Los jóvenes que atraviesan situaciones familiares difíciles a menudo experimentan un desconcierto emocional que afecta sus relaciones interpersonales y su disposición para participar activamente en las actividades académicas. Este contexto puede derivar en una disminución en su nivel de compromiso académico, lo que a largo plazo se traduce en un bajo rendimiento y en un mayor riesgo de deserción.

Esta investigación permitirá identificar de manera más precisa los factores que generan estos impactos, brindando así herramientas para que las autoridades universitarias diseñen políticas de apoyo que reconozcan la realidad emocional y psicológica de los estudiantes. Generar un ambiente universitario más consciente de estas problemáticas es fundamental para proporcionar el apoyo necesario a los jóvenes que atraviesan dificultades familiares. Al entender los efectos emocionales de las tensiones familiares, se puede crear un entorno más inclusivo y accesible para todos los estudiantes, lo que beneficiaría el desempeño académico y la integración social de los mismos dentro de la comunidad universitaria.

Marco Conceptual

[5] Se plantea que la evolución de la educación familiar es cuando, la familia tiene un papel importante en la vida de los estudiantes ya que es el pilar que los motiva para poder fomentar una mejor enseñanza en su estudio. En la década de los 60 el papel de la mujer era predominantemente el de ama de casa sometida a la autoridad del "jefe" de la familia, los hijos empezaban a ir a la escuela generalmente hasta los 6 años o en ciudades grandes lo hacían desde los 5 años, antes de esa edad generalmente pasaban la mayor parte del tiempo con su madre y seguramente con una gran cantidad de hermanos.

Los roles de cada miembro de la familia eran muy marcados: la madre en casa atendiendo las labores del hogar y desde luego la educación de los hijos; el padre generalmente asume el papel de proveedor y autoridad; los hijos mayores eran corresponsables de los menores. La división de las tareas de casa estaba claramente marcada por el género de cada uno de los miembros de la familia, los "hombrecitos" colaboraban con las tareas de "hombres" y las "mujercitas" con las tareas denominadas femeninas, exclusivamente.

Desde luego las características señaladas tenían sus variantes derivadas de factores como el económico, por ejemplo, situación que hacía que las familias "tradicionales" se fracturaron por la ausencia de los hombres mayores que emigraban a polos de desarrollo en busca del sustento familiar. Con esta generación podemos empezar a establecer un comparativo entre la composición familiar y el estilo de educación de los niños.

Cabe mencionar que respecto a los tipos de estereotipos que tenían era muy difícil el poder llevar un ambiente de seguridad y de buena educación, ya que su forma de enseñanza es muy marcada, más sin embargo lucharon para cambiarlos y poder tener un mejor ejemplo de educación, enseñanza los padres de familia en la actualidad son más abiertos para poder comprender a sus hijos, con esta investigación se busca el poder analizar cómo es que ese tipo de educación influye en los estudiantes y su entorno educativo.

A. Definiciones

1) Divorcio:

[13] Establece una decisión judicial que disuelve el vínculo matrimonial y que implica la pérdida de los derechos sucesorios entre los cónyuges, la pérdida de la pensión de viudedad, así como de las obligaciones derivadas directamente del matrimonio. No afecta a las obligaciones de los cónyuges para con sus hijos e hijas, puesto que las mismas surgen de la relación de parentesco y no de la existencia de la unión matrimonial. Puede ser solicitada por ambos cónyuges o por uno de ellos y es necesario que hayan transcurrido, al menos, tres meses desde la celebración del matrimonio.

2) Problemas Económicos:

Actualmente en México se enfrentan tres problemas económicos

[11] Primero: La incertidumbre económica. La creciente inflación, sea subyacente o no, en niveles de 6.44% y más de 11%, respectivamente, golpean la economía familiar, pues el permanente incremento en la tasa de interés para controlar la inflación afecta el costo del crédito. Tenemos un crecimiento limitado y por debajo de las promesas de hace cinco años (PIB 1.9%, proyección para 2017); un ineficiente programa de creación de empresas, incluso la misma Secretaría de Economía, a través de un funcionario consultado, reconoce el rezago y deficiencia en el sistema. Registramos niveles de 56.6% de tasa de informalidad laboral de la PEA (población económicamente activa); así como una insuficiente creación de empleos; con sueldos y salarios cada vez más precarios (con los montos actuales se compra aproximadamente 80% de la canasta básicade 1994); con la incertidumbre en el rumbo de las negociaciones e inversiones en el TLCAN; y con la fortuna de contar con una depreciación del dólar; estaremos atentos a las palabras del Sr. Presidente para saber qué nuevo decálogo aplicará en su último año de gobierno, en un intento de demostrar estabilidad y de acarrear votos y confianza para su partido y candidato.

Segundo: inseguridad.

Los niveles de inseguridad no han descendido, aún con la captura de delincuentes, las familias sienten más miedo en su camino de casa al trabajo, del trabajo a casa, de casa a la escuela o de la escuela a casa. Cada vez es más notorio el crecimiento de las células de delincuencia organizada, limitando la inversión de pequeños y grandes emprendedores y empresarios, con lo cual se afecta tanto a la economía familiar y a la macroeconomía.

Tercero: corrupción.

Seguramente para no enfrentar cuestionamientos sobre los casos de corrupción se decidió hacer el cambio del formato del informe. Este tema se ha convertido en plática cotidiana y natural entre la ciudadanía; casos hay de todos colores (partidos políticos) y sabores, entre injusticias y una inadecuada impartición de justicia, ahuyentan inversiones productivas que generarían más y mejores empleos, un golpe más a la economía del país.

3)Violencia escolar:

La violencia es una realidad que ha ido permeando en todos los niveles sociales, económicos y culturales. Enfrentarla y combatirla implica para las instituciones reconocer su existencia y efectos, abandonar la opacidad, la negación y el silencio.

[1].Los sistemas educativos en el mundo, de nuestro país y de nuestro Estado, han experimentado en los últimos tiempos un embate de violencia que viene dañando a la población más preciada y al mismo tiempo más vulnerable, los niños y adolescentes.

4) Violencia Intrafamiliar

La violencia intrafamiliar, también conocida como violencia doméstica, se refiere a cualquier forma de abuso físico, emocional, sexual o psicológico que ocurre dentro de las relaciones familiares o de convivencia. Esta violencia puede tener lugar entre cónyuges, parejas, padres e hijos, hermanos u otros miembros del hogar. Su manifestación puede ser sutil o evidente, pero en todos los casos, sus consecuencias son profundamente perjudiciales para la víctima y para el tejido mismo de la familia. [11].

5) Desarrollo emocional, social, y académico:

[8] Menciona cuales son las causas, síntomas y el tratamiento para poder manejar estas situaciones.

6) Ansiedad:

La ansiedad es una reacción normal y saludable que se activa ante una amenaza o un peligro, se convierte en trastorno de ansiedad cuando esta reacción se activa en situaciones habitualmente no amenazantes/peligrosas o de manera persistente.

7) Rendimiento académico:

Se refiere al desempeño de un estudiante en el ámbito escolar y este se refleja en el conjunto de asignaturas que debe superar o competencias que debe adquirir.

8) Clasificación de Tipos de Problemas

-Las disputas entre cónyuges.

-Los malentendidos entre padres e hijos (también pueden surgir conflictos entre padres e hijos adultos).

-Los conflictos entre hermanos adultos o niños.

-Los conflictos con los miembros más mayores de la familia.

-La dificultad para aceptar que los hijos se vayan de casa.

9) Tipos de Violencia

Violencia física: Este tipo de violencia implica el uso de la fuerza física para infligir daño o dolor a la víctima. La violencia física es claramente visible y puede dejar lesiones (incluso emocionales) duraderas.

Violencia emocional o psicológica: La violencia emocional o psicológica se manifiesta a través de la manipulación, el control, el acoso verbal, la humillación y la intimidación constante.

Violencia sexual: La violencia sexual involucra actos no consensuados de naturaleza sexual. Esto incluye violación, coerción sexual y cualquier forma de abuso sexual dentro de las relaciones familiares.

Violencia económica o financiera: Se refiere al control desmedido de los recursos económicos por parte de un miembro de la pareja o familia.

Violencia digital: En la era digital, la violencia también puede manifestarse en forma de ciberacoso, control de las actividades online de la víctima, publicación no consensuada de imágenes íntimas o el uso de las redes sociales.

Violencia verbal: La violencia verbal se refiere a insultos, descalificaciones y humillaciones constantes.

PROPUESTA Y METODOLOGÍA

Con base en los resultados obtenidos se puede apreciar que un gran porcentaje de alumnos de la licenciatura de administración de empresas del complejo regional sur campus Tehuacán, se han visto afectados tanto emocional como académicamente debido a problemas dentro de su entorno familiar.

El divorcio de los padres, los problemas económicos y la violencia intrafamiliar son problemas que pueden afectar su capacidad para socializar e impactar en su motivación para realizar sus actividades dentro de la institución. Por ello se propone un fortalecimiento psicológico tanto en docentes y en alumnos del campus, esto teniendo como finalidad una detección temprana y que se logre obtener un correcto desarrollo emocional en los alumnos.

La iniciativa de apoyo psicológico estudiantil se implementa mediante un enfoque integral que busca combinar sesiones de atención psicológica individual y grupal, impartidas por profesionales en el campo de la psicología con el objetivo de proporcionar un entorno de apoyo y orientación para los estudiantes.

Además, se organizarán talleres prácticos y dinámicos que buscan abordar temas relevantes para la salud mental de los estudiantes, como el manejo del estrés, la ansiedad, la autoestima, las relaciones familiares y la inteligencia emocional.

Estos talleres están diseñados para proporcionar a los estudiantes habilidades y estrategias prácticas que puedan aplicar en su vida académica y personal.

En cuanto a los docentes, se propone que reciban capacitaciones breves y específicas para identificar signos de afectación emocional en los alumnos, como cambios en el rendimiento académico.

El objetivo de estas capacitaciones no es convertir a los profesores en psicólogos, si no proporcionarles las herramientas necesarias para actuar como primer centro de apoyo y canalizar correctamente al área correspondiente, siempre con respeto, confidencialidad y sin juicios.

Al llevar a cabo un buen fortalecimiento psicológico no solo ayuda en el ámbito estudiantil sino también en cómo se desarrollen en un futuro laboral ya que las emociones influyen en cómo las personas actúan ante ciertas situaciones.

METODOLOGÍA

La actual investigación se desarrolló con un enfoque cualitativo, en esta se analizó de qué manera impacta el entorno familiar en el rendimiento académico. Esta perspectiva nos permitió explorar los diferentes puntos de vista de los alumnos y su percepción sobre: el divorcio, violencia intrafamiliar y la economía.

Para la obtención de datos se llevó a cabo una encuesta con preguntas cerradas la cual fue aplicada a alumnos de la Licenciatura de Administración de Empresas, a pesar de que el instrumento fue estructurado, la interpretación de los resultados dio paso en el análisis del significado de las respuestas y en una correcta comprensión del contexto emocional en el que los estudiantes desarrollan su vida académica.

Los resultados de esta investigación no solo nos han brindado un diagnóstico de la situación actual, si no también nos ha permitido crear una propuesta para sobrellevar la atención emocional dentro del entorno universitario. Se toma en cuenta que este fortalecimiento del bienestar emocional no solo va a repercutir en su rendimiento académico inmediato, sino también va a ayudar en la formación de individuos emocionalmente estables, empáticos y adaptables a cada entorno emocionalmente diferente.

Recomendaciones generales

A partir de los resultados obtenidos de esta investigación, se plantean las siguientes recomendaciones generales:

Implementar un programa de fortalecimiento psicológico:

Esta recomendación está dirigida principalmente a los alumnos de la licenciatura de administración de empresas. Tiene como finalidad ofrecer atención emocional por medio de atención grupal o individual.

Talleres Dinámicos

Crear talleres en donde los alumnos tengan la facilidad de expresarse y liberar tensiones que provoquen los problemas que presenten en su entorno familiar. Comúnmente cuando se encuentran en un ambiente tenso les puede resultar difícil comunicarse con sus compañeros o docentes, por lo que se puede partir con talles de comunicación y otro punto importante el manejo del estrés.

Capacitaciones para docentes

Si bien es cierto, aunque la investigación está enfocada en los estudiantes, se recomienda al complejo ofrecer cursos específicamente a los docentes sobre la detección de alertas en los alumnos, el manejo emocional y la empatía.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se realizó una revisión de varios trabajos de investigación para recopilar propiedades de materiales, las cuales podían variar en función a parámetros de proceso, acabados finales a las muestras en estudio, entre otros. El objetivo fue recopilar datos para obtener valores de propiedades genéricas, las cuales pudieran ser utilizadas para realizar análisis por elemento finito a componentes en desarrollo que estén siendo conformados por AlSi10Mg y fabricados mediante fusión en lecho de polvo.

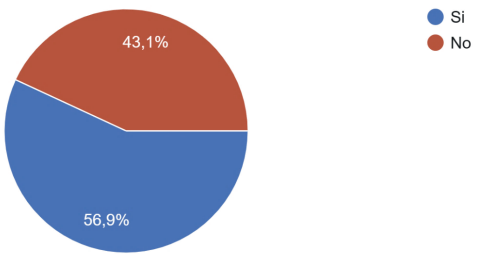
Programa de redes de apoyo psicológico y capacitación parental. En ocasiones, se piensa que el único reto que presenta un estudiante es aprender, pero en realidad no solo es eso, también existen problemas familiares y demás en cada alumno, por esa razón es fundamental conocer más a profundidad sobre el objeto de estudio.

La estabilidad en el hogar juega un papel fundamental en su desarrollo, ya que influye en su capacidad de concentración, rendimiento académico y bienestar emocional. A partir de la encuesta realizada a jóvenes de entre 20 y 24 años, se ha identificado que los problemas familiares afectan su desempeño en la universidad y su estado emocional, a pesar de que la mayoría de los encuestados vive con sus padres y mantiene una buena relación con ellos. La encuesta se aplicó a estudiantes, tanto hombres como mujeres del complejo regional sur, destacando mayormente la participación femenina que cursan entre quinto, sexto y noveno semestre.

De acuerdo con los resultados, cierta parte de los estudiantes dijeron que enfrentan problemas económicos ya que tienen que pagar renta, pasajes y demás servicios para poder sustentar sus estudios. Además, aunque describen su ambiente familiar como "bueno" en muchos casos, algunos estudiantes lo consideran "no seguro", lo que hace pensar que pueden estar en un ambiente de conflicto o con daño emocional. Los alumnos que enfrentan problemas familiares tienden a tener bajo rendimiento por lo cual afecta notablemente en su desarrollo en el aula, esto resalta la necesidad de contar con apoyo emocional dentro del complejo.

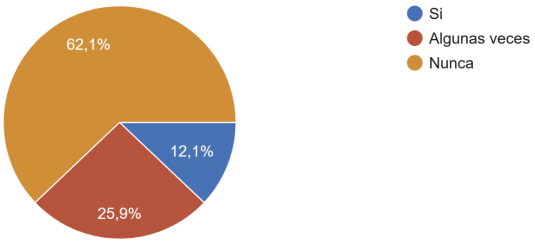
Ante estas problemáticas, se propone la implementación de un programa de redes de apoyo psicológico y orientación parental, enfocado en brindar herramientas para el manejo de la salud mental y en los conflictos familiares. Este programa no solo influirá en su bienestar mental si no también tendrá un impacto positivo en su futuro, sobre todo en el área laboral.

A. Evaluación de la propuesta



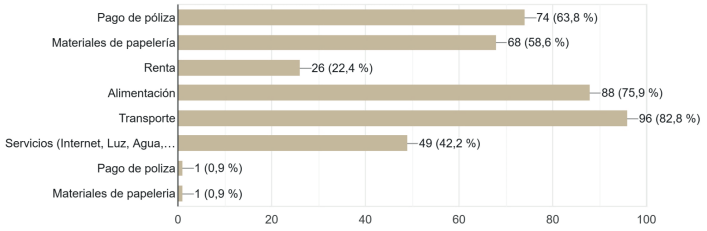
Gráfica. 1. Estado actual de trabajo en el que se encuentran los estudiantes.

De los 116 alumnos encuestados el 56.9% está trabajando y 43.1 no trabajan.



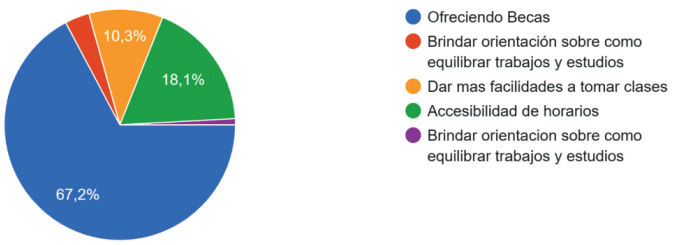
Gráfica. 2. Principales fuentes de ingresos para financiar sus estudios

Respecto a las fuentes de ingreso para financiar sus estudios el 57.8% recibe ayuda familiar, el 40.5% trabaja medio tiempo y el resto recibe alguna beca o apoyo gubernamental.



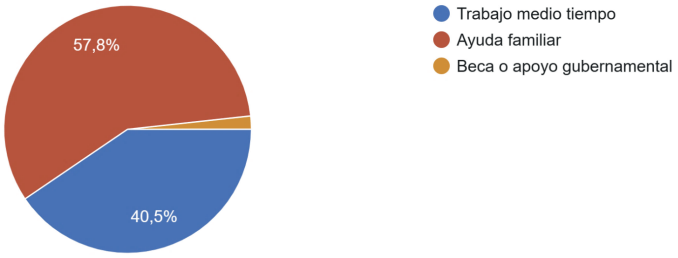
Gráfica. 3. Principales gastos de los estudiantes.

De acuerdo con los encuestados el 82.8% señaló que el transporte es su principal gasto, el 75.9% su alimentación, 63.8% el pago de póliza, 58.6% materiales de papelería, 42.2% el pago de servicios y el 22.4% la renta.



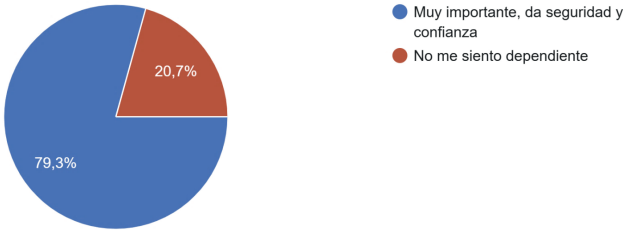
Gráfica. 4. Influencia de la situación económica en la elección de la carrera.

Con base en los alumnos encuestados, el 51.7% eligió su carrera en función a sus oportunidades económicas y el 48.3% eligió su carrera por vocación. Por lo que una parte significativa tomó su decisión por medio de su estado académico.



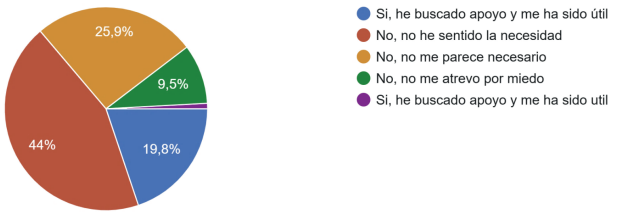
Gráfica. 5. Abandono escolar por problemas económicos.

En relación con la pregunta si han considerado abandonar los estudios el 62.1% nunca ha pensado dejar la universidad, sin embargo, un 25.9% lo ha pensado algunas veces y un 12.1% con una respuesta firme ha respondido que sí piensa dejarla.



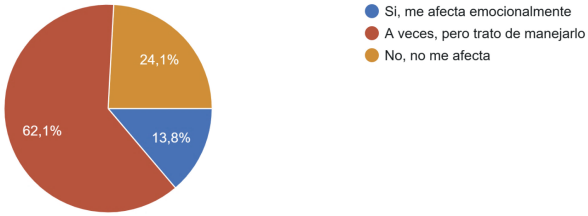
Gráfica. 6. Importancia del apoyo familiar para el éxito académico de los alumnos.

Para el 79.3% de los encuestados considera que es muy importante el apoyo familiar, ya que brinda seguridad y confianza, pero el 20.7% no se siente dependiente del apoyo de su familia.



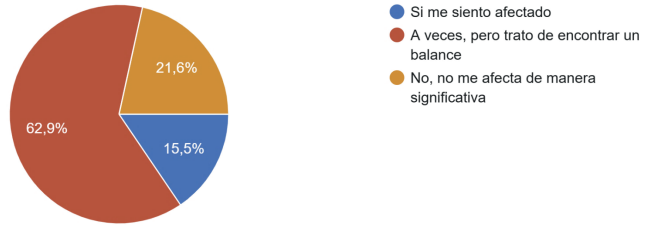
Gráfica. 7. Apoyo emocional o psicológico para la mejora del rendimiento académico.

El 87.1% de los estudiantes afirma que el apoyo emocional o psicológico sería útil para mejorar el bienestar y desempeño en el aula, sin embargo, para el 12.9% no le es necesario.



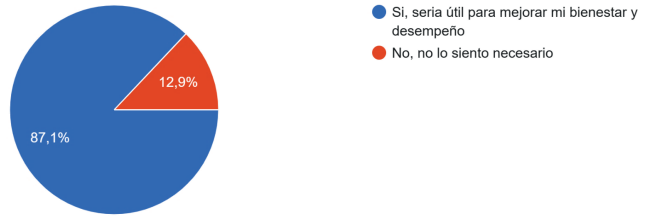
Gráfica. 8. Afectación emocional por problemas familiares

El 62.1% indicaron que a veces se sienten emocionalmente afectados por las situaciones familiares que experimentan, pero tratan de manejarlo, un 24.1% indicó que no le afecta y un 13.8% que si le afecta en lo absoluto.



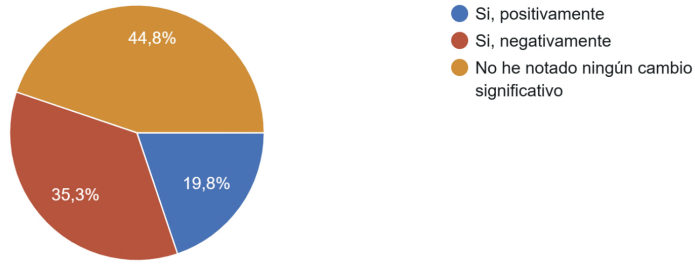
Gráfica. 9. Impacto de situaciones difíciles en casa con el rendimiento académico de los estudiantes.

Cuando enfrentan situaciones difíciles en casa un 62.9% a veces le resulta complicado mantener un buen rendimiento académico, pero tratan de encontrar un balance, 21.6% no le afecta de manera significativa y 15.5% indico que se sienten afectados.



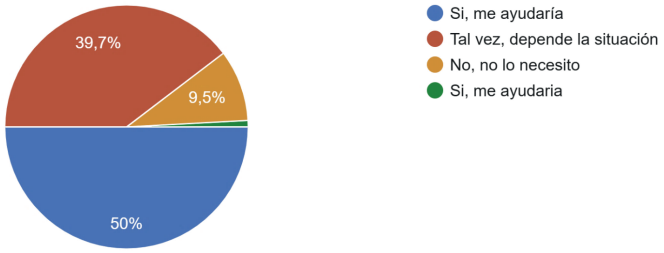
Gráfica. 10. Búsqueda de ayuda profesional antes situaciones en el hogar.

Los resultados indican que un 44% no han sentido la necesidad de buscar ayuda profesional, 25.9% no les parece necesario, 19.8% han buscado apoyo y les ha resultado útil, 9.5% no se atreve a buscar ayuda por miedo o pena a ser criticado.



Gráfica. 11. Diferencia en el rendimiento académico antes y después de una situación familiar complicada [Gráfica 1.27].

Al momento de pasar una situación familiar complicada el 44.8% menciona que no ha notado ningún cambio significativo en su rendimiento académico, 35.3% si, pero negativamente y el 19.8% si, positivamente. Por lo que se determina que las situaciones familiares si son de gran impacto en el desempeño escolar.



Gráfica. 12. Valoración de apoyo psicológico en la universidad para manejar el bienestar emocional y situaciones difíciles en el hogar.

El 50% de los encuestados menciona que es importante recibir apoyo psicológico para manejar su bienestar emocional y afrontar situaciones difíciles en su hogar, el 39.7% menciona que tal vez, el 9.5% no lo necesita y el resto si le fuese de gran ayuda.

CONCLUSIONES

De acuerdo con la investigación realizada que lleva como título Impacto de los problemas familiares en el entorno y rendimiento académico de los estudiantes se da respuesta a la pregunta de investigación.

¿Cómo los estudiantes de la Licenciatura de Administración de Empresas se ven afectados por los problemas familiares en su rendimiento académico? Ya que de acuerdo con los resultados obtenidos los estudiantes coinciden que los problemas familiares han tenido un fuerte impacto y se ha visto afectado su rendimiento académico, podemos observar que muchos jóvenes enfrentan dificultades económicas para poder sustentar sus estudios, aunque la mayoría mantiene una buena relación con sus padres, las situaciones familiares influyen de manera negativa en el estado emocional. Se puede decir que, al experimentar malestar, se prestan para poder brindarles ayuda psicológica.

La realidad a la que nos enfrentamos es dura, es por ello por lo que este programa está desarrollado con el fin de mejorar el rendimiento de los estudiantes, que sean abiertos al contar sus experiencias familiares con los especialistas y así poder brindarles un buen apoyo.

En cuanto al objetivo que es Identificar el impacto de los problemas familiares en el rendimiento académico de los estudiantes, para comprender su efecto mediante la recopilación y evaluación de datos, a la igual manera que con el objetivo los puntos son claros y se cumple de manera precisa, las respuestas se analizaron y la mayoría de los estudiantes necesitan apoyo para poder mejorar su rendimiento académico.

La hipótesis que se planteó al inicio de la investigación es que Los problemas familiares, como el divorcio, las dificultades económicas y la violencia intrafamiliar, afectan negativamente el rendimiento académico de los estudiantes de la Licenciatura en Administración de Empresas de la BUAP, Campus Tehuacán, al generar estrés, desmotivación y dificultades en su desempeño universitario. Los resultados que se obtuvieron al plantear el impacto de los problemas familiares los alumnos contestaron de manera libre y así se pueden buscar soluciones de apoyo para que la situación se pueda resolver, brindándoles la ayuda necesaria para mejorar su rendimiento académico.

Desde un punto de vista técnico el complejo cuenta con los recursos necesarios para valorar la propuesta y dar en marcha el programa, brindando espacio adecuados con apoyo de profesionales en psicología y que el trato sea respetuoso y confidencial.

En conclusión, con la implementación de programas de apoyo beneficiará a los estudiantes de manera positiva en su desarrollo emocional, personal y educativo. Al brindarles las herramientas de apoyo de cómo mejorar su convivencia familiar y escolar podrán estar de manera estable y segura, estando listos para las situaciones futuras.

REFERENCIAS

[[1] Acoso Escolar » Violencia escolar – Acoso escolar. (s. f.). https://www.sev.gob.mx/acoso-escolar/violencia-escolar-acoso-escolar/

[2] De Giovanni, H. A. R. (2025, 17 febrero). La salud mental en el entorno académico y profesional. Universidad Loyola de América. https://universidadloyola.edu.mx/la-salud-mental-en-el-entorno-academico-y-profesinal/#:~:text=Proporcionar%20recursos%20y%20apoyo%3A%20Las,a%20estos%20recursos%20es%20crucial

[3] Definición divorcio. (s. f.). https://www.eustat.eus/documentos/elem_12678/definicion.html

[4] De Salud, S. (s. f.). El estrés provoca ansiedad y depresión. gob.mx. https://www.gob.mx/salud/es/prensa/el-estres-provoca-ansiedad-y-depresion

[5] Escárzaga, J. F., & Soto, M. A. V. (2017, 16 octubre). La evolución de la familia y los estilos de educación. https://www.cagi.org.mx/index.php/CAGI/article/view/148

[6] Fernández, A. Z. (2020). Diferencia entre población y muestra. Diferenciador. https://www.diferenciador.com/poblacion-y-muestra/#:~:text=Poblaci%C3%B3n%20se%20refiere %20al%20universo,poblaci%C3%B3n%20para%20realizar%20un%20estudio

[7] Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2023). Estadística de divorcios 2022. Recuperado de https://www.inegi.org.mx/contenidos/saladeprensa/boletines/2023/EstDiv/Divorcios2022.pdf

[8] López, E. F., García, L. L., Rivas, M. À. F., & Miguel, S. L. (s. f.). Ansiedad | causas, síntomas, tratamiento | PortalCLÍNIC. Clínic Barcelona. https://www.clinicbarcelona.org/asistencia/enfermedades/trastornos-de-ansiedad

[9] Ortega, C. (2024, 29 enero). Investigación aplicada: Definición, tipos y ejemplos. QuestionPro. https://www.questionpro.com/blog/es/investigacion-aplicada/

[10] Ozono_Dev. (2023, 28 agosto). Definición y tipos de violencia intrafamiliar. Saverio. https://saverioabogados.com/definicion-y-tipos-de-violencia-intrafamiliar/

[11] Quinto informe: Los tres problemas económicos que afectan a México. (s. f.). IBERO. https://ibero.mx/prensa/quinto-informe-los-tres-problemas-economicos-que-afectan-mexico

[12] Ruiz (2001). Redalyc.org. Recuperado el 8 de marzo de 2025, de https://www.redalyc.org/journal/5216/521662150008/html/ de Salud, S. (s/f).

[13] Torres, S. H. (2025, 16 enero). ¿Cuáles son los principales problemas familiares y cómo solucionarlos? MEDAC. https://medac.es/blogs/masteres-online/problemas-familiares

[14] Velázquez, A. (2023). ¿Cuál es la diferencia entre población y muestra? QuestionPro. https://www.questionpro.com/blog/es/diferencia-entre-poblacion-y-muestra/



Cortes León Rubí Perla Estudiante de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Actualmente cursando la Licenciatura en Administración en el Complejo Regional Sur.



García Vega Estrella Ivonne
Estudiante de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Actualmente cursando la Licenciatura en Administración en el Complejo Regional Sur.



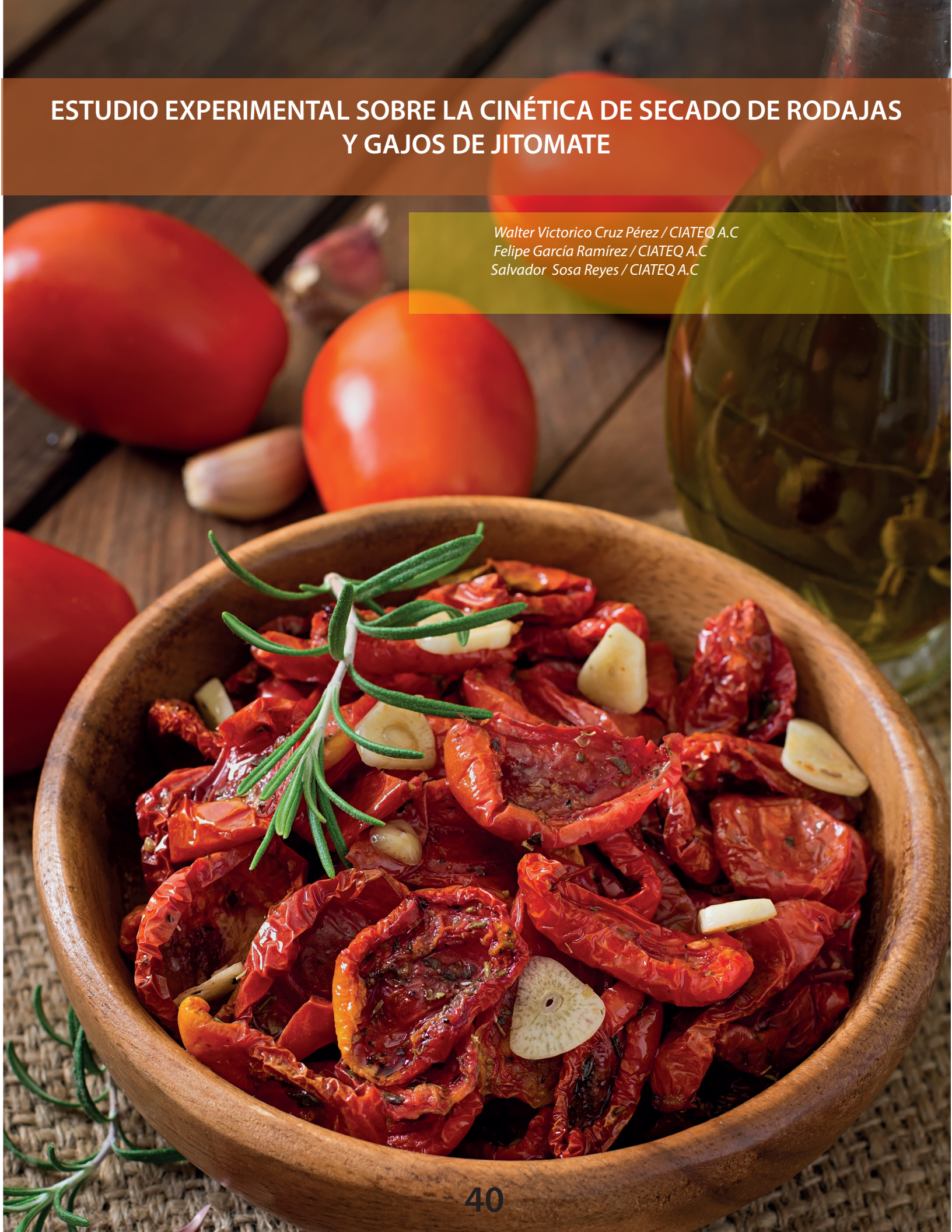
Romero Soto David Enrique
Licenciado en Administración de Instituciones por la Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla (UPAEP). • Maestría en Administración de Negocios por la Universidad Interamericana para el Desarrollo (UNID). • Diplomado en Educación Financiera • Diplomado en Autogestión del Talento Humano. • Docente en la facultad de Administración en la Benemérita Universidad Autónoma del Estado de Puebla (BUAP).



Luis Antonio Pereda Jiménez Ingeniero Industrial con especialidad en Calidad y Productividad, Maestro en Educación con especialidad en Orientación y Desarrollo Humano, Maestro en Administración, Doctor en Ciencias de la Educación. Auditor líder certificado en sistemas de gestión integral. Reconocimiento de Perfil deseable (PRODEP) y reconocimiento del SIN nivel candidato.

ESTUDIO EXPERIMENTAL SOBRE LA CINÉTICA DE SECADO DE RODAJAS Y GAJOS DE JITOMATE

Walter Victorico Cruz Pérez / CIATEQ A.C
Felipe García Ramírez / CIATEQ A.C
Salvador Sosa Reyes / CIATEQ A.C



ABSTRACT.

The drying process for tomatoes (Solanum lycopersicum) was carried out using slices and wedges. Tests were performed at a laboratory scale on a test bench, where the drying kinetics of tomatoes were evaluated using slices 10 mm thick and wedges 20 mm wide at a temperature of 65 °C and an air velocity of 1.5 m/s. The results obtained were a drying time of 320 minutes for slices and 379 minutes for wedges, reaching a final moisture content of 13.2% wet basis (w.b.), a rehydration ratio between 2.29 and 2.63 grams of water per gram of dried tomato, and a shrinkage ranging from 31% to 39%. The study also included an analysis of the effects of operating parameters on tomato quality, such as the rehydration ratio and shrinkage. The tomato cuts showed high quality with respect to their uniform natural color.

Keywords: Tomato dehydration, Drying kinetics, Rehydration ratio, Shrinkage after drying

RESUMEN.

El proceso de secado del jitomate (Solanum lycopersicum) se realizó en rodajas y gajos. Las pruebas fueron realizadas a nivel laboratorio en un banco de pruebas, donde se evaluó la cinética de secado del jitomate con un espesor de 10 mm para rodajas y 20 mm de ancho para gajos a una temperatura de 65 °C y una velocidad de aire de 1.5 m/s. Los resultados obtenidos fueron un tiempo de secado de 320 minutos para las rodajas y 379 para los gajos, hasta alcanzar un contenido de humedad final de 13.2 % base húmeda (b.h), una relación de rehidratación entre 2.29 y 2.63 gramos de agua/ gramos de jitomate seco, y una contracción que osciló entre 31 y 39 %. El estudio también incluyó el análisis de los efectos de los parámetros operativos en la calidad de los jitomates, como la relación de rehidratación y la contracción. Los cortes de jitomate presentaron una alta calidad con respecto a su color uniforme natural.

Palabras clave: Secado de jitomate, cinética de secado, relación de rehidratación, contracción después del secado.

INTRODUCCIÓN.

El jitomate (Solanum lycopersicum) es una de las hortalizas más utilizadas en el mundo. Es la base de vitaminas como la A y la C, junto con sales minerales como K y Mg, y una importante fuente de fitoquímicos [1]. El jitomate presenta una maduración corta y un cambio de color, firmeza, aroma y sabor durante su crecimiento [2]. Los jitomates tienen una vida útil más corta cuando están frescos, por lo que se deben emplear procesos de conservación de alimentos como el secado [3]. Ya que la tasa de desperdicio de verduras frescas en los países en desarrollo alcanza entre el 30% y el 40%; por lo tanto, es necesario aumentar la tasa de conservación de las verduras para mejorar su vida útil y la eficiencia económica [4].

La tecnología de secado es un proceso importante para resolver este problema. Las verduras deshidratadas pueden reducir el peso, facilitar su transporte, prolongar su vida útil y tener un sabor especial [5]. Sin embargo, el proceso de secado debe garantizar una alta calidad del producto final sin efectos destructivos [7], ya que puede provocar cambios en la calidad física, sensorial, nutricional y microbiológica. Se ha descubierto que el secado causa modificaciones físicas en los productos secos, como cambios de color, contracción, porosidad y textura [8], [9].

Con base a estos cambios, se debe considerar controlar variables importantes del proceso de secado que influyen en él y ayudan a obtener productos secos de buena calidad.

METODOLOGÍA

En el presente experimento se utilizó un banco de pruebas de aire caliente con recirculación para evaluar la cinética de secado del jitomate en dos cortes y el análisis de los efectos de la rehidratación y la contracción, este trabajo se desarrolló con personal e infraestructura de CIATEQ A.C.

2.1. Secador de laboratorio.

Los experimentos se realizaron en un banco de pruebas de secado con aire caliente con recirculación, [10]. En la Figura 1, se muestra los componentes principales del banco de pruebas. El flujo de aire se ajusta mediante un potenciómetro en el tablero de control que realiza un lazo de control entre el soplador y el sensor de flujo de aire. El sistema de calentamiento consta de seis elementos calefactores colocados dentro del ducto con una capacidad de 5 kW. Además, se utilizó un controlador de temperatura marca Autonics® modelo TS-14CR para el ajuste de la temperatura en la cámara de secado. Para estos experimentos no se modificó la humedad relativa del aire utilizado para el secado. Las muestras se ubican en la cámara de secado en unas bandejas que están sostenidas por una varilla de acero que descansa sobre la báscula. Las especificaciones del banco de pruebas se detallan en la Tabla 1.

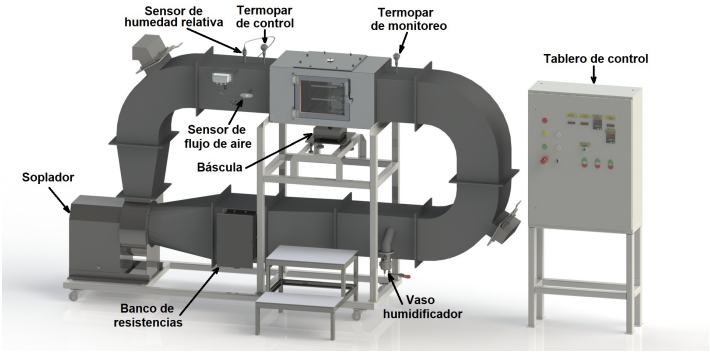


Figura 1. Secador de laboratorio.

El banco de pruebas de secado puede operar con humedad relativa ambiente y puede incrementarse con la ayuda de un humidificador incorporado en función de la temperatura de operación. La velocidad del aire en la cámara se puede ajustar en un rango de 0 a 5 m/s con una homogeneidad de ±0.5 m/s y puede secar muestras de hasta 5 kg netos. El tablero de control cuenta con un sistema de adquisición de datos de la marca Campbell Scientific® modelo CR1000X el cual está programado para adquirir datos a diferentes intervalos de tiempo.

2.2. Selección y preparación de las muestras.

Los jitomates frescos (de la variedad Solanum lycopersicum) se adquirieron en un mercado local en el municipio de El Marqués, Querétaro. Las muestras frescas se clasificaron visualmente por color, tamaño y en ausencia de daño físico; estas propiedades físicas se muestran en la Tabla 2. Posteriormente se lavaron con agua y jabón, y después se almacenaron a una temperatura de 5 ºC ± 1 °C. Antes de los experimentos, los jitomates se sacaron del almacenamiento en frío y se mantuvieron a temperatura ambiente de 22 °C durante 2 horas.

Tabla 1.- Instrumentos del secador de laboratorio.

Instrumento / Variable	Modelo	Rango	Exactitud
Humedad relativa	Marca Elektronic Modelo EE99-1-M6TP1K5L200C1	0 – 100 % H.R. -50 hasta 180°C	± (1.5 + 0.015*valor medido)
Velocidad de aire	Marca OMEGA® Modelo FMA-1005R-MA	0 a 10 m/s	Vel. del aire: 1.5 % o 12 PPM
Báscula	Marca Braunker Modelo BM12034LC	Hasta 5 kg	± 0.035
Sensor de temperatura	Marca JM Industrial Termopar tipo J modelo JMI-201-121-A6 in	Hasta 180°C	± 2.2

Tabla 2.- Características físicas del jitomate fresco.

Propiedades físicas	Jitomates para rodajas	Jitomates para gajos
Diámetro (mm)	47.5 ± 1.9	53.9 ± 0.9
Largo (mm)	61.2 mm ± 3.5	63.2 mm ± 1.7
Densidad (g/cm^3)	0.94 ± 0.04	1 ± 0.03
Contenido de humedad (%) (bh)	94.14± 0.5	
Masa (g)	80 ± 3.0	95.7 ± 6.0
Volumen (cm^3)	85 ± 5.0	96 ± 5.0

Para las muestras de secado, los jitomates se cortaron en dos formas: rodajas de un espesor uniforme de 10 mm y gajos (ocho gajos por pieza) de 20 mm utilizando un cuchillo de acero afilado, teniendo cuidado de obtener piezas de tamaño uniforme. De estas, se realizaron tres mediciones en cada pieza con un calibrador digital Vernier marca Mitutoyo modelo 500-196-20, para confirmar el espesor. Se pesaron 320 gramos de jitomate para las rodajas y 464 gramos para los gajos, posteriormente se extendieron uniformemente en las bandejas de la cámara de secado.

2.3. Determinación del contenido de humedad del jitomate.

Para poder determinar el contenido de humedad inicial, se cortaron muestras (132 g) de 2 jitomates seleccionados al azar y se mantuvieron en un horno eléctrico de la marca Shenyang Kejing modelo KSL-1700X, a 105 °C durante 5 h de acuerdo con lo recomendado por AOAC [11], ver Figura 2.

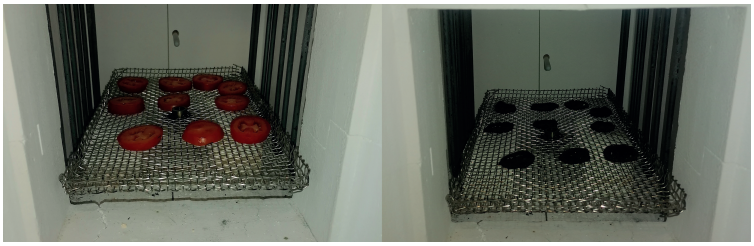


Figura 2. Determinación del contenido de humedad de rodajas de jitomate en horno eléctrico.

El contenido de humedad en base húmeda (CH_bh) se estimó de acuerdo con la ecuación 1:

$$CH_{bh} = \frac{m_i - m_{se}}{m_i} \qquad (1)$$

(1) Donde, m_i es la masa inicial de las piezas de jitomate y m_{se} es la masa seca de equilibrio o masa final de las piezas de jitomate.

2.4. Contracción.

La contracción es un fenómeno importante que se considera en el volumen de almacenamiento o transportación y éste se produce durante el proceso de secado de alimentos, y se refiere a los cambios dimensionales del producto relacionados con el volumen, la superficie o el grosor. Se fotografiaron las muestras de jitomate con una cámara digital que se montó sobre un soporte que asegura una distancia vertical constante de 10 cm. Las fotografías se tomaron a diferentes intervalos de tiempo a lo largo de cada prueba. El porcentaje de contracción se determinó mediante el análisis de imagen de las fotografías en el plano x y y (superficie) mediante el software AutoCAD® 2024, por lo que no se considera el cambio en el espesor de las muestras.

Primero, se delimitó el contorno de la imagen de las muestras (fresca y deshidratada) a escala 1:1, nombrando cada área con un código (A1, A2). Después se superponen las imágenes para observar la diferencia entre áreas de la imagen fresca y deshidratada (A1 - A2 = A3) con la cual se calcula el porcentaje de contracción. En la Figura 3 se muestra el procesamiento de las imágenes para la obtención de áreas para rodajas y en la Figura 4 para gajos.

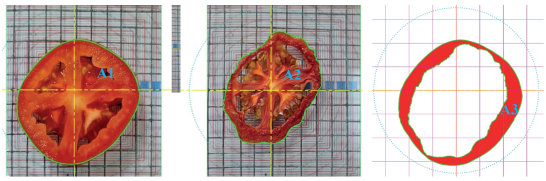


Figura 3.- Procesamiento de imágenes para determinación de porcentaje de contracción de rodaja, a) Fresco, b) deshidratado, c) Diferencia de área (sombreada).

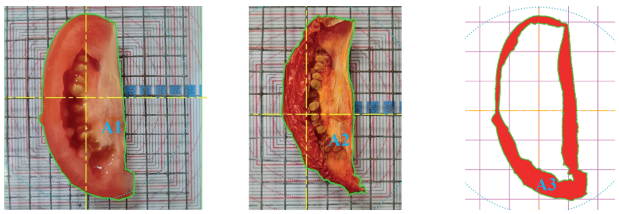


Figura 4.- Cámara contenedora de granos de cacao con diferentes espesores de columna.

2.5. Procedimiento de secado.

Los experimentos de secado de jitomate se llevaron a cabo a una temperatura de 65 °C y a una velocidad del aire de 1.5 m/s con una humedad relativa ambiente inicial del aire de secado entre 32 y 37 %. Las muestras se colocaron en la cámara de secado 15 minutos después de encender el banco de pruebas para crear circunstancias de estado estable. Los experimentos se detuvieron cuando no se observó cambio significativo en el peso de las muestras. Los experimentos de secado se realizaron por triplicado. La reproducibilidad de los experimentos estuvo dentro del rango de ± 5 %.

Para el primer experimento se colocaron 23 rodajas de jitomate y para el segundo fueron 40 gajos de jitomate; los cuales se colocaron uniformemente en las bandejas con una disposición de una sola capa, como se muestra en la Figura 5.



a) b)

Figura 5.- Colocación de las muestras dentro de la cámara de secado, a) rodajas, b) gajos.

La cinética de secado se obtuvo midiendo la disminución en la relación de humedad (RH) de las muestras de jitomate versus el tiempo (t) de secado, la pérdida de masa se estableció hasta que se obtuvo un peso constante en las muestras. La relación de humedad (RH) se analizó utilizando la ecuación 2:

$$RH = \frac{M_t - M_{se}}{M_i - M_{se}} \qquad (2)$$

Donde, RH es la relación de humedad, M_i es el contenido de humedad inicial $M_t$es contenido de humedad en cualquier tiempo de secado, M_{se} se es el contenido de humedad de equilibrio. Después del secado, los productos de cada experimento se envasaron en bolsas de polietileno envueltas en papel de aluminio para evitar daños por la luz y se almacenaron a temperatura ambiente.

2.6. Relación de rehidratación.

La relación de rehidratación se determinó mediante la relación entre el peso del agua ganada (W_1-W_0) y el peso inicial de la muestra (W_0), ecuación 3:

$$Relación\ de\ rehidratación = \frac{W_1 - W_0}{W_0} \qquad (3)$$

Para conocer la relación de rehidratación de las piezas de jitomate deshidratadas se sumergieron durante 30 minutos en agua destilada a temperatura ambiente de 21°C. Se utilizaron 5 ± 0.2 gramos (W_0) de muestra deshidratada y por cada gramo de jitomate deshidratado se agregaron 100 mL de agua. La rehidratación de las piezas de jitomate se evaluó a diferentes tiempos (10, 20 y 30 minutos), donde se escurrió el agua durante 2 minutos y después se pesaban las piezas de jitomate (W_1) en una balanza analítica A&D (modelo HR-250AZ), con un rango de medición de 0 a 252 gramos y una precisión de ± 0.1 miligramos.

Resultados y discusión.

Análisis de la cinética de secado.

El contenido de humedad inicial de las piezas de jitomate fue de 94.14 ± 0.5 % (b.h); el proceso de secado se detuvo hasta que no se presentó cambios adicionales en su masa con un contenido de humedad final de 13.2 % (b.h). En la Figura 6 se representa la variación de la relación de humedad de las muestras. La duración requerida para reducir el contenido de humedad de las rodajas y los gajos fueron de 320 y 379 minutos respectivamente, ver Tabla 3. En las rodajas se presenta un periodo de secado constante a partir del minuto 187 hasta el 320, la humedad disminuyó del 16.4 % a 13.2 % siendo una diferencia del 3.1 % en 133 minutos. Para los gajos este fenómeno no sucede, siendo que en el proceso de secado se produce en un periodo de secado decreciente, durante el cual el proceso de secado estuvo gobernado principalmente por mecanismos de difusión.

Tabla 3.- Características físicas del jitomate fresco.

Forma del jitomate seco	Duración de secado (minutos)	Relación de rehidratación (gramos de H_2O/5 g de jitomate seco)
Rodajas	320	2.29
Gajos	379	2.63

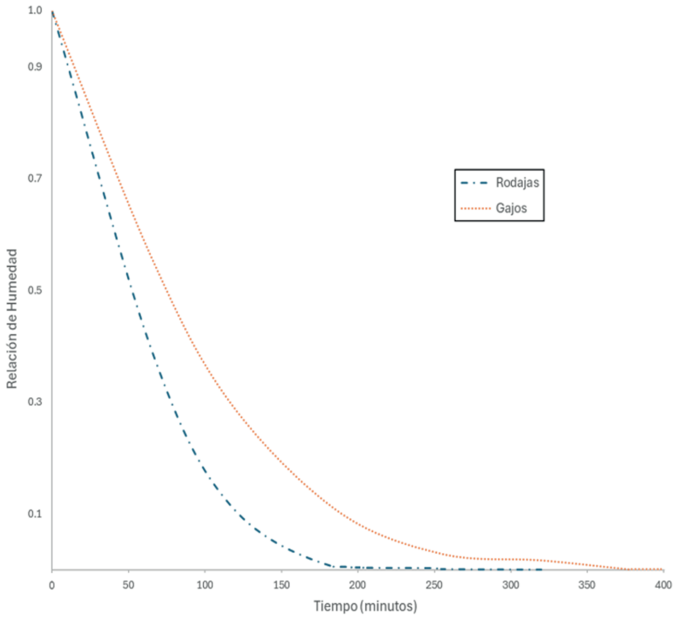


Figura 6.- Variación de la relación de la humedad de las piezas de jitomate en el tiempo.

Estos resultados están por debajo de otros reportes donde se realizaron análisis similares, Rajkumar et al. [12] reportaron un tiempo de 600 min para deshidratar rodajas de 8 mm de espesor en un secador solar asistido por vacío; Joshi et al. [13] reportaron un trabajo donde también experimentó con diferentes cortes como rodajas, gajos, cuartos y mitades, para una temperatura de 65°C y una humedad final del 10 % obtuvo como resultado tiempos de secado de 397 minutos para rodajas de 10 mm de espesor, y 450 minutos para gajos; EL-Mesery [14] realizó el experimento con rodajas de 4 mm de espesor en dos tipos de fuentes de energía térmica, eléctrica y gas butano, y con velocidades del aire de 1.0, 1.5 y 2 m/s, temperaturas del aire de 40, 50 y 60 °C, donde para velocidades de 1.5 m/s y temperatura de 60 °C con la fuente eléctrica obtuvo un tiempo de secado de 360 minutos y 345 minutos con gas butano.

Durance y Wang [15] informaron solo un ligero efecto de la velocidad de caída en los jitomates secados al vacío por microondas en comparación con los secados por convección con aire caliente. Otras investigaciones han reportado variaciones en el tiempo de secado debido a que las rodajas se sometieron a pretratamientos antes de iniciar el proceso de secado, Joshi et al. [16] utilizaron 5 tipos de soluciones con diferentes tiempos de remojo, en rodajas de 10 mm de espesor hasta llegar al 10 % de humedad, el mejor tiempo fue de 165 minutos con benzoato de sodio.

Las fotografías de las muestras que se observan en la Figura 7 muestran que el color natural de las piezas de jitomate no se pierde en ninguno de los dos cortes, se mantienen uniforme y atractivo en el deshidratado final. Esto muestra una gran ventaja como producto final.

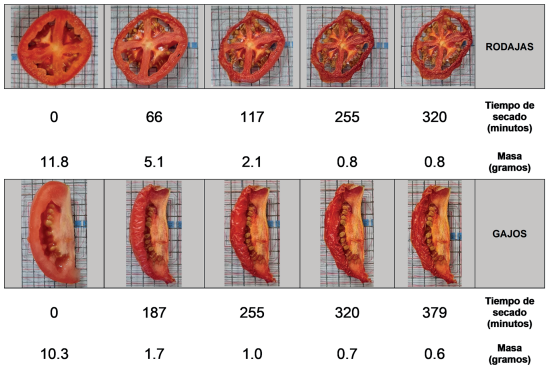


Figura 7.- Fotografía de las dos formas de corte de jitomate en diferente estados y masa.

3.2. Análisis de la relación de rehidratación.

La relación de rehidratación indica el grado de daño causado a la estructura celular del material deshidratado después de diferentes tratamientos [17]. Por lo que se considera un parámetro importante para la calidad del producto deshidratado, un buen proceso de rehidratación permite recuperar la textura, el sabor y valor nutricional del material deshidratado. Los resultados del material rehidratado se proporcionan en la Tabla 3 y se expresan como gramos de agua en 5 gramos de muestras secas.

Los gajos exhibieron una mayor relación de rehidratación de 2.63 en comparación con las rodajas de 2.29, ver Figura 8, sin embargo, los valores obtenidos fueron inferiores a los informados por Madan et al. [18] y Norma et al. [19] sus valores de relación de rehidratación fueron respectivamente 3.36 y 4.3.

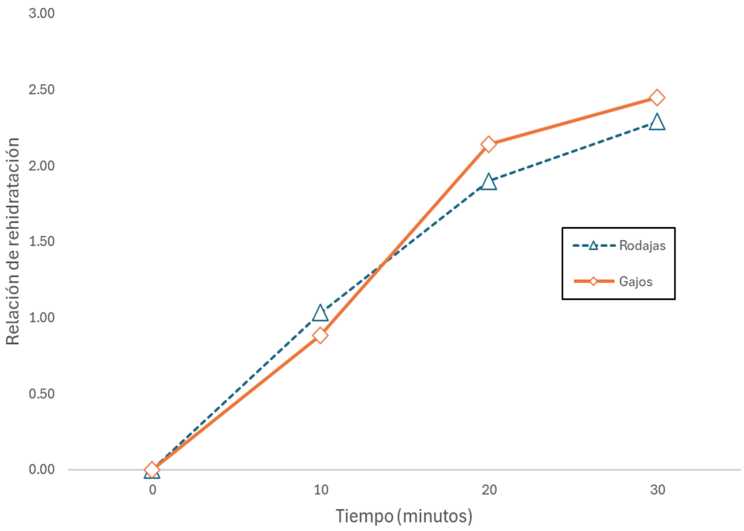


Figura 8.- Variación de la relación de rehidratación con respecto al tiempo.

En otros estudios, Rajkumar et al. [12] reportaron valores de relación de rehidratación que variaron de 2.9 a 3.2 para muestras de jitomate secado al sol; Hadi y Akbar [20] realizaron pruebas en 3 diferentes espesores, donde la disminución del grosor de las rodajas aumento la tasa de rehidratación de las muestras con un mínimo de 3.08 para un espesor de 7 mm y un máximo de 3.21 para un espesor de 3 mm.

Los valores inferiores observados en el presente estudio pueden atribuirse a la recirculación de aire que provoca una uniformidad del secado en las muestras, resultando en un mayor daño de las paredes celulares, lo que resulta en una menor capacidad de absorción de agua. Bixiang et al [21], proponen otra hipótesis, dado que las variedades de los jitomates contienen diferentes nutrientes y composición químicas, existen diferencias en la estructura de los jitomates deshidratados que conducen a diferencias en la rehidratación.

3.3. Análisis de la contracción.

En este estudio también se pudo analizar la contracción de los cortes de jitomate. En la Figura 9 se revela la contracción que tuvieron las piezas de jitomate. Es evidente que las rodajas se contrajeron de manera radial y uniforme llegando a un 31%, mientras que los gajos mostraron una mayor contracción de 39 %. El grosor desigual de los gajos provoco un secado tardío de los centros, lo que dio lugar a un secado desigual y rizado.

Los resultados difieren a los reportados por Joshi et al. [13] donde utilizaron calibradores para las mediciones de las muestras, reportaron un porcentaje de contracción de 20.4 para las rodajas y 14.41 para los gajos. Pramod et al. [22] determinaron la contracción mediante la relación entre la masa de la materia prima y el producto deshidratado, obteniendo una contracción para gajos del 13.99 %.

Hadi y Akbar [20] utilizaron el método de desplazamiento de tolueno para calcular la contracción, obteniendo una contracción en rodajas de 7 mm de 81.05 %.

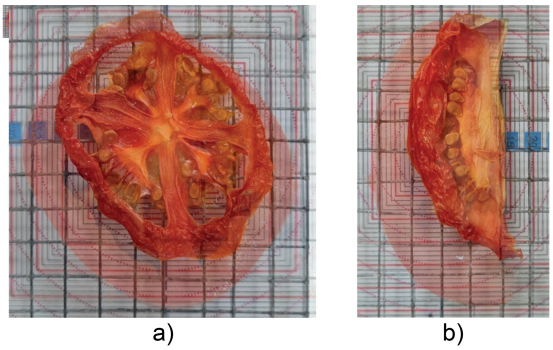


Figura 9.- Contracción de las muestras, a) rodajas 31 % b) gajos 39 %.

CONCLUSIONES

La duración del secado fue menor en las rodajas con un tiempo de 320 minutos donde las curvas de secado de las piezas de jitomate no mostraron un período de secado constante en el experimento empleado, sino que solo mostraron un periodo de secado decreciente. Las piezas de jitomate deshidratadas no presentaron perdida en su color natural, se mantuvo un color uniforme tanto en rodajas como en gajos, esto se atribuye a la forma de operación del fenómeno de secado en recirculación, lo que le da un atractivo al producto deshidratado final. Además, se investigó el efecto de los parámetros operativos en la calidad de las piezas de jitomate, como la contracción y la relación de rehidratación. Donde las rodajas deshidratadas se contrajeron radialmente y de manera uniforme a un 31 %. El porcentaje de contracción fue menor en las rodajas en comparación con los gajos. También el tiempo de secado fue menor en comparación con otros estudios.

Agradecimientos

Los autores agradecen a CIATEQ, Centro de Tecnología Avanzada, por haber permitido la realización de la investigación del presente trabajo.

Conflictos de interés

Los autores declaran que no existen conflicto de interés.

REFERENCIAS

[1]. - Martí R., Roselló S., Cebolla-Cornejo J. (2016). Tomato as a source of carotenoids and polyphenols targeted to cancer prevention, Cancers (Basel). 8, 58.
[2]. - Zeng C., Tan P., Liu Z. (2020). Effect of exogenous ARA treatment for improving postharvest quality in cherry tomato (Solanum lycopersicum L.) fruits, Sci. Hortic. (Amsterdam). 261 108959, https://-doi.org/10.1016/j.scienta.2019.108959.
[3]. - Reyes A., Mahn A., Huenulaf P., González T. (2014). Tomato dehydration in a hybrid-solar dryer, J. Chem. Eng. Process Technol. 5, 1 – 8.
[4]. – Bassey E. Z., Cheng J. H., & Sun D. W. (2021). Novel nonthermal and thermal pretreatments for enhancing drying performance and improving quality of fruits and vegetables. Trends in Food Science & Technology, 112, 137–148. https://doi.org/ 10.1016/j.tifs.2021.03.045.
[5]. – Li M., Wang B., Lv W., & Zhao D. (2022). Effect of ultrasound pretreatment on the drying kinetics and characteristics of pregelatinized kidney beans based on microwave-assisted drying. Food Chemistry, 397, 133806. https://doi: 10.1016/j. foodchem.2022.133806.
[6]. - El-Mesery H. S., Mao H., Abomohra A. (2019). Applications of nondestructive technologies for agricultural and food products quality inspection, Sensors (Switzerland). 19 (4), 846, https://-doi.org/10.3390/s19040846.
[7]. - El-Mesery H. S., Mao H., Abomohra A. (2019). Applications of nondestructive technologies for agricultural and food products quality inspection, Sensors (Switzerland). 19 (4), 846, https://-doi.org/10.3390/s19040846.
[8]. - Gatea, A.A. (2011). Design and construction of a solar drying system, a cylindrical section and an analysis of the performance of the thermal drying system. African Journal of Agricultural Research. 6: 343-351.
[9]. - Radhika, G.B., Satyanarayana, S.V., Rao, D.G. and Raju, B.V. (2011). Mathematical model on thin layer drying of finger millet (Eluesine coracana). Advanced Journal of Food Science and Technology. 3: 127-131.
[10]. - Cruz Pérez Walter V., Camacho Martínez Jose L., Garcia Ramirez Felipe G., Moreno Trejo Efren, Sosa Reyes Salvador (2020). Desarrollo de banco de pruebas de secado. Primer congreso nacional de secado y cocción solar de alimentos. 218 – 224. https://drive.google.com/-file/d/1SoX7aSfGji90Rh60LJotDmgefklHiOO_/view
[11]. - Horwitz, W. (Ed). (2005). Official Method of Analysis of AOAC International, 18th ed., AOAC Press, Maryland, USA. https://www.researchgate.net/publication/292783651_AOAC_2005
[12]. – Rajkumar, P., Kulanthaisami, S., Raghavan, G. S. V., Gariépy, Y., & Orsat, V. (2007). Drying kinetics of tomato slices in vacuum assisted solar and open sun drying methods. Drying Technology 25, 1349 - 1357. https://doi.org/10.1080/07373930701438931.
[13]. – Joshi N., Orsat V., Vijaya Raghavan G.S. (2009). Physical attributes of different cuts of tomatoes during hot air drying. Fresh Produce 3, 32 - 36.
[14]. – EL-Mesery H. S. (2022). Improving the thermal efficiency and energy consumption of convective dryer using various energy sources for tomato drying. Alexandria Engineering Journal 61(12), 10245 – 10261. https://doi.org/10.1016/j.aej.2022.03.076.
[15]. - Durance T. D., Wang J. H. (2002). Energy consumption, density, and rehydration rate of vacuum microwave- and hot-air convection-dehydrated tomatoes. Journal of Food Science 67, 2212 – 2216. https://-doi.org/10.1111/j.1365-2621.2002.tb09529.x
[16]. – Joshi N., Gariepy Y., Vijaya Raghavan G.S. (2008). Comparative Evaluation of Different Pretreatments on Tomato Slices Dried in a Cabinet Air Drier. International Journal of Food Engineering 4, 3. https://-doi.org/10.2202/1556-3758.1261
[17]. – Górnicki, K., Choinska, A., Kaleta, A. (2020). Effect of variety on rehydration characteristics of dried apples. Processes, 8, 1 – 21. https://-doi.org/10.3390/pr8111454
[18]. – Madan S., Sandhu KS., Bajwa U. (2008). Optimization of pre-treatment for preparation of dehydrated tomato products with relevant physico-chemical characteristics. Journal of Food Science and Technology, India, 45, 490 - 495.
[19]. – Norma Francenia Santos-Sánchez, Rogelio Valadez-Blanco, Mayra Soledad Gómez-Gómez, Aleyda Pérez-Herrera, Raúl Salas-Coronado (2012). Effect of rotating tray drying on antioxidant components, color and rehydration ratio of tomato saladette slices. LWT-Food Science and Technology 46, 298 - 304. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2011.09.015
[20]. – Hadi Samimi-Akhijahani, Akbar Arabhosseini (2018). Accelerating drying process of tomato slices in a PV-assisted solar dryer using a sun tracking system. Renewable Energy 123, 428 – 438. https://-doi.org/10.1016/j.renene.2018.02.056
[21]. - Bixiang Wang, Yuanlong Jia, Yue Li, Zhitong Wang, Liankui Wen, Yang He, Xiuying Xu (2023). Dehydration–rehydration vegetables: Evaluation and future challenges. Food Chemistry: X, 20, 1 – 16. https://-doi.org/10.1016/j.fochx.2023.100935.
[22]. – Pramod Rai, Augustine Guria, Md. I.A. Ansari, Chhaya, Suman Tigga (2025). Variation of Environmental Parameters during Drying of Tomato under Low Cost Multipurpose Greenhouse (MGH). Environment and Ecology 43, 8 – 15. https://environmentandecology.com/wp-content/uploads/2025/01/MS2-Variation-of-Environmental-Parameters-during.pdf



DISEÑO MECÁNICO DE UN PROTOTIPO DE SANITARIO PARA EL USO RACIONAL DEL AGUA.

Malcom Irving Villanueva Portugal / Instituto Tecnológico Superior de Guasave
Marcos Octavio Osuna Armenta / Instituto Tecnológico Superior de Guasave
Margarita Soto Alcalá / Instituto Tecnológico Superior de Guasave



ABSTRACT.

This article presents the mechanical design of a sanitary prototype that combines a washbasin and a urinal in a single system to reuse water, promoting water sustainability and the circular economy. The study followed a non experimental, descriptive design, with 81 male students from the 5th semester of a local high school as participants, selected using a finite population sample formula.

As data collection techniques, a literature review on water reuse systems and similar devices was carried out, a structured 4 item survey was administered to the sample (showing 92.59% acceptance of the proposed system) to assess the feasibility and perception of the design, and experimental flow rate tests were performed to estimate water consumption and savings.

The three dimensional modeling of the prototype was conducted in SolidWorks 2024®, allowing the definition of an ergonomic and inclusive design, with curves that facilitate its use by people with reduced mobility. Under the evaluated conditions, the system allows an estimated saving of 42.282 m^3 of water per year, by reducing individual consumption from 3.5 L to 2.5 L per person and reusing washbasin water for urinal flushing. The prototype provides environmental, economic, and educational benefits, standing out as an innovation applicable to sustainable sanitary facilities.

Keywords: Mechanical Design, Technological Innovation, Hydraulic Prototype, Sustainable Feasibility.

RESUMEN.

El artículo presenta el diseño mecánico de un prototipo sanitario que combina lavamanos y urinal en un solo sistema para reutilizar el agua, promoviendo la sostenibilidad hídrica y la economía circular. El estudio se desarrolló con un diseño no experimental, descriptivo, en el que participaron 81 alumnos de sexo masculino de 5.º semestre de una preparatoria local, seleccionados mediante una fórmula de muestra para población finita.
Como técnicas de reco¬lección de datos, se realizó una revisión bibliográfica sobre sistemas de reutilización de agua y dispositivos similares, se aplicó una encuesta estructurada de 4 preguntas a la muestra (con un 92.59% de aceptación del sistema propuesto) para evaluar la viabilidad y percepción del diseño, y se efectuaron pruebas experimentales de caudal para estimar el consumo y el ahorro de agua.

El modelado tridimensional del prototipo se llevó a cabo en SolidWorks 2024®, permitiendo definir un diseño ergonómico e inclusivo, con curvaturas que facilitan su uso por personas con movilidad reducida. El sistema diseñado posibilita un ahorro estimado de 42.282 m^3 de agua al año en las condiciones evaluadas, al reducir el consumo individual de 3.5 L a 2.5 L por persona y reutilizar el agua del lavamanos para el enjuague del urinal.

El prototipo aporta beneficios ambientales, económicos y educativos, destacándose como una innovación aplicable en instalaciones sanitarias sostenibles.

Palabras clave:clave: Diseño mecánico, innovación tecnológica, Prototipo hídrico, Factibilidad sustentable.

ANTECEDENTES:

La sostenibilidad en la gestión del agua es un tema de creciente importancia en la ingeniería ambiental y sanitaria, especialmente ante el aumento de la demanda y la presión sobre las fuentes de abastecimiento convencionales (Cornejo, Santana, Hokanson, Mihelcic, & Zhang, 2014). La reutilización del agua, en particular, ha ganado atención como una estrategia clave para enfrentar la escasez hídrica y promover un uso más eficiente de este recurso vital, tanto en edificaciones como en infraestructuras públicas (Domènech & Saurí, 2011). Según Ortega y Sánchez (2021), se identifican avances significativos en la potabilización de aguas residuales, destacando la implementación de tratamientos avanzados que permiten un mayor grado de remoción de contaminantes y un desarrollo tecnológico enfocado en la gestión hídrica. Desde una perspectiva teórica, estos avances se enmarcan en el paradigma de la gestión integrada de los recursos hídricos (GIRH), que plantea la planificación y el aprovechamiento del agua considerando simultáneamente sus dimensiones ambiental, social y económica, y promoviendo estrategias de reducción, reutilización y reciclaje del recurso, en consonancia con los enfoques contemporáneos de gestión sostenible del agua (Cornejo et al., 2014).

La presente iniciativa propone el desarrollo de un sistema sanitario innovador que combina diseño mecánico avanzado e integración funcional, con el objetivo de optimizar el uso del agua en entornos sanitarios mediante su reutilización eficiente. Este enfoque se sustenta en los principios de la economía circular, la cual concibe al agua no solo como un insumo de consumo lineal, sino como un flujo que puede ser recirculado dentro del sistema mediante el aprovechamiento de aguas grises para usos menos exigentes en calidad, como el enjuague de urinarios (Ghaitidak & Yadav, 2013). Al transformar el agua residual de un proceso (lavado de manos) en recurso para otro proceso (descarga sanitaria), se rompe con el modelo tradicional de "usar y desechar" y se avanza hacia esquemas de ecoeficiencia hídrica. De esta manera, el proyecto busca resolver problemas asociados al desperdicio hídrico, promoviendo una alternativa sostenible que no solo mejora el consumo responsable, sino que también contribuye a la modernización y sostenibilidad de las infraestructuras sanitarias, en línea con experiencias previas de reutilización en entornos urbanos (Jefferson, Palmer, Jeffrey, Stuetz, & Judd, 2004).
En el contexto actual, las tendencias apuntan hacia la economía circular y la reutilización del agua no solo como una necesidad, sino como una oportunidad para transformar los residuos en recursos valiosos. La reutilización del agua se ha convertido en una tendencia en auge, con tecnologías emergentes como sistemas de filtración avanzada, desalinización, captura y almacenamiento de agua pluvial y biorremediación de aguas residuales que están marcando el camino hacia un futuro más sostenible. Estas tecnologías se apoyan en fundamentos de la ingeniería de procesos y de la hidráulica sanitaria, donde conceptos como balance de masa, calidad del agua y criterios de diseño de caudales permiten dimensionar adecuadamente los sistemas de reutilización y garantizar su desempeño técnico y sanitario (Cornejo et al., 2014; Ghaitidak & Yadav, 2013). Asimismo, se integran a las estrategias de gestión de la demanda y ahorro de agua en edificaciones, complementando otras prácticas como la captación de agua de lluvia y la optimización de las instalaciones sanitarias (Domènech & Saurí, 2011).
Este proyecto no solo busca impactar positivamente en el medio ambiente, sino también establecer un nuevo estándar en el diseño de instalaciones sanitarias, promoviendo soluciones que aborden los desafíos ambientales de nuestra era. Como lo señala la obra Instalaciones sanitarias sostenibles (Arreche, 2021), incorporar una visión de sostenibilidad es esencial para fomentar el uso racional del agua y la reutilización de recursos. En este sentido, el diseño ergonómico e inclusivo se integra con la sostenibilidad, al considerar parámetros antropométricos, de accesibilidad y de seguridad del usuario, lo que se alinea con los enfoques contemporáneos de diseño centrado en el usuario aplicados a la infraestructura sanitaria. Este enfoque resulta crucial para el desarrollo de tecnologías que satisfagan las necesidades actuales mientras preservan el entorno para las generaciones futuras, en coherencia con las propuestas de reutilización de agua a escala de

edificio y barrio (Domènech & Saurí, 2011).
Urbina (2014) menciona que Kaspars Jursons, en el año 2008, creó un lavamanos llamado STAND. En la Figura 1 se puede ver este innovador artefacto, propuesto como una solución para incrementar la eficiencia en el uso del agua en Europa y mejorar las condiciones de higiene. El diseño incorpora un sensor que activa el flujo de agua en el lavamanos, que posteriormente se emplea para el aseo del urinario.

Este dispositivo constituye un ejemplo aplicado de los principios teóricos antes mencionados: integra el concepto de reutilización de agua gris, reduce la demanda de agua potable e incorpora automatización mediante sensores, lo que contribuye al control del consumo y a la mejora de la higiene personal. Esta estrategia no solo promete un considerable ahorro de agua, sino que también fomenta la higiene personal entre los usuarios y sirve como referente para el diseño de nuevos sistemas sanitarios sustentables como el que se propone en este estudio, tal como se ha documentado en experiencias internacionales de reutilización descentralizada (Cornejo et al., 2014; Jefferson et al., 2004).

Figura 1 Diseño de una adaptación de mingitorio con lavamanos de la marca STAND



Nota: El mingitorio solo tiene adaptado el lavamanos directamente

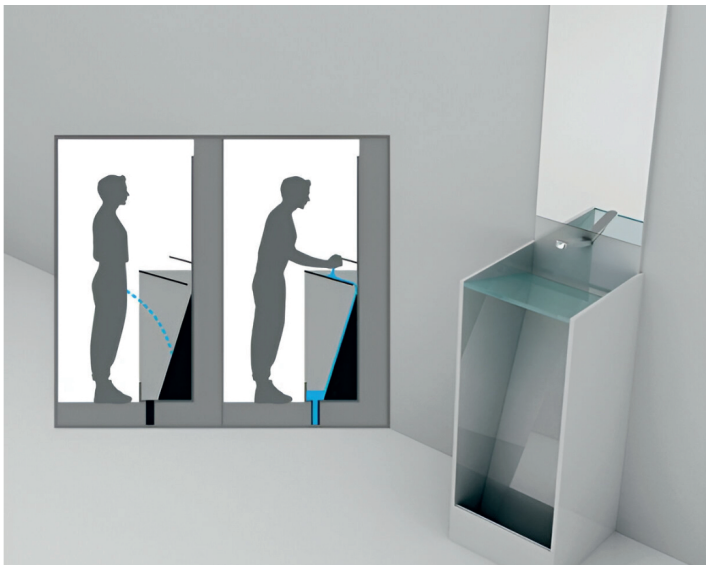
Por otra parte, ROCA (s/f) presenta un diseño innovador conocido como W+W (Washbasin + Watercloset), que combina un lavabo con un inodoro en una sola pieza, como se muestra en la Figura 2. Este concepto no solo ahorra espacio, sino que es un ejemplo de eficiencia en el uso del agua, ya que el agua utilizada en el lavabo se filtra y se reutiliza para la descarga del inodoro, contribuyendo a la conservación de este recurso. Este tipo de propuestas inspiraron el desarrollo del presente proyecto, que busca integrar un enfoque similar de reutilización hídrica, optimizado para nuevas configuraciones sanitarias. Además, la propuesta considera mejoras específicas relacionadas con el diseño mecánico y la facilidad de adaptación en diversos entornos. La iniciativa presentada se alinea con soluciones como la del W+W, buscando expandir su funcionalidad y reforzando la visión de sostenibilidad y eficiencia en las instalaciones sanitarias.

Figura 2. Diseño de una adaptación W+W de la marca ROCA.



Nota: Esta adaptación de un Washbasin + Watercloset W+W que en español es Lavabo e inodoro. En la Figura 3 se muestra un diseño más compacto y discreto de lo que sería un lavamanos con urinal, este tiene una placa que tiene una inclinación para generar un desnivel de agua, misma que estará corriendo el agua para caer y limpiar el urinal.

Figura 3. Diseño de un lavamanos adaptado a un urinal



Nota: Este diseño respeta lo que es un lavamanos convencional, pero adapta una estructura que va directamente al drenaje, así creando un sistema de desagüe.
Imagen tomada del portal: https://enigmaoculto.wordpress.com/2011/10/20/urinario-y-lavamanos-todo-en-uno/

JUSTIFICACIÓN

El desarrollo de un prototipo de lavamanos integrado en urinales con un sistema de reutilización de agua responde a la urgente necesidad de adoptar prácticas sostenibles en nuestra vida diaria. Este proyecto aborda la creciente preocupación global por la conservación del agua, ofreciendo una solución práctica y eficiente que puede ser implementada tanto en baños públicos como en espacios privados.
Desde una perspectiva ambiental, la reutilización del agua propuesta por este sistema es una medida directa para combatir el desperdicio y promover un uso consciente del recurso. Al maximizar el uso de cada gota de agua, estamos avanzando significativamente en la reducción de nuestra huella hídrica y en la protección de los ecosistemas acuáticos.

Económicamente, la implementación de este prototipo representa una inversión inteligente con beneficios a largo plazo. La reducción en el consumo de agua no solo disminuye las facturas de servicios, sino que también puede generar incentivos y reconocimientos para las empresas y organizaciones comprometidas con la sostenibilidad.

Socialmente, este proyecto tiene el potencial de cambiar comportamientos y fomentar una cultura de responsabilidad ambiental. Al integrar el lavado de manos y el uso del urinario en un solo proceso, se refuerza la importancia de la higiene personal y se educa sobre la importancia del ahorro de agua. Desde el punto de vista técnico, el desafío de diseñar un sistema que sea funcional y estético, sin comprometer la calidad ni la experiencia del usuario, representa una oportunidad para innovar y liderar en el campo del diseño industrial sostenible.

OBJETIVOS

Objetivo

Diseñar un prototipo innovador de un sanitario para el uso racional del agua.

Objetivos específicos

» Investigar bibliográficamente dispositivos parecidos.
» Medir por medio de una encuesta la aceptación del diseño
» Dibujar el dispositivo en un software CAD
» Calcular el ahorro significativo de agua

METODOLOGÍA

El presente estudio se enmarca en una investigación de tipo aplicada, con diseño no experimental y alcance descriptivo. Es aplicada porque se orienta al desarrollo concreto de un prototipo de sistema sanitario que reutiliza el agua del lavamanos en el urinario, con el fin de solucionar un problema real de desperdicio hídrico en entornos educativos. Se considera de diseño no experimental debido a que no se manipulan deliberadamente variables independientes, sino que se observa y analiza el comportamiento del sistema propuesto en condiciones controladas de funcionamiento. Su carácter descriptivo radica en que se caracteriza el consumo de agua, la aceptación de los usuarios y el desempeño hidráulico del prototipo, sin establecer relaciones causales profundas, sino proporcionando información detallada sobre sus atributos técnicos y funcionales.

Materiales:
» Software CAD: Autodesk Inventor, SolidWorks o similar para el diseño del dispositivo.

» Encuestas: Formularios digitales o impresos para recopilar datos de aceptación del diseño.

Métodos:

»Investigación y Recolección de Datos:
Realizar una revisión bibliográfica sobre sistemas de reutilización de agua y dispositivos similares.

» Evaluación:
Realizar encuestas para medir la aceptación de un diseño de urinal con lavamanos que ayuden a reducir el consumo de agua.

» Diseño Conceptual:
Utilizar software CAD para crear un modelado en 3D del diseño.

» Cálculo del Ahorro de Agua:
Comparar el consumo de agua del dispositivo con sistemas tradicionales

RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

Muestra de población para encuestar

Como instrumento de medición para la viabilidad del diseño se elaboró una encuesta en una preparatoria local donde hay un total de 101 alumnos de sexo masculino de 5to semestre, donde se tomó una muestra arrojada de la formula estadística de Muestra de población finita.
Según Aguilar (2005), en su estudio "Formulas para el cálculo de la muestra en investigaciones de la salud" presenta la ecuación de Muestra de Población finita.

$$n = \frac{N * Z^2 * p * (1-p)}{(N-1) * E^2 + Z^2 * p * (1-p)}$$

Donde:
p = proporción aproximada del fenómeno en estudio en la población de referencia
q = proporción de la población de referencia que no presenta el fenómeno en estudio (1 -p).
La suma de la p y la q siempre debe dar 1. Por ejemplo, si p= 0.8 q= 0.2
Z, N y d se explicaron en el párrafo anterior.
El cálculo matemático se elaboró en el Software Matlab donde la muestra fue 81 alumnos para encuestar. En la Figura 4 se puede

Figura 4 Código en Matlab de la fórmula de Muestra de Población Finita

```
Tamaño de la población (N): 101
Nivel de confianza (Z): 1.96
Proporción estimada (p): 0.50
Margen de error (e): 0.05
El tamaño de muestra calculado es: 81
```

Nota: Este código fue de elaboración propia tomando las variables de confianza de 0.5 y de error deseado de 0.05. Instrumento de medición (encuesta)

Se elaboró una encuesta para medir el nivel de aceptación de un diseño que pueda ser capaz de ayudar con el uso óptimo o reutilización del agua en urinales, este instrumento tiene 4 preguntas que fueron contestadas por la muestra poblacional.

Para el análisis de los datos de las encuestas se utilizó un enfoque cualitativo de contenido, complementado con análisis cuantitativo descriptivo. Antes de aplicar el cuestionario de forma definitiva, el instrumento se probó con un pequeño grupo de estudiantes de características similares a la población objetivo, lo que permitió verificar si las preguntas se entendían, si el lenguaje era adecuado y si el orden de los ítems resultaba lógico. A partir de sus comentarios se realizaron ajustes menores en la redacción y en algunas opciones de respuesta, con el fin de asegurar la claridad y la coherencia del instrumento. Las respuestas abiertas se leyeron de manera detallada para identificar ideas recurrentes sobre ahorro de agua, comodidad, higiene, diseño ergonómico y posibles mejoras del prototipo; luego se codificaron en categorías temáticas, que más tarde se agruparon y sintetizaron, resaltando los comentarios más representativos y frecuentes. Este procedimiento permitió interpretar la aceptación del sistema y las principales áreas de oportunidad desde la perspectiva de los usuarios, integrando estos hallazgos con los porcentajes de aceptación obtenidos en los ítems cerrados de la encuesta.

Encuesta de Confiabilidad para la Implementación de un Prototipo de Lavamanos con Sistema de Reutilización de Agua en Urinales.

1. ¿Qué tan satisfecho estaría con la implementación de un sistema de reutilización de agua en los lavamanos y urinales?

- Muy satisfecho
- Satisfecho
- Neutral
- Insatisfecho
- Muy insatisfecho

2. ¿Considera viable implementar un lavamanos en un urinal para uso óptimo del agua?

- Totalmente de acuerdo
- De acuerdo
- Neutral
- En desacuerdo
- Totalmente en desacuerdo

3. ¿Qué tan probable es que recomiende este sistema a otras instalaciones (oficinas, centros comerciales, etc.)?

- Muy probable
- Probable
- Neutral
- Poco probable
- Muy poco probable

4. ¿Qué tan fácil cree que sería adaptarse al uso de este nuevo sistema de lavamanos y urinales?

- Muy fácil
- Fácil
- Neutral
- Difícil
- Muy difícil

Al hacerse la encuesta se obtuvieron los siguientes resultados:

1. ¿Qué tan satisfecho estaría con la implementación de un sistema de reutilización de agua en los lavamanos y urinales?

Muy satisfecho: 75
Satisfecho: 2
Neutral: 3
Insatisfecho: 1
Muy insatisfecho: 0

2. ¿Considera viable implementar un lavamanos en un urinal para uso óptimo del agua?

Totalmente de acuerdo: 78
De acuerdo: 3
Neutral: 0
En desacuerdo: 0
Totalmente en desacuerdo: 0

3. ¿Qué tan probable es que recomiende este sistema a otras instalaciones (oficinas, centros comerciales, etc.)?

Muy probable: 51
Probable: 15
Neutral: 12
Poco probable: 2
Muy poco probable: 1

4. ¿Qué tan fácil cree que sería adaptarse al uso de este nuevo sistema de lavamanos y urinales?

Muy fácil: 58
Fácil: 12
Neutral: 8
Difícil: 2
Muy difícil: 1

Diseño mecánico

Dando un resultado favorable la encuesta donde se encontró que la muestra da el visto bueno para la elaboración de un diseño se utilizó el software SolidWorks 2024® para darle vida a la idea que se tenía. En la Figura 5 podemos visualizar como inicio lo que es un lavamanos, sin embargo, no es un lavamanos común, este tiene unas curvaturas las cuales se le innovaron para que personas con problemas de movilidad motriz pudieran recargar sus brazos a la hora de ir a hacer sus necesidades, lo que hace inclusivo este tipo de diseño para personas con problemas en sus extremidades tanto en sus piernas como en sus brazos, ya que el apoyar su cuerpo es de vital importancia a la hora de lavarse las manos, sin embargo, este diseño no afecta en lo más mínimo el uso del lavamanos el cual estaría siendo utilizado para cualquier persona que lo quiera utilizar y al mismo tiempo sin dejar por fuera lo que este estudio está haciendo se reutilizaría el agua de manera adecuada.

Figura 5 Lavamanos con curvaturas para colocar los brazos



Nota: El diseño del lavamanos se hizo vidrio dando una esencia moderna y al mismo tiempo sencilla, este diseño fue creado en SolidWorks 2024 con medidas adecuadas a un lavamanos real.

Además, se diseñó un urinal rectangular que cuenta con un conducto en la parte superior para recibir el agua utilizada en el lavado de manos. Este volumen de agua se reutiliza para limpiar el urinal, evitando así la necesidad de abrir la tubería de agua adicionalmente. En la Figura 6 también se puede observar que se le adapto 2 tuberías las cuales serviría para sujetarse si así se requiriese esto para darle soporte a personas que tengan alguna discapacidad haciendo aún más inclusivo este diseño.

Figura 6 Diseño de urinal básico



Nota: Este sistema de urinal está diseñado específicamente para acoplarse directamente en la parte inferior de un lavamanos. No cuenta con una válvula de control, lo que evita la acumulación de agua en el lavamanos y, por lo tanto, previene derrames por exceso de volumen.

Finalmente, en la Figura 7 se puede observar el sistema de urinal acoplado con un lavamanos por la parte superior, este tiene la ventaja que puede adaptarse a cualquier urinal ya que desmontable, en este diseño se acoplo una tubería recta, sin embargo, pudiera adaptarse una tubería curveada dependiendo las necesidades de adaptación que lo demande.

Figura 7 Sistema de urinal con lavamanos acoplado



Nota: Este sistema acoplado puede ayudar a reducir el uso excesivo de agua durante su uso, mejorando así la eficiencia en el aprovechamiento de este recurso vital, como dato técnico se tiene que se simula un urinal real con medidas reales las cuales están adaptadas a un humano promedio 175cm.

Por otra parte, y de manera más detallada se puede ver en la Figura 8 como sería el diseño ya montado, pero de manera frontal, el cual muestra una realidad muy cercada a lo que sería un prototípico.

Figura 8 Vista frontal del acoplamiento



Nota: La vista frontal sirve para identificar todas las partes que lo conforman. Esta vista isométrica es ideal para entender y visualizar de manera técnica el funcionamiento real, simulando un proceso real.

En la Figura 9 se puede ver el diseño final simulando a una persona utilizando el sistema de acopamiento entre un lavamanos y un urinal.

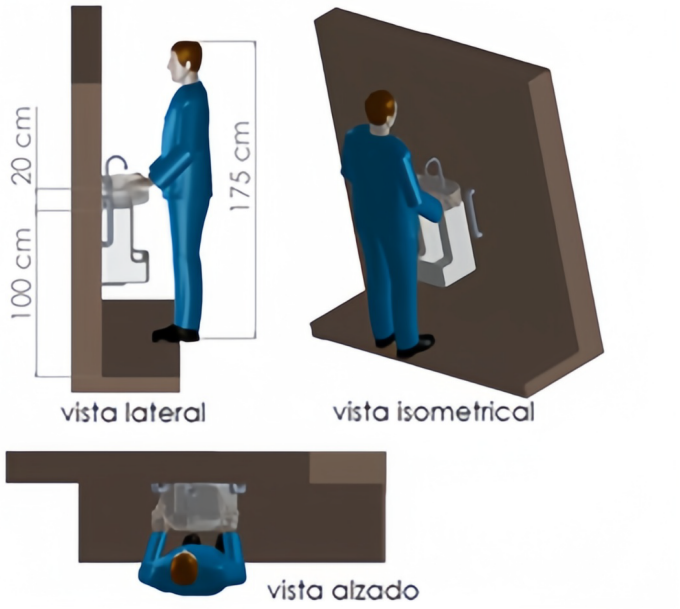
Figura 9 Vista lateral del sistema acoplado



Nota: El sistema acoplado solo tiene una válvula que es la del lavamanos estado directamente el sistema a la tubería del drenaje.

Para finalizar se muestra en la Figura 10 el diseño ya final utilizado por un usuario el mismo que tiene varias vistas de cómo sería el uso y sus medidas para el emplear de manera adecuada.

Figura 10 Vista lateral, vista isométrica y vista alzado del diseño



Nota: El sistema se diseñó basándose en una estatura promedio de 175 cm por persona así mismo dándole una altura promedio de 100 cm del suelo a la cabeza del urinal y 20 cm entre el urinal y el lavamanos haciendo más ergonómico el proceso.

Cálculo del Ahorro de Agua

Se hizo el experimento del caudal promedio que gasta una persona adulta al ir al baño y utilizar un urinal donde limpiaría este mismo con agua del sistema del urinal para después ir a lavarse las manos y utilizar el agua del lavamanos para terminar el proceso, en lo que arrojo;
Agua del urinal = 1 Litro
Agua del lavamanos = 2.5 Litros
Al sumar estas cantidades nos da una suma de 3.5 litros por alumno.
Para calcular al total de alumnos encuestados solo se tendría que multiplicar el gasto promedio por el número de alumnos.

(3.5L)(81 alumnos)=283.5 litro/alumnos

Este cálculo es en promedio por alumno que va cada vez al baño, por otra parte, calculando el gasto por persona utilizando el diseño del lavamanos con urinal tenemos;

(2.5L)(81 alumnos)=202.5 litro/alumnos

En el cálculo tenemos una reducción de 80 litros en promedio por la acción de ir al baño, esto solo para el lavado de manos y no otras acciones.
Por lo que se deduce que si una persona va al baño 2 veces diarias de lunes a viernes durante todo el año sin contar sábados y domingos tenemos;
Sin utilizar el diseño:
(283.5 litro/alumnos)(261 dias)(2 veces)= 〖147.987m〗 ^3

Utilizando el diseño:

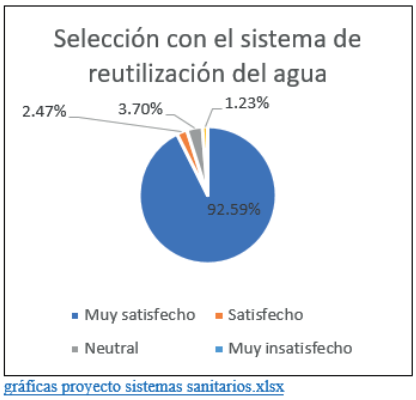
(202.5 litro/alumnos)(261 dias)(2 veces)= 〖105.705m〗 ^3

Resultando 〖42.282m〗 ^3 de ahorro al año solo de esos 81 alumnos que fue la muestra de la población encuestada.

RESULTADOS

En la Figura 11 podemos observar los resultados de la primera pregunta: "¿Qué tan satisfecho estaría con la implementación de un sistema de reutilización de agua en los lavamanos y urinales?". En esta gráfica se aprecia que la mayoría de los encuestados se concentra en los niveles de satisfacción alta y muy alta, lo que indica una actitud positiva hacia la adopción de este tipo de tecnología dentro de las instalaciones. Este comportamiento sugiere que los usuarios reconocen los beneficios ambientales y de ahorro de agua asociados al sistema propuesto y estarían dispuestos a aceptarlo siempre que no se vean comprometidos aspectos como la higiene y la comodidad. Estos resultados respaldan la viabilidad social de la implementación del prototipo, al evidenciar una buena disposición por parte de los potenciales usuarios.

Figura 11. Gráfica de satisfacción con el sistema de reutilización de agua

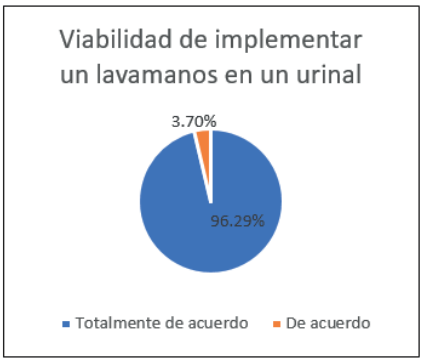


gráficas proyecto sistemas sanitarios.xlsx

Nota: La encuesta arrojo un nivel de satisfacción alto al tener un 92.59% de aceptación misma que hace ver que estaría muy satisfecho, un 2.47% contestaron satisfecho, un 3.70% esta neutral y un 1.23% está insatisfecho.

En la Figura 12 se puede observar un nivel alto de aceptación de las personas encuestadas.

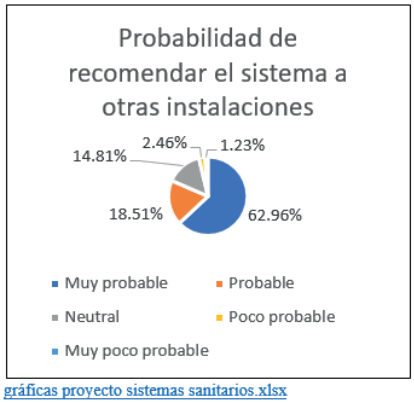
Figura 12. Gráfica de viabilidad de implementar un lavamanos en un urinal



gráficas proyecto sistemas sanitarios.xlsx

Nota: La encuesta arrojo un nivel muy alto de aceptación al tener un 96.30% de totalmente de acuerdo con implementar un lavamanos en un urinal para uso óptimo de agua por otra parte el resto solo estuvieron de acuerdo con un 3.70%. Se puede deducir observando la Figura 13 el nivel de aprobación de la muestra la cual da una cantidad de mayoría al recomendar tipos de sistemas de

Figura 13. Gráfica de viabilidad de implementar un lavamanos en un urinal

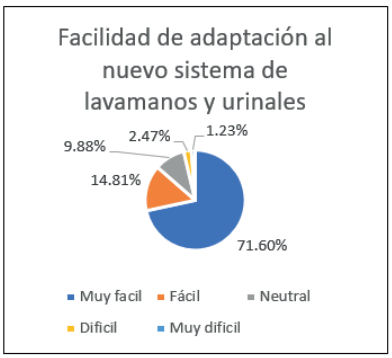


gráficas proyecto sistemas sanitarios.xlsx

Nota: La probabilidad de recomendar el sistema a otras instalaciones como oficinas o escuelas resulto en un 62.96% en muy probable,18.51% en probable, 14.81 % está en posición neutral, 2.46% poco probable que lo recomiende y un 1.23% no lo recomendaría.

A continuación, se muestra la Figura 14 en la cual se da como referencia si la muestra considera que un diseño de esta índole es fácil en su adaptación.

Figura 14. Gráfica de facilidad de adaptación al nuevo sistema de lavamanos y urinales



gráficas proyecto sistemas sanitarios.xlsx

Nota: La grafica muestra que el 71.60% de personas encuestada considera que es muy fácil adaptar un lavamanos en un urinal, mientras que el 14.81% considera que es fácil adaptarlo, por otra parte, el 9.88% se mantiene en posición neutral, y el 2.47% considera que es difícil, y el 1.23% considera que esta muy difícil.

DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en este proyecto cumplen con los objetivos planteados y validan la metodología utilizada, demostrando la viabilidad y el impacto positivo del diseño de un dispositivo de acoplamiento de un urinal con lavamanos para la reutilización de agua. La encuesta realizada en una preparatoria local con una muestra de 81 alumnos de sexo masculino mostró una alta aceptación del diseño, con la mayoría de los encuestados muy satisfechos y considerando viable la implementación del sistema, lo que valida la aceptación social del diseño y su potencial para ser adoptado en diversas instalaciones. Utilizando SolidWorks 2024®, se creó un modelo 3D del dispositivo que permitió visualizar y ajustar el diseño, asegurando que las curvaturas y características inclusivas fueran adecuadas para su uso por personas con movilidad reducida, transformando la idea conceptual en un diseño tangible y detallado. Los experimentos realizados para medir el caudal de agua utilizado por una persona al usar un urinal y lavarse las manos, comparando el consumo con y sin el nuevo diseño, mostraron un ahorro significativo de agua, con una reducción significativa.

CONCLUSIONES

En primer lugar, la investigación bibliográfica sobre dispositivos similares permitió identificar y analizar diversas soluciones existentes en el mercado, como el lavamanos STAND de Kaspars Jursons y el W+W de ROCA. Este estudio dio como resultado un acercamiento a la factibilidad de fabricación de este tipo de dispositivos para el uso optimo del agua, por medio del cálculo matemático en forma de experimentación del ahorro significativo de agua.

En segundo lugar, la encuesta realizada en una preparatoria local con una muestra de 81 alumnos de sexo masculino mostró una alta aceptación del diseño propuesto. La mayoría de los encuestados se mostró muy satisfecho y consideró viable la implementación del sistema, lo que, valida la aceptación social del diseño y su potencial para ser adoptado en diversas instalaciones, misma que se graficó por medio del software Matlab®.

En tercer lugar, el uso del software CAD SolidWorks 2024® permitió crear un modelo 3D detallado del dispositivo, facilitando la visualización y ajuste del diseño. Este proceso fue crucial para asegurar que las características del dispositivo, incluyendo las curvaturas para personas con movilidad reducida, fueran adecuadas y funcionales.

Finalmente, los cálculos realizados para medir el ahorro de agua demostraron que el nuevo diseño es significativamente más eficiente en términos de conservación de agua. Los experimentos mostraron una reducción de 81 litros por cada 81 personas en un solo uso del baño, lo que se traduce en un ahorro anual de 〖42.282m〗^3 de agua para las 81 personas encuestadas. Estos resultados confirman la eficiencia del diseño y su contribución a la sostenibilidad ambiental.

REFERENCIAS

A. T. Ortega Ramírez y N. Sánchez Rodríguez, «Tratamientos avanzados para la potabilización de aguas residuales», Cien. Ing. Neogranadina, vol. 31, n.º 2, pp. 121-134, dic. 2021

Aguilar-Barojas, S., (2005). Fórmulas para el cálculo de la muestra en investigaciones de salud. Salud en Tabasco, 11(1-2), 333-338

Arreneche, R. O. (2021). Instalaciones sanitarias sostenibles. CP67

Muy tranquilo (2011, octubre 20). Urinario y lavamanos todo en uno. Enigma Oculto. Recuperado de https://enigmaoculto.wordpress.com/2011/10/20/urinario-y-lavamanos-todo-en-uno/

ROCA. (s.f.). W+W | ROCA Baños. Recuperado de https://www.roca.es/colecciones/w-w.

Urbina Polo, I. (2014). STAND: Urinario y lavamanos integrado. Proyecta56, an Industrial Design Journal. Recuperado de Proyecta56

Cornejo, P. K., Santana, M. V. E., Hokanson, D. R., Mihelcic, J. R., & Zhang, Q. (2014). Social, economic, and environmental implications of decentralized water reuse systems. Environmental Science & Technology, 48(16), 8825–8833. https://doi.org/10.1021/es501802w

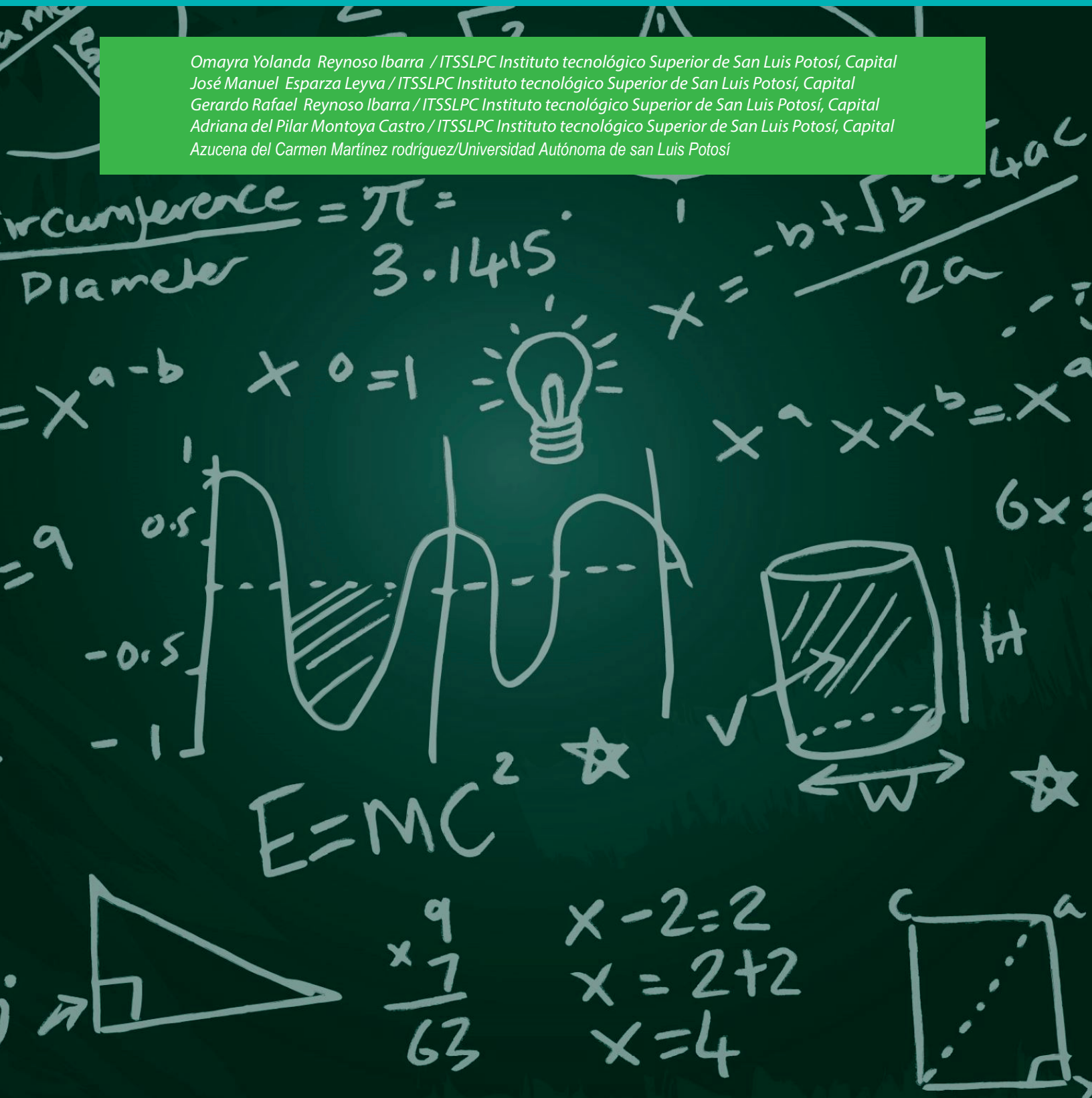
Domènech, L., & Saurí, D. (2011). A comparative appraisal of the use of rainwater harvesting in single and multi-family buildings of the Metropolitan Area of Barcelona (Spain): Social experience, drinking water savings and economic costs. Journal of Cleaner Production, 19(6–7)598–608. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2010.11.010

Ghaitidak, D. M., & Yadav, K. D. (2013). Characteristics and treatment of greywater—A review. Environmental Science and Pollution Research, 20(5), 2795–2809. https://doi.org/10.1007/s11356-013-1533-0

Jefferson, B., Palmer, A., Jeffrey, P., Stuetz, R., & Judd, S. (2004). Grey water characterisation and its impact on the selection and operation of technologies for urban reuse. Water Science and Technology, 50(2), 157–164. https://doi.org/10.2166/wst.2004.0083

INNOVACIÓN EDUCATIVA EN LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS BÁSICAS: APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA STEAM EN LA EDUCACIÓN SUPERIOR

Omayra Yolanda Reynoso Ibarra / ITSSLPC Instituto tecnológico Superior de San Luis Potosí, Capital
José Manuel Esparza Leyva / ITSSLPC Instituto tecnológico Superior de San Luis Potosí, Capital
Gerardo Rafael Reynoso Ibarra / ITSSLPC Instituto tecnológico Superior de San Luis Potosí, Capital
Adriana del Pilar Montoya Castro / ITSSLPC Instituto tecnológico Superior de San Luis Potosí, Capital
Azucena del Carmen Martínez rodríguez/Universidad Autónoma de san Luis Potosí



ABSTRACT.

This documentary research analyzes the application of the STEAM (Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics) methodology in the teaching of basic sciences in Higher Education. Through a theoretical and contextual review, its foundations, advantages, challenges, and implementation models are examined, concluding that STEAM represents a powerful pedagogical alternative for transforming traditional teaching into meaningful, interdisciplinary experiences oriented toward solving real-world problems.

Keywords: educational models, traditional teaching, problem solving.

RESUMEN

La presente investigación documental analiza la aplicación de la metodología STEAM (Ciencia, Tecnología, Ingeniería, Artes y Matemáticas) en la enseñanza de las ciencias básicas en la Educación Superior. A través de una revisión teórica y contextual, se examinan sus fundamentos, ventajas, desafíos y modelos de implementación concluyéndose que STEAM representa una alternativa pedagógica poderosa para transformar la enseñanza tradicional en experiencias significativas, interdisciplinarias y orientadas a la resolución de problemas reales.

Palabras clave: modelos educativos, enseñanza tradicional, resolución de problemas.

INTRODUCCIÓN

La enseñanza de las ciencias básicas en la educación superior enfrenta, desde hace varias décadas, desafíos significativos relacionados con la motivación, el interés y el desempeño académico de los estudiantes. En un contexto global caracterizado por avances científicos acelerados, transformaciones tecnológicas constantes y demandas laborales cada vez más complejas, las metodologías tradicionales basadas en la memorización y la repetición han demostrado ser insuficientes para responder a las necesidades formativas actuales. En consecuencia, surge la necesidad de replantear los modelos educativos que prevalecen en las instituciones de nivel superior, particularmente en carreras donde las matemáticas, la física y la química constituyen pilares fundamentales para comprender y resolver problemas del entorno físico, industrial y tecnológico.

Ante este panorama, la metodología STEAM (Science, Technology, Engineering, Arts and Mathematics) se ha posicionado como una alternativa innovadora y altamente pertinente para fortalecer los procesos de enseñanza y aprendizaje. Su enfoque interdisciplinario promueve la integración de distintas áreas del conocimiento, fomenta el pensamiento crítico, impulsa la creatividad y favorece la solución de problemas reales mediante el uso de herramientas tecnológicas y estrategias colaborativas. A diferencia de los modelos tradicionales, STEAM concibe al estudiante como un protagonista activo en la construcción de su propio conocimiento, invitándolo a experimentar, explorar, equivocarse y reflexionar como parte natural del proceso educativo.

En la Educación Superior, la implementación de STEAM en las ciencias básicas puede ser una oportunidad para cerrar brechas entre el conocimiento teórico y su aplicación práctica, fortaleciendo competencias clave como la innovación, la comunicación, la autonomía, la resiliencia y la toma de decisiones fundamentadas.

Además, permitirá vincular los contenidos disciplinares con situaciones del mundo real, lo que incrementa la pertinencia y el significado del aprendizaje para los jóvenes. Esta perspectiva resulta especialmente valiosa en carreras de ingeniería, ciencias naturales y tecnologías, donde el éxito profesional depende en gran medida de la capacidad para integrar conceptos abstractos en la resolución de problemas complejos.

Sin embargo, la adopción de esta metodología también implica desafíos importantes. Entre ellos destacan la capacitación docente, la disponibilidad de recursos didácticos, la adecuación de espacios de aprendizaje y la necesidad de transformar paradigmas pedagógicos profundamente arraigados. A pesar de estas dificultades, múltiples experiencias educativas han demostrado que STEAM no solo mejora el desempeño académico de los estudiantes, sino que también incrementa su motivación, su participación y su capacidad para enfrentar retos profesionales de manera innovadora.

Derivado de lo anterior en este ensayo analiza la relevancia de la metodología STEAM en la enseñanza de las ciencias básicas dentro de la educación superior, explorando sus fundamentos, beneficios, retos y posibilidades de aplicación en instituciones mexicanas. Asimismo, se discuten resultados preliminares de su implementación en diversos contextos educativos, con el propósito de evidenciar su potencial como estrategia transformadora que responde a las demandas de un mundo cada vez más interdisciplinario, digital y orientado a la innovación.

Marco Teórico

1. Innovación educativa en la educación superior

La innovación educativa se ha convertido en un eje central dentro de las transformaciones contemporáneas de la educación superior. Según (Valcárcel, 2021), innovar implica introducir cambios significativos en los procesos de enseñanza-aprendizaje que generan mejoras verificables en el desempeño académico, la motivación y la participación estudiantil. En este sentido, la innovación no se limita únicamente a la incorporación de tecnologías, sino que abarca la transformación de paradigmas pedagógicos, el rediseño curricular, la adecuación de estrategias didácticas y la creación de entornos de aprendizaje flexibles y activos.

En el contexto universitario, la innovación educativa surge como respuesta a diversos desafíos: el avance acelerado del conocimiento científico, la transición hacia economías basadas en la tecnología, la heterogeneidad del alumnado y la necesidad de desarrollar competencias transversales como el pensamiento crítico, la resolución de problemas y la colaboración interdisciplinaria (Barriga, 2020) Estas demandas requieren metodologías que favorezcan un aprendizaje significativo, aplicable y contextualizado.

La enseñanza de las ciencias básicas; matemáticas, física y química ha sido especialmente señalada como un área que demanda procesos innovadores, tradicionalmente, estas asignaturas se han impartido desde enfoques expositivos centrados en la transmisión de contenidos, lo cual ha derivado en altos índices de reprobación, deserción y desmotivación (Phillppe, 2006). Por este motivo, múltiples autores coinciden en que se necesitan modelos pedagógicos que conecten el conocimiento científico con la resolución de problemas reales, promuevan la experimentación y fomenten la creatividad.

Dentro de este panorama, la metodología STEAM se ha posicionado como un enfoque innovador capaz de transformar el aprendizaje de las ciencias básicas en la educación superior mediante la integración disciplinar y la participación activa del estudiante.

Origen y fundamentos conceptuales de la metodología STEAM

La metodología STEAM surge como una evolución del enfoque STEM (Science, Technology, Engineering and Mathematics), impulsado en Estados Unidos desde la década de 1990 para fortalecer la competitividad científica y tecnológica. Posteriormente, se incorporó la "A" de Arts, entendiendo el arte no solo como disciplina estética, sino como catalizador de creatividad, pensamiento divergente y diseño centrado en el usuario (Perignat, 2019).

El enfoque STEAM propone una integración interdisciplinaria en la que el aprendizaje es concebido como un proceso dinámico basado en proyectos, resolución de problemas y aplicación práctica. Para Yakman (2018), STEAM constituye un modelo holístico que conecta conceptos científicos y tecnológicos con habilidades creativas, comunicativas y emocionales, configurando un aprendizaje más cercano a las necesidades del siglo XXI.

Entre sus principios pedagógicos destacan:

-Interdisciplinariedad: conexión explícita entre ciencias, ingeniería, tecnología, matemáticas y artes.

-Aprendizaje basado en problemas (ABP) y proyectos (ABPj).

-Experimentación y prototipado como medios para construir conocimiento.

-Contextualización mediante retos vinculados al entorno social y profesional.

-Desarrollo de habilidades del siglo XXI: creatividad, comunicación, colaboración, pensamiento crítico e innovación.

-Enfoque centrado en el estudiante: rol activo, reflexivo y autónomo.

Este enfoque distingue a STEAM de los modelos tradicionales de enseñanza, que suelen fragmentar los contenidos y limitar la experiencia estudiantil a actividades memorísticas y procedimientos repetitivos.

STEAM en la enseñanza de las ciencias básicas

La enseñanza de ciencias básicas enfrenta problemáticas recurrentes en distintas instituciones de educación superior, como la falta de relación entre la teoría y la práctica, la poca aplicabilidad del contenido, la falta de motivación estudiantil y la percepción de dificultad asociada a estas asignaturas (López, 2019) La metodología STEAM se presenta como respuesta a estos desafíos al promover ambientes de aprendizaje orientados a la construcción de soluciones reales mediante el uso integrado del conocimiento científico.

Aplicaciones pedagógicas en matemáticas

En matemáticas, STEAM facilita la comprensión de conceptos abstractos mediante su representación en proyectos, simulaciones y modelos físicos. Actividades como diseño de estructuras, análisis de datos o creación de algoritmos permiten contextualizar temas como geometría, cálculo y estadística, reduciendo la ansiedad matemática e incrementando el pensamiento lógico (Hernández, 2022).

Aplicaciones en física y química

En asignaturas como física y química, STEAM impulsa prácticas experimentales donde los estudiantes construyen prototipos, realizan mediciones, analizan variables y aplican principios fundamentales para resolver retos concretos. Estas experiencias fortalecen la comprensión conceptual y promueven habilidades científicas tales como la observación, el análisis de resultados y la inferencia (Morales, 2020).

Aplicaciones en ingeniería y tecnología

La integración de ingeniería y tecnología dentro del enfoque STEAM fomenta el uso de herramientas digitales, programación, diseño asistido por computadora y fabricación digital. Esto permite que los estudiantes apliquen conocimientos científicos para desarrollar proyectos funcionales, fortaleciendo la creatividad, el diseño y la innovación tecnológica. (Espinosa, 2024).

STEAM y el desarrollo de competencias profesionales

El mundo laboral contemporáneo demanda profesionales capaces de innovar, resolver problemas complejos y adaptarse a contextos cambiantes. En este sentido, la metodología STEAM contribuye al desarrollo de competencias transversales y disciplinares consideradas esenciales para la industria y la investigación.
Entre las competencias potenciadas por STEAM destacan:

-Resolución creativa de problemas: combinación de pensamiento lógico y pensamiento divergente.

-Trabajo colaborativo: gestión de roles y comunicación efectiva.

-Alfabetización científica y tecnológica: comprensión de procesos, documentación y análisis.

-Innovación y emprendimiento: capacidad para generar soluciones originales y de impacto.

-Autonomía y aprendizaje autorregulado: participación activa en la planificación y evaluación del propio aprendizaje.

Estas competencias son especialmente relevantes en programas de ingeniería, ciencias naturales, tecnologías y educación, donde la integración de saberes es clave para el éxito académico y profesional.

Retos y limitaciones de la implementación de STEAM en educación superior

A pesar de sus beneficios, la adopción de STEAM enfrenta diversos desafíos. Según (Torres, 2022) entre las principales limitaciones se encuentran la falta de capacitación docente, la resistencia al cambio pedagógico, la escasez de materiales, la carencia de laboratorios adecuados y la sobrecarga administrativa que impide planear proyectos interdisciplinarios.

Asimismo, la evaluación del aprendizaje en entornos STEAM exige metodologías alternativas, centradas en la rúbrica, la observación, el portafolio y la autoevaluación, lo cual implica un cambio profundo en las prácticas tradicionales de calificación.

Finalmente, la consolidación de STEAM requiere políticas institucionales que reconozcan la innovación educativa como un eje estratégico, faciliten recursos y promuevan.

CONCLUSIONES

Derivado del análisis se puede concluir que; la innovación educativa es un componente indispensable para transformar los procesos de enseñanza-aprendizaje en la educación superior, especialmente en el ámbito de las ciencias básicas, donde tradicionalmente han predominado modelos memorísticos y fragmentados, por lo que;. la metodología STEAM se posiciona como una alternativa pedagógica sólida y pertinente, al integrar de forma interdisciplinaria la ciencia, tecnología, ingeniería, arte y matemáticas, promoviendo un aprendizaje activo, contextualizado y orientado a la resolución de problemas reales. Esta integración permite no solo fortalecer la comprensión conceptual del estudiantado, sino también desarrollar competencias profesionales esenciales para el siglo XXI, tales como la creatividad, el pensamiento crítico, la colaboración y la alfabetización digital. Asimismo, el enfoque STEAM contribuye significativamente a disminuir la brecha entre teoría y práctica, mejorando la motivación y el involucramiento del alumnado, factores que históricamente han sido críticos en las asignaturas de ciencias básicas.
No obstante, los beneficios de STEAM, estos no se pueden materializar sin una adecuada infraestructura educativa, formación docente continua y políticas institucionales que respalden y valoren la innovación. Los desafíos identificados como la resistencia al cambio, la falta de capacitación y las limitaciones de recursos llevan a que la implementación de STEAM requiere una estrategia integral más allá del aula, involucrando a directivos, docentes y comunidades académicas.

En conclusión, la metodología STEAM representa un camino viable y prometedor para revitalizar la enseñanza de las ciencias básicas en la educación superior; sin embargo, su éxito dependerá de la capacidad de las instituciones para adoptar una visión educativa flexible, colaborativa y orientada al desarrollo integral del estudiante, consolidando así una cultura de innovación sostenible y de impacto social.

REFERENCIAS

López, M. &. (2019). Dificultades en la enseñanza de las ciencias básicas en educación superior. Revista Iberoamericana de Educación Superior, 55-72.

Barriga, D. (2020). Estrategias docentes para un aprendizaje significativo. Ciudad de México: Mc Graww Hill.

Espinosa, C. A. (2024). integración del enfoque STEAM en la educación general básica: impacto en el desarrollo del pensamiento crítico y creatividad. Revista Tecnopedagogía e Innovación, 53-69.

Hernández, L. R. (2022). Metodologías activas y STEAM para fortalecer el razonamiento matemático en universitarios. Didáctica de las Matemáticas, 15-34.

Morales, J. &. (2020). Aprendizaje experimental y enseñanza de la física bajo el enfoque STEAM. Journal of Science Education , 55-72.

Perignat, E. &.-B. (2019). STEAM in practice: Fundations and future directions. Arts Education Policy Review, 10-23.

Phillppe, P. (2006). Construir competencias desde la escuela. Santiago: Ediciones Noreste.

Torres, R. (2022). Retos institucionales para la adopción de STEAM en universidades latinoamericanas. Innovación Educativa, 77-94.

Valcárcel, G. (2021). Integración tecnológica y aprendizaje mediante proyectos STEAM en Ingeniería, Educación . Revista en Educación, 45-62.



INDICADORES DE EFICIENCIA INTERNA DEL SISTEMA EDUCATIVO.



José Manuel Esparza Leyva / ITSSLPC Instituto Tecnológico Superior de San Luis Potosí, Capital
Diana Leticia Espericueta González / ITSSLPC Instituto Tecnológico Superior de San Luis Potosí, Capital
José Francisco Ibarra Sánchez/ ITSSLPC Instituto Tecnológico Superior de San Luis Potosí, Capital

INTRODUCCIÓN

La función docente en el centro escolar es fundamental para el desarrollo integral de los estudiantes y el buen funcionamiento de la institución educativa, ya que son los facilitadores del aprendizaje al diseñar y aplicar metodologías pedagógicas que le permitan al estudiante adquirir conocimientos y habilidades de manera efectiva, permiten un desarrollo integral del estudiante, ya que no solo se enfocan en aspectos académicos sino también en el desarrollo socioemocional, a través de la educación en valores y el apoyo emocional, el docente crean ambientes de aprendizaje adecuado, donde los alumnos se sienten seguros y apoyados, esto es esencial para el éxito académico y el bienestar emocional de los estudiantes.

Los docentes actúan como enlaces entre la escuela y las familias, facilitando la comunicación y colaboración entre ambos, a través de mantener a los padres informados sobre el progreso, desarrollo y necesidades de sus hijos, y los involucran en el proceso educativo, además, colaboran con otros profesionales educativos para desarrollar e implementar prácticas escolares efectivas, por lo que la función docente es esencial para el éxito académico, así como para el desarrollo integral de los estudiantes y el fortalecimiento de la comunidad educativa.

Marco Teórico

De acuerdo con la SEP (2017) La principal función del docente es contribuir con sus capacidades y experiencia en la construcción de ambientes que propicien el logro de los aprendizajes esperados por parte de los estudiantes, en ello reside su esencia.

De acuerdo con Martínez, (2010) Los indicadores como herramientas para la evaluación de la calidad de los sistemas educativos, establecen que un buen sistema educativo es aquel que reúne las siguientes cualidades, que definen dimensiones abstractas de la noción de calidad: Establece un currículo adecuado a las necesidades individuales de los alumnos (pertinencia) y a las de la sociedad (relevancia); logra que la más alta proporción posible de destinatarios acceda a la escuela, permanezca en ella y egrese alcanzando los objetivos de aprendizaje (eficacia interna y externa); consigue que los aprendizajes se asimilen duraderamente y den lugar a comportamientos sociales fructíferos para la sociedad y los individuos (impacto); cuenta con recursos suficientes (suficiencia) y los aprovecha bien (eficiencia); tiene en cuenta la desigualdad de situaciones y apoya a quienes lo requieran, para que los objetivos sean alcanzados por el mayor número posible (equidad).

Se puede mencionar que la eficiencia interna de un sistema educativo se refiere a la capacidad del sistema para utilizar de manera óptima los recursos que le son asignados por las autoridades educativas en el logro de los objetivos educativos planteados, asegurando que los estudiantes avanzan y completan sus estudios en los tiempos establecidos por los responsables de la política educativa en las diferentes etapas formativas de los estudiantes. En el contexto del sistema educativo de México, estos indicadores son cruciales para evaluar el rendimiento del sistema y para identificar áreas que requieren intervención y mejora. Entre los principales indicadores de eficiencia interna se encuentran la tasa de deserción escolar, la tasa de retención escolar, la tasa de aprobación, la tasa de repetición y la tasa de promoción, entre algunos otros.

En México algunos estudios han abordado ciertos indicadores de eficiencia interna del sistema educativo, como el realizado por Arellano-Esparza y Ortiz-Espinoza (2022), donde mencionan que la educación media superior es el nivel educativo con la mayor tasa de abandono escolar en México. Esta situación había presentado un decrecimiento constante hasta antes del ciclo escolar 2020-2021, período en el que comenzaron a manifestarse los efectos generados por la pandemia de covid-19.

La educación media superior (EMS) ha sido el nivel con mayor tasa de abandono escolar en México. No obstante, ha mantenido una tendencia a la baja de manera continúa pasando de 15,2 % en el ciclo 2016-2017 a 10,3 % en el ciclo 2019-2020. A diferencia del resto de niveles educativos, esta tendencia decreciente se interrumpe en 2020-2021, cuando la tasa de abandono escolar en EMS subió 0,5 % (Secretaría de Educación Pública SEP 2021).



El abandono escolar es un indicador en el que pueden influir una variedad de factores como pueden ser los factores individuales, los familiares, escolares y contextuales a los que se enfrenta cada uno de los estudiantes y que repercuten directamente en este indicador.

Así se puede mencionar, que el abandono escolar está asociado a múltiples factores individuales como es el bajo rendimiento académico ya que los estudiantes que tiene dificultades académicas es más probable que abandonen la escuela; los comportamientos de riesgo que tiene el estudiante como pueden ser las adicciones, las relaciones interpersonales destructivas o perjudiciales, la participación en actividades delictivas, la salud física y emocional del estudiante incluidos algunos trastorno como la depresión y la ansiedad, todos estos factores individuales pueden afectar negativamente la capacidad de un estudiante para permanecer en la escuela.

En lo que, se refiere a los factores familiares, se puede encontrar algunos que repercuten en el abandono escolar de estudiante como, la situación socioeconómica, la falta de recursos necesarios para adquirir los materiales educativos, transporte y alimentación, la necesidad de contribuir económicamente para el sustento de la familia, la estructura familiar disfuncional, la falta de expectativas académicas por parte de la familia y la falta de apoyo por parte de los padres.

En cuanto a los factores escolares, se pueden relacionar con las escuelas con recursos limitados, infraestructura deficiente, mala calidad de la enseñanza, los entornos escolares como la violencia, faltas de ambientes inclusivos y seguros, un periodo que también puede repercutir en el abandono escolar es la transición entre niveles educativos, ya que existe un cambio social en el alumno y aumento en la carga académica y el que tenga que enfrentarse a una nueva estructura educativa, horarios diferentes, una forma de trabajo individual y colectivo distinto.

Por último, se pueden mencionar los factores contextuales, las normas y valores sociales, así como la percepción que se tiene en la comunidad de la educación, la falta de políticas efectivas de apoyo educativo y programas de retención escolar, los cuales también contribuyen en agrandar el problema del abandono escolar en los diferentes niveles de educación.

La gráfica 1 muestra la evolución de los principales indicadores educativos de la Educación Media Superior (EMS) en México durante los ciclos escolares 2016–2017 a 2020–2021. En ella se observa una tendencia positiva en la reducción del abandono escolar, que disminuyó de 15.2 % en 2016–2017 a 10.3 % en 2019–2020; sin embargo, durante el ciclo 2020–2021 se registra un ligero aumento a 10.8 %, atribuido a los efectos de la pandemia por la COVID-19 (Secretaría de Educación Pública [SEP], 2021). De igual forma los índices de reprobación muestran una disminución sostenida, pasando de 13.5 % a 9.0 % en el mismo periodo, lo que sugiere una mejora en los procesos de enseñanza y aprendizaje.

En relación a la eficiencia terminal y la tasa de terminación, ambas presentan incrementos graduales, lo que indica un avance en la permanencia y conclusión de los estudios por parte de los estudiantes. Por otro lado, la cobertura escolarizada y la tasa neta de escolarización muestran una ligera disminución en 2020–2021, reflejando los desafíos del sistema educativo frente al contexto sanitario. Estos indicadores son importantes para evaluar la eficiencia interna del sistema educativo mexicano y para orientar políticas que fortalezcan la equidad y calidad educativa (Arellano-Esparza & Ortiz-Espinoza, 2022; SEP, 2021).

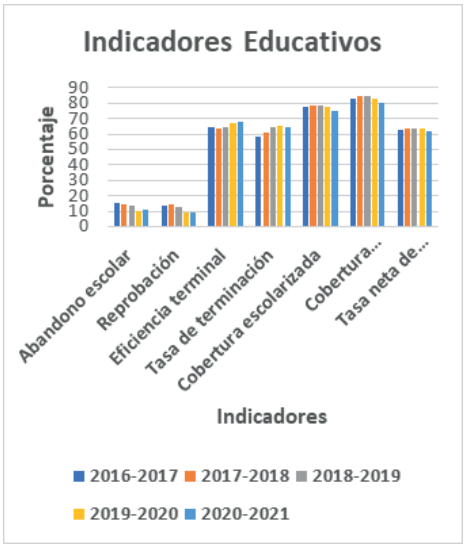


Fig. 1. Indicadores de la EMS con información de la SEP 2021. (en porcentaje)

La gráfica 2 muestra las principales causas de abandono escolar en el nivel de Educación Media Superior (EMS) en México durante los ciclos 2019–2020 y 2020–2021, se observa que la falta de recursos económicos fue una de las causas más significativas en 2019–2020 (25.7 %), mientras que en 2020–2021 disminuyó a 17.5 %, posiblemente debido a la implementación de programas de apoyo como la Beca Universal para el Bienestar Benito Juárez. En contraste, las razones "no quiso o no le gustó estudiar" y "trabajo" aumentaron notablemente en 2020–2021, alcanzando 17.1 % y 21.3 % respectivamente, lo que sugiere un impacto de la crisis económica derivada de la pandemia de COVID-19 (Instituto Nacional de Estadística y Geografía [INEGI], 2021).

También, destaca el incremento en los casos asociados a embarazo, matrimonio o unión (12.2 %) y otras causas vinculadas con el contexto familiar o social, reflejando la complejidad multifactorial del abandono escolar. Estos resultados reflejan la necesidad de fortalecer las estrategias interinstitucionales orientadas a la permanencia escolar, el acompañamiento socioemocional y la equidad educativa.

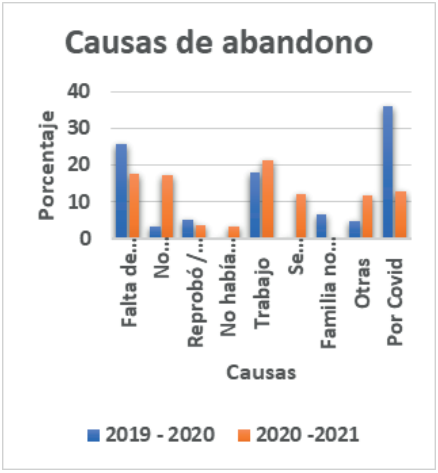


Fig.2. Causas de abandono en la EMS en México, con información del INEGI (2021)

Tomando como la causa principal de deserción escolar la falta de recursos, las políticas federales han realizado esfuerzos por disminuir el alto índice de deserción por esta causa a través de la beca universal para el bienestar Benito Juárez de Educación Media Superior que es un programa del Gobierno de México dirigido a las y los alumnos de educación media superior inscritas o inscritos en escuelas públicas en modalidad escolarizada o mixta para que continúen y concluyan sus estudios. Los impactos que las becas tienen dependen, en buena medida, de su conceptualización y de las condiciones de su otorgamiento. En algunos casos se documentan éxitos en el mejoramiento de la asistencia escolar, progresión escolar, y reducción del abandono y de la reprobación.

La reprobación es otro indicador de eficiencia interna de los sistemas educativos en el cual pueden influir diversos factores que repercuten de forma directa en los resultados obtenidos, como es el rendimiento académico del estudiante que se da cuando tiene dificultades para el aprendizaje, problemas de comprensión, y no cuenta con habilidades de estudio adecuadas. La falta de motivación y una actitud negativa hacia el aprendizaje, problemas de ansiedad, depresión y estrés, la falta de apoyo de los padres, no contar con los recursos económicos que le permiten acceder a materiales educativos que favorezcan el aprendizaje como libros, tecnología y tutoriales.

También dentro de estos mismos factores se pueden mencionar la calidad de los docentes y las metodologías empleadas en el proceso enseñanza aprendizaje, la falta de infraestructura educativa, como puede ser aulas, mobiliario, bibliotecas y laboratorios, un ambiente escolar negativo, caracterizado por la violencia, el acoso escolar y la falta de disciplina, todo ello influye en el rendimiento académico de los estudiantes que generan los índices de reprobación escolar.

El abandono y la reprobación escolar son indicadores educativos en los que intervienen múltiples factores como los individuales, familiares, escolares y contextuales. Los factores individuales como el rendimiento académico, la motivación y la salud mental de los estudiantes juegan un papel determinante en el éxito escolar, bebido a que estudiantes con dificultades de aprendizaje, baja autoestima o problemas emocionales tienen más probabilidades de enfrentar desafíos que pueden llevar a la reprobación y posteriormente al abandono escolar; también se pueden mencionar como factores determinantes el apoyo familiar, el contexto socioeconómico, la calidad de la enseñanza, la infraestructura escolar y el contexto social.

Las estrategias para abordar esta problemática y disminuir los índices de reprobación y deserción escolar deben incluir el fortalecimiento de la calidad educativa, mejoras en la infraestructura escolar, apoyo socioemocional a los estudiantes, participación activa de las familias y políticas públicas que promuevan la equidad educativa y el desarrollo profesional continuo para los docentes.

El uso de datos correspondientes al periodo 2016–2021 se justifica metodológicamente debido a que este rango temporal permite analizar tendencias educativas con suficiente estabilidad, comparabilidad y validez estadística. Debido a que el periodo 2016–2021 incluye un ciclo completo previo y posterior al impacto de la pandemia por COVID-19, lo que permite examinar cambios estructurales en los indicadores de eficiencia interna del sistema educativo. Esto es relevante porque la pandemia representó un punto de inflexión en variables como abandono escolar, reprobación, eficiencia terminal y cobertura, por lo que contar con datos inmediatos antes y durante la contingencia favorece un análisis comparativo más sólido y contextualizado (Arellano-Esparza & Ortiz-Espinoza, 2022).

Otro elemento clave es garantizar la consistencia analítica y evitar sesgos derivados de cambios en definiciones operativas, criterios de medición o instrumentos de recolección, se optó por utilizar un periodo ya validado y homogéneo, tal como recomiendan los estudios sobre evaluación de sistemas educativos (Martínez, 2010).

Por último, el uso de este periodo responde también a criterios de trazabilidad histórica, los años 2016–2021 permiten observar tendencias de mediano plazo en los indicadores de eficiencia interna, lo que aporta información relevante para interpretar los avances y retrocesos del sistema educativo mexicano en un contexto socioeconómico y político comparable. Este tipo de análisis es fundamental en investigaciones educativas, en las cuales se privilegia la disponibilidad de series temporales completas sobre la simple actualidad de los datos.



CONCLUSIONES

El análisis de los indicadores de la Educación Media Superior (EMS) en México permite evidenciar los avances y desafíos que enfrenta el sistema educativo en materia de eficiencia interna y equidad. Los datos presentados por la Secretaría de Educación Pública (2021) muestran una tendencia positiva en la disminución del abandono escolar y la reprobación durante los ciclos 2016–2020, acompañada de un incremento sostenido en la eficiencia terminal y la tasa de terminación. Sin embargo, en el ciclo escolar 2020–2021 marca una interrupción en este progreso debido al impacto de la pandemia por la COVID-19, que provocó un ligero aumento en el abandono escolar y una reducción en la cobertura educativa.

Las causas del abandono escolar, según la información del INEGI (2021), reflejan la interacción de múltiples factores de tipo económico, social, familiar y académico. Si bien la falta de recursos económicos continúa siendo una de las principales causas, se observa un incremento significativo en la deserción por motivos laborales y desinterés hacia el estudio, lo que pone de manifiesto la necesidad de fortalecer las políticas públicas orientadas al apoyo socioeconómico y la motivación educativa, de la misma manera, la influencia de factores personales como el embarazo, la salud mental y las dinámicas familiares resalta la urgencia de incorporar programas de acompañamiento psicoeducativo y orientación vocacional que promuevan la permanencia escolar.

En este contexto, las estrategias implementadas por el Gobierno Federal, como la Beca Universal para el Bienestar Benito Juárez, constituyen un esfuerzo relevante para contrarrestar las desigualdades y favorecer la continuidad educativa. No obstante, para alcanzar una mejora sostenida en la eficiencia interna del sistema, se requiere una acción integral que combine el fortalecimiento de la calidad docente, la mejora de la infraestructura escolar, la innovación pedagógica y la atención personalizada al estudiante.

REFERENCIAS

[1] R. E. Sorace, V. S. Reinhardt, and S. A. Vaughn, "High-speed dAgüero, M., Pompa, M., Rendón, J., Hernández, M., Benavides, M., & Sánchez Mendiola, M. (2023). La configuración de la identidad docente en la virtualidad. (Capítulo en colección CEIDE-UNAM).

[2] Alcívar Villamarín E., Bernal Álava A., Lucas Vidal M., Lucas Vidal R., Muñoz Chavarría Y., San Andrés Laz E. (2018). Elementos sustanciales para la evaluación de la calidad en la educación. Editorial Área de Innovación y Desarrollo, S.L. Ciencias. ISBN: 978-84-949151-6-1

[3] Arellano-Esparza, J., & Ortiz-Espinoza, M. (2022). Indicadores de eficiencia interna del sistema educativo en México.

[4] Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2021). Encuesta para la Medición del Impacto COVID-19 en la Educación (ECOVID-ED) 2020. INEGI.

[5] Hernández Alvarado, M. A., Pompa Mansilla, M., de Agüero Servín, M., & Sánchez Mendiola, M. (2023). La investigación en formación y profesionalización docente en educación superior: conceptos, responsables, fines y coyunturas. (Capítulo en colección CEIDE-UNAM).

[6] Martínez, F. (2010) "Los indicadores como herramientas para la evaluación de la calidad de los sistemas educativos" en Sinéctica, 35, pp. 50-62.

[7] Morales Avalos J., Zúñiga Aquino S., García Martínez V. (2015). Hacia una calidad educativa. Indicadores de eficiencia y eficacia en México. Revistas y boletines científicos. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México.

[8] Sandoval Flores, E. (2023). La mejora continua de la educación: del camino andado, logros y desafíos pendientes. Nueva Educación Latinoamericana.

[9] SEP (Secretaría de Educación Pública). 2021. Principales cifras del sistema educativo nacional 2020-2021. Ciudad de México: SEP

[10] Urrutia de la Torre F., Martin del Campo O. (2015) El abandono escolar en el nivel secundaria: un descuido en la agenda educativa actual. Revista Latinoamericana de Estudios Educativos (México), vol. XLV, núm. 1, pp. 63-74, 2015. Universidad Iberoamericana, Ciudad de México.



FABRICACIÓN DE UN ROBOT AUTÓNOMO PARA COMPETENCIAS ESTUDIANTILES DE LA CATEGORÍA SUMO



José Álvaro Vázquez Rivera / ITSSLPC Instituto tecnológico Superior de San Luis Potosí, Capital
Jorge Omar Coreño Torres / ITSSLPC Instituto tecnológico Superior de San Luis Potosí, Capital

RESUMEN.

En el siguiente ensayo se presenta una propuesta para el desarrollo y construcción de un robot autónomo de la categoría "Sumo", diseñado para participar en competencias estudiantiles de robótica, por parte de la Academia de Ingeniería Mecatrónica del Instituto Tecnológico Superior de San Luis Potosí, Capital.

El diseño mecánico se basa en un chasis compacto que incorpora motores con alta relación de torque y ruedas de tracción, permitiendo una respuesta rápida y eficaz durante el combate manteniendo así su estado en pista.

En la parte electrónica, se empleó una tarjeta Arduino para gestionar el control de los motores mediante un puente H L298N. Además, se integraron sensores infrarrojos (IR) para la detección del borde del área de combate evitando que este salga de su área de batalla y sensores ultrasónicos para localizar al oponente y embestirlo. La combinación de componentes permite que el robot actúe de forma autónoma y tome decisiones en tiempo real basadas en su entorno.

Para el sistema de control durante los enfrentamientos, se implementó un esquema basado en lógica difusa para crear un código que genera las funciones y movimientos que ejecuta el robot durante la batalla y le permite adaptar su comportamiento a situaciones dinámicas e inciertas, ofreciendo mayor precisión al momento de atacar o evadir a su oponente. La lógica difusa facilita una transición suave entre diferentes estrategias de combate según las condiciones detectadas.

Las pruebas realizadas demostraron que el robot es capaz de mantenerse dentro del área de competencia, detectar de forma efectiva al oponente y ejecutar maniobras ofensivas con buena estabilidad y velocidad. Los resultados confirman que el diseño cumple con los objetivos propuestos y está preparado para enfrentar los desafíos de una competencia de robots sumo.

INTRODUCCIÓN.

La robótica es una herramienta educativa que ha tomado fuerza en los últimos años por su capacidad para integrar conocimientos prácticos y teóricos en áreas como la mecánica, la electrónica, el diseño CAD, la programación embebida y los sistemas de control. En el instituto Tecnológico Superior de San Luis Potosí, Capital, se promueve la competencia estudiantil de construcción de robots del estilo "sumo". según García y Cruz (2019), "la robótica educativa constituye una herramienta de aprendizaje activo que permite a los estudiantes desarrollar competencias STEM, fomentar la creatividad, el trabajo colaborativo y la capacidad de resolución de problemas en contextos reales de aplicación" (p. 24). [1]

El objetivo principal de un robot sumo es expulsar a su oponente de un área circular (dohyo), sin salirse él mismo. Esto exige un diseño que equilibre potencia, estabilidad, velocidad de reacción y capacidad de detección del entorno. Para lograrlo, se necesita un análisis riguroso de especificaciones técnicas internacionales como las del All Japan Robot Sumo Tournament, además de una planificación detallada que incluya modelado 3D, cálculo de torque, selección de sensores y controladores, y pruebas iterativas de campo [2].

El diseño de estos robots comienza por el chasis y el sistema de tracción, donde se busca maximizar la adherencia y la transferencia de fuerza. Motores de alto torque, combinados con ruedas de materiales antideslizantes, son elementos clave. Por otro lado, los sensores infrarrojos permiten identificar los límites del dohyo, mientras que los sensores ultrasónicos o lidar ayudan a ubicar al oponente en el combate. Esta combinación ha sido empleada con buenos resultados por diversos autores en estudios recientes [3], [4].

En cuanto al control, una tendencia creciente es el uso de lógica difusa, que permite tomar decisiones con base en reglas adaptativas más cercanas a cómo lo haría un humano. Esto es especialmente útil en un entorno competitivo donde no hay una única respuesta correcta y donde las acciones deben adaptarse a condiciones cambiantes.

Investigaciones recientes muestran cómo esta técnica puede mejorar la eficiencia de navegación y la estrategia de combate [5], [6].

Este artículo presenta el desarrollo de un robot sumo autónomo realizado en el contexto de una competencia estudiantil local. Sin embargo, el enfoque adoptado busca alinearse con estándares internacionales, no solo en lo técnico, sino también en el proceso metodológico. El trabajo parte desde el análisis normativo hasta la construcción y banalización final, integrando aprendizajes que pueden ser escalados a otros niveles de competencia.

2.ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL CONCURSO

Los torneos de robots sumo se rigen por normas internacionales que aseguran la equidad y seguridad entre competidores. Estas especificaciones provienen de eventos como el All Japan Robot Sumo Tournament y torneos universitarios globales [7].

Modalidades

Existen dos categorías principales: autónomos y controlados a distancia. Este proyecto se enfoca en la modalidad autónoma, donde el robot debe operar de manera independiente e inteligente, tomando decisiones en tiempo real mediante sensores y programación embebida [8].

Dimensiones y Peso

- Peso máximo: 3 kg
- Dimensiones iniciales: 20 × 20 cm
- Altura: sin restricción específica, aunque se recomienda un diseño bajo para evitar volcadura [8].

Mecanismos adicionales pueden desplegarse después del inicio del combate, siempre que respeten las reglas del evento.

Dohyo (Área de combate)

La superficie de combate es un disco negro de 154 cm de diámetro, con un borde blanco de 2.5 cm, que sirve como referencia para los sensores de borde del robot. Generalmente, la plataforma está elevada entre 2 y 5 cm [10]. 2.4 Reglas de Combate.

El combate dura hasta 3 minutos. El robot debe activarse 5 segundos después de ser colocado en el dohyo. Se permite el uso de palas o defensas, pero se prohíben mecanismos dañinos, líquidos, humo y señales de radiofrecuencia en la categoría autónoma [11].

Componentes Comunes

• Controladores: Arduino, ESP32, Raspberry Pi
• Sensores de borde: infrarrojos reflectivos
• Sensores de oponente: ultrasónicos o LIDAR
• Motores: DC de alto torque
•Baterías: de litio recargables [12][13]

Evaluación Adicional

• Calidad del diseño mecánico y electrónico
• Eficiencia del código
• Innovación e integración de sensores
•Documentación técnica presentada [9]

3. ARQUITECTURA DEL SISTEMA

3.1 Plataforma Mecánica

La selección de la plataforma mecánica es crucial para asegurar la estabilidad, maniobrabilidad y robustez del robot sumo. Se optó por un chasis prefabricado que fue adquirido de un proveedor en línea especializado en componentes para robótica. Este chasis, aunque adecuado en muchos aspectos, excedía las dimensiones permitidas por las reglas del concurso. Para ajustarlo a las restricciones, se realizó una modificación mecánica utilizando un proceso de fresado convencional en una máquina CNC, logrando reducir la longitud del chasis en aproximadamente 40 mm. Esta modificación garantizó que el robot cumpliera con las especificaciones sin sacrificar la integridad estructural.

3.2 Unidad de Control: Arduino UNO

El corazón del sistema de control embebido es el microcontrolador Arduino UNO, un dispositivo basado en un procesador ATmega328P, ampliamente utilizado en la comunidad de desarrolladores debido a su facilidad de uso, amplia documentación y robustez operativa. Este microcontrolador fue seleccionado debido a su compatibilidad con una amplia gama de shields y módulos periféricos, lo que facilita la expansión y personalización del sistema de control dándole una variedad de diferentes movimientos y estrategias al combate. A pesar de considerar alternativas como el ESP32, el Arduino UNO se eligió finalmente debido a su estabilidad de funcionamiento ante fluctuaciones de voltaje, su mejor manejo, conocimiento, y la disponibilidad de bibliotecas precompiladas que optimizan el tiempo de desarrollo. uno de los más comunes entre los aficionados y estudiantes, el Arduino UNO (Imagen 3).

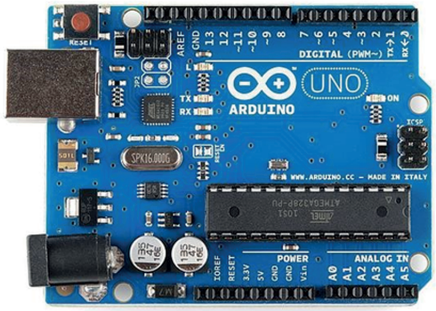


Figura 3 – Placa Arduino UNO Rev3 (fuente: Arduino/SparkFun, CCBYSA).

3.3 Etapa de Potencia: Shield L293D

La etapa de potencia que controla los actuadores se compone del shield L293D, un circuito integrado diseñado para la conducción bidireccional de motores de corriente continua (DC). Este shield se caracteriza por su capacidad para manejar hasta 4 motores simultáneamente, lo que es fundamental para garantizar una locomoción precisa y controlada en el robot sumo, mantiene los motores en estado deshabilitado al encender el sistema para evitar movimientos no deseados. Además, el L293D incluye protecciones contra sobrecorriente y sobrecalentamiento, lo que aumenta la fiabilidad y durabilidad del sistema. el shield L293D se encarga de la etapa de potencia (ver Imagen 13)."

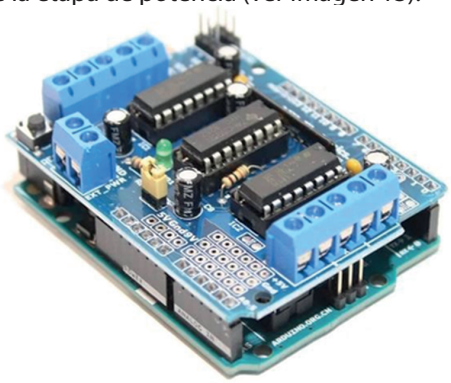


Figura 13 – Shield L293D acoplado al Arduino UNO (fuente: maker zone).

3.4 Actuadores: Motores DC con Engranajes Metálicos

Se emplearon cuatro motoreductores DC de 5V con engranajes metálicos, seleccionados por su alta relación de transmisión y, por ende, su capacidad para generar un torque elevado. Este alto torque es esencial para la generación de la fuerza de empuje necesaria para desplazar al oponente fuera de la arena al igual de evitar que el oponente lo arroje fuera de la pista. Los motores fueron elegidos también por su eficiencia energética, lo que permite un uso prolongado de la batería sin comprometer el rendimiento durante la competencia.

3.5 Sensor de Distancia: Ultrasónico HC-SR04

Para la localización y detección precisa de los oponentes dentro del campo de combate, se integró el sensor ultrasónico HC-SR04, que opera mediante la emisión de ondas acústicas y el cálculo del tiempo de retorno de estas. Su rango operativo y precisión son adecuados para detectar obstáculos a distancias de hasta 4 metros los necesarios para en este caso detectar al oponente y poder embestirlo, lo que es suficiente para las exigencias del certamen. se utilizaron sensores ultrasónicos HC-SR04 para la detección de rivales y sensores IR para los bordes del dojo (ver Imagen 4).



Figura 15 – Sensor ultrasónico HC-SR04 (fuente:

3.8 Defensa Frontal: Pieza Diseñada en CAD e Impresa en 3D

La pieza de defensa frontal fue diseñada utilizando SolidWorks, un software CAD especializado en el diseño y modelado 3D. Esta pieza fue fabricada mediante impresión 3D, lo que permitió obtener una geometría compleja en forma de pala dándole un diseño personalizable, ideal para desestabilizar al oponente y redirigir su trayectoria. Además, esta estructura también sirve como un amortiguador de impactos, protegiendo el sistema de control y otros componentes críticos. respetando las dimensiones establecidas por el reglamento del torneo (como se aprecia en la Imagen 6).

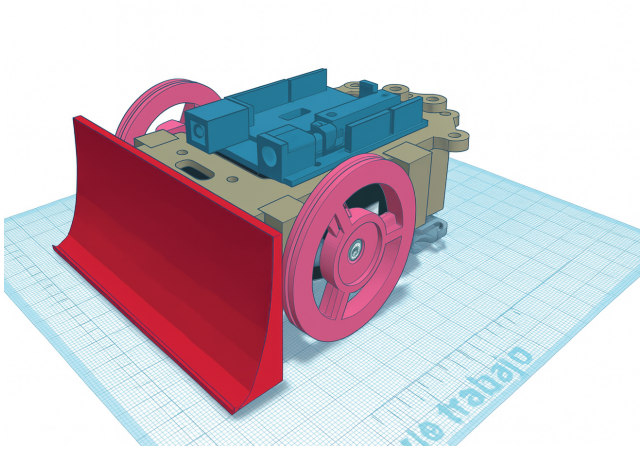


Figura 6 – Pieza diseñada en CAD (fuente: Diseño CAD impresora 3D).

3.9 Sistema de Alimentación

El sistema de alimentación se basa en una batería recargable de 14 V y 3 Ah, proveniente de un taladro inalámbrico. Esta batería proporciona la energía necesaria para operar los cuatro motores, el microcontrolador, y los sensores. El cálculo del consumo total es el siguiente:

•Consumo por motor: 0.5 A × 4 = 2 A
•Microcontrolador y shield: 0.3 A
•Sensores: 0.2 A

Este suministro es suficiente para garantizar la autonomía del robot durante el transcurso de la competencia. Además de un sistema de monitoreo de voltaje visible para el usuario (ver Imagen 7).

3.10 Regulador de Voltaje: LM2596 Buck Converter

Para garantizar que todos los componentes operen dentro de los márgenes de voltaje recomendados, se utilizó un convertidor DC-DC tipo buck basado en el circuito integrado LM2596. Este regulador asegura una salida constante de 5V a pesar de las fluctuaciones en el voltaje de entrada, protegiendo así la electrónica del robot.

3.11 Monitor de Tensión: Voltímetro Digital

Finalmente, se incorporó un voltímetro digital al sistema para monitorear en tiempo real el voltaje de suministro. Este dispositivo proporciona información valiosa sobre la condición de la batería y permite ajustes dinámicos para evitar problemas de subalimentación o sobretensión. Todo esto se basa en la utilización de múltiples áreas de la ingeniería (ver Imagen 2), donde se muestra el diseño del sistema en bloques.

4. PROCESO DE FABRICACIÓN Y ENSAMBLAJE

El proceso de fabricación y ensamblaje del robot sumo se estructuró en varias etapas críticas que garantizaron una integración efectiva de los subsistemas mecánicos, electrónicos y de control. Cada fase fue planificada cuidadosamente para optimizar recursos, minimizar errores y asegurar la funcionalidad final del prototipo.

4.1 Fabricación de la Estructura Mecánica

Una vez modificado el chasis prefabricado mediante fresado convencional en máquina CNC, se procedió al tratamiento superficial para eliminar rebabas y garantizar la correcta fijación de los componentes. Posteriormente, se diseñaron piezas complementarias, como soportes para sensores y carcasas de protección, utilizando software CAD (SolidWorks), las cuales fueron manufacturadas mediante impresión 3D con material PLA de alta densidad para proporcionar rigidez y resistencia al impacto dando creatividad y conocimiento a deferentes maneras de estrategia.

4.2 Integración de Actuadores y Tren de Rodaje

Los motoreductores de corriente continua fueron fijados directamente al chasis utilizando tornillos métricos de acero inoxidable y soportes impresos en 3D, que absorbieron pequeñas vibraciones durante la operación. Las ruedas antiderrapantes se montaron a presión sobre los ejes de salida de los motores, garantizando un acoplamiento firme y estable para la transmisión efectiva del torque.

4.3 Montaje del Sistema de Sensores

Los sensores ultrasónicos HC-SR04 fueron montados en la parte frontal del chasis, utilizando soportes ajustables impresos en 3D que permitieron su calibración angular. Los sensores infrarrojos reflectivos se colocaron estratégicamente en la periferia inferior del robot, a una altura calibrada para maximizar la detección de la pista blanca de delimitación. El cableado de los sensores se organizó mediante canaletas impresas, evitando interferencias mecánicas y facilitando el mantenimiento.

4.4 Ensamblaje de la Electrónica de Control

El Arduino UNO y el shield L293D fueron montados sobre una base de acrílico aislante, fijada en la parte superior del chasis. Se realizaron conexiones soldadas en los puntos críticos para garantizar la estabilidad eléctrica, mientras que se utilizaron terminales tipo Dupont en áreas de conexión frecuente, permitiendo la fácil sustitución de módulos en caso de falla. El regulador de voltaje
LM2596 fue fijado cerca de la batería, minimizando la caída de tensión en los cables de alimentación.

4.5 Instalación de la Fuente de Alimentación

La batería de 14V se fijó al chasis utilizando un soporte de aluminio y bandas elásticas de alta resistencia, lo cual permitió una sujeción segura y, al mismo tiempo, un acceso rápido para reemplazo o recarga. Se empleó un sistema de conexión rápida mediante conectores XT60 para facilitar las tareas de carga y descarga de energía.

4.6 Pruebas de Integración y Calibración

Una vez ensamblado el sistema completo, se realizaron pruebas de validación de cada subsistema de forma individual: verificación de motores, respuesta de sensores, y funcionamiento del sistema de control. Posteriormente, se efectuaron pruebas de integración para asegurar la correcta comunicación entre módulos y la respuesta coordinada del robot. Se llevó a cabo una calibración fina de los sensores de borde y de distancia para optimizar la estrategia de localización y evasión en la arena.
Las iteraciones de prueba y ajuste permitieron afinar la programación de los algoritmos de control, mejorando el tiempo de reacción y la eficiencia de empuje en el combate real.

CONCLUSIONES

La implementación de una metodología estructurada para el diseño y fabricación de robots sumo, como la presentada en este artículo, resulta fundamental para garantizar el éxito técnico y funcional del prototipo. Este enfoque permite integrar de manera ordenada las etapas de diseño mecánico, selección electrónica, programación y control, favoreciendo la detección temprana de errores y la optimización de recursos. Además, el uso de herramientas de modelado 3D, impresión aditiva y técnicas de control avanzadas como la lógica difusa refuerza la aplicación práctica de los conocimientos adquiridos en el aula.

Desde el punto de vista educativo, este tipo de proyectos tiene un impacto significativo en la formación de los estudiantes de Ingeniería Mecatrónica, al promover el desarrollo de competencias profesionales esenciales como el trabajo colaborativo, la resolución de problemas reales, la innovación tecnológica y la capacidad de integrar distintas áreas de la ingeniería en un sistema funcional.

La experiencia de construir un robot autónomo no solo consolida habilidades técnicas, sino que también fomenta la creatividad, el pensamiento crítico y la cultura de la mejora continua, elementos indispensables en la formación de ingenieros capaces de enfrentar los retos tecnológicos actuales.

REFERENCIAS

[1] García, A., & Cruz, M. (2019). La robótica educativa como herramienta de aprendizaje activo en el desarrollo de competencias STEM. Revista Iberoamericana de Tecnología en Educación y Educación en Tecnología, (24), 22–30. https://doi.org/10.24215/18509959.24.e03

[2] A. Tirian et al., "Aspects regarding mini sumo robots design and competition," 2015 8th Int. Conf. on Electronics, Computers and Artificial Intelligence (ECAI), pp. 1–6, 2015.

[3] S. Demirel and A. Ozdemir, "Mini Sumo Robot Design With Respect to the Control System," Int. J. of Appl. Math., Electronics and Computers, vol. 3, no. 2, pp. 28–32, 2015.

[4] F. Z. Fadlallah et al., "Implementation of autonomous behavior in a mini sumo robot using sensors and fuzzy logic," 2016 Third Int. Conf. on EECEA, pp. 120–125, 2016.

[5] J.-Y. Chen et al., "A fuzzy controller design for wheeled mobile robot in unknown environments," 2015 Int. Conf. on Fuzzy Theory and Its Applications (iFUZZY), pp. 36–41, 2015.

[6] H. M. Al-Mutib and F. Abdessemed, "Autonomous navigation robot using fuzzy logic controller," 2015 IEEE 8th GCC Conference & Exhibition, pp. 1–5, 2015.

[6] A. Tirian et al., "Aspects regarding mini sumo robots design and competition," ECAI, 2015.

[8]R. Anghel, M. Petrescu, and I. Niculescu, "Design of an Autonomous Mini-Sumo Robot," UPB Sci. Bull., vol. 80, no. 4, 2018.

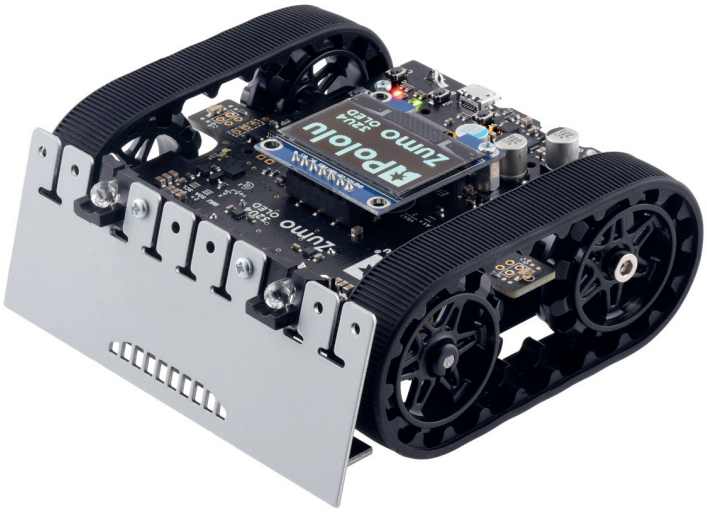
[9] E. M. Bravo et al., "Diseño y construcción de robot sumo autónomo de competición," Revista Científica, vol. 3, no. 1, 2016.

[10] R. Ramírez y M. Rodríguez, "Sistema de navegación autónoma para robot sumo mini utilizando sensores de proximidad," Revista Politécnica, vol. 16, no. 31, 2016.

[11] "All Japan Robot Sumo Tournament – Official Rules," Fujisoft Inc., 2019. [6] J. Ruiz y M. Paredes, "Comparativa entre plataformas de desarrollo para control de robots autónomos," Revista I+D Tecnológico, vol. 14, 2017.

[12] D. Salas et al., "Aplicación de sensores ópticos en la construcción de robots sumo autónomos," Congreso Internacional de Robótica Avanzada, 2018.

[13] M. Acosta et al., "Evaluación de proyectos de robótica educativa en competencias universitarias," Congreso de Innovación Educativa, 2019.



ANÁLISIS DE ESTRATEGIAS DE ACOMPAÑAMIENTO ACADÉMICO Y SU IMPACTO EN LA REPROBACIÓN DE MATERIAS DE CIENCIAS BÁSICAS

Omayra Yolanda Reynoso Ibarra / ITSSLPC Instituto tecnológico Superior de San Luis Potosí, Capital
José Manuel Esparza Leyva / ITSSLPC Instituto tecnológico Superior de San Luis Potosí, Capital
Gerardo Rafael Reynoso Ibarra / ITSSLPC Instituto tecnológico Superior de San Luis Potosí, Capital
Adriana del Pilar Montoya Castro / ITSSLPC Instituto tecnológico Superior de San Luis Potosí, Capital
Azucena del Carmen Martínez Rodríguez / Universidad autónoma de San Luis Potosí

ABSTRACT.

TThis essay analyzes the fundamental role of academic support strategies in reducing failure rates in basic science courses in higher education. These subjects are considered a cornerstone of education for fields such as engineering, which experience high rates of dropout and academic underachievement. Based on a theoretical review and recent evidence, it is argued that academic support—tutoring, mentoring, advising, early intervention, and emotional support—positively impacts deep learning, motivation, and student retention. Furthermore, institutional, pedagogical, and emotional factors that influence course failure are discussed, and action plans are proposed to strengthen support programs in Mexican universities.

Keywords: basic sciences, dropout, failure, support.

RESUMEN.

El presente ensayo analiza el papel fundamental de las estrategias de acompañamiento académico en la reducción de la reprobación en materias de ciencias básicas en Educación Superior. Estas asignaturas, consideradas un pilar formativo para áreas como ingeniería, en las cuales se presentan altos índices de deserción y rezago académico. A partir de una revisión teórica y evidencia reciente, se argumenta que el acompañamiento académico—tutorías, mentorías, asesorías, intervención temprana y apoyo emocional—incide positivamente en el aprendizaje profundo, la motivación y la permanencia estudiantil. Asimismo, se discuten factores institucionales, pedagógicos y emocionales que influyen en la reprobación, y se proponen líneas de acción para fortalecer los programas de apoyo en universidades mexicanas.

Palabras clave:clave: ciencias básicas, deserción, reprobación, apoyo.

INTRODUCCIÓN.

Las ciencias básicas ocupan un lugar central en la formación universitaria, particularmente en programas académicos relacionados con la ingeniería, las ciencias naturales y las ciencias de la salud. Sin embargo, su enseñanza suele representar un desafío tanto para estudiantes como para docentes, debido a la complejidad conceptual, el carácter abstracto de los contenidos y las limitaciones pedagógicas presentes en muchos contextos educativos. En México, la reprobación en materias relacionadas con matemáticas, física y química representa uno de los principales factores de deserción en los primeros semestres en la Educación Superior, este fenómeno no solo afecta la trayectoria académica del alumnado, sino que también genera impactos institucionales y socioeconómicos relevantes.

Considerando este panorama, surge la necesidad de analizar el papel del acompañamiento académico como una vía de apoyo para los estudiantes en situación de riesgo.

Las estrategias de acompañamiento académico, tales como tutorías, asesorías individualizadas, programas de mentoría, cursos remediales y acompañamiento emocional, han demostrado contribuir al fortalecimiento del aprendizaje autónomo y la disminución de índices de reprobación. No obstante, su implementación en instituciones de educación superior no siempre es sistemática ni equitativa. Este ensayo tiene como propósito examinar de la relación entre el acompañamiento académico y la reducción de la reprobación en ciencias básicas, explorando tanto sus fundamentos teóricos como sus implicaciones prácticas en el contexto de Educación Superior.

Marco teórico

Concepto de acompañamiento académico

El acompañamiento académico se entiende como un conjunto de acciones planificadas y sostenidas que ofrecen apoyo académico, pedagógico y psicosocial a estudiantes para favorecer su permanencia y éxito en los estudios. Incluye tutorías formales e informales, mentoría, programas de recuperación, enseñanza diferenciada y recursos didácticos complementarios. Desde una perspectiva socioeducativa, el acompañamiento también actúa como mediador entre el estudiante y la institución, promoviendo la integración académica y social (Cristhian, 2008)

Factores que influyen en la reprobación en Ciencias Básicas

Varios estudios han identificado factores relacionados con la reprobación como lo son: la preparación previa la cuál es insuficiente en competencias de matemáticas y baja motivación, ansiedad ante las evaluaciones, los métodos de enseñanza tradicional centrados en la exposición, escaso uso de prácticas y laboratorios y sobre todo la falta de retroalimentación formativa, además de variables institucionales —como la proporción estudiante/docente, políticas de evaluación y disponibilidad de apoyo académico, haciendo que el la suma de algunas de estas variables o en su defecto de todas las mencionadas incidan directa o indirectamente en los resultados que se tiene en Educación Superior en México. (Peña, Cañoto, & Angelucci, 2017)

Efectividad de las estrategias de acompañamiento

Algunos Meta-análisis y revisiones han mostrado que ciertas prácticas —tutoría individualizada, aprendizaje cooperativo, retroalimentación frecuente y enseñanza activa— producen efectos positivos en el aprendizaje y la persistencia. Hattie (John Haltie, 2020), identifica la retroalimentación y el aprendizaje entre pares como intervenciones con tamaños de efecto relevantes, destacando la eficacia de la tutoría individualizada frente a la instrucción tradicional en grupo, lo cuàl lo vuelve un hallazgo relevante para diseñar intervenciones específicas en Ciencias Básicas.

Estrategias de acompañamiento académicas:

1. Tutorías individuales y grupales

Las tutorías pueden ser uno a uno o en pequeños grupos, presenciales o virtuales, y se centran en aclarar conceptos, resolver problemas y ofrecer estrategias de estudio. Las sesiones pueden ser periódicas (semana a semana) o puntuales (previo a exámenes),
Las tutorías individuales suelen mostrar resultados superiores en el rendimiento académico, especialmente cuando incluyen diagnóstico inicial, objetivos concretos y seguimiento tambien puueden darse tutorías grupales, en las cuales fomentan el aprendizaje colaborativo y permiten el uso eficiente de recursos. La combinación de tutorías y otras estrategias (prácticas guiadas, material multimedia) suele potenciar los efectos.

2. Aprendizaje entre pares (andamiaje)

Schunk y Zimmerman definen el aprendizaje autorregulado como el proceso a través del cual los estudiantes activan y mantienen cogniciones, conductas y afectos orientados al logro de sus metas de aprendizaje. Por tanto, se puede afirmar, que los estudiantes que regulan su aprendizaje son capaces de construir conocimiento de forma significativa y orientarse intrínsecamente para el logro de metas de aprendizaje. (López & C., 2010).

En el entorno escolar, los estudiantes que se auto regulan son promotores activos de su propio proceso de aprendizaje y en consecuencia, obtienen mejores resultados en términos de logro académico. Esto se consigue a través de la puesta en práctica de una serie de estrategias metacognitivas, motivacionales y conductuales La utilización deliberada de estas estrategias no sólo permite al sujeto construir conocimiento de forma significativa, sino que conlleva un auto conocimiento respecto de las formas individuales más eficaces para utilizar o aplicar lo aprendido.

2. Aprendizaje entre pares (andamiaje)

Schunk y Zimmerman definen el aprendizaje autorregulado como el proceso a través del cual los estudiantes activan y mantienen cogniciones, conductas y afectos orientados al logro de sus metas de aprendizaje. Por tanto, se puede afirmar, que los estudiantes que regulan su aprendizaje son capaces de construir conocimiento de forma significativa y orientarse intrínsecamente para el logro de metas de aprendizaje. (López & C., 2010).

En el entorno escolar, los estudiantes que se auto regulan son promotores activos de su propio proceso de aprendizaje y en consecuencia, obtienen mejores resultados en términos de logro académico. Esto se consigue a través de la puesta en práctica de una serie de estrategias metacognitivas, motivacionales y conductuales La utilización deliberada de estas estrategias no sólo permite al sujeto construir conocimiento de forma significativa, sino que conlleva un auto conocimiento respecto de las formas individuales más eficaces para utilizar o aplicar lo aprendido.

3. Mentoría académica y orientación estudiantil

La relación de mentor-mentee debe buscar desarrollar las potencialidades del individuo, principalmente el pensamiento crítico, capacidad creativa y el desarrollo personal. Así, la mentoría se configura como un intercambio de conocimientos y experiencias entre el mentor y su mentee facilitando de tal forma el proceso de aprendizaje, la adquisición de técnicas y herramientas educativas y el desarrollo de la consciencia del alumno sobre las estrategias que utiliza para aprender (Kustala, 2018), por ello, es necesario que todos aquellos que son parte de este proceso de formación cuenten con las herramientas necesarias para responder a las necesidades de las instituciones, pero, sobre todo, de los jóvenes aprendice.

4. Intervención temprana y sistemas de alerta académica
Los sistemas de alerta temprana se utilizan para identificar a los estudiantes en riesgo de abandonar la escuela, estos están diseñados para identificar a los estudiantes en riesgo de dejar la escuela antes de completar su educación y se basan en varias fuentes de datos, incluido el rendimiento académico, los registros de asistencia y la información sociodemográfica, para identificar a los estudiantes que pueden tener dificultades y requerir apoyo adicional. Los sistemas de alerta temprana utilizan técnicas estadísticas y de aprendizaje automático para analizar los datos de los estudiantes e identificar patrones indicativos del riesgo de deserción.

Los sistemas de alerta temprana pueden considerar estos factores para proporcionar una imagen más completa del riesgo de abandono escolar de un estudiante, como el estatus social y económico, el rendimiento académico y los antecedentes familiares

Consideraciones para la implementación institucional

Para que las estrategias de acompañamiento sean efectivas, las instituciones deben considerar:

• Diagnóstico institucional: identificar las asignaturas y grupos con mayor reprobación y las posibles causas (contenidos, evaluación, preparación previa).

• Formación docente: capacitar a docentes y tutores en metodologías activas, retroalimentación constructiva y manejo de grupos heterogéneos.

• Recursos y escalabilidad: diseñar programas que equilibren la atención individualizada con la cobertura amplia (combinación de tutorías, recursos digitales y aprendizaje entre pares).

• Monitoreo y evaluación: establecer indicadores claros (tasas de reprobación, asistencia a tutorías, aprendizaje medido por pruebas diagnósticas) y sistemas de seguimiento para ajustar las intervenciones.

• Políticas de reconocimiento: reconocer la labor de tutores y mentores mediante incentivos académicos o formales para asegurar la sostenibilidad del programa.

Propuesta modelo de intervención para asignaturas de Ciencias Básicas

Una vez analizado los factores que influyen en la reprobación de las Ciencias Básicas se propone un modelo pragmático y escalable para reducir la reprobación en una asignatura típica de ciencias básicas:

1. Diagnóstico inicial: prueba diagnóstica de competencias previas; encuesta sobre hábitos de estudio y factores socioemocionales.

2. Diseño modular de contenidos: materiales segmentados en módulos cortos con objetivos de aprendizaje claros y ejercicios guiados.

3. Tutorías semanales mixtas: sesiones presenciales o virtuales, combinando tutoría grupal (resolución de problemas) y sesiones individuales de 20–30 minutos para estudiantes en riesgo.

4. Aprendizaje entre pares: reclutamiento y formación de tutores pares; sesiones de estudio colaborativo semanal.

5. Evaluaciones formativas continuas: quizzes breves en línea, retroalimentación inmediata y retroceso pedagógico en clase según desempeño.

6. Sistema de alerta temprana: indicadores automáticos (nota promedio, inasistencias) que generan invitaciones personalizadas a apoyo.

7. Mentoría y orientación: seguimiento socioemocional para estudiantes con dificultades persistentes.

8. Evaluación del programa: comparación de tasas de reprobación y rendimiento antes y después de la implementación, con análisis cualitativo de la percepción estudiantil.

Limitaciones y direcciones para investigaciónes futuras

Aunque la evidencia en algunos países que han implentado algunas de estas estrategias sugiere beneficios claros, existen limitaciones como lo son: la heterogeneidad metodológica entre estudios, dificultades para aislar el efecto de una estrategia específica, y variabilidad contextual. Se recomiendan estudios experimentales y cuasi-experimentales con asignación aleatoria o diseño de series temporales para medir efectos causales, investigaciones longitudinales para evaluar impacto en la trayectoria académica y estudios cualitativos que exploren las percepciones de estudiantes y docentes. Además, conviene investigar la relación costo-efectividad de distintos modelos de acompañamiento.

En México, las universidades han implementado distintos modelos de acompañamiento con resultados variados. Las universidades tecnológicas y politécnicas, por ejemplo, han desarrollado programas de tutoría obligatoria que han mostrado impactos positivos en la permanencia estudiantil. Por otra parte, instituciones públicas autónomas han integrado centros de apoyo académico que ofrecen asesorías continuas y cursos intensivos. A pesar de los avances, persisten desafíos como la falta de capacitación docente en estrategias de acompañamiento, la escasa participación de los estudiantes y la necesidad de un seguimiento sistemático basado en datos institucionales.

Finalmente, se reconoce que el acompañamiento académico no debe ser visto como un complemento opcional, sino como una parte estructural del proceso educativo. Su impacto en la reducción de la reprobación es evidente cuando se implementa de manera continua, planificada y articulada con los objetivos institucionales.

CONCLUSIONES

Las estrategias de acompañamiento académico representan un recurso indispensable para enfrentar los altos índices de reprobación en materias de ciencias básicas dentro de la Educación Superior. A través de tutorías, mentorías, cursos remediales y apoyo emocional, los estudiantes logran fortalecer sus habilidades cognitivas, reducir sus niveles de ansiedad y mejorar su desempeño académico. No obstante, para que estas estrategias sean verdaderamente efectivas, es necesario que las instituciones educativas las integren de manera sistemática, evalúen sus resultados y capaciten al personal docente encargado de su implementación. Solo mediante una visión integral del acompañamiento académico será posible garantizar trayectorias escolares exitosas y una formación sólida en ciencias básicas.

REFERENCIAS

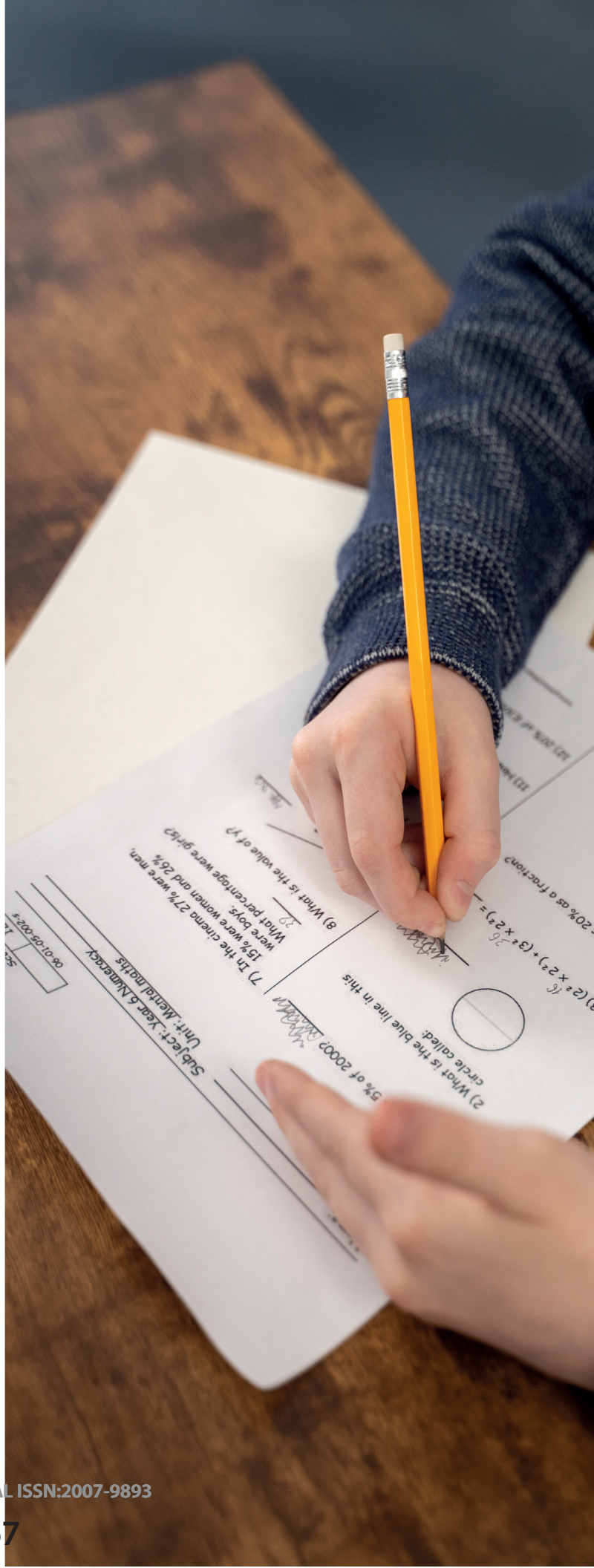
Cristhian, D. P. (2008). Modelo Conceptual para la deserción Estudiantil Universitaria. Redalyc, 65-86.

López, O., & C., M. (2010). Efecto del andamiaje para facilitar el aprendizaje autoregulado . Redalyc, 14-39.

John Haltie, S. C. (2020). Aprendizaje visible: FEEDBACK. Madrid: Paraninfo.

Kustala, P. (2018). Acompañar y formar el mentoreo como herramienta para reducir la deserción escolar. Apuntes Universitarios, 41-53.

Peña, G., Cañoto, Y., & Angelucci, L. (2017). Involucramiento académico: una escala. SciELO, 114-138.



TEC SUPERIOR

LOGÍSTICA

MODALIDAD A DISTANCIA

Más informes:



Tec Superior- San Luis Potosi

Tec Superior San Luis

tec.superior.san luis

TecSuperiorSLPC

444 572 2239

TEC. SUPERIOR

SÍGUENOS :

Tec Superior- San Luis Potosi

Tec Superior San Luis

tec.superior.san luis

TecSuperiorSLPC