

INVESTIGACIÓN

TECNOLÓGICA IST CENTRAL TÉCNICO

Volumen 6 · Número 2 · Diciembre 2024 · Publicación semestral



INVESTIGACIÓN TECNOLÓGICA

REVISTA DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN

INSTITUTO SUPERIOR TECNOLÓGICO CENTRAL TÉCNICO

COMISIÓN DE INVESTIGACIÓN

ISSN 2600-5565

Volumen 6

Número 2

Diciembre 2024

Publicación Semestral

Dirección:

ISTCT, Av. Isaac Albéniz E4-15 y El Morlán, Sector el Inca,
Quito - Ecuador

Contactos:

www.istct.edu.ec

www.investigacionistct.ec

email: investigacion@istct.edu.ec

Tel.: 099 924 1151

Equipo editorial

DIRECCIÓN EDITORIAL

Mgs. Rodrigo Veintimilla, Rector

Instituto Superior Universitario Central Técnico, Ecuador.

DIRECCIÓN DEL COMITÉ CIENTÍFICO

PhD (c) Katalina Sarmiento Sarmiento - Instituto Superior
Universitario Central Técnico, Ecuador.

EDITOR EN JEFE (Responsable científico)

PhD (c) Elva Gioconda Lara Guijarro - Instituto Superior
Universitario Central Técnico, Ecuador.

EDITORES ASOCIADOS

Msc. Edgar Valdemar Guaman Tenezaca - Instituto Superior
Universitario Central Técnico, Ecuador

Msc. Luis Sandino Torres Gallegos - Escuela Politécnica
Nacional, Ecuador

Msc. Bryan Daniel Vélez Salazar - Instituto Superior
Universitario Cotopaxi, Ecuador

Msc. Miguel Roberth Argoti Arcos - Escuela Politécnica
Nacional, Ecuador

Msc. Daniel Isaías Barzallo Núñez - Investigador
Independiente, Ecuador

Msc. Dario Javier Borja Soto - Instituto Superior Universitario
Central Técnico, Ecuador

Msc. Alex Stalin Núñez Moscoso- Instituto Superior
Universitario Central Técnico, Ecuador

COMITÉ CIENTÍFICO

PhD Gabriel Eduardo Sandoval Romero - Universidad
Nacional Autónoma de México-México

PhD Doris Hernández Dukova - Universidad Distrital Francisco
José de Caldas-Colombia

PhD Arturo Ramos Bueno - Instituto de Investigación Dr. José
María Luis Mora - México

PhD Johanna Rosalia Reyes Reinoso - Universidad Católica
de Cuenca - Ecuador

PhD Robert Bernardo Guamán Rivera - Universidad de
O'Higgins - Chile

PhD Raisa Emilia Bernal Cerza - Instituto Superior Universitario
Rumiñahui - Ecuador

Dra. María Julieta Duedra - Universidad Nacional de La Plata
- Argentina

Msc. Omar Fernando Sánchez Olmedo - Instituto Superior
Universitario Central Técnico - Ecuador

Msc. Abrahan Mesías Jorque Rea - Instituto Superior
Universitario Central Técnico - Ecuador

Msc. Katuska Espinoza Pérez - Instituto Superior Tecnológico
San Antonio ITSA - Ecuador

Msc. Juan José Cabrera Balarezo - Universidad de Cuenca -
Ecuador

Msc. Marco Vinicio Pilco Núñez - Instituto Tecnológico
Superior Universitario Oriente

Mgs. María José Rivera Gutierrez - Instituto Superior
Universitario Rumiñahui - Ecuador

Msc. Alex Stalin Núñez Moscoso - Instituto Superior
Universitario Central Técnico - Ecuador

EDITORES TÉCNICOS

Msc. José Andrés Beltrán Ruiz - Coordinador Editorial -
Instituto Superior Universitario Central Técnico - Ecuador

Msc. Lenin Daniel Valdivieso Simba - Revisor Experto -
Instituto Superior Universitario Central Técnico - Ecuador

Msc. Edgar Valdemar Guamán Tenesaca - Revisor Experto -
Instituto Superior Universitario Central Técnico - Ecuador

Msc. Wilson Sebastián Lozada Calle - Revisor Experto -
Instituto Superior Universitario Central Técnico - Ecuador

Msc. Grace Elizabeth Manobanda Jimenez - Revisor Experto -
Tecnológico Internacional Universitario ITI, Ecuador

Msc. David Trajano Basantes Montero - Revisor Experto -
Investigador independiente, Ecuador

EDITORES DE PRODUCCIÓN

Ing. Juan Carlos Fuertes Potosi - Diseñador - Instituto Superior
Universitario Central Técnico

Msc. Hilda Jacqueline Montesdeoca Orozco - Diagramadora -
Instituto Superior Universitario Central Técnico

Mgs. Joyce Narvaez Sarango - Traductora al idioma inglés -
Instituto Superior Universitario Central Técnico

Aprobada mediante Resolución ROCS-SO-012-No.014--2020, en la Décimo Segunda Sesión Ordinaria del Órgano
Colegiado Superior, a los ocho (08) días del mes de diciembre de 2020.

INVESTIGACIÓN

TECNOLÓGICA IST CENTRAL TÉCNICO

La aventura de descubrir



Diciembre 2024

Nota Editorial

En esta edición de nuestra revista de divulgación científica, nos complace presentar una ecléctica selección de artículos que destacan los avances y desafíos en diversas disciplinas, desde la mecánica industrial hasta la electrónica, la electricidad, la mecánica automotriz y el estudio de materiales. Los expertos y profesionales de estos campos (estudiantes y docentes) comparten sus conocimientos y descubrimientos más recientes, proporcionando una visión profunda de las tendencias emergentes y las tecnologías revolucionarias que están dando forma al futuro de la ingeniería y la tecnología. Con un enfoque en la interconexión entre estas áreas, nuestra revista busca fomentar la colaboración y el intercambio de ideas, impulsando así la innovación y la excelencia en el amplio espectro de las ciencias técnicas y así mismo en los sectores sociales, ambientales, económicos e industriales.

Desde soluciones ingeniosas en la optimización de procesos hasta desarrollos vanguardistas en la electrónica aplicada, esta edición refleja el dinamismo de las carreras técnicas y destaca la importancia de la investigación y la creatividad en la resolución de problemas del mundo real. Nos enorgullece proporcionar un espacio donde la comunidad científica y técnica puede compartir su experiencia y contribuir al progreso continuo de estas disciplinas cruciales.

Además, queremos expresar un especial reconocimiento a quienes conforman el órgano editorial de la revista de divulgación científica, a los integrantes de la coordinación de I+D+i y a las autoridades del Instituto Superior Tecnológico Central Técnico con mención de universitario, rector Rodrigo Veintimilla, Mgs., vicerrectora Katalina Sarmiento, Mgs., por su compromiso en la publicación del quinto número de la revista de divulgación científica "Investigación Tecnológica IST Central Técnico".

PhD (c) Elva Lara G

Editor General

Revista Investigación Tecnológica ISTCT

INVESTIGACIÓN

TECNOLÓGICA IST CENTRAL TÉCNICO

ÍNDICE

Análisis de las características técnicas para el diseño del bastidor de un go kart eléctrico.	7
Propuesta de diseño del sistema de peletización de esferas de 5 mm de diámetro, para el moldeo de productos plásticos reciclables pet.	16
Desarrollo de la Electromovilidad en Ecuador: Retos y Perspectivas en la Adopción de Vehículos Híbridos.	30
Alternativa de insumos para fabricación de madera plástica en un estudio de costo beneficio.	44
Evaluación y condicionamiento de niveles de iluminación general en el taller de conformado mecánico de la carrera de mecánica industrial.	56
Uso de la Inteligencia Artificial en entornos educativos, analizado mediante el modelo del triángulo de Fraude.	78
Análisis del proceso de elaboración de platos biodegradables mediante la utilización de hojas de plantas ecuatorianas.	95

Analysis of the technical characteristics for the design of the frame of an electric go kart

Análisis de las características técnicas para el diseño del bastidor de un go kart eléctrico

Milton Andrés Bautista Romero^{1[0000-0001-9548-4930]}, **Marcelo Andrés Merino Yáñez**², **Alexis Vinicio Ladino Tixe**³

¹ Instituto Superior Tecnológico La Mana, La Maná, Ecuador
E-mail: milandres1992@gmail.com

² Instituto Superior Tecnológico La Mana, La Maná, Ecuador
E-mail: mmerino94@hotmail.com

³ Instituto Superior Tecnológico La Mana, La Maná, Ecuador
E-mail: ladinoalexis10g@gmail.com

Recibido: 13/08/2024

Aceptado: 01/11/2024

Publicado: 20/12/2024

RESUMEN

El objetivo de este artículo es reducir la complejidad en el diseño general de Go-Kart para hacerlo simple y liviano sin fallas prematuras ni pérdida de rendimiento. Ya que la eficiencia de los vehículos depende principalmente del diseño óptimo de sus distintos elementos. Se utilizará el método de análisis de elementos finitos (FEM) para crear, evaluar y reformular el diseño óptimo de Go-kart para lograr su objetivo. Además del software CAD (Solid Works) se utilizará para el diseño y análisis del bastidor. Por lo tanto, finalmente el diseño de la propuesta óptima sería considerando su utilidad, seguridad y ligereza.

Además, se considerará factores como la geometría del bastidor para asegurar una distribución adecuada del peso y una buena maniobrabilidad, así como la compatibilidad con los componentes eléctricos del Go Kart, como la batería y el motor. También es esencial considerar la ergonomía y comodidad del conductor, asegurando una posición de conducción adecuada y espacio suficiente para el montaje de los componentes.

Palabras clave: Bastidor, CAD, Estructura, Electrico, Karting.

Bautista Romero, Merino Yáñez, Ladino Tixe. (2024). Analysis of the technical characteristics for the design of the frame of an electric go kart. *Revista Investigación Tecnológica IST Central Técnico*, 6(2), pp. Recuperado a partir de: https://www.investigacionistct.ec/ojs/index.php/investigacion_tecnologica/issue/view/13

ABSTRACT

The goal of this article is to reduce the complexity in the overall Go-Kart design to make it simple and lightweight without premature failure or loss of performance. Since the efficiency of vehicles depends mainly on the optimal design of its different elements. Finite Element Analysis Method (FEM) will be used to create, evaluate and reformulate the optimal Go-kart design to achieve its objective. In addition to the CAD software (Solid Works) it will be used for the design and analysis of the frame. Therefore, finally the design of the optimal proposal would be considering its usefulness, safety and lightness.

Additionally, factors such as frame geometry will be considered to ensure proper weight distribution and good maneuverability, as well as compatibility with the Go Kart's electrical components, such as the battery and motor. It is also essential to consider the ergonomics and comfort of the driver, ensuring a suitable driving position and sufficient space for mounting components.

Index terms: Frame, CAD, Structure, Electric, Karting.

1. INTRODUCCIÓN.

Una estructura de go-kart se refiere al pequeño vehículo de cuatro ruedas que se utiliza en deportes y recreación. Según la definición de la Comisión Internacional de Karting – Federación Internacional del Automóvil (CIK – FIA), el go-kart es un vehículo terrestre con o sin carrocería, con cuatro ruedas no alineadas en contacto con el suelo, dos de las cuales controlan la dirección mientras los otros dos transmiten el poder. Además del motor y las ruedas adjuntas, el chasis de un kart suele consistir en una carrocería formada por tubos de acero soldados entre sí. Son bastantes los estudios que se han llevado a cabo sobre los karts. Esto incluye el estudio sobre el diseño de su marco o chasis que en ocasiones se preocupaban por la selección de materiales para la estructura, análisis estructurales simples, seguridad y también la estabilidad de la estructura. (Abdullah et al., 2017)

Actualmente, la tendencia en el diseño de chasis se centra en producir estructuras de vehículos de menor costo y más ligeras, pero con una buena eficiencia en materia de seguridad. Sin embargo, una estructura de chasis más liviana provocará que se produzca fácilmente la resonancia estructural dentro de la vibración típica de la carrocería rígida debido a las fuerzas dinámicas inducidas por las irregularidades de la carretera, el motor y otras cargas. Esta situación puede provocar molestias al conducir y problemas de seguridad y estabilidad. (Sani et al., 2008)

Bautista Romero, Merino Yáñez, Ladino Tixe. (2024). Analysis of the technical characteristics for the design of the frame of an electric go kart. *Revista Investigación Tecnológica IST Central Técnico*, 6(2), pp. Recuperado a partir de: https://www.investigacionistct.ec/ojs/index.php/investigacion_tecnologica/issue/view/13

Las técnicas de análisis basadas en computadora, como el método de elementos finitos, demuestran ser una herramienta confiable en el diseño de ingeniería y el desarrollo de productos.(Kamal & Rahman, 2014). Además, la actualización del modelo de elementos finitos ya se considera un tema importante para el diseño, en términos de construcción y mantenimiento de sistemas mecánicos y estructuras de ingeniería automotriz, ya que se considera una herramienta conveniente para analizar y predecir el desempeño dinámico de varias estructuras.(Friswell et al., 1995)

2. MATERIALES Y MÉTODOS / DESARROLLO

2.1 Definición de Karting

El karting es un deporte automovilístico que se practica con karts en circuitos llamados kartódromos, los cuales miden entre 600 y 1700 metros de largo y tienen un ancho de entre 8 y 15 metros. El karting es considerado una disciplina "ideal" para la formación de pilotos, ya que mejora los reflejos, la fuerza y la concentración del conductor.(Ganuza & Sabada, 2019)

2.2 Diseño del vehículo

El diseño es fundamental para transformar un material poco práctico en algo más funcional, ya que, sin él, el proceso de producción se torna difícil. En resumen, el diseño de productos implica la creación de dibujos, especificaciones y el desarrollo del trabajo necesario para la fabricación del producto.(Brar et al., 2019)

El diseño de cualquier componente de un GO Kart es un desafío considerable para los diseñadores, ya que crear un diseño superior demanda un pensamiento avanzado y un cálculo extremadamente preciso.(Raghuandan et al., 2016)

2.3 Diseño del Bastidor

El Bastidor es la parte fundamental de la máquina, conteniendo todas las piezas necesarias para el funcionamiento eficiente del Go Kart. La estructura del Go Kart sin la carrocería se denomina chasis. Este incluye componentes principales como el bastidor, los frenos, la unidad de potencia, el sistema eléctrico, el sistema de dirección, el sistema de suspensión, y los ejes delantero y trasero, entre otros. (Gupta, 2016)

Un buen diseño del chasis debía mantener al conductor a salvo de fuerzas impulsivas y temperaturas atmosféricas. El material utilizado para el diseño del chasis es un material no ferroso. Durante el diseño del chasis se utiliza ampliamente el material Aluminio, 2014 T652, tiene la capacidad de resistir fuerzas aplicadas externamente sin romperse y es relativamente blando.(Faieza et al., 2024)

En las competencias de go kart, la seguridad del piloto es primordial, por lo que los sistemas de freno deben cumplir con las normas CIK-FIA. Estas normas estipulan que el sistema de frenos debe ser hidráulico y capaz de proporcionar un frenado eficiente. De acuerdo con los parámetros

Bautista Romero, Merino Yáñez, Ladino Tixe. (2024). Analysis of the technical characteristics for the design of the frame of an electric go kart. *Revista Investigación Tecnológica IST Central Técnico*, 6(2), pp. Recuperado a partir de: https://www.investigacionistct.ec/ojs/index.php/investigacion_tecnologica/issue/view/13

establecidos por la CIK-FIA, está prohibido el uso de discos de freno de carbono, permitiéndose únicamente discos de acero, acero inoxidable o hierro fundido. (Elkady M et al., 2015)

2.4 Estructura tubular el bastidor

Está compuesto por una estructura de tubos delgados soldados entre sí, que se asemeja a una jaula. Sobre esta estructura se ensamblan directamente todos los demás componentes del automóvil. Se utiliza principalmente en vehículos deportivos pequeños, coches de competición y algunos prototipos que necesitan una alta rigidez y gran resistencia. El material tiene un costo bajo y es ligero. En estos casos, la carrocería cumple solo una función estética y aerodinámica. (Cunalata et al., 2014)

2.5 Análisis CAD

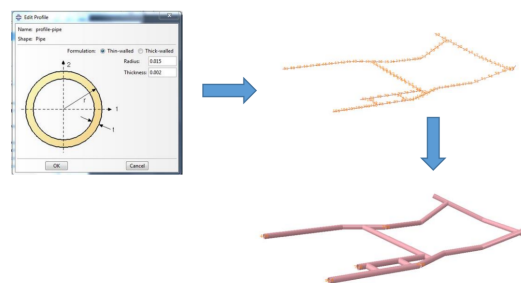
La tecnología CAD (Diseño Asistido por Computadora) se utiliza extensamente en centros de investigación y diseño del sector metalmeccánico en todo el mundo. Su implementación ha producido una transformación significativa en la forma en que los diseñadores desarrollan y modelan la geometría de los diseños industriales. Con programas de CAD, los diseñadores pueden crear, ajustar y representar productos finales en dos y tres dimensiones de manera eficiente y precisa. Esta tecnología ha revolucionado el proceso de diseño, ofreciendo una mayor flexibilidad, una visualización más realista y la capacidad de efectuar modificaciones rápidas y precisas en los diseños. (Pillajo & Alvaro, n.d.)

2.6 Análisis por elementos finitos

En el análisis FEA, se lleva a cabo un estudio de frecuencia en el modelo de elementos finitos de la estructura del kart para determinar sus propiedades dinámicas, tales como las frecuencias naturales, las relaciones de amortiguación y las formas modales. Se crea un modelo de estructura alámbrica del kart basado en las dimensiones reales de la estructura de prueba. El perfil del tubo de paredes delgadas, incluyendo el diámetro exterior y el espesor de la pared, se configura para que coincida con el de la estructura real, y luego se asigna al modelo alámbrico. La Figura 1 muestra la estructura del kart con el perfil del tubo aplicado a la estructura alámbrica. (Abdullah et al., 2017)

Figura 1:

Modelo de elementos finitos de la estructura del chasis de un kart.



Nota. (Abdullah et al., 2017)

Bautista Romero, Merino Yáñez, Ladino Tixe. (2024). Analysis of the technical characteristics for the design of the frame of an electric go kart. *Revista Investigación Tecnológica IST Central Técnico*, 6(2), pp. Recuperado a partir de: https://www.investigacionistct.ec/ojs/index.php/investigacion_tecnologica/issue/view/13

2.7 Diseño

El bastidor es la parte principal de la máquina y tiene todas las piezas necesarias para el funcionamiento eficientes del Go-Kart.

El bastidor es una de las unidades principales del chasis, por lo que requiere de un correcto diseño para resistir las fuerzas impulsivas e inclusive temperaturas. El material utilizado para el diseño del bastidor y su unión es aluminio.

El aluminio ha sido implementado en la estructura de otro tipo de vehículos para deportes, como en el ciclismo. Por lo cual es adecuado para la fabricación del bastidor debido a que reducirá en gran parte el peso del vehículo sin comprometer la relación peso resistencia.

El diseño del bastidor fue realizado en el software SolidWorks, en el cual como punto de partida se tiene un croquis en tres dimensiones, al cual se aplicaron las operaciones de miembro estructural para obtener el modelo.

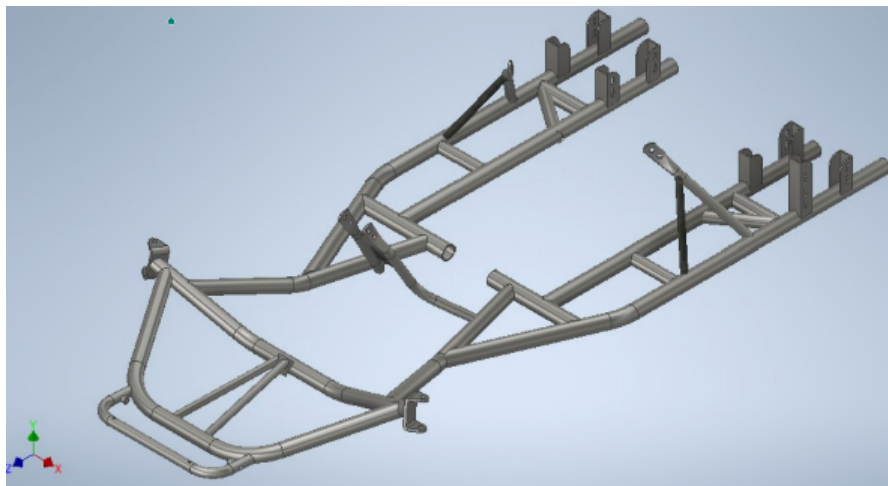
Un aspecto muy importante que destacar en el diseño del bastidor es, primero el contorno del mismo, este fue diseñado tomando en cuenta las dimensiones de una persona promedio, para que pueda pilotar el vehículo cómodamente.

Además, los refuerzos fueron ubicados teniendo en cuenta los demás componentes que se situaran encima del bastidor, como el motor, el asiento, batería, y el sistema eléctrico en general.

El diseño propuesto para el bastidor en este trabajo se muestra en la siguiente figura.

Figura 2

Modelo 3d del Bastidor propuesto



RESULTADOS

3.1 Análisis estático del bastidor

Bautista Romero, Merino Yáñez, Ladino Tixe. (2024). Analysis of the technical characteristics for the design of the frame of an electric go kart. *Revista Investigación Tecnológica IST Central Técnico*, 6(2), pp. Recuperado a partir de: https://www.investigacionistct.ec/ojs/index.php/investigacion_tecnologica/issue/view/13

Para llevar a cabo este proyecto, se realizará un análisis estático estructural con el fin de obtener resultados favorables sobre el comportamiento del bastidor bajo cargas estáticas, como los pesos del ocupante, baterías, motor, entre otros. Se empleará un software de tipo CAE, en el que se llevarán a cabo las pruebas correspondientes y se obtendrán los resultados respectivos.

Deformación Total

Figura 3

Resultado Deformación Total

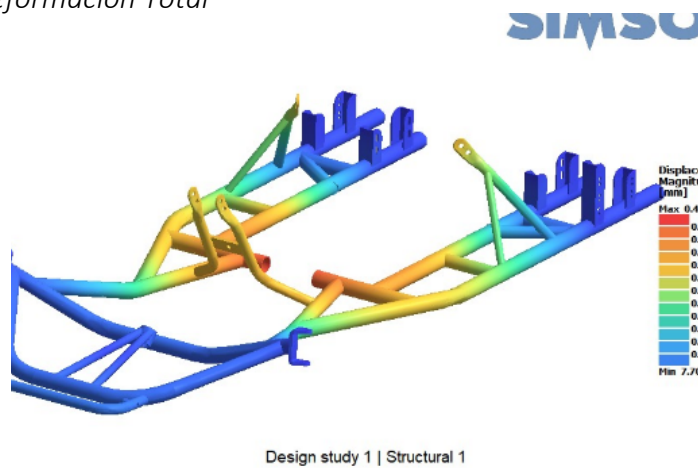


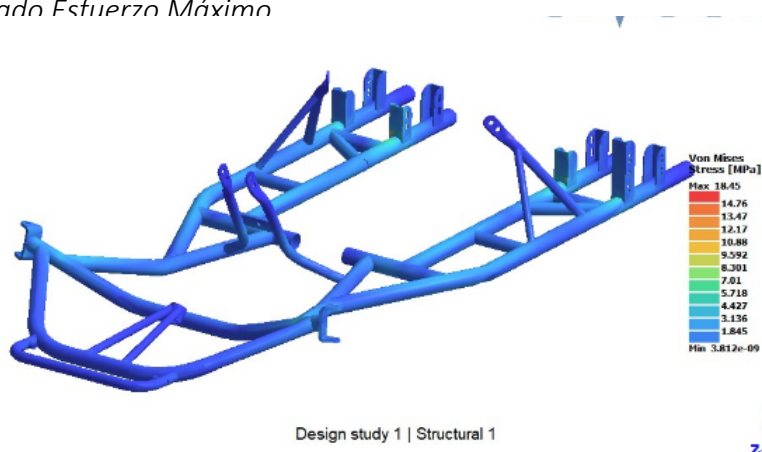
Tabla 1 Comparación Resultados Deformación Total

Deformación Mínima [mm]	7.70×10^{-7}
Deformación Máxima [mm]	0.42

Esfuerzo Máximo

Figura 4

Resultado Esfuerzo Máximo



Bautista Romero, Merino Yáñez, Ladino Tixe. (2024). Analysis of the technical characteristics for the design of the frame of an electric go kart. *Revista Investigación Tecnológica IST Central Técnico*, 6(2), pp. Recuperado a partir de: https://www.investigacionistct.ec/ojs/index.php/investigacion_tecnologica/issue/view/13

Tabla 2

Comparación Resultados Esfuerzo Máximo

Esfuerzo Máximo [MPa]	18.45
Límite de Fluencia Aluminio, 2014 T652 [MPa]	400

Calculando con los datos anteriores el coeficiente de seguridad, se obtiene un valor de 21.68 de lo cual considerando que el aluminio 2014 T652 es un material de alta resistencia con un elevado límite de fluencia por lo que es utilizado para componentes mecánicos en automóviles.

3. DISCUSIÓN

Los marcos de aluminio desempeñan un papel crucial en la mejora de la seguridad y el rendimiento en aplicaciones automotrices como el karting. Las investigaciones sugieren que técnicas novedosas, como la inducción de activadores termo mecánicos (TMT) mediante el procesamiento por fricción y agitación, pueden mejorar significativamente la resistencia a los choques de las estructuras de aluminio, lo que lleva a una reducción del 24% en la fuerza máxima inicial y a un aumento del 23% en la eficiencia de la fuerza de aplastamiento. Además, los estudios sobre los marcos de las ventanas destacan la importancia de las propiedades de los materiales y muestran que las nuevas aleaciones de aluminio, como Aluminio, 2014 T652, pueden soportar cargas más altas con una menor plasticidad, lo que enfatiza el papel de la selección del material en la integridad estructural. Además, la creciente demanda de aluminio para automóviles debido a tendencias como la electrificación y el aligeramiento plantea desafíos para la industria a la hora de reducir las emisiones de GEI, lo que requiere la adopción de tecnologías bajas en carbono para mitigar los impactos ambientales. Por lo tanto, el uso de marcos de aluminio en los karts automotrices puede ofrecer mejores beneficios de seguridad, rendimiento y sostenibilidad.

4. CONCLUSIONES

Mediante el empleo de herramientas CAD y CAE en el presente artículo se logró realizar el proceso de diseño y ensayo del bastidor.

El Bastidor, soportó todas las cargas estáticas aplicadas, presentando una deformación máxima de 0.4209 mm, proporcionando así fiabilidad en la futura construcción.

El esfuerzo equivalente de Von Mises focalizado presentado en el bastidor fue de 18.45 MPa, considerando un límite de fluencia del Aluminio 2014 T652 de 400 MPa, se puede concluir que el material seleccionado soportará las cargas estáticas aplicadas.

Los resultados obtenidos en los diferentes análisis, demostraron que el diseño es confiable y

Bautista Romero, Merino Yáñez, Ladino Tixe. (2024). Analysis of the technical characteristics for the design of the frame of an electric go kart. *Revista Investigación Tecnológica IST Central Técnico*, 6(2), pp. Recuperado a partir de: https://www.investigacionistct.ec/ojs/index.php/investigacion_tecnologica/issue/view/13

que se cumplió con las metas propuestas.

5. REFERENCIAS

- Abdullah, N. A. Z., Sani, M. S. M., Husain, N. A., Rahman, M. M., & Zaman, I. (2017). Dynamics properties of a Go-kart chassis structure and its prediction improvement using model updating approach. *INTERNATIONAL JOURNAL OF AUTOMOTIVE AND MECHANICAL ENGINEERING*, 14(1), 3887–3897. <https://doi.org/10.15282/ijame.14.1.2017.6.0316>
- Brar, A., Kumar, S., & Kumar, R. (2019). OPTIMIZATION AND DESIGN ANALYSIS OF GO-KART ELEMENTS. *I-Manager's Journal on Future Engineering and Technology*, 15, 1–29.
- Cunalata, C., Terán, J., Santillán, E., & Bonilla, W. (2014). Diseño y construcción del bastidor y carrocería, de un vehículo eléctrico biplaza plegable, usando software CAD-CAE y manufactura ecuatoriana. *Universidad de Las Fuerzas Armadas (ESPE), Latacunga*.
- Elkady M, Elmarakbi A, & MacIntyre J. (2015). Integration of vehicle dynamics control systems with an extendable bumper for collision mitigation. *International Journal of Automotive and Mechanical Engineering*, 12, 893–913.
- Faieza, A., Sapuan, S., Ariffin, M., K., Baharudin, B., & Supeni, E., (2024). Design and fabrication of a student competition-based racing car. *Scientific Research and Essay*, 4 (5), 361-366.
- FIA Karting (2021).
- Friswell, M. I., Mottershead, J. E., Friswell, M. I., & Mottershead, J. E. (1995). *Finite element modelling: Vol. Springer Netherlands* (pp. 7–35).
- Ganuzza, A. L., & Sabada, S. M. (2019). *Diseño de un kart y sus componentes. Universidad Pública de Navarra*.
- Gupta, R. (2016). *Automobile Engineering. St Delhi: Satya Prakashan*.
- Kamal, M., & Rahman, M. M. (2014). FINITE ELEMENT-BASED FATIGUE BEHAVIOUR OF SPRINGS IN AUTOMOBILE SUSPENSION. *International Journal of Automotive and Mechanical Engineering*, 10, 1910–1919. <https://doi.org/10.15282/ijame.10.2014.8.0159>
- Pillajo, S., & Alvaro, L. (n.d.). *Construcción de un chasis de karting KF4 bajo la normativa CIK FIA 2023 para el grupo ASU automotriz de la Universidad Politécnica. Universidad Politécnica*.
- Bautista Romero, Merino Yáñez, Ladino Tixe. (2024). Analysis of the technical characteristics for the design of the frame of an electric go kart. *Revista Investigación Tecnológica IST Central Técnico*, 6(2), pp. Recuperado a partir de: https://www.investigacionistct.ec/ojs/index.php/investigacion_tecnologica/issue/view/13

Raghunandan, D., Pandiyan, A., & Majeed, S. (2016). *Design and analysis of go-kart chassis*. Tamil Nadu, India, *International Journal of Engineering Sciences \& Research Technology*, ISSN, 2277--9655.

Sani, M., Ming, G., Rahman, M., Sulaiman, A., Mon, T., & Kadirgama, K. (2008). *Dynamic Correlation Technique and Model Updating on Go Kart Chassis Structure*. *Proceedings of EnCon2008, 2nd Engineering Conference on Sustainable Engineering Infrastructures Development \& Management*.

Bautista Romero, Merino Yáñez, Ladino Tixe. (2024). Analysis of the technical characteristics for the design of the frame of an electric go kart. *Revista Investigación Tecnológica IST Central Técnico*, 6(2), pp. Recuperado a partir de: https://www.investigacionistct.ec/ojs/index.php/investigacion_tecnologica/issue/view/13

Design proposal for the pelletizing system for 5 mm diameter spheres,
for the molding of recyclable pet plastic products.

Propuesta de diseño del sistema de peletización de esferas de 5 mm de
diámetro, para el moldeo de productos plásticos reciclables pet.

Alexander Paucar Gualotuña¹[0000-0002-1168-1898], Estalin Romero Morales²[0009-0000-0334-9863],

Johana Orna Quintanilla³[0000-0003-1910-8049]

¹ Instituto Superior Universitario Central Técnico, Quito, Ecuador

E-mail: apaucar@istct.edu.ec

² UTI, Ambato, Ecuador

E-mail: eromero18@indoamerica.edu.ec

³ PUCESA, Ambato, Ecuador

E-mail: jorna@pucesa.edu.ec

Recibido: 13/10/2024

Aceptado: 04/11/2024

Publicado: 20/12/2024

RESUMEN

El presente documento busca diseñar un sistema de paletización en función del reciclaje de productos plásticos PET; con el fin de abaratar costos y buscar una alternativa nacional más eficiente que derive en mayor productividad en procesos industriales. Esto se consigue al generar y validar un prototipo de máquina con prestaciones industriales eficaces. Para ello con el método MBD (Diseño basado en modelos) se diseñó una máquina enfocada en los criterios de Von Mises y desde un punto de vista económico; obteniendo el dimensionamiento de partes estructurales, de sujeción y complementarios que conllevan su implementación. Se determinó que el material idóneo tanto en resistencia mecánica y tenacidad fue el ASTM A36, además de que el aspecto robusto de la máquina implica durabilidad y concordancia con las cargas y temperaturas altas de funcionamiento. Se determinó el papel que desempeñan los parámetros de malla en la ejecución de simulaciones por elementos finitos.

Palabras clave: Paletización; PET; Sistema; Reciclaje; Plástico; Moldeo.

ABSTRACT

This document seeks to design a pelletizing system based on the recycling of PET plastic products; in order to reduce costs and seek a more efficient national alternative that results in greater

Paucar 1 Gualotuña 2, A., Romero 1 Morales 2, E., Orna 1 Quintanilla 2, J., (2024). Propuesta de diseño del sistema de peletización de esferas de 5 mm de diámetro, para el moldeo de productos plásticos reciclables pet. *Revista Investigación Tecnológica IST Central Técnico*, 6(2), pp. Recuperado a partir de: https://www.investigacionistct.ec/ojs/index.php/investigacion_tecnologica/issue/view/13

productivity in industrial processes. This is achieved by generating and validating a machine prototype with effective industrial features. To do this, with the MBD (Model-Based Design) method, a machine was designed based on the Von Mises criteria and from an economic point of view; obtaining the sizing of structural, fastening and complementary parts that entail its implementation. It was determined that the ideal material in terms of both mechanical resistance and toughness was ASTM A36, in addition to the fact that the robust appearance of the machine implies durability and compliance with loads and high operating temperatures. The role that mesh parameters play in the execution of finite element simulations was determined.

Index terms: Pelleting; PET; System; Recycling; Plastic; Molding.

1. INTRODUCCIÓN.

El medio ambiente es un bien de la humanidad que requiere de cuidados sustentables y progresivos, en la actualidad cada país genera basura de diversa índole, pero una de las más dañinas es la plástica, debido a que su degradación se extiende hasta en lapsos superiores de hasta 500 años en algunos casos. Esto supone un gran reto en la gestión de su eliminación.

Un destino eficiente para estos plásticos es en insumos para la construcción, como por ejemplo el proceso de fabricación de madera plástica en diferentes formas útiles, ya sean bloques, paneles, botellas, tanques, ladrillos o adoquines. (2010)

La investigación se enfoca principalmente en la paletización, donde se busca tomar el plástico ya triturado para su transformación y compactación en formas útiles. El problema es que, si bien existen varias opciones para ejecutar esta operación, las alternativas varían en costo y complejidad de insumos complementarios a su funcionamiento. Se justifica la presente investigación ya que una vez determinada una opción, económica, eficiente y funcional para la paletización, éste provisionaría de una alternativa nacional y económica a este requerimiento.

Se justifica además porque es necesario conocer el comportamiento del material paletizado, en el instante en que la máquina está siendo alimentada. De esta forma se pone a prueba la geometría de los pellets en la zona de alimentación, y el deslizamiento relativo entre ellos con el fin de no interrumpir el proceso. En este sentido se busca proponer el diseño del sistema de paletización de esferas de 5 mm de diámetro, para el moldeo de productos plásticos reciclables PET. Para ello se tiene presente que son los desechos perjudiciales al medio ambiente que ya conocemos, por otro, puede ser la materia prima para la producción de más plásticos. Es decir, un proceso virtuoso de reciclaje en materia de plásticos. Esto desembocaría en la no producción de más plásticos desde cero, sino el empleo de los ya producidos (Pet et al., 2019).

Así también uno de los aspectos principales en el reciclaje y reutilización de desechos plásticos es el proceso de triturado, mismo que depende de una minuciosa selección y clasificación de la materia prima, tal como propone Martínez no es dable proceder al triturado con varios tipos de

Paucar 1 Gualotuña 2, A., Romero 1 Morales 2, E., Orna 1 Quintanilla 2, J., (2024). Propuesta de diseño del sistema de peletización de esferas de 5 mm de diámetro, para el moldeo de productos plásticos reciclables pet. *Revista Investigación Tecnológica IST Central Técnico*, 6(2), pp. Recuperado a partir de: https://www.investigacionistct.ec/ojs/index.php/investigacion_tecnologica/issue/view/13

plásticos, debido a que cada uno tiene diferentes propiedades de dureza y demás, en vista de que se requiere una tecnología puntual en función de las propiedades antes mencionadas (Martínez López et al., 2018).

Hay que tomar en cuenta que para que la producción de materiales constructivos a partir de pellets tenga un carácter fluido, es necesario que el plástico que alimenta la máquina tenga una forma circular, debido a que la forma esférica aporta movimiento y sumado con la gravedad una alimentación continua de la madera plástica (Rincón et al., 2016).

2. MATERIALES Y MÉTODOS / DESARROLLO

En respuesta a la problemática la metodología empleada para desarrollar la solución a la misma, se basó principalmente en el método de Diseño Basado en Modelos (MBD), que en función del requerimiento simula un modelo funcional de lo que se pretende diseñar. (Roberto Moreno Gómez & Álvaro Pérez Rodríguez, n.d.)

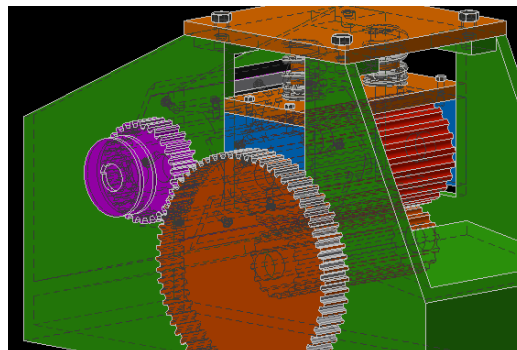


Figura 1: Máquina peletizadora

Fuente: propia.

Una vez desarrollado el prototipo en función de las alternativas tecnológicas y de diseño se procedió con un análisis cinemático de los componentes mecánicos de la peletizadora. Al comprobar la cinemática el paso siguiente fue determinar la dinámica enfocando los cálculos en la determinación de resistencias, con la finalidad de dimensionar el motor que accionarán el sistema.

Al contar con la verificación de la cinemática y dinámica se procedió con el diseño mecánico de todos los eslabones que conforman la peletizadora, con el fin de corroborar dimensiones y la selección de materiales, así como dar un margen de seguridad a los componentes de la máquina, adicionalmente como una preselección de materiales con softwares afines. (2021)

2.1. Peletizadora.

Paucar 1 Gualotuña 2, A., Romero 1 Morales 2, E., Orna 1 Quintanilla 2, J., (2024). Propuesta de diseño del sistema de peletización de esferas de 5 mm de diámetro, para el moldeo de productos plásticos reciclables pet. *Revista Investigación Tecnológica IST Central Técnico*, 6(2), pp. Recuperado a partir de: https://www.investigacionistct.ec/ojs/index.php/investigacion_tecnologica/issue/view/13

Es la etapa final de una procesadora de residuos plásticos reciclados, es en dónde los hilos ya reciclados solidificados son cortados en geometrías preferentemente pequeñas. (Castañeda, 2019)

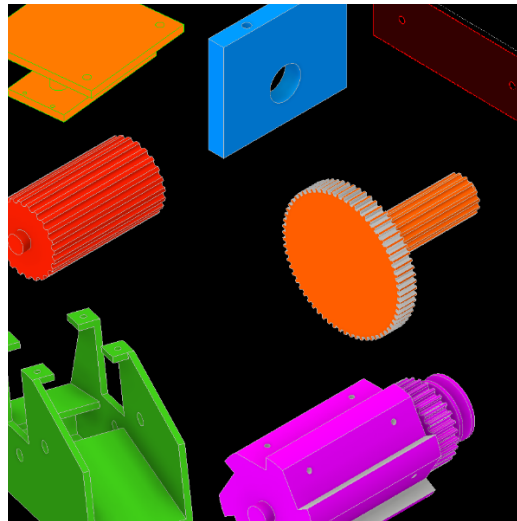


Figura 2: Partes constitutivas máquina peletizadora.
Fuente: propia.

Consta de varios componentes, de entre los cuales se destacan elementos de sujeción, transmisión, corte entre otros. Para el presente proyecto se ha considerado 7 componentes principales de análisis: Bancada, Rodillo 1, 2 y 3, cuchillas, pernos de sujeción, resortes, placa móvil, tapa superior y placas laterales, como se muestra en la figura 2. (Cespón et al., 2015)

2.2. Selección de materiales.

Para el diseño mecánico de los eslabones y elementos complementarios que conforman la máquina peletizadora, se procedió desde un punto de vista de resistencia, maquinabilidad, peso, fácil ensamble y costo. (Arandes et al., 2004)

En una primera instancia con una preselección y validación de materiales, utilizando un programa de selección de materiales, mismo que proporcionó una familia de opciones que se emplearon para los elementos a diseñar. En una segunda instancia se diseñó los 7 componentes principales, con muestras de cálculo para las condiciones más críticas como: compresión, tensión, flexión y cargas combinadas. (2021)

Paucar 1 Gualotuña 2, A., Romero 1 Morales 2, E., Orna 1 Quintanilla 2, J., (2024). Propuesta de diseño del sistema de peletización de esferas de 5 mm de diámetro, para el moldeo de productos plásticos reciclables pet. *Revista Investigación Tecnológica IST Central Técnico*, 6(2), pp. Recuperado a partir de: https://www.investigacionistct.ec/ojs/index.php/investigacion_tecnologica/issue/view/13

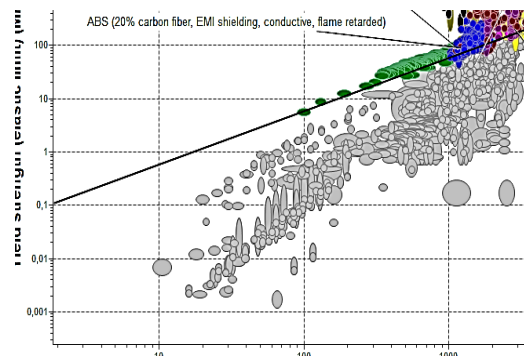


Figura 3: Selección de materiales.
Fuente: (Romero Estalin, 2021)

Para la preselección se emplearon softwares de selección, de la mano con los criterios de ponderación de ASHBY, quien prioriza los requisitos en el material según su función, restricciones, su objetivo y variables; que se pueden omitir en la selección del material. Según las cargas presentes en la peletizadora los criterios para la selección son la compresión, flexión y torsión, en el contexto de la densidad, Módulo de Young y Límite elástico. Los modelos según ASHBY para estas condiciones son conocidos, mismos que determinan la pendiente de selección según la ponderación requerida. En la Figura 3 se ejemplifica la selección según el criterio: Ligero + resistente a la compresión. (Riba i Romeva, 2008)

2.3. Diseño mecánico.

Para este análisis se analizan los espesores con las teorías de fallas y estudios estáticos de combinación de esfuerzos, dada la geometría compleja los cálculos de inercias, radios de giro y demás; son sacados del programa de esquematización empleado. Adicional se presentan reacciones calculadas con la ayuda de programas afines según diagramas de cuerpo libre para cada caso. (Martínez López et al., 2018)

2.3.1 Muestra de cálculo Rodillo 1.

Se presenta a continuación, una muestra de cálculo para el Rodillo de compresión 1. Como datos un factor de seguridad 3; Torque en el punto de interés 9 Nm; S_y del material 250Mpa; Momento máximo 11 Nm y espesor propuesto de 25.4mm. Las ecuaciones corresponden a la teoría de fallas e inercias de un componente mecánico. (Romero Estalin, 2021)

Paucar 1 Gualotuña 2, A., Romero 1 Morales 2, E., Orna 1 Quintanilla 2, J., (2024). Propuesta de diseño del sistema de peletización de esferas de 5 mm de diámetro, para el moldeo de productos plásticos reciclables pet. *Revista Investigación Tecnológica IST Central Técnico*, 6(2), pp. Recuperado a partir de: https://www.investigacionistct.ec/ojs/index.php/investigacion_tecnologica/issue/view/13

$$\sigma = \frac{Md}{2I} \quad (1)$$

$$I = \frac{\pi[d^4 - (d - 2e)^4]}{64} \quad (2)$$

$$\sqrt{\sigma_x^2 + 3\tau_{xy}^2} = \frac{S_y}{n} \quad (3)$$

$$\sqrt{\sigma_x^2} = \frac{S_y}{n} \quad (4)$$

Donde:

σ = Esfuerzo. [MPa]

I = Resistencia medida. [m^4]

d = Diámetro. [m]

M = Momento. [Nm]

n = Factor de seguridad. [N/a]

π = Constante. [Rad]

Obteniendo de esta forma:

$$\frac{32Mdn}{\pi S_y [d^4 - (d - 2e)^4]} - 1 = 0$$

$$\frac{32(11Nm)d(3)m^2}{\pi(25 \times 10^7 N)[d^4 - (d - 2(0,0254m))^4]} = 0$$

Resolviendo obtenemos:

$$90,701 + 0.0000i$$

$$23,247 - 28,955i$$

$$20,084 + 28,955i \quad d=90,701 \text{ mm}$$

Paucar 1 Gualotuña 2, A., Romero 1 Morales 2, E., Orna 1 Quintanilla 2, J., (2024). Propuesta de diseño del sistema de peletización de esferas de 5 mm de diámetro, para el moldeo de productos plásticos reciclables pet. *Revista Investigación Tecnológica IST Central Técnico*, 6(2), pp. Recuperado a partir de: https://www.investigacionistct.ec/ojs/index.php/investigacion_tecnologica/issue/view/13

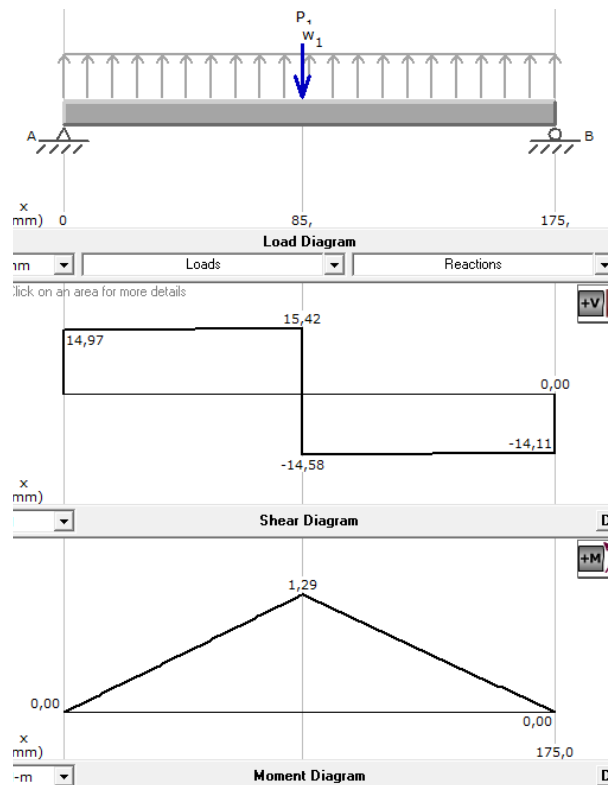


Figura 4: Diagrama de cortante y momentos flectores.
Fuente: propia.

Los 90,701 mm de diámetro obtenidos son suficientes para resistir el sistema de cargas, por ende, se tomará el inmediato superior de 100 mm. En la Figura 4 se muestra el diagrama de cuerpo libre y los esfuerzos máximos. (Jara M., 2015)

Para la realización de la simulación se procedió en una primera instancia en esquematizar todos los componentes, como se muestra en la figura 5, después importar la geometría hasta el programa de simulación, tomando mucho detalle en las restricciones del componente, ya que de no hacerlo esto genera problemas en el análisis posterior.

Se realizó la asignación del material ASTM A 36 y se crearon conexiones nuevas relativas al movimiento entre elementos; se asignaron cargas al sistema, se programó un tipo de malla para el análisis que posteriormente al ir corriendo el programa se fue refinando hasta encontrar la más óptima; teniendo claros los resultados que se desearon constatar.

Paucar 1 Gualotuña 2, A., Romero 1 Morales 2, E., Orna 1 Quintanilla 2, J., (2024). Propuesta de diseño del sistema de peletización de esferas de 5 mm de diámetro, para el moldeo de productos plásticos reciclables pet. *Revista Investigación Tecnológica IST Central Técnico*, 6(2), pp. Recuperado a partir de: https://www.investigacionistct.ec/ojs/index.php/investigacion_tecnologica/issue/view/13

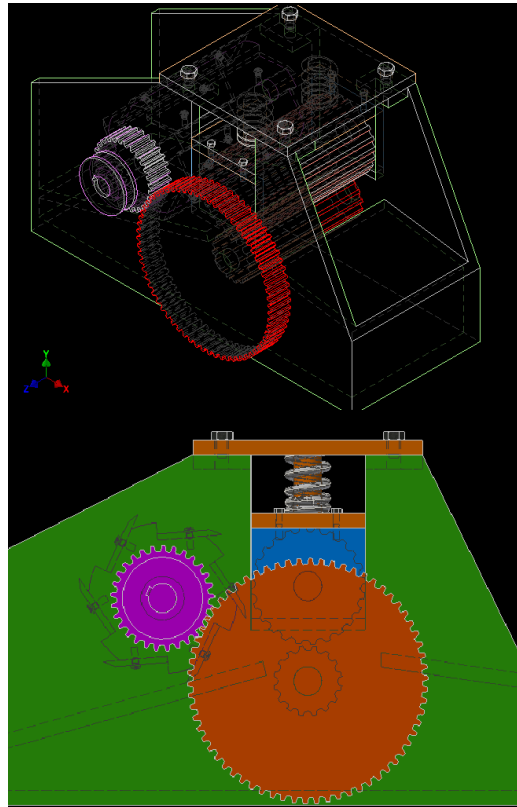


Figura 5: Esquematización máquina peletizadora.
Fuente: propia.

En la Figura 6 se observa el sistema de cargas planteado y la asignación del tipo de malla, adicionalmente los desplazamientos en función de las cargas del sistema. El código de colores indica los diferentes valores dependiendo del carácter creciente de las cargas, tanto distribuida del contacto con los rollos de plástico reciclado, y puntuales con relación a las reacciones del mismo componente. (Martínez A., 2014)

Paucar 1 Gualotuña 2, A., Romero 1 Morales 2, E., Orna 1 Quintanilla 2, J., (2024). Propuesta de diseño del sistema de peletización de esferas de 5 mm de diámetro, para el moldeo de productos plásticos reciclables pet. *Revista Investigación Tecnológica IST Central Técnico*, 6(2), pp. Recuperado a partir de: https://www.investigacionistct.ec/ojs/index.php/investigacion_tecnologica/issue/view/13

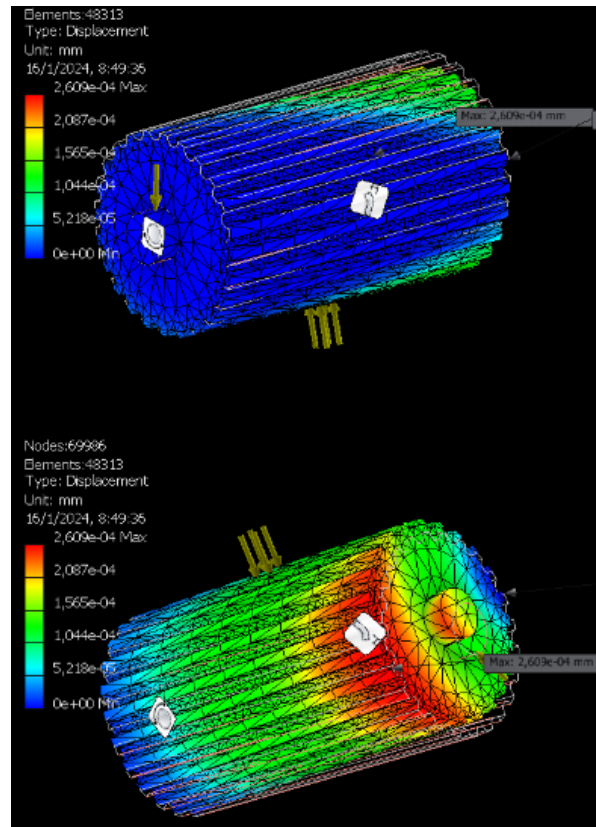


Figura 6: Deformaciones rodillo 1
Fuente: propia.

Analizando las teorías de falla, específicamente desde el punto de vista de Von Mises, en la figura 7 se pueden analizar los esfuerzos presentes en el componente rodillo 1, que es el que compacta las tiras de plástico reciclado y enfriado, permitiendo así y sumado al giro del rodillo inferior, que exista una alimentación constante hacia el tercer rodillo que busca cortar en pequeños trozos al material ya mencionado, ganando así, la geometría requerida de la materia prima, para su posterior recolección y almacenamiento en bultos.

Cabe mencionar que este sistema funciona basándose en la condición de reacción generada por la acción del resorte, permitiéndole al rodillo 1 mantenerse pegado al rodillo motriz; comprimiendo al material de tal forma que rote y avance de forma continua hacia la siguiente etapa en el corte de la materia prima. Los dos resortes y la guía actúan de forma síncrona.

Paucar 1 Gualotuña 2, A., Romero 1 Morales 2, E., Orna 1 Quintanilla 2, J., (2024). Propuesta de diseño del sistema de peletización de esferas de 5 mm de diámetro, para el moldeo de productos plásticos reciclables pet. *Revista Investigación Tecnológica IST Central Técnico*, 6(2), pp. Recuperado a partir de: https://www.investigacionistct.ec/ojs/index.php/investigacion_tecnologica/issue/view/13

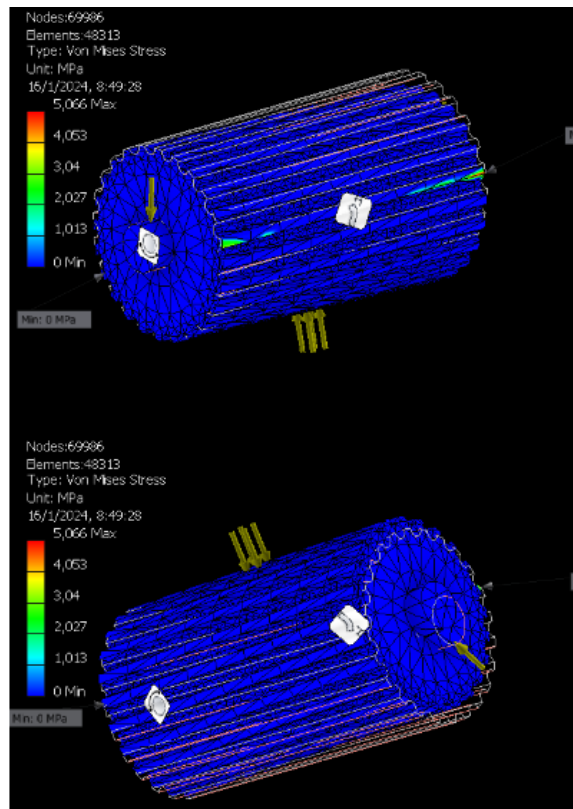


Figura 7: Esfuerzos según Von Mises rodillo 1.

Fuente: propia.

RESULTADOS

Se presentan los resultados que se han obtenido del trabajo de investigación. Estos resultados se dividen en 2 aspectos: las características mecánicas de los elementos de la máquina, así como los espesores calculados y comprobados con el software de simulación.

Para la obtención y comprobación de los espesores, se presentó la muestra de cálculo del cilindro 1, de la misma forma se calcularon el resto de componentes de la tabla 1.

Paucar 1 Gualotuña 2, A., Romero 1 Morales 2, E., Orna 1 Quintanilla 2, J., (2024). Propuesta de diseño del sistema de peletización de esferas de 5 mm de diámetro, para el moldeo de productos plásticos reciclables pet. *Revista Investigación Tecnológica IST Central Técnico*, 6(2), pp. Recuperado a partir de: https://www.investigacionistct.ec/ojs/index.php/investigacion_tecnologica/issue/view/13

Tabla 1

Características mecánicas componentes máquina peletizadora.

Propiedades Generales				
Parte	Mate rial	Peso (lb)	Densidad (g/cm ³)	Área (cm ²)
Rodillo 1	A36	22,203	7,850	892,889
Rodillo 2	A36	24,683	7,850	1492,978
Rodillo 3	A36	36,502	7,850	1501,904
Cuchilla	HSS	0,767	8,512	212,670
Base 1	A36	88,095	7,850	8517,644
Plato	A36	13,699	7,850	1450,885
Base 2	A36	1,567	7,850	203,793

Fuente: Propia.

Una vez obtenidos los espesores y según el material seleccionado con la densidad y el volumen, se determinó el peso de cada componente constitutivo de la máquina peletizadora, como se detalla en la tabla 1.

Tabla 2

Obtención espesores método manual y comprobación.

Análisis de resistencia Máquina Peletizadora				
Parte	Cálculo Manual		Comproba software	
	Ø/espe (mm)	n (n/a)	Ø/espe (mm)	Final (mm)
Rodillo 1	90,01	3	92,30	100
Rodillo 2	54,37	3	54,60	60
Rodillo 3	22,35	3	20,18	25
Cuchilla	4,27	3	4,85	5
Base 1	11,92	3	10,54	12,5
Plato	10,38	3	12,42	12,5
Base 2	12,04	3	12,9	12,5

Fuente: Propia.

Paucar 1 Gualotuña 2, A., Romero 1 Morales 2, E., Orna 1 Quintanilla 2, J., (2024). Propuesta de diseño del sistema de peletización de esferas de 5 mm de diámetro, para el moldeo de productos plásticos reciclables pet. *Revista Investigación Tecnológica IST Central Técnico*, 6(2), pp. Recuperado a partir de:

https://www.investigacionistct.ec/ojs/index.php/investigacion_tecnologica/issue/view/13

Para el diseño y selección de espesores o diámetros de ejes en los componentes de la máquina peletizadora, se calculó con cada elemento según la muestra de cálculo descrita anteriormente. Se obtuvieron resultados con un coeficiente de seguridad de 3, según criterios de (Riba i Romeva, 2008). En la tabla 2 se presentan los diámetros y espesores de componentes según el procedimiento de la muestra de cálculo y su validación con softwares de esquematización y simulación de cargas.

3. DISCUSIÓN

En el presente trabajo de investigación y en vista de que la máquina tiene un enfoque productivo con una baja peligrosidad al operario, se empleó un coeficiente de seguridad de 3; resultaría interesante reducir a 1 este factor, con el fin de buscar disminuir costos en vista de la disminución de espesores de los componentes de la máquina peletizadora, así como rubros por el maquinado, sin que esto implique una reducción significativa de los ciclos de trabajo en función del material empleado.

Según las máquinas peletizadoras analizadas en el estado del arte, por lo general en la transición del cambio del hilo reciclado; se requiere de una persona que detecte que se acabó el material, y haga la alimentación del nuevo manualmente. En este sentido con un sensor detector de presencia se podría alimentar de forma automática la nueva línea de material; generando una mayor eficiencia en los tiempos de producción, así como el ahorro de tiempo del operario al no estar todo el día junto a la máquina.

Según los materiales utilizados en las etapas de funcionamiento de la máquina peletizadora, la gran mayoría de componentes no requiere de un mantenimiento recurrente y costoso, sin embargo, componentes como los resortes y especialmente las cuchillas de corte requieren de una especial atención, en este sentido es primordial contar con un plan de mantenimiento preventivo y correctivo, en vista de que sin la cuchilla o los resortes la máquina sería obsoleta.

Si bien la elección del número de cuchillas en el cilindro de corte de la máquina peletizadora fue en función del tamaño del producto PET prefijado en el presente proyecto, si se aumentan a 10 elementos de corte esto tendría un impacto significativo en el tamaño y gestión del producto final, derivando en eficiencia en el proceso y un almacenamiento más funcional en vista del tamaño, en el contexto de una obtención de mayor peso por cada bulto producido.

CONCLUSIONES

Según los resultados tras el diseño mecánico, en donde según las dimensiones obtenidas y por ende los pesos de cada componente, se concluye que los mismos son acordes a las prestaciones de la máquina, este rubro es trascendental porque provisiona al fabricante de una referencia desde el punto de vista, constructivo, económico hasta incluso logístico, todo esto gracias al material ASTM A36 que cumple con la resistencia acorde a las cargas.

Paucar 1 Gualotuña 2, A., Romero 1 Morales 2, E., Orna 1 Quintanilla 2, J., (2024). Propuesta de diseño del sistema de peletización de esferas de 5 mm de diámetro, para el moldeo de productos plásticos reciclables pet. *Revista Investigación Tecnológica IST Central Técnico*, 6(2), pp. Recuperado a partir de: https://www.investigacionistct.ec/ojs/index.php/investigacion_tecnologica/issue/view/13

Se concluye que los resultados del análisis tanto de esfuerzos y desplazamientos al ser simulados y verificados manualmente fueron satisfactorios, desde el punto de vista de Von Mises, ya que las resistencias son superiores a las solicitaciones en carga y peso de los componentes analizados constitutivos de la máquina peletizadora, así también las medidas finales de los componentes fueron aproximadas al inmediato superior, debido a que para su fabricación las medidas nominales de la materia prima son estándar.

Según los resultados de resistencia y desplazamientos obtenidos en el software de simulación, se puede concluir que dichos valores tienen un 5% de aumento en comparación con los datos manuales, esto se debe al tipo de malla seleccionada, en los ajustes previos a la simulación, sin embargo, al estar en rango son satisfactorios.

En vista de las dimensiones obtenidas en la máquina peletizadora, se concluye que la robustez de la misma es acorde a las altas presiones y temperaturas de trabajo, sin embargo, las dimensiones están en función del factor de seguridad y a la proyección de mantenimientos en la máquina en los ciclos de trabajo proyectados.

4. REFERENCIAS

- Arandes, J., Bilbao, J., & López, D. (2004). Reciclado de residuos plásticos. *Revista Iberoamericana de Polímeros*, 5(1), 28–45. <http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=1048871&orden=30219&info=link>
- Castañeda, G. (2019). Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil. In *Gestion Financiera de las cuentas por cobrar y su efecto en la Liquidez de la Compañía Wurth Ecuador S.A.*
- Cespón, M. F., Castro, R. C., Curbelo, G. M., & Varela, D. C. (2015). Financial and ecological diagnosis of the supply chain for recycling plastics in the Cuban business context. *Estudios Gerenciales*, 31(136), 347–358. <https://doi.org/10.1016/j.estger.2015.03.005>
- Hachi Quintana, J. G., & Rodríguez Mejía, J. D. (2010). Estudio de Factibilidad para reciclar envases plásticos de Polietileno Tereftalato(PET), en la Ciudad de Guayaquil. *Universidad Politecnica Salesiana*, 237. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/2450/20/UPS-GT000106.pdf>
- Jara M. (2015). Escuela politécnica nacional.
- Martinez A. (2014). Diseño y fabricación de ladrillo reutilizando materiales a base de PET. In *Inge Cuc* (Vol. 10, Issue 2, pp. 76–80).
- Paucar 1 Gualotuña 2, A., Romero 1 Morales 2, E., Orna 1 Quintanilla 2, J., (2024). Propuesta de diseño del sistema de peletización de esferas de 5 mm de diámetro, para el moldeo de productos plásticos reciclables pet. *Revista Investigación Tecnológica IST Central Técnico*, 6(2), pp. Recuperado a partir de: https://www.investigacionistct.ec/ojs/index.php/investigacion_tecnologica/issue/view/13

Martínez López, Y., Paes, J. B., & Martínez Rodríguez, E. (2018). Propiedades ignífugas de tableros de madera plástica producidos con diferentes especies forestales y termoplásticos reciclados. In *Madera y Bosques* (Vol. 24, Issue 2). <https://doi.org/10.21829/myb.2018.2421495>

Pet, R. D. P., Jose, J., & Bolaños, G. (2019). Facultad de Ingenierías y Computación.

Riba i Romeva, Carles. (2008). Selección de materiales en el diseño de máquinas. Edicions UPC.

Rincón, L., Rodríguez, E., & Espitia, A. (2016). Madera plástica. Un producto amigo del planeta. *Semilleros*, 3(5), 41–48.

Roberto Moreno Gómez, D., & Álvaro Pérez Rodríguez, D. (n.d.). Escuela Ingenierías Industriales Fundación Cidaut.

Romero Estalin. (2021). ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO.

Paucar 1 Gualotuña 2, A., Romero 1 Morales 2, E., Orna 1 Quintanilla 2, J., (2024). Propuesta de diseño del sistema de peletización de esferas de 5 mm de diámetro, para el moldeo de productos plásticos reciclables pet. *Revista Investigación Tecnológica IST Central Técnico*, 6(2), pp. Recuperado a partir de: https://www.investigacionistct.ec/ojs/index.php/investigacion_tecnologica/issue/view/13

Development of Electromobility in Ecuador: Challenges and Perspectives in the Adoption of Hybrid Vehicles

Desarrollo de la Electromovilidad en Ecuador: Retos y Perspectivas en la Adopción de Vehículos Híbridos

José Beltrán Ruiz¹[0000-0003-2394-0815], Cristian Sánchez Berrazueta²[0009-0002-9127-0219], Guillermo Oña Sarmiento³[0009-0003-5445-1675]

¹ Instituto Superior Universitario Central Técnico, Quito, Ecuador

E-mail: jbeltran@istct.edu.ec

² Instituto Superior Universitario Central Técnico, Quito, Ecuador

E-mail: csanchez@istct.edu.ec

³ Instituto Superior Universitario Rumiñahui, Quito, Ecuador

E-mail: guillermo.ona@ister.edu.ec

Recibido: 29/09/2024

Aceptado: 05/11/2024

Publicado: 20/12/2024

RESUMEN

El presente trabajo investigativo aborda la creciente demanda de venta de vehículos de propulsión híbrida, su tipología y sus diferentes configuraciones, además de que mediante revisiones bibliográficas se detalla cuales suelen ser las fallas más comunes reportadas en los vehículos que incorporan este tipo de propulsión, misma que sigue en aumento, tomando en cuenta los beneficios tributarios y la reducción paulatina de precios que tendrá por los diferentes acuerdos comerciales y la disminución en las emisiones contaminantes que brindan, además de que se revisan diferentes tecnologías en cuanto a baterías, concluyéndose que los vehículos híbridos y eléctricos están ganando terreno y abaratándose cada vez más. Al mismo tiempo pese a las dificultades que pueden presentarse en estos automotores principalmente en cuanto a los daños en baterías y el costo que tienen para su remplazo, varios fabricantes han extendido las garantías en estos componentes y han posicionado a las configuraciones que constan con hibridación ligera como opciones preferidas en la compra del consumidor ecuatoriano.

Palabras clave: Análisis; Batería; Vehículo híbrido; Litio; Sodio

ABSTRACT

The present research work addresses the growing demand for hybrid propulsion vehicles, their

Beltrán Ruiz, J., Sánchez Berrazueta, C., & Oña Sarmiento, G. (2024). Development of Electromobility in Ecuador: Challenges and Perspectives in the Adoption of Hybrid Vehicles. *Revista Investigación Tecnológica IST Central Técnico* 6(2), pp. Recuperado a partir de: https://www.investigacionistct.ec/ojs/index.php/investigacion_tecnologica/issue/view/13

typology, and different configurations. Additionally, through literature reviews, it details the most common failures reported in vehicles that incorporate this type of propulsion, which continues to increase, considering the tax benefits and the gradual reduction in prices due to various trade agreements and the decrease in pollutant emissions they offer. Furthermore, different battery technologies are reviewed, concluding that hybrid and electric vehicles are gaining ground and becoming increasingly affordable. At the same time, despite the difficulties that may arise with these vehicles, mainly regarding battery damage and the cost of replacement, several manufacturers have extended warranties on these components and have positioned configurations with mild hybridization as preferred options for Ecuadorian consumers.

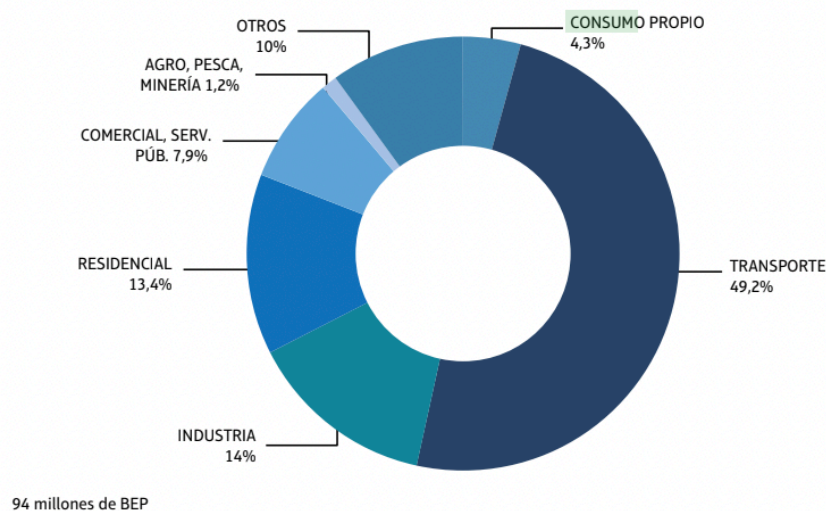
Index terms: Analysis; Battery; Hybrid vehicle; Lithium; Sodium

1. INTRODUCCIÓN.

Es bien conocido que en la actualidad las energías fósiles son una enorme carga medioambiental y que se está tratando por varios medios de potenciar el uso de energías renovables, además teniendo en cuenta que a nivel mundial el transporte representa el 26 % en el uso energético según U.S. Energy Information (*Use of energy in explained - U.S. Energy Information Administration (EIA), 2021*).

Figura 1

Consumo de energía en Ecuador



La situación en Ecuador, como se aprecia en la figura 1, refleja que aproximadamente el 49% de la energía producida anualmente se destina al transporte, lo que resalta la importancia de la energía en los vehículos para trasladar personas y mercancías (Instituto de Investigación Geológico

Beltrán Ruiz , J., Sánchez Berrazueta, C., & Oña Sarmiento, G. (2024). Development of Electromobility in Ecuador: Challenges and Perspectives in the Adoption of Hybrid Vehicles. *Revista Investigación Tecnológica IST Central Técnico* 6(2), pp. Recuperado a partir de: https://www.investigacionistct.ec/ojs/index.php/investigacion_tecnologica/issue/view/13

y Energético, 2019). Por esta razón, se están explorando diversas estrategias para fomentar una movilidad sostenible, y la electromovilidad ha ganado considerable relevancia, inclusive hasta el mes de octubre de 2024 los vehículos con estas tecnologías representan ya un 13% del total de las ventas de vehículos en el Ecuador (Primicias, 2024). Esto se debe, en parte, al alto costo de los combustibles derivados del petróleo y a las restricciones que a nivel mundial en emisiones contaminantes que buscan reducir la contaminación generada por los motores de combustión interna, junto con la disminución del subsidio a los combustibles, y a que los vehículos híbridos y eléctricos tienen una menor carga tributaria.

En cuanto a la adopción de tecnología de hibridación, Toyota ha sido pionera en este ámbito, su primer modelo híbrido, el Prius, se lanzó en Japón en 1997 y se introdujo a nivel global en 2000. Esto subraya la importancia de las baterías en los vehículos híbridos como sistemas de almacenamiento de energía. (Huaman Cochachin & Muñoz Astuquipan, 2020).

BATERÍAS EN VEHÍCULOS HÍBRIDOS

Las baterías utilizadas en los vehículos híbridos todavía enfrentan desafíos relacionados con el tiempo de recarga, su costo y el peso. Por ejemplo, el sistema de baterías de la segunda generación del Toyota Prius consta de 28 módulos, cada uno de los cuales está compuesto por un hidruro metálico de níquel prismático que incluye seis celdas conectadas en 1.2 voltios de forma serie, lo que genera un voltaje total de 201.6 V, sumando un total de 168 celdas. Esto contrasta con las 228 celdas de la primera generación, que estaban organizadas en 38 módulos. El paquete de baterías se ubica detrás de los asientos porteros (Iberisa, 2018). Este aspecto es uno de los principales retos en el diseño de vehículos, ya que la ubicación de los acumuladores puede afectar la estética, el espacio interior y aumenta el peso del automóvil. En el caso mencionado, la potencia de descarga del paquete es de aproximadamente 20 kW cuando está al 50% de su carga.

Además, la capacidad de potencia varía con la temperatura: aumenta en condiciones cálidas y disminuye en climas fríos. Estas características han impulsado diversas investigaciones enfocadas en mejorar el rendimiento de estas baterías manteniendo una temperatura óptima (Pérez Sepa et al., 2022).

BATERÍAS DE SODIO

Este tipo de acumuladores de energía están siendo investigados ya que actualmente no generan una densidad energética muy adecuada, sin embargo, vale la pena su desarrollo debido a que la obtención de materiales en la fabricación de estos acumuladores es más sencillo y económico que los materiales necesarios para elaborar bancos de baterías de Ion-Litio, además de que su longevidad puede ser mayor, afectándose menos el medio ambiente (Chan, 2007).

Beltrán Ruiz, J., Sánchez Berrazueta, C., & Oña Sarmiento, G. (2024). Development of Electromobility in Ecuador: Challenges and Perspectives in the Adoption of Hybrid Vehicles. *Revista Investigación Tecnológica IST Central Técnico* 6(2), pp. Recuperado a partir de: https://www.investigacionistct.ec/ojs/index.php/investigacion_tecnologica/issue/view/13

Hasta el momento en el mercado ecuatoriano se ha tenido un muy aceptable recibimiento a este tipo de automotores, por ejemplo, en lo que va del año 2021 y pese a ser un año atípico por la pandemia de COVID-19, con corte en el 09 de agosto se han comercializado un total de 54932 automotores, donde 103 fueron eléctricos completamente y 1.474 tenían una propulsión híbrida, en el año 2024 ese número se ha incrementado entre otras razones por el TLC con China, este acuerdo comercial entre Ecuador y China, que comenzó a aplicarse el 1 de mayo de 2024, permitiendo que los precios de los automóviles de origen chino se reduzcan de manera gradual gracias a la eliminación de aranceles. Actualmente, estos vehículos enfrentan un impuesto de importación que oscila entre el 35% y el 40%. Con la implementación del tratado, se prevé que la desgravación arancelaria se lleve a cabo en un periodo de entre 15 y 20 años.

La mayoría de los vehículos chinos quedará exenta de aranceles en un plazo de 15 años. Sin embargo, ciertos modelos, como los SUV con tracción 4x4 y camionetas de motor a gasolina, verán esta reducción extendida a 20 años. Durante el primer año del acuerdo, un automóvil tipo sedán o SUV con motor de 1.500 cc, que actualmente paga un 40% de arancel, comenzará a pagar un 37.34%. Esta reducción continuará anualmente, alcanzando un 0% en enero de 2038.

Los autobuses, que actualmente tienen un arancel del 5%, experimentarán una eliminación inmediata de impuestos, mientras que algunos vehículos de carga también quedarán libres de aranceles desde la entrada en vigor del acuerdo. Por otro lado, las VAN para 10 personas, que hoy tienen un arancel del 35%, se beneficiarán de una reducción gradual en un plazo de 17 años.

Es importante señalar que la disminución de los aranceles no se traduce automáticamente en una reducción proporcional de los precios al consumidor, ya que otros costos como transporte y comercialización también influyen en el precio final. Un ejemplo de esto se puede observar en el tratado entre Ecuador y la Unión Europea, donde los precios de los vehículos cayeron casi un 30% debido a la desgravación progresiva de aranceles.

Los automóviles chinos son actualmente los más vendidos en Ecuador, representando un 37% del mercado total de las ventas. Con el nuevo acuerdo, se espera que su participación en el mercado aumente aún más. Sin embargo, algunos componentes esenciales, como baterías y neumáticos, no recibirán desgravación arancelaria para proteger la industria nacional. Otros autopartes, como amortiguadores y pastillas de freno, tendrán reducciones graduales en los aranceles en los próximos años (Primicias, 2024).

VEHÍCULOS CON HIBRIDACIÓN LIGERA

Un vehículo con hibridación ligera es aquel que combina un motor de combustión interna con un motor eléctrico, aunque su sistema eléctrico no es suficiente para propulsar el vehículo de manera independiente. En este tipo de vehículos, el motor eléctrico asiste al motor de combustión, mejorando la eficiencia del combustible y reduciendo las emisiones de gases contaminantes. Este

Beltrán Ruiz, J., Sánchez Berrazueta, C., & Oña Sarmiento, G. (2024). Development of Electromobility in Ecuador: Challenges and Perspectives in the Adoption of Hybrid Vehicles. *Revista Investigación Tecnológica IST Central Técnico* 6(2), pp. Recuperado a partir de: https://www.investigacionistct.ec/ojs/index.php/investigacion_tecnologica/issue/view/13

sistema permite que el motor eléctrico funcione como un generador, recuperando energía durante las frenadas y almacenándola en una batería de menor capacidad que la de un híbrido completo (generalmente de 48 Voltios). Así, se logra una mayor eficiencia de combustible y menores emisiones, contribuyendo a un medio ambiente más limpio. Además, los vehículos con hibridación ligera suelen ser más asequibles tanto en precio de compra como en mantenimiento, aunque enfrentan desafíos relacionados con la durabilidad y el costo de las baterías. A pesar de la percepción del consumidor sobre su efectividad en comparación con los híbridos completos, estos vehículos representan una opción viable para quienes buscan optimizar el uso de combustibles y avanzar hacia una movilidad más sostenible. Según el Instituto de Investigación Geológico y Energético (2019), "la importancia de la energía en los vehículos para trasladar personas y mercancías resalta la necesidad de sistemas que optimicen el uso de combustibles".

VEHÍCULOS HÍBRIDOS ENCHUFABLES

Este tipo de vehículos busca asemejarse aún más a los eléctricos, ya que permite de forma adicional cargar sus baterías de forma externa, sin depender del motor de combustión. Aunque son menos comunes que los híbridos convencionales, como se aprecia en la figura 2, presentan algunos inconvenientes. Además de los daños generales que pueden sufrir las baterías, también pueden experimentar fallos en el conector de servicio durante la recarga. Este conector puede alcanzar temperaturas elevadas, lo que, en casos extremos, podría provocar su quemadura. Por ello, es fundamental prestar especial atención a la calidad de la energía utilizada en la conexión del cargador enchufable, siguiendo siempre las recomendaciones técnicas del fabricante.

Figura 2

Toyota Híbrido enchufable



2. MATERIALES Y MÉTODOS / DESARROLLO

A través de revisiones bibliográficas de estudios relacionados con la adopción de la tecnología híbrida en vehículos, se pueden identificar los principales problemas que enfrenta este tipo de motorización y que generan preocupación entre sus nuevos propietarios. Aunque se ha determinado que es viable reparar las baterías en los vehículos híbridos, esta afirmación es solo

Beltrán Ruiz , J., Sánchez Berrazueta, C., & Oña Sarmiento, G. (2024). Development of Electromobility in Ecuador: Challenges and Perspectives in the Adoption of Hybrid Vehicles. *Revista Investigación Tecnológica IST Central Técnico* 6(2), pp. Recuperado a partir de: https://www.investigacionistct.ec/ojs/index.php/investigacion_tecnologica/issue/view/13

parcialmente correcta, ya que los fabricantes recomiendan reemplazar los acumuladores. Esta recomendación se debe, en parte, a la disminución de precios de las baterías que se ha observado en los últimos años (Alejandro García, Juan Reyes, 2013).

Cuando el paquete de baterías del vehículo híbrido ha cumplido varios ciclos de carga, rondando la tolerancia permitida el 70% de degradación y llega al final de su vida útil, muchos se preguntan si se puede arreglar la batería.

Si está en garantía el fabricante o el concesionario se harán cargo de la sustitución, pero si no está en garantía tendrán que pagar un alto precio, en el año 2024, el Suzuki Swift ha sido el vehículo micro híbrido mas vendido, teniendo un costo su batería al redor de 900 dólares, en el caso de vehículos que son híbridos sus baterías rondan los 3000 dólares (*Anuarios – AEADE, 2023*). Cabe destacar que cada vez las coberturas de garantía en estas baterías extienden por un mayor número de kilometraje o de tiempo, por ejemplo, la marca BYD tiene garantías de 150000 Km o de 8 años.

Pese a que no es un trabajo recomendado por el fabricante en muchos casos los vehículos híbridos pierden la garantía por falta de asistencia en sus mantenimientos en el concesionario, por dejarlos parqueados mucho tiempo si accionar su motor, por lo que varios centros de servicio técnico han desarrollado procedimientos que permiten a una batería de un vehículo híbrido rendir un tiempo adicional de vida útil (Leonidas Quiroz Erazo et al., 2028).

El proceso que siguen las baterías de níquel metal hidruro (NiMH) cuando se reconstruyen es el siguiente:

- Se realiza una inspección física de los elementos usados y los clasifica dependiendo del estado en que se encuentren.
- Se verifica la tensión en cada una de las celdas del acumulador.
- Determinados los módulos en buen estado, tienen que ser emparejados.
- Se realiza una carga lenta en cada grupo de baterías, monitoreando que no se deformen, ya que este proceso suele generar daños que imposibilitan su posterior montaje.
- Ensamblar y reemplazar las piezas que puedan estar en mal estado.

Durante la realización del trabajo se debe tomar muy en cuenta el equipo de protección necesario ya que el voltaje puede llegar hasta los 300 Voltios y la corriente hasta 50 Amperios, además se debe tener cuidado de no perder el conector “jumper” del sistema de las baterías.

Debido a que las baterías usadas actualmente generan su trabajo mediante procesos exotérmicos las baterías tienen una vida útil menor en condiciones de frio elevado, por lo que es un factor a considerar al hablar de daños en estos elementos, sin embargo, en el Ecuador al no tener estaciones climáticas de frio extremo no siempre generan problemas por esta causa.

Existen varias razones por las que pueden existir problemas en una batería de un automóvil

Beltrán Ruiz , J., Sánchez Berrazueta, C., & Oña Sarmiento, G. (2024). Development of Electromobility in Ecuador: Challenges and Perspectives in the Adoption of Hybrid Vehicles. *Revista Investigación Tecnológica IST Central Técnico* 6(2), pp. Recuperado a partir de: https://www.investigacionistct.ec/ojs/index.php/investigacion_tecnologica/issue/view/13

híbrido, las más frecuentes son:

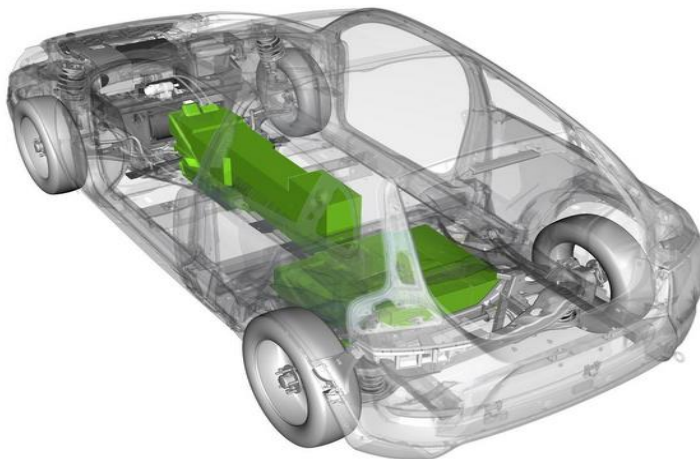
- Temperaturas extremas
- Frecuencia de uso
- Trayectos de conducción cortos
- Degradación por ciclo de trabajo

TEMPERATURAS EXTREMAS

La mala refrigeración en las baterías de vehículos híbridos puede provocar varios problemas significativos, siendo el primero el sobrecalentamiento, que reduce la eficiencia y puede dañar permanentemente la batería si se excede su rango de temperatura óptimo. Este sobrecalentamiento acelera la degradación química de las celdas, resultando en una disminución de la capacidad y una vida útil más corta, lo que se traduce en menos autonomía y mayores costos de reemplazo. Además, un sistema de refrigeración ineficiente afecta el rendimiento general del vehículo, limitando la entrega de energía y la capacidad de recarga, lo que impacta negativamente en la aceleración y la eficiencia del combustible. También aumenta el riesgo de fallos en los sistemas de gestión de la batería, lo que puede llevar a malfuncionamientos del vehículo e incluso a situaciones peligrosas, como incendios. Por lo tanto, es crucial que los vehículos híbridos cuenten con un sistema de refrigeración eficiente para mantener las baterías en condiciones óptimas y prolongar su vida útil, como el que se aprecia en la figura 3.

Figura 3

Área de sobrecalentamiento de una batería híbrida



Uso irregular

Beltrán Ruiz , J., Sánchez Berrazueta, C., & Oña Sarmiento, G. (2024). Development of Electromobility in Ecuador: Challenges and Perspectives in the Adoption of Hybrid Vehicles. *Revista Investigación Tecnológica IST Central Técnico* 6(2), pp. Recuperado a partir de: https://www.investigacionistct.ec/ojs/index.php/investigacion_tecnologica/issue/view/13

Muchos conductores creen que cuando un automóvil está apagado no consume la energía proveniente de la batería, sin embargo, esta afirmación no es del todo cierta, ya que varios sistemas, como alarmas, cierres o funciones de llaves a distancia y de navegación generan un consumo energético incluso cuando el vehículo no está funcionando generando así un consumo de la energía contenida en el acumulador.

TRAYECTOS CORTOS

El usar el vehículo en trayectos que sean muy cortos también influyen de manera significativa en la degradación de la batería, esto se da porque al recorrer distancias cortas no se puede realizar un ciclo de carga completo, por lo que, para evitar este inconveniente, se debe procurar realizar un trayecto largo con el vehículo al menos una vez a la semana y de esta manera garantizar la carga de las baterías del sistema híbrido y su batería auxiliar (Menchaca, Hilda, 2023).

ANTIGÜEDAD DEL VEHÍCULO

A medida que el vehículo envejece, la batería se degrada, es decir que cada vez que se descargue y se recargue no lo hará en la misma capacidad, esto puede producirse debido a la corrosión, sulfatación y al propio paso del tiempo, además se debe tener en cuenta que todas las baterías funcionan adecuadamente un número determinado de ciclos de carga, mismos que rondan alrededor de 1000 estos aspectos dificultan la carga adecuada de la batería conforme el tiempo y usos avanzan, por lo que para garantizar el buen estado de la carga y el rendimiento, los conductores deben comprobar sus baterías con regularidad, además de que dependiendo del clima y la humedad se acelera la sulfatación de los elementos eléctricos que se encuentran en el sistema (Chele Sancan, 2017), en la figura 4 se aprecia una batería de alta tensión.

Figura 4

Batería híbrida en mal estado de funcionamiento.



En lo que respecta a la batería, que es un componente crucial para la duración del vehículo,

Beltrán Ruiz, J., Sánchez Berrazueta, C., & Oña Sarmiento, G. (2024). Development of Electromobility in Ecuador: Challenges and Perspectives in the Adoption of Hybrid Vehicles. *Revista Investigación Tecnológica IST Central Técnico* 6(2), pp. Recuperado a partir de: https://www.investigacionistct.ec/ojs/index.php/investigacion_tecnologica/issue/view/13

actualmente estos elementos funcionan sin problemas a lo largo de toda su vida útil, y se están implementando mejoras para aumentar su longevidad. El acumulador eléctrico de los vehículos híbridos no experimenta un desgaste excesivo, ya que rara vez se descarga por completo y solo almacena la energía necesaria. Además, el modo eléctrico de un vehículo híbrido opera de manera temporal, alternando el uso de ambos motores y, de este modo, reduciendo el deterioro de los componentes. Por lo tanto, hoy en día se puede afirmar que la vida útil de los componentes eléctricos en este tipo de vehículos es muy similar a la de sus componentes mecánicos (Jeréz Daniela, 2018).

Vida útil de las baterías en vehículos híbridos

Las baterías de los vehículos híbridos pueden llegar a durar entre 150.000 y 200.000 kilómetros, aproximadamente 10 años, eso en las mejores condiciones, además que es comúnmente el periodo que está cubierto por la garantía, además muchas empresas publicitan a sus vehículos de esta manera, indicando garantías extendidas en estos costosos elementos.

En la medida en que se utilice en una menor proporción el motor de combustión y el automotor se desplace con el modo eléctrico, el vehículo puede funcionar correctamente durante mucho más tiempo (*¿Cuál es el promedio de kilometraje y vida útil de un Toyota Prius?*, 2017).

La tendencia del mercado muestra un notable crecimiento en la aceptación de vehículos híbridos y eléctricos. Las cifras de matriculación en nuestro país respaldan esta afirmación: según datos de ANFAC, en los primeros seis meses de 2018 se registraron 43,794 vehículos híbridos y eléctricos, lo que representa un incremento del 46.2% en comparación con el mismo período de 2017 (ANFAC / *Notas de matriculación*, 2021). Todo indica que esta tendencia ascendente continuará, especialmente considerando la creciente conciencia ecológica entre la población y las restricciones de circulación impuestas en diversas ciudades por razones medioambientales.

Aquellos que estén considerando renovar su automóvil y contemplen la opción de adquirir un modelo híbrido podrían estar preocupados por aspectos como su fiabilidad, rendimiento, mantenimiento y costos de mano de obra.

3. RESULTADOS

Uno de los principales problemas que enfrentan los usuarios de vehículos híbridos es la durabilidad y confiabilidad de las baterías. Estas baterías pueden durar entre 150,000 y 200,000 kilómetros, aproximadamente 10 años, siempre y cuando se les dé un mantenimiento adecuado. Sin embargo, factores como las temperaturas extremas, el uso irregular del vehículo, los trayectos cortos y la antigüedad del vehículo pueden acelerar la degradación de las baterías (Menchaca, Hilda, 2023). Esto genera preocupación entre los usuarios, ya que el reemplazo de las baterías puede ser costoso. Por lo tanto, es importante que los fabricantes y los talleres de servicio brinden información y asistencia adecuada a los propietarios de vehículos híbridos para garantizar el buen

Beltrán Ruiz, J., Sánchez Berrazueta, C., & Oña Sarmiento, G. (2024). Development of Electromobility in Ecuador: Challenges and Perspectives in the Adoption of Hybrid Vehicles. *Revista Investigación Tecnológica IST Central Técnico* 6(2), pp. Recuperado a partir de: https://www.investigacionistct.ec/ojs/index.php/investigacion_tecnologica/issue/view/13

funcionamiento de las baterías a lo largo de la vida útil del vehículo.

A pesar de los retos que enfrenta, el mercado muestra una clara inclinación hacia el aumento de vehículos híbridos y eléctricos. De acuerdo con la información proporcionada por ANFAC, en los primeros seis meses de 2018 se matricularon 43,794 vehículos de este tipo en el país, lo que representa un incremento del 46.2% en comparación con el mismo periodo del año anterior (ANFAC | Notas de matriculación, 2021). Este crecimiento se debe a la creciente conciencia ambiental entre los ciudadanos y a las restricciones de circulación impuestas en diversas ciudades por razones ecológicas. Por lo tanto, es fundamental que los fabricantes y los talleres de servicio se preparen para satisfacer las demandas de este segmento en expansión.

Mediante revisiones bibliográficas de estudios sobre la adopción de tecnología híbrida, se ha determinado que los principales problemas que enfrentan los propietarios de vehículos híbridos se centran en la reparación de las baterías de alto voltaje. Aunque es viable reparar estas baterías, los fabricantes generalmente recomiendan su reemplazo debido a la disminución de precios en los últimos años (Alejandro García, Juan Reyes, 2013). Al llegar al final de su vida útil, tras varios ciclos de carga y con una degradación del 70%, surge la duda sobre la posibilidad de reparar la batería; si está en garantía, el fabricante se encargará de la sustitución, pero si no, el costo puede ser elevado. A pesar de que no se recomienda la reparación por parte del fabricante, muchos vehículos pierden la garantía por falta de mantenimiento adecuado. Algunos centros de servicio han desarrollado procedimientos para extender la vida útil de las baterías, que incluyen inspecciones físicas, verificación de tensión, carga lenta y reemplazo de piezas dañadas, siempre con las precauciones necesarias debido al alto voltaje involucrado. Además, factores como temperaturas extremas, uso irregular, trayectos cortos y la antigüedad del vehículo también influyen en la degradación de las baterías. En general, las baterías de vehículos híbridos pueden durar entre 150,000 y 200,000 kilómetros, aproximadamente diez años, y su funcionamiento óptimo se logra al alternar entre el motor de combustión y el modo eléctrico. La creciente aceptación de vehículos híbridos refleja una tendencia positiva en el mercado, impulsada por la conciencia ecológica y las restricciones ambientales en diversas ciudades.

4. DISCUSIÓN

Una de las principales preocupaciones de los usuarios de vehículos híbridos es la durabilidad y confiabilidad de las baterías. Diversos estudios han demostrado que, con un mantenimiento adecuado, estas baterías pueden tener una vida útil de entre 150,000 y 200,000 kilómetros, aproximadamente 10 años (Jeréz Daniela, 2018). Sin embargo, factores como las temperaturas extremas, el uso irregular del vehículo, los trayectos cortos y la antigüedad del vehículo pueden acelerar la degradación de las baterías (Benajes et al., 2019). Esto genera preocupación entre los usuarios, ya que el reemplazo de las baterías puede ser costoso. Por lo tanto, es fundamental que los fabricantes y los talleres de servicio brinden información y asistencia adecuada a los propietarios de vehículos híbridos para garantizar el buen funcionamiento de las baterías a lo largo

Beltrán Ruiz , J., Sánchez Berrazueta, C., & Oña Sarmiento, G. (2024). Development of Electromobility in Ecuador: Challenges and Perspectives in the Adoption of Hybrid Vehicles. *Revista Investigación Tecnológica IST Central Técnico* 6(2), pp. Recuperado a partir de: https://www.investigacionistct.ec/ojs/index.php/investigacion_tecnologica/issue/view/13

de la vida útil del vehículo.

A pesar de los desafíos existentes, el mercado muestra una clara tendencia hacia el crecimiento de los vehículos híbridos y eléctricos. Según datos de ANFAC, en los primeros seis meses de 2018 se registraron 43,794 entregas de estos vehículos en el país, lo que representa un incremento del 46.2% en comparación con el mismo periodo del año anterior (ANFAC / *Notas de matriculación*, 2021). Este aumento se debe a una mayor concienciación ecológica entre los ciudadanos y a las crecientes restricciones de circulación por motivos ambientales en diversas ciudades. Por lo tanto, es crucial que los fabricantes y talleres de servicio se preparen para satisfacer las necesidades de este segmento en expansión.

Además de la durabilidad de las baterías, otro factor esencial en el avance de los vehículos híbridos es la mejora en la eficiencia energética y la reducción de las emisiones contaminantes. Investigaciones recientes han evidenciado que los vehículos híbridos pueden reducir el consumo de combustible en hasta un 30% y disminuir significativamente las emisiones de gases de efecto invernadero en comparación con los automóviles de combustión interna convencionales (Huaman Cochachin & Muñoz Astuquipan, 2020). Este avance ha promovido la adopción de esta tecnología, especialmente en áreas urbanas donde la calidad del aire es una preocupación prioritaria. Sin embargo, persisten retos relacionados con la infraestructura de carga, la integración de sistemas eléctricos y la reducción de costos, aspectos que deben ser abordados tanto por los fabricantes como por las autoridades competentes para facilitar una mayor penetración de los vehículos híbridos en el mercado.

En la actualidad, la transición hacia vehículos más sostenibles se ha convertido en un pilar fundamental para reducir el impacto ambiental del sector del transporte. La electromovilidad, en particular, ha mostrado un crecimiento acelerado en Ecuador, debido a factores como el incremento en los precios de combustibles fósiles y las políticas de incentivos fiscales para vehículos eléctricos e híbridos. El interés en estos vehículos es palpable en las ventas, que han alcanzado un 13% del total en el mercado automotriz en 2024. Sin embargo, aún persisten desafíos para una adopción más amplia, tales como el alto costo inicial de los vehículos híbridos y eléctricos, la limitada infraestructura de recarga y la disponibilidad de personal capacitado para el mantenimiento de estos sistemas complejos.

Las baterías, elemento crucial en los vehículos híbridos y eléctricos, enfrentan limitaciones que impactan su vida útil y rendimiento. Factores como la temperatura, el uso frecuente en trayectos cortos y la antigüedad del vehículo influyen significativamente en la degradación de las baterías. Aunque las garantías para las baterías han mejorado en los últimos años, llegando hasta los 10 años o 200,000 km en algunos modelos, los costos de reemplazo siguen siendo elevados una vez que se agota la garantía. Esto representa un reto importante para los consumidores, quienes pueden percibir el mantenimiento de estos vehículos como más complicado y costoso en comparación con los automóviles de combustión interna.

Beltrán Ruiz, J., Sánchez Berrazueta, C., & Oña Sarmiento, G. (2024). Development of Electromobility in Ecuador: Challenges and Perspectives in the Adoption of Hybrid Vehicles. *Revista Investigación Tecnológica IST Central Técnico* 6(2), pp. Recuperado a partir de: https://www.investigacionistct.ec/ojs/index.php/investigacion_tecnologica/issue/view/13

Finalmente, los vehículos con hibridación ligera representan una opción intermedia atractiva para aquellos consumidores que desean reducir su consumo de combustible y emisiones sin los costos adicionales de un vehículo híbrido completo o eléctrico. Aunque menos eficientes en términos de reducción de emisiones, los vehículos de hibridación ligera han encontrado un nicho en el mercado, ofreciendo una solución de bajo costo y fácil mantenimiento. Sin embargo, es crucial que los consumidores reciban una educación adecuada sobre las diferencias y beneficios de cada tipo de tecnología híbrida y eléctrica para que puedan tomar decisiones informadas sobre su inversión en movilidad sostenible.

5. CONCLUSIONES

En conclusión, la adopción de vehículos eléctricos e híbridos en Ecuador está en ascenso, impulsada por el aumento en los precios de los combustibles fósiles y las políticas de incentivos para reducir la huella ambiental del sector de transporte. Aunque la venta de vehículos sostenibles ha crecido significativamente, la transición total enfrenta obstáculos como el costo inicial de los vehículos, la infraestructura limitada de recarga y la disponibilidad de personal especializado en su mantenimiento. Estos factores representan barreras importantes que aún deben abordarse para lograr una adopción masiva.

Las baterías, pieza clave en el rendimiento de los vehículos eléctricos e híbridos, también presentan desafíos notables. Su degradación, influenciada por factores ambientales y el uso diario, plantea preocupaciones sobre el costo de reemplazo una vez agotada la garantía. Esta situación exige que los consumidores consideren tanto el costo inicial como los costos a largo plazo, lo que puede desincentivar la compra de estos vehículos si no se ofrecen soluciones de respaldo o alternativas accesibles para el reemplazo de baterías.

La exploración de tecnologías alternativas, como las baterías de sodio, abre nuevas posibilidades para la electro movilidad, aunque estas tecnologías aún no están listas para su implementación masiva. La tecnología de iones de litio sigue predominando a pesar de sus implicaciones ambientales, lo que pone de manifiesto la necesidad de continuar investigando formas de mejorar su eficiencia y minimizar su impacto en el medio ambiente.

Por otro lado, los vehículos con hibridación ligera han surgido como una alternativa accesible para los consumidores que buscan reducir su consumo de combustible sin los costos y complejidad de un vehículo totalmente eléctrico o híbrido. Aunque su impacto en la reducción de emisiones es menor, estos vehículos representan una opción atractiva en el mercado actual. Para que los consumidores tomen decisiones informadas y adecuadas a sus necesidades, es crucial que reciban información clara sobre las diferencias entre cada tipo de tecnología y sus beneficios respectivos.

6. REFERENCIAS

Alejandro García, Juan Reyes. (2013). *Patentamiento, trayectoria y características de las baterías*

Beltrán Ruiz , J., Sánchez Berrazueta, C., & Oña Sarmiento, G. (2024). Development of Electromobility in Ecuador: Challenges and Perspectives in the Adoption of Hybrid Vehicles. *Revista Investigación Tecnológica IST Central Técnico* 6(2), pp. Recuperado a partir de: https://www.investigacionistct.ec/ojs/index.php/investigacion_tecnologica/issue/view/13

- automotrices: *El caso de los autos híbridos | Entreciencias: Diálogos en la Sociedad del Conocimiento*. <http://revistas.unam.mx/index.php/entreciencias/article/view/62074>
- ANFAC | *Notas de matriculación*. (2021, noviembre 30). <https://anfac.com/category/actualidad/notas-de-matriculacion/>
- Anuarios – AEADE*. (2023, diciembre 7). <https://www.aeade.net/anuario/>
- Benajes, J., García, A., Monsalve-Serrano, J., & Martínez-Boggio, S. (2019). Optimization of the parallel and mild hybrid vehicle platforms operating under conventional and advanced combustion modes. *Energy Conversion and Management*, 190, 73-90. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2019.04.010>
- Chan, C. C. (2007). The State of the Art of Electric, Hybrid, and Fuel Cell Vehicles. *Proceedings of the IEEE*, 95(4), 704-718. <https://doi.org/10.1109/JPROC.2007.892489>
- Chele Sancan, D. G. (2017). Vehículos híbridos, una solución interina para bajar los niveles de contaminación del medio ambiente causados por las emisiones provenientes de los motores de combustión interna. *INNOVA Research Journal*, 2(12), 1-10.
- ¿Cuál es el promedio de kilometraje y vida útil de un Toyota Prius? (2017, julio 21). Puro Motores. <https://www.puromotores.com/13154719/cual-es-el-promedio-de-kilometraje-y-vida-util-de-un-toyota-prius>
- Huaman Cochachin, J. N., & Muñoz Astuquipan, J. P. (2020). Impacto financiero de la renovación del parque automotor con autos híbridos en las empresas importadoras del sector automotriz en Lima Metropolitana, 2019. *Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC)*. <https://doi.org/10.19083/tesis/652704>
- Iberisa. (2018, septiembre 17). ¿Se pueden reparar las baterías híbridas? <https://iberisasl.com/blog/reparar-las-baterias-hibridas/>
- Instituto de Investigación Geológico y Energético. (2019, enero 31). *Consumo eléctrico por habitante continúa creciendo en Ecuador – Instituto de Investigación Geológico y Energético*. <https://www.geoenergia.gob.ec/consumo-electrico-por-habitante-continua-creciendo-en-ecuador/>
- Jeréz Daniela. (2018, agosto 6). Análisis del proceso de recuperación de la batería de alta tensión del vehículo Toyota Highlander Híbrido | *INNOVA Research Journal*. 1, 1(1), 10.
- Leonidas Quiroz Erazo, Jhonatan Aguilar Santamaría, Cristhian Rumiguano Jiménez, & Germán Erazo Laverde. (2028). *Influencia del sistema start-stop en el vehículo respecto durabilidad de la batería de acumuladores*. 4.
- Menchaca, Hilda. (2023). *Desempeño de un vehículo híbrido y su contraparte de combustión interna bajo condiciones de manejo de una ciudad mexicana*. 29(2), 219-230.
- Pérez Sepa, M. A., Angueta Ponce, A. V., Guasumba Maila, J. E., & Calero Torres, D. A. (2022). Estimación de la vida útil de las baterías de los vehículos híbridos causas y consecuencias.
- Beltrán Ruiz, J., Sánchez Berrazueta, C., & Oña Sarmiento, G. (2024). Development of Electromobility in Ecuador: Challenges and Perspectives in the Adoption of Hybrid Vehicles. *Revista Investigación Tecnológica IST Central Técnico* 6(2), pp. Recuperado a partir de: https://www.investigacionistct.ec/ojs/index.php/investigacion_tecnologica/issue/view/13

Dominio de las Ciencias, 8(2), 770-781.

Primicias. (2024a, febrero 23). *Así caerán los precios de los carros chinos con el acuerdo comercial.* Primicias. <https://www.primicias.ec/noticias/economia/carros-chinos-desgravacion-acuerdo-comercial/>

Primicias. (2024b, octubre 15). *Carros híbridos y eléctricos ya son el 13% de las ventas en Ecuador, ¿Cuáles son los más vendidos y cuánto cuestan?* Primicias. <https://www.primicias.ec/economia/carros-hibridos-electricos-ventas-modelos-precios-81130/>

Use of energy in explained—U.S. Energy Information Administration (EIA). (2021, mayo 14). <https://www.eia.gov/energyexplained/use-of-energy/>

Beltrán Ruiz , J., Sánchez Berrazueta, C., & Oña Sarmiento, G. (2024). Development of Electromobility in Ecuador: Challenges and Perspectives in the Adoption of Hybrid Vehicles. *Revista Investigación Tecnológica IST Central Técnico* 6(2), pp. Recuperado a partir de: https://www.investigacionistct.ec/ojs/index.php/investigacion_tecnologica/issue/view/13

Alternativa de insumos para fabricación de madera plástica en un estudio de costo beneficio

Alternative supplies for the manufacture of plastic wood in a cost-benefit study

Lenin Valdivieso Simba ¹[0000-0002-4454-0450], Paulina Manjarrés Días ²[0009-0003-9986-7201]

¹*Instituto Superior Universitario Central Técnico, Quito, Ecuador*

E-mail: lvaldivieso@istct.edu.ec

²*Instituto Superior Universitario Central Técnico, Quito, Ecuador*

E-mail: pmanjarresr@istct.edu.ec

Recibido: 30/09/2024

Aceptado: 07/11/2024

Publicado: 20/12/2024

Resumen

El impacto ambiental producido en Ecuador, se da básicamente por el mal procesamiento de desechos sólidos compuestos por materiales inorgánicos como: Polietileno Tereftalato (PET), papel reciclado y cascarilla de arroz, mismos que se utilizarán como insumos en la fabricación de bio-bloques de 15x20x40 cm, con alveolos 27x32 mm, tipo E. La metodología aplicada fue, cualitativa en el análisis de datos sin la necesidad numérica, correlacional en la relación de varios elementos inorgánicos y cuantitativa en el análisis de datos proporcionando resultados que fijan la viabilidad de la construcción del bio-bloque que superen pruebas físicas y mecánicas, dispuestas en la Norma INEN 634 (2014). El costo beneficio alcanzado en la presente investigación con respecto a un bloque comercial de las mismas características presenta ganancias en la producción a gran escala. Los resultados obtenidos fueron en el análisis del costo beneficio de la producción unitaria del bloque comercial (arena, cemento, graba, agua) 0,211 USD. Se empleo Polietileno Tereftalato (PET) en un 15%, cemento al 85%, costo de producción de 0,192 USD. Ceniza de cascarilla de arroz (cristalización-sílice), 20%, arena al 80%, bajando el costo de producción a 0,197 USD. También se utilizó papel reciclado en 5%, disminuye el empleo de la arena al 95%, con un costo de

Valdivieso 1 Simba 2, L., Manjarrés 1 Díaz 2, P., (2024). Alternativa de insumos para fabricación de madera plástica en un estudio de costo beneficio. Revista Investigación Tecnológica IST Central Técnico, 6(2), pp.

Recuperado a partir de:

https://www.investigacionistct.ec/ojs/index.php/investigacion_tecnologica/issue/view/13

producción de 0,208 USD. Comparando los costos de producción mencionados con el costo del bloque real, se establece 8,57% (PET), 6,19% (Ceniza de cascarilla de arroz) y 0,95% (papel) de ahorro en la construcción del bio-bloque.

Palabras clave: Ceniza de arroz, polietileno, papel, costo, producción

Abstract

The environmental impact produced in Ecuador is basically due to the poor processing of solid waste composed of inorganic materials such as: Polyethylene Terephthalate (PET), recycled paper and rice husks, which will be used as inputs in the manufacture of 15x20x40 cm bio-blocks, with 27x32 mm cells, type E. The methodology applied was, qualitative in the data analysis without the numerical need, correlational in the relationship of several inorganic elements and quantitative in the data analysis providing results that set the feasibility of the construction of the bio-block that overcome physical and mechanical tests, arranged in the INEN 634 Standard (2014). The cost benefit achieved in the present research with respect to a commercial block of the same characteristics presents gains in large-scale production. The results obtained were in the cost benefit analysis of the unit production of the commercial block (sand, cement, gravel, water) 0.211 USD. Polyethylene Terephthalate (PET) was used at 15%, cement at 85%, production cost of 0.192 USD. Rice husk ash (crystallization-silica), 20%, sand at 80%, lowering the production cost to 0.197 USD. Recycled paper was also used at 5%, decreasing the use of sand to 95%, with a production cost of 0.208 USD. Comparing the above production costs with the cost of the actual block, it is established that 8.57% (PET), 6.19% (rice husk ash) and 0.95% (paper) of savings in the construction of the bio-block.

Keywords: Rice ash, polyethylene, paper, cost, production

Introducción

Los residuos de Polietileno Tereftalato (PET), papel reciclado y cascarilla de arroz aumentan anualmente, la degradación del plástico Polietileno Tereftalato (PET) se acumula en vertederos, basurales o rellenos sanitarios que a futuro contaminan aguas subterráneas. El INEC cataloga al plástico en 2 grupos: plástico suave al 6.51% (561.28 toneladas diarias) de los residuos sólidos producidos y plástico rígido (4.45% (821.11 toneladas diarias)) (INEC, 2020). A pesar, de ser parte de la lista de los países con deficiencia para procesar sus desechos sólidos, acumulados a cielo abierto, en donde entierran 531.461 toneladas de plástico. En el año 2019, Ecuador ocupó el tercer puesto en recibir la importación de desechos plásticos de EEUU que muchas veces vienen mezclados con basura o contaminados con aceites industriales o químicos, siendo un impedimento para reciclar.

Valdivieso 1 Simba 2, L., Manjarrés 1 Díaz 2, P., (2024). Alternativa de insumos para fabricación de madera plástica en un estudio de costo beneficio. Revista Investigación Tecnológica IST Central Técnico, 6(2), pp. Recuperado a partir de: https://www.investigacionistct.ec/ojs/index.php/investigacion_tecnologica/issue/view/13

Ecuador es el cuarto productor de arroz en sur América (1,6 millones de toneladas anuales), mismo que produce desechos como son: paja, ceniza, salvado, arroz partido y cascarilla de arroz, según el MAGAP. El 35% de la cascarilla se utiliza en la industria florícola como abono y camas para criaderos de animales; el restante 65 % se lo desecha al borde de las carreteras, que elimina gases nitrosos al aire, convirtiéndose en un factor contaminante (Polo del Conocimiento, 2021). La disgregación de la cascarilla de arroz se dificulta por su estructura cerrada. Además, se caracteriza por el alto contenido de sílice (20%) y su baja biodegradabilidad en condiciones del ambiente natural. (Prada & Cortés, 2010)

A nivel nacional según la Empresa Metropolitana de Aseo, anualmente ha recolectado 15.495,19 toneladas de residuos reusables, 14.8 toneladas de residuos especiales y peligrosos, 1.436,03 toneladas son recuperables de las cuales 56% corresponde a cartón y 14% a papel (Salgado, 2018)

Con base en la investigación de residuos, se plantea establecer la huella ecológica, reutilizando Polietileno Tereftalato (PET), ceniza de cascarilla de arroz y papel en la composición no estructural de un bio-bloque tipo A (liviano-densidad del hormigón < 1680 kg/m³), con una dimensión 40x10x20 cm, 40x15x20 cm, 40x20x20 cm. El PET es el insumo principal considerando el impacto ambiental y su difícil degradación (NTE.INEN.638, 2018).

La construcción de un bio-bloque tipo A de dimensiones (40x10x20 cm, 40x15x20 cm, 40x20x20 cm) reutiliza los residuos que representa un alto impacto ambiental y reduce el costo de producción unitario.

Las botellas PET, envases de refrescos, cosméticos, productos farmacéuticos, cintas de videos, se han ido sustituyendo a nivel mundial por diferentes materiales como el vidrio. Sin embargo, el material Polietileno Tereftalato (PET) o tereftalato de polietileno Compuesto de paraxileno derivado del petróleo y etileno derivado de líquido gas natural se convierte en etilenglicol con la oxidación del aire generan un alto impacto ambiental (Pérez & Ruiz, 2009).

El prototipo de bloque investigado con base en materiales reciclados para el desarrollo de la construcción sostenibles describe el uso de insumos de tereftalato de polietileno (PET), papel y almidón de yuca aplicando la metodología de investigación experimental basada en ensayos de resistencia a la compresión ASTM 39 y ensayo de absorción INEN 642, los resultados obtenidos demuestran que la resistencia varía de acuerdo a la cantidad de PET usado, los bloques superan el 1,4 Mpa,(Mega pascales) mismo que entran en la categoría C según la norma técnica ecuatoriana NTE INEN 3066 mismo que pueden ser utilizado en mampostería no estructural, generando una reducción de la contaminación al medio ambiente. (Alvarado, Josue, & Valle, 2021)

Valdivieso 1 Simba 2, L., Manjarrés 1 Díaz 2, P., (2024). Alternativa de insumos para fabricación de madera plástica en un estudio de costo beneficioso. Revista Investigación Tecnológica IST Central Técnico, 6(2), pp. Recuperado a partir de:
https://www.investigacionistct.ec/ojs/index.php/investigacion_tecnologica/issue/view/13

El presente estudio está orientado a evaluar el efecto de agregar Polietileno Tereftalato (PET), proveniente del reciclaje de las botellas plásticas en el hormigón como aditivo en reemplazo a la arena y analizar sus consecuencias, tanto técnicas en la resistencia a compresión y a flexión y en la penetración de cloruros (Hernandez, Fernandez, & Baptista, 2016).

La densidad del hormigón sufrió efectos con el uso del tereftalato de polietileno (PET), en las siguientes proporciones de mezcla de hormigón de modo considerando la relación agua-cemento fueron 45%, 49% y 53%, y las tasas de sustitución de Pet light weight aggregate (WPLA) eran 0%, 25%, 50% y 75% en volumen de agregado fino (Choi, 2005)

Es así como el presente estudio está orientado a evaluar el efecto de agregar Polietileno Tereftalato (PET), proveniente del reciclaje de las botellas plásticas en el hormigón como aditivo en reemplazo a la arena y analizar sus consecuencias, tanto técnicas en la resistencia a compresión y a flexión y en la penetración de cloruros, se incorporo un análisis económico que permita conocer la viabilidad y competencia en el mercado, para finalmente abordar un análisis del aspecto medioambiental, analizado a través de la huella de carbono. (Infante & Claudia, 2019)

El aprovechamiento de la cascarilla de arroz y plástico PET en la fabricación de bio-Bloques, garantiza la calidad y reducción el costo unitario de producción comparado con el bloque tradicional estandarizado, la investigación experimental desarrollada se basa en pruebas mecánicas, acústicas y térmicas, que determinan los resultados obtenidos en cuanto a la resistencia de compresión dispuestas en la Norma INEN 634 (2014), la que no se encuentra dentro de la clasificación de resistencias por ser inferior a 3,5 Mpa (Mega Pascales), mientras que la prueba acústica cumple con los niveles permisibles al ruido (Ganchozo & Zambrano, 2017).

En la investigación de económica del costo por producción de la fabricación de bloques de concreto incorporando ceniza de cáscara de arroz indica que en un promedio de 400°C y 800 °C de combustión la sílice está dentro de una fase de cristalización lo que implica que la ceniza es rica en sílice y disminuye el impacto ambiental. (Ccopa, 2019)

Esta investigación hace mención de la reutilización del papel reciclado en la producción de material para la construcción, a través de su estudio describe el uso de papel y aserrín como insumos reciclados para la obtención de ladrillos, las proporciones utilizadas son de 40% cemento, 29% papel reciclado, 17% aserrín y 14% cal, los resultados obtenidos fueron ladrillos con altas cualidades mecánicas, resistencia a la compresión DE 6,8 kg/cm² de acuerdo a la norma oficial peruana NOM-C036-ONNCCE-2003. Cabe mencionar que esta mezcla se puede emplear en el desarrollo de los bloques. (Saldaña, Rosales, & Muñoz, 2016)

Valdivieso 1 Simba 2, L., Manjarrés 1 Díaz 2, P., (2024). Alternativa de insumos para fabricación de madera plástica en un estudio de costo beneficioso. Revista Investigación Tecnológica IST Central Técnico, 6(2), pp. Recuperado a partir de:
https://www.investigacionistct.ec/ojs/index.php/investigacion_tecnologica/issue/view/13

El presente estudio describe la elaboración de bloques bioamigables, mediante el uso de papel reciclado y polvo de vidrio como insumos en la fabricación de bloques. El papel da consistencia y volumen a la masa de concreto, mientras el vidrio da soporte a la masa de concreto, las proporciones utilizadas fueron 14% cemento, 14% agua 24% papel y 48% vidrio, alcanzando el 56% de la resistencia exigida según la norma COPANIT 48-2001 de Panamá. (Almengor, Gutiérrez, Moreno, & Caballero, 2017)

El artículo a continuación detalla las proporciones para la construcción de bloques huecos de hormigón, establece que una carretilla aproximadamente 8 ft³ o 0,22 m³, 227 L o 60 gl, que soporta 460 lb o 207 kg de agua, con un promedio de 1200 lb o 540 kg de hormigón. La norma INEN 638 para bloques huecos de hormigón contiene: polvo de piedra y triturado de chasqui (Norma INEN 872), agua Norma (INEN 638). Los bloques analizados de 40x15x20 cm se estructuran con 3,5 carretillas de chasqui, 1,5 carretillas de polvo y 1 saco de cemento (Miranda, 2021)

En el presente estudio está orientado a evaluar la reducción del costo de producción unitario en un bio-bloque construido con Polietileno Tereftalato (PET), en el hormigón como aditivo en sustitución de la arena, frente a bloques estandarizados según la INEN, con la finalidad de conocer la viabilidad y competencia económica en el mercado, a través del análisis de la huella de carbono. Además, se establece otros componentes como la ceniza de cascarilla de arroz y el papel reciclado como opciones para usarlos en la construcción del bio-bloque que reduce el costo de producción unitario que se reflejaría en producciones a gran escala, reduciendo el costo de los insumos directos.

Materiales y métodos

Los estudios de costo beneficio desarrollados concluyen que los residuos contaminantes como el Polietileno Tereftalato (PET), papel reciclado y cascarilla de arroz, para la realización de los bloques es importante mencionar que se utilizaron los siguientes insumos: cemento, agua, agregado grueso, agregado fino y aditivos para mejorar la resistencia y durabilidad del bloque. Para el desarrollo del bio-bloque se disminuyeron en ciertos porcentajes los agregados fino y grueso para ser reemplazados por los tres elementos antes mencionados, con la finalidad de disminuir los costos de fabricación sin alterar las características mecánicas que deben cumplir para ser utilizados como elementos de construcción. Estos factores bajan el precio de producción con Polietileno Tereftalato (PET) se reduce en 8,57%, con papel reciclado, disminuye en 0,95% y con la cascarilla de arroz baja en 6,19 %. Considerando la reducción de costos el PET se convierte el elemento principal de aporte que dará lugar al bio-bloque de Polietileno Tereftalato (PET).

plástica en un estudio de costo beneficio. Revista Investigación Tecnológica IST Central Técnico, 6(2), pp.
Recuperado a partir de:
https://www.investigacionistct.ec/ojs/index.php/investigacion_tecnologica/issue/view/13

Los autores Alvarado Alex, Torres Josué y Valle Alexis mencionan sobre el desarrollo de la construcción innovadora sostenible, en el artículo del Prototipo de bloque con base en materiales reciclados, el uso del Polietileno Tereftalato (PET), papel, almidón de yuca (adherente natural) e insumos propios del proceso, están sujetos a un enfoque experimental, donde se estima que los bloques no estructurales cumplen con normativas, alcanzando los resultados en el ensayo de resistencia que supera a 1,4 MPa, estableciendo que la resistencia depende de la cantidad de PET y que pueden ser usados en mampostería no estructural de alivianamiento de losas, según la norma INEN 3066. (Alvarado, Josue, & Valle, 2021)

En el artículo del aprovechamiento de la cascarilla de arroz (*Oryza sativa*) para la obtención de fibras de celulosa, tiene orientación sostenible, al usar las cascarillas de arroz con la finalidad de la extracción de las fibras celulósicas que se obtienen por diferentes métodos, en donde se obtiene materiales poliméricos biodegradables, con elevado contenido de sílice y cenizas, de acuerdo del análisis físico químico de las cascarillas de arroz contiene el 19,54% de ceniza (concentración de dióxido de sílice), el mismo q es utilizado como sustituyente de la arena en el sistema de construcción de los bio-bloques. (Zambrano, García, Cedeño, & Alcivar, 2021)

Los autores Infante & Claudia, indican la viabilidad de la construcción de un bio-bloque por su competencia en el mercado en cuanto a costos de producción unitario. Adicional se establece una cultura de reciclaje de las botellas plásticas que se emplea como aditivo en el hormigón que se emplea como insumo directo de elaboración de un bio-bloque (Infante & Claudia, 2019)

El artículo de Pablo Cueva, en cuanto al sistema constructivo del bio-bloque basado en el consumo de papel reciclado y cemento, se convierte en un material económico por los bajos valores de estos insumos reciclados. Además, beneficia a la sociedad por que disminuye el impacto ambiental.

Por consecuencia se centra en la comparación económica de un bloque comercial de 15x20x40 cm, con alveolos 27x32 mm, tipo E, que está constituido por cemento, arena, grava y agua con un costo de producción de 0,21 USD. En Ecuador se identifica residuos que generan alto impacto ambiental y basados en esta problemática se analiza el uso de residuos de Polietileno Tereftalato (PET), papel reciclado y cascarilla de arroz que sustituyen al cemento y arena en porcentajes admisibles para obtener un bio-bloque con las características físicas y mecánicas que las normas de la construcción lo establecen, con la finalidad de ser utilizado en procesos de construcción de edificaciones.

Valdivieso 1 Simba 2, L., Manjarrés 1 Díaz 2, P., (2024). Alternativa de insumos para fabricación de madera plástica en un estudio de costo beneficio. Revista Investigación Tecnológica IST Central Técnico, 6(2), pp. Recuperado a partir de: https://www.investigacionistct.ec/ojs/index.php/investigacion_tecnologica/issue/view/13

A continuación, se detalla el costo de producción al emplear los residuos en sus diferentes porcentajes, en la sustitución analizada se usa la arena al 80% y ceniza de cascarilla de arroz al 20%, con un costo de producción de 0,197 USD, el siguiente residuo que reemplaza en 15% al cemento es el polietileno tereftalato (PET) con un valor asignado de 0,192 USD. También se considera usar papel en 5% y 95% de arena a 0,208 USD, por lo que, al cumplir con las propiedades físicas, mecánicas y bajar el costo de producción con respecto al costo de producción del bloque comercial es viable ejecutar el bio-bloque.

Resultados y discusión

El uso de los residuos Polietileno Tereftalato (PET), ceniza de cascarilla de arroz y papel son parte de la problemática en cuanto al impacto ambiental en Quito - Ecuador, por lo que se estudia el costo beneficio en la producción unitaria de bio-bloque de 15x20x40 cm, con alveolos 27x32 mm, tipo E, en el que se utiliza los residuos mencionados en la construcción. Es necesario considerar que el bloque comercial de 15x20x40 cm, con alveolos 27x32 mm está compuesto por cemento, arena, grava y agua. Estos componentes serán sustituidos en determinados porcentajes por los residuos investigados.

En la construcción del bio-bloque se plantea emplear por costo beneficio de producción unitaria al PET, ya que se emplea el 15% de Polietileno Tereftalato (PET) y reduce el cemento al 85%. Así también se hace uso de la ceniza de cascarilla de arroz por su alto grado de cristalización por la sílice que contiene, en la construcción del bio-bloque emplea 20% de la ceniza de cascarilla de arroz, reduciendo la arena al 80%. Además, con base a los altos porcentajes de contaminación se plantea incorporar dentro de los insumos de la construcción del bio-bloque al papel en 5%, dando paso al empleo del 95% de arena. El desarrollo del bio-bloque en función a los insumos provenientes de los residuos produce bloques con un valor unitario menor al bloque comercial.

En la tabla 1, se detalla el costo unitario del bloque comercial y el costo unitario del bio-bloque de 15x20x40 cm, con alveolos 27x32 mm, tipo E.

Tabla 1

Costo unitario de producción 15x20x40 cm, con alveolos 27x32 mm, tipo E comercial / bio-bloque.

BLOQUE 15X20X40 cm –ALVEOLO 27X32 mm TIPO E		
TIPO DE BLOQUE	USD	% DE AHORRO
Bloque Comercial	0,210	0,00
Bloque-Polietileno Tereftalato (PET)	0,192	8,57
Bloque-Ceniza cascarilla de arroz	0,197	6,19

Valdivieso 1 Simba 2, L., Manjarrés 1 Díaz 2, P., (2024). Alternativa de insumos para fabricación de madera plástica en un estudio de costo beneficio. Revista Investigación Tecnológica IST Central Técnico, 6(2), pp. Recuperado a partir de: https://www.investigacionistct.ec/ojs/index.php/investigacion_tecnologica/issue/view/13

Bloque-Papel	0,208	0,95
--------------	-------	------

Nota. Esta tabla muestra el porcentaje del costo por los diferentes suministros utilizados.

La investigación se centra en el estudio comparativo de costos de producción unitarios de un bloque comercial 15x20x40 cm, con alveolos 27x32 mm con los bio-bloques que utilizan residuos Polietileno Tereftalato (PET), ceniza de cascarilla de arroz y papel en porcentajes que disminuyen la arena y cemento del bloque comercial de cemento, arena, grava y agua.

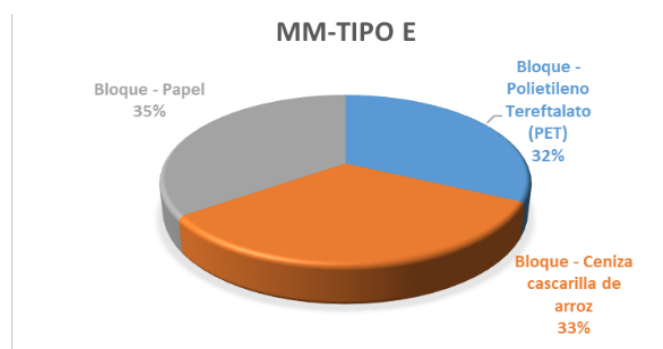
En la investigación obtenemos información de la Norma Técnica Ecuatoriana 638 (NTE-INEN 638) que determinan los insumos de construcción del bloque comercial cemento (NTE-INEN 152, 490, 1548), arena (NTE-INEN 872, 698), grava (NTE-INEN 872, 698) y agua el cual es el patrón de referencia para la comparación.

Tabla 2

Composición de un bloque comercial 15x20x40 cm, con alveolos 27x32 mm

BLOQUE 15X20X40 cm –ALVEOLO 27X32 mm TIPO E		
PRECIO UNITARIO 0,211 USD		
MATERIALES	MASA Kg	PRECIO USD
Cemento	0,730	0,13000
Arena (95%)	5,520	0,06900
Grava	0,860	0.01200
Agua	0,860	0,00024

Nota. Esta tabla muestra la composición de un bloque comercial y su precio.



Fuente: Norma Técnica Ecuatoriana 638 (NTE-INEN 638)

El bloque comercial es el punto de referencia, en el cual interviene el primer residuo Polietileno Tereftalato (15%), reduciendo al cemento a (85%), lo que representa un 8,57% de

plástica en un estudio de costo beneficioso. Revista Investigación Tecnológica IST Central Técnico, 6(2), pp. Recuperado a partir de: https://www.investigacionistct.ec/ojs/index.php/investigacion_tecnologica/issue/view/13

ahorro del costo unitario del bloque comercial que representa 0,02 USD, como se aprecia en la Tabla 3.

Tabla 3

Costo de producción unitario del bio-bloque 15x20x40 cm, con alveolos 27x32 mm con Polietileno Tereftalato (PET)

BLOQUE 15X20X40 cm –ALVEOLO 27X32 mm TIPO E		
POLIETILENO TEREFTALATO (PET)		
PRECIO UNITARIO		0,208 USD
MATERIALES	MASA Kg	PRECIO USD
Cemento	0,621	0,11050
Arena (95%)	5,220	0,06900
Polietileno Tereftalato (PET) (15%)	0,110	0,0000
Graba	2,340	0.01200
Agua	0,860	0,00024

Nota. Esta tabla muestra el precio unitario al utilizar Polietileno Tereftalato (PET)

Considerando los parámetros de sustitución parcial de los componentes que interactúan en la construcción de un bloque comercial, se determina que la ceniza de cascarilla de arroz (80%), disminuye a la arena en un 20%, lo que representa un 6,19% de ahorro con respecto al costo unitario del bloque comercial que representa 0,19 USD, como se detalla en la Tabla 4.

Tabla 4.

Costo unitario de producción del bio-bloque 15x20x40 cm, con alveolos 27x32 mm con ceniza de cascarilla de arroz.

BLOQUE 15X20X40 cm –ALVEOLO 27X32 mm TIPO E		
CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ		
PRECIO UNITARIO		0,197 USD
MATERIALES	MASA Kg	PRECIO USD
Cemento	0,730	0,13000
Arena (80%)	4,416	0,05520
Ceniza de Cascarilla de Arroz (20%)	1,104	0,0000
Graba	2,340	0.01200
Agua	0,860	0,00024

Valdivieso 1 Simba 2, L., Manjarrés 1 Díaz 2, P., (2024). Alternativa de insumos para fabricación de madera plástica en un estudio de costo beneficioso. Revista Investigación Tecnológica IST Central Técnico, 6(2), pp. Recuperado a partir de: https://www.investigacionistct.ec/ojs/index.php/investigacion_tecnologica/issue/view/13

Nota. Precio unitario al utilizar la ceniza de cascarilla de arroz

El uso del papel reciclado puede sustituir a la arena en un 5%, factor que disminuye en 0,95 %, lo que representa un ahorro en los costos de producción con respecto al costo unitario del bloque comercial que representa 0,20 USD. La tabla 5 establece los porcentajes de insumos para la fabricación de un bio-bloque con el residuo de papel reciclado.

Tabla 5

Costo de producción unitario del bio-bloque 15x20x40 cm, con alveolos 27x32 mm con papel

BLOQUE 15X20X40 cm –ALVEOLO 27X32 mm TIPO E PAPEL		
PRECIO UNITARIO		0,208 USD
MATERIALES	MASA Kg	PRECIO USD
Cemento	0,730	0,13000
Arena (95%)	5,244	0,06555
Papel (5%)	0,276	0,0000
Graba	2,340	0.01200
Agua	0,860	0,00024

Nota. Esta tabla muestra el precio unitario al utilizar papel reciclado.

Conclusiones

El Polietileno Tereftalato (PET) en la construcción de bio-bloques 15x20x40 cm, con alveolos 27x32 mm, cumple con las características físicas y mecánicas para mampostería y levantamiento de paredes internas, representa un ahorro de 8,57 % con respecto al costo de producción de un bloque comercial, por lo que es viable ejecutar el proceso para un sistema de producción de bio-bloques, considerando que si se produce a gran escala la tasa de retorno interno se evidenciaría notablemente a diferencia de producir en pequeña escala.

Los materiales investigados Polietileno Tereftalato (PET), papel reciclado y cascarilla de arroz, el mejor costo de producción que representa un mayor retorno de inversión es el PET que con respecto al bloque comercial baja su costo en 0,019 USD.

El papel reciclado se podría combinar con otros residuos como la cáscara de coco con la finalidad de mejorar el costo de producción ya que se disminuye con respecto al bloque comercial, 0.003 USD. La ceniza de la cascarilla de arroz presenta un alto contenido de sílice (93%) permitiendo la resistencia del concreto utilizado en el bio-bloque.

Recomendaciones

Se recomienda hacer uso de los grupos existentes de plásticos, como son: plástico suave plástico rígido, para la construcción de los bio-bloques y de esta forma disminuir el impacto ambiental del Ecuador, considerando que se entierran 531.461 toneladas de plástico y un existente proceso deficiente de desechos sólidos.

La investigación desarrollada puede extender el alcance a la producción a gran escala, con la finalidad de aumentar el Tasa Interna de Retorno (TIR) de la empresa, en vista de que el costo de producción en cuanto al Polietileno Tereftalato (PET), es de 0,019 USD menor al valor del bloque comercial que se fija en 0,211 USD.

Se recomienda profundizar en la investigación de las características de la ceniza de cascarilla de arroz como un insumo en el desarrollo de bio-bloques estructurales, por el alto contenido de sílice (93%), en vista de que la actual investigación se ha desarrollado para bio-bloques no estructurales por la viabilidad mecánica y física. Es necesario desarrollar pruebas experimentales combinando los residuos Polietileno Tereftalato (PET), ceniza de cascarilla de arroz y papel, ya que esta investigación se enfoca en la sustitución de la arena o cemento con únicamente un residuo de los mencionados, en las pruebas experimentales, de fijarse la viabilidad con base a resultados aceptables de resistencia física y mecánica, el costo de producción mejoraría con respecto al porcentaje obtenido actualmente de 8,57%.

Referencias

- Albarado, A., Torres, J., & Valle, A. (2021). Prototipo de bloque con base en materiales reciclados para el desarrollo de la construcción sostenible . *Revista Científica Camino de las Ciencias* , 291-303.
- Almengor, A., Gutiérrez, N., Moreno, J., & Caballero, K. (2017). Reciclaje de materiales para la elaboración de bloques bioamigables. *Revista académicas UTP*, 82-87.
- Demera, S., & Romero, B. (2018). *Evaluación de los residuos de cascarilla de arroz (Oryza sativa L.) como agregado en bloques para la construcción*. Manabí: Calceta:ESPAM.
- Ganchozo, C., & Zambrano, G. (2017). *Aprovechamiento de la cascarilla de arroz y plástico PET en la fabricación de Eco-Bloques en la ESPAM MFL*. Manabí .
- Hernandez, Fernandez, & Baptista. (2016). *Prototipo de bloque con base en materiales reciclados para el desarrollo de la*.
- Manchola, Bernal, & Castro. (2018). *Prototipo de bloque con base en materiales reciclados* .

Valdivieso 1 Simba 2, L., Manjarrés 1 Díaz 2, P., (2024). Alternativa de insumos para fabricación de madera plástica en un estudio de costo beneficioso. *Revista Investigación Tecnológica IST Central Técnico*, 6(2), pp. Recuperado a partir de:
https://www.investigacionistct.ec/ojs/index.php/investigacion_tecnologica/issue/view/13

- Miranda, E. (Dirección). (2021). *Molde, mezcla y cantidad de bloques por bolsa de cemento/mod, and number of blocks per bag* [Película].
- NTE.INEN.638. (2018). *Bloques huecos de hormigón, definiciones, clasificación y codiciones generales*. Quito: Instituto Nacional Ecuatoriano de Normalización.
- Pérez, M., & Ruiz, R. (2009). *Reciclaje del PET: una alternativa viable*.
- Polo del Conocimiento. (2021). Aprovechamiento de la cascarilla de arroz (*Oryza sativa*) para obtención de fibras de celulosa . *POLO DEL CONOCIMEINTO* , 5.
- Prada, A., & Cortés, C. (2010). La descomposición térmica de la cascarilla de arroz: una alternativa de aprovechamiento integral . *Scielo* , 2.
- Saldaña, J., Rosales, J., & Muñoz, A. (2016). Reutilización de papel reciclado en la producción de materiales de construcción aislante térmico y acústico. *Revista de Investigación y Desarrollo* , 68-74.
- Salgado, M. (28 de julio de 2018). El 56% de los residuos que se reciclan en la capital es de cartón. *El Telégrafo El Decano Digital* , pág. 1.
- Sánchez, J., Guerrero, F., Cerna, R., & Gonzales, K. (2018). Ladrillo ecológico elaborando con papel reciclado: costo y propiedades físico-mecánicas . *Conocimiento del desarrollo* , 29-34.

Evaluation and conditioning of general lighting levels in the mechanical forming workshop of the industrial mechanic's course.

Evaluación y condicionamiento de niveles de iluminación general en el taller de conformado mecánico de la carrera de mecánica industrial

Angelica Geoconda Tarco Paca¹[0000-0003-4235-9604], Mayerli Asunción Loor Beltrán²[0000-0003-4235-9604],

Edison Rolando García Sigcha³[0000-0003-4235-9604]

¹ Instituto Superior Universitario Central Técnico, Quito, Ecuador
E-mail: atarcop@istct.edu.ec

² Instituto Superior Universitario Central Técnico, Quito, Ecuador
E-mail: mloorbeltran@istct.edu.ec

³ Instituto Superior Universitario Central Técnico, Quito, Ecuador
E-mail: egarcia@istct.edu.ec

Recibido: 03/10/2024

Aceptado: 15/11/2024

Publicado: 20/12/2024

RESUMEN

La investigación se lleva a cabo en el taller de Conformado Mecánico de la carrera de Mecánica Industrial del Instituto Superior Universitario Central Técnico. El objetivo principal es analizar y comparar el cumplimiento de los niveles de iluminación actuales con la normativa ecuatoriana como también la europea. Para ello, se emplea la investigación de campo y el método de la cuadrícula, midiendo los niveles de iluminación en tres planos (piso, general y de trabajo), dividiendo el taller en 9 cuadrantes y en cuatro horarios diferentes del día con un luxómetro. Los resultados obtenidos están en un rango de 67.79 lux a 93.34 lux, lo que indica que el taller no cumple con los requisitos mínimos de iluminación establecidos en el Decreto Ejecutivo 2393 (entre 300 a 500 lux). Se propone el cambio de luminarias LED de baja potencia por lámparas LED con mayor flujo luminoso, tras realizar los cálculos necesarios, se determina que se requiere un total de 13 lámparas con una potencia de 200W. Posteriormente, se volvió a medir la iluminación, verificando así que el taller cumple con la normativa, alcanzando un nivel de 528.97 lux.

Palabras clave: Decreto ejecutivo 2393, flujo luminoso, lux, luxómetro, niveles de iluminación.

Tarco Paca, A., Loor Beltrán, M., & García Sigcha, E. (2024). Evaluación y acondicionamiento de niveles de iluminación general en el taller de Conformado Mecánico de la carrera de Mecánica Industrial. *Revista Investigación Tecnológica IST Central Técnico*, 6(2), pp. Recuperado a partir de: https://www.investigacionistct.ec/ojs/index.php/investigacion_tecnologica/issue/view/13

ABSTRACT

The research is conducted in the Mechanical Forming workshop of the Industrial Mechanics program at Central Technical University Institute. The main objective is to analyze and compare compliance with current lighting levels according to Ecuadorian and European regulations. For this purpose, field research and the grid method are employed, measuring lighting levels on three planes (floor, general, and workspace), dividing the workshop into 9 quadrants and across four different times of day using a lux meter. The results obtained range from 67.79 lux to 93.34 lux, indicating that the workshop does not meet the minimum lighting requirements established in Executive Decree 2393 (between 300 to 500 luxes). It is proposed to replace low-power LED luminaires with LED lamps providing higher luminous flux; after carrying out the necessary calculations, it is determined that a total of 13 lamps are required with a power of 200W. Subsequently, the lighting was remeasured, thus verifying that the workshop complies with the regulations, reaching a level of 528.97 lux.

Key words: Executive Decree 2393, luminous flux, lux, lux meter, lighting levels.

1. INTRODUCCIÓN.

Para llevar a cabo un trabajo efectivo, es crucial contar con una iluminación adecuada, adaptada al tipo de ambiente en el que se desarrolle la labor. Castro (2018), plantea que “los parámetros que definen la calidad de la iluminación dependen de la finalidad de esta (oficinas, comedores, iglesias, salas de clases, etc.)”. Es fundamental resaltar que el confort visual y la seguridad son aspectos de suma importancia en el entorno laboral, ya que influyen directamente en la productividad, eficacia y bienestar del personal.

Hoy en día, cada país se rige por normativas y leyes que permiten a la sociedad operar de manera adecuada dentro de su ámbito laboral. En el Ecuador, el ente rector en materia de seguridad y prevención de riesgos laborales es el Ministerio de Trabajo, cuyo objetivo principal es regular y mantener las normativas que las empresas o lugares de trabajo deben cumplir para reducir el riesgo laboral.

Esta investigación evalúa y analiza los niveles de iluminación que presenta el taller de Conformado Mecánico, con el propósito de cumplir la normativa establecida en el decreto ejecutivo 2393 en el que se establece que “todos los lugares de trabajo y tránsito deberán estar dotados de suficiente iluminación natural o artificial, para que el trabajador pueda efectuar sus labores con seguridad y sin daño para los ojos” (Decreto Ejecutivo 2393, 1986, art 56).

En la norma UNE 12464-1: 2012 se establece lo siguiente respecto a la iluminación de los lugares de trabajos interiores:

Una iluminación apropiada permite a las personas visualizar de modo eficiente y preciso las

Tarco Paca, A., Loor Beltrán, M., & García Sigcha, E. (2024). Evaluación y acondicionamiento de niveles de iluminación general en el taller de Conformado Mecánico de la carrera de Mecánica Industrial. *Revista Investigación Tecnológica IST Central Técnico*, 6(2), pp. Recuperado a partir de:

https://www.investigacionistct.ec/ojs/index.php/investigacion_tecnologica/issue/view/13

actividades que realizan. El grado de visibilidad y confort en los lugares de trabajo se rige por el tipo y duración de la actividad (Asociación Española de Normalización UNE, 2012)

Para determinar si la iluminación cumple con los estándares normativos, es fundamental medir los niveles de iluminación. Blasco (2016), indica que “la iluminancia (E) o nivel de iluminación de una superficie se define como la relación entre el Flujo Luminoso (Φ) que emite una fuente de luz y que es recibido por la superficie. Su unidad es el lux” (p. 60).

La iluminancia representa la cantidad de luz que llega a una superficie específica. Para realizar esta medición, se emplea un luxómetro, cuyo instrumento se utiliza en lugares donde exista luz, su funcionamiento consiste en captar la luz por una célula fotovoltaica que la transforma en impulsos eléctricos, dichos impulsos son interpretados y expresados en termino de luxes. En el taller de conformado mecánico del Instituto Superior Universitario Central Técnico, existe la posibilidad que las condiciones de iluminación no son las adecuadas conforme a la ley, es por eso que se escoge este ambiente para realizar el estudio.

2. MATERIALES Y MÉTODOS / DESARROLLO

Estudio descriptivo

Mediante este estudio se detallan cada uno de los procesos que se llevó a cabo para llegar a determinar el problema y la solución. Mediante ello se indica cada una de las características, particularidades e instrumento que se empleó para realizar la medición de los niveles de iluminación.

Estudio cuantitativo

Este estudio se enfoca en la recolección de datos, a partir de la medición de los niveles de iluminación, como también del cálculo, que permita analizar y evaluar la información necesaria requerida del presente trabajo.

Estudio de campo

El estudio, se realiza en el taller de Conformado Mecánico de la Carrera de Mecánica Industrial del Instituto Superior Universitario Central Técnico, para una mejor interacción y comprensión del tema a realizar.

Método de observación

Esta técnica de investigación permite la recolección de datos mediante la observación directa de situaciones o fenómenos, sin interferir en ellos de ninguna manera con el uso de hojas de registro, esta técnica nos permite comprender patrones de comportamiento y obtener una comprensión

Tarco Paca, A., Loor Beltrán, M., & García Sigcha, E. (2024). Evaluación y acondicionamiento de niveles de iluminación general en el taller de Conformado Mecánico de la carrera de Mecánica Industrial. *Revista Investigación Tecnológica IST Central Técnico*, 6(2), pp. Recuperado a partir de: https://www.investigacionistct.ec/ojs/index.php/investigacion_tecnologica/issue/view/13

más profunda de un fenómeno específico, como los niveles de iluminación.

Metodología de la cuadrícula

“Técnica de estudio fundamentada en una cuadrícula de puntos de medición que cubre toda la zona analizada. La base de esta técnica es la división del interior en varias áreas iguales, cada una de ellas idealmente cuadrada” (Sánchez, 2012, p.8).

Índice del local (k)

Se toma en cuenta la geometría del lugar de estudio, como altura, largo y ancho del sitio.

$$k = \frac{a \cdot b}{h(a+b)} \quad (1)$$

Dónde:

k= índice de local

a=ancho

b=largo

h= altura de montaje de las luminarias para la medición de los niveles de iluminación

Número mínimo de puntos de medición

Número de cuadrantes necesarios para el estudio de los niveles de iluminación.

$$= (k + 2)^2 \quad (2)$$

Dónde:

k=índice del local

Conociendo el número de cuadrantes necesarios, se procede por realizar la medición con el Luxómetro.

Iluminación media

Es el promedio de los resultados obtenidos a partir la medición, en cada uno de los cuadrantes.

$$E \text{ Media} = \frac{\sum \text{Valores medidos (lux)}}{\text{Cantidad de puntos medidos}} \quad (3)$$

Tarco Paca, A., Loor Beltrán, M., & García Sigcha, E. (2024). Evaluación y acondicionamiento de niveles de iluminación general en el taller de Conformado Mecánico de la carrera de Mecánica Industrial. *Revista Investigación Tecnológica IST Central Técnico*, 6(2), pp. Recuperado a partir de: https://www.investigacionistct.ec/ojs/index.php/investigacion_tecnologica/issue/view/13

Donde:

E= Iluminancia

Σ = sumatoria del número de puntos medidos en el cuadrante.

Una vez obtenidos los datos, se procede a verificar resultados con los parámetros establecidos en el “Decreto 2393”, según el artículo 56 de ILUMINACIÓN Y NIVELES MÍNIMOS que se indican en la tabla 1.

Tabla 1.

Niveles de Iluminación mínima para trabajos específicos y similares

Iluminación Mínima	Actividades
20 luxes	Pasillos, patios y lugares de paso.
50 luxes	Actividades en las que la distinción no sea importante como manejo de materiales, producto defectuoso, embalaje, servicios higiénicos.
100 luxes	Cuando la distinción de detalles sea leve sea como la manufactura del acero, confección textil, salas de máquinas y calderos entre otras.
200 luxes	Si se requiere distinción moderada de detalles como: talleres de soldadura, costura, e imprentas.
300 luxes	Siempre que se necesite la distinción media de detalles, tales como: montaje de maquinaria, pintura a soplete, contabilidad, taquigrafía.
500 luxes	Cuando sea indispensable una fina distinción de detalles, bajo condiciones de contraste, como: rectificado, fresado y torneado, dibujo técnico, entre otras.
1000 luxes	Trabajos en que requieran una distinción extremadamente fina de detalles o bajo condiciones de contraste difíciles, tales como: quirófanos, inspección de medicamentos, montajes de circuitos electrónicos, relojería.

Nota. La tabla representa los luxes que se debería tener en un área de trabajo de acuerdo a la actividad. Tomado de (Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social Seguro General de Riesgos del Trabajo, 1986).

Debido a la ambigüedad de los datos que se especifica en la tabla 1, se procede a comparar los datos con la normativa europea para la iluminación de interiores UNE 12464-1, el cual brinda parámetros más específicos, como se observa en la tabla 2 y 3.

Tabla 2

Actividades industriales y artesanales- Trabajo y tratamiento de metales

N° ref.	Tipo de interior, tarea y actividad	\bar{E}_m lx
---------	-------------------------------------	-------------------

Tarco Paca, A., Loor Beltrán, M., & García Sigcha, E. (2024). Evaluación y acondicionamiento de niveles de iluminación general en el taller de Conformado Mecánico de la carrera de Mecánica Industrial. *Revista Investigación Tecnológica IST Central Técnico*, 6(2), pp. Recuperado a partir de: https://www.investigacionistct.ec/ojs/index.php/investigacion_tecnologica/issue/view/13

5.18.5 Mecanizado de precisión; pulido: tolerancia < 0.1 mm 500

Nota. Adaptado de (Asociación Española de Normalización UNE, 2022)

Tabla 3.

Establecimientos educativos - Edificios educativos

Nº ref.	Tipo de interior, tarea y actividad	\bar{E}_m lx
5.36.2	Aulas para clases nocturnas y educación de adultos	500

Nota. Adaptado de (Asociación Española de Normalización UNE, 2022)

De acuerdo a la tabla 3, se especifica las luxes para aulas, tomando en cuenta que el taller de Conformado Mecánico no solo es para prácticas sino también para actividades académicas.

Luxómetro

Instrumento de medición para conocer los niveles de iluminación, en un determinado lugar, mediante lecturas en unidades de lux. Durante el estudio, se empleó un luxómetro, lo cual resultó fundamental para este estudio, ya que permitió determinar las medidas de iluminación en cada uno de los cuadrantes del taller.

Métodos de los lúmenes

La técnica establecida por la Comisión Internacional de Iluminación, se utiliza para medir y cuantificar la luz emitida por fuentes de iluminación. Esta metodología también permite establecer la cantidad necesaria de luminarias en un área de trabajo y su disposición para proporcionar iluminación general adecuada. Para ello, se emplean cálculos específicos que consideran diversos factores y requisitos visuales. Como se indica en los siguientes cálculos.

Índice de local (k)

Se empleará tomando en cuenta el sistema de iluminación en el taller, como se indica en la tabla 4.

Tabla 4

Índice del local de acuerdo al sistema de iluminación

Sistema de iluminación	Índice del local
Iluminación directa, semi directa, directa-indirecta y general difusa	$k = \frac{a \cdot b}{h \cdot (a + b)}$

Nota. Adaptado de (García, y otros, 2003)

Tarco Paca, A., Loor Beltrán, M., & García Sigcha, E. (2024). Evaluación y acondicionamiento de niveles de iluminación general en el taller de Conformado Mecánico de la carrera de Mecánica Industrial. *Revista Investigación Tecnológica IST Central Técnico*, 6(2), pp. Recuperado a partir de: https://www.investigacionistct.ec/ojs/index.php/investigacion_tecnologica/issue/view/13

Coefficiente de reflexión (ρ)

Reflexión de luz que se da en una superficie, en el que depende el color del Techo, Piso y Paredes, en algunos casos el tipo de material de la infraestructura, como se puede visualizar en la siguiente tabla 5.

Tabla 5
Coefficientes de reflexión

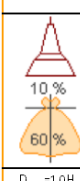
	Color	Factor de reflexión (ρ)
Techo	Blanco o muy claro	0.7
	claro	0.5
	medio	0.3
Paredes	claro	0.5
	medio	0.3
	oscuro	0.1
Suelo	claro	0.3
	oscuro	0.1

Nota. Los datos indican el tipo de reflexión de acuerdo a los colores que haya en el área de trabajo. Tomado de (García J. , s.f)

Coefficiente de utilización (η, Cu)

A partir del Índice del local (K) y del Coeficiente de reflexión (ρ), estos datos estarán tabulados de acuerdo al tipo de luminarias a emplearse, en algunos casos se proporcionan por parte del distribuidor, como se observa en la figura 1.

Figura 1
Coefficiente de utilización (η, Cu)

Tipo de aparato de alumbrado	Índice del local k	Factor de utilización														
		Factor de reflexión del techo						Factor de reflexión de las paredes								
		0.8	0.7	0.5	0.3	0.1	0.3	0.5	0.7	0.8	0.8	0.7	0.5			
	0.6	.39	.35	.32	.38	.34	.32	.38	.34	.31	.33	.38	.34	.31	.33	
	0.8	.48	.43	.40	.47	.42	.40	.46	.42	.39	.41	.46	.42	.39	.41	
	1.00	.53	.49	.46	.52	.48	.45	.51	.47	.45	.46	.51	.47	.45	.46	
	1.25	.58	.54	.51	.57	.53	.50	.55	.51	.49	.50	.55	.51	.49	.50	
	1.5	.62	.58	.54	.61	.57	.54	.58	.55	.52	.53	.58	.55	.52	.53	
	2.00	.66	.62	.59	.64	.61	.58	.61	.59	.57	.56	.61	.59	.57	.56	
	2.5	.68	.65	.63	.67	.64	.62	.64	.61	.60	.59	.64	.61	.60	.59	
	3.00	.70	.67	.65	.69	.66	.64	.65	.63	.61	.60	.65	.63	.61	.60	
	$D_{máx}=1.0H_m$	4.00	.72	.70	.68	.70	.69	.67	.67	.66	.64	.63	.67	.66	.64	.63
	1m 70 75 80	5.00	.73	.71	.70	.71	.70	.68	.68	.67	.66	.64	.68	.67	.66	.64

Nota. Los datos dependerán de los resultados obtenidos anteriormente. Tomado de (García J. , s.f)

Si el resultado del índice k se encuentra entre dos resultados, se interpola para determinar el resultado final a emplear, utilizando la siguiente ecuación:

Tarco Paca, A., Loor Beltrán, M., & García Sigcha, E. (2024). Evaluación y acondicionamiento de niveles de iluminación general en el taller de Conformado Mecánico de la carrera de Mecánica Industrial. *Revista Investigación Tecnológica IST Central Técnico*, 6(2), pp. Recuperado a partir de: https://www.investigacionistct.ec/ojs/index.php/investigacion_tecnologica/issue/view/13

$$Cu = \frac{(K - K1)(Cu2 - Cu1)}{K2 - K1} + Cu1 \quad (5)$$

Donde:

Cu=Coeficiente de utilización

K= resultado del Índice del local

K1 y k2= los dos resultados.

Cu1 y Cu2= Factor de reflexión del techo y paredes.

Factor de mantenimiento (fm)

Se determina a partir de la magnitud de la suciedad que puede haber en las luminarias o como también dependerá de la actividad que se realice en este, como se puede visualizar en la siguiente tabla 6.

Tabla 6

Factor de mantenimiento por tipo de actividad

Ambiente de trabajo	Fm
Acerías, fundiciones	0.65
Soldadura, mecanizado	0.70
Oficinas industriales, salas	0.75
Patios de operaciones, locales públicos	0.80
Oficinas privadas, oficinas comerciales, informáticas	0.85

Nota. Tomado de (García et al., 2003)

Flujo luminoso (Φ_T)

Potencia luminosa que tiene una lámpara, se determina el total necesario de luminosidad en un área de trabajo, mediante la siguiente ecuación 6.

$$\Phi_T = \frac{E \cdot S}{\eta \cdot fm} \quad (6)$$

Donde:

Φ_T =flujo luminoso

E=iluminancia media deseada

Tarco Paca, A., Loor Beltrán, M., & García Sigcha, E. (2024). Evaluación y acondicionamiento de niveles de iluminación general en el taller de Conformado Mecánico de la carrera de Mecánica Industrial. *Revista Investigación Tecnológica IST Central Técnico*, 6(2), pp. Recuperado a partir de: https://www.investigacionistct.ec/ojs/index.php/investigacion_tecnologica/issue/view/13

S=superficie del lugar

η =factor de utilización

F_m=factor de mantenimiento

Número de luminarias (N)

Número total de luminarias que serán empleadas en taller, a partir de la siguiente ecuación 7.

$$N = \frac{\Phi_T}{n \cdot \Phi_L} \quad (7)$$

Dónde:

n=número de lámparas por luminarias

N=número de luminarias

Φ_L = flujo luminoso de la lámpara que se vaya a emplear.

Φ_T =flujo luminoso

Emplazamiento de las luminarias

“En los locales de planta rectangular las luminarias se reparten de forma uniforme en filas paralelas a los ejes de simetría del local” (Blasco, 2016, p. 212), de acuerdo a las ecuaciones 8 y 9.

$$N_{ancho} = \sqrt{\frac{N_{Total}}{Largo}} \times ancho \quad (8)$$

$$N_{Largo} = N_{ancho} \times \left(\frac{Largo}{ancho}\right) \quad (9)$$

Donde:

N_{ancho} =número de filas de luminarias

N_{Largo} =número de columnas de luminarias

En este caso N ancho será eje Y, y N largo eje X, se multiplicará los resultados de estos, siendo el resultado el total de luminarias a emplearse.

Comprobación de la iluminancia media

Valida si las iluminarias a emplearse sobrepasan la iluminancia media según la Tabla 1 recomendada.

$$E = \frac{N \cdot \Phi_L \cdot \eta \cdot f_m}{S} \quad (10)$$

Tarco Paca, A., Loor Beltrán, M., & García Sigcha, E. (2024). Evaluación y acondicionamiento de niveles de iluminación general en el taller de Conformado Mecánico de la carrera de Mecánica Industrial. *Revista Investigación Tecnológica IST Central Técnico*, 6(2), pp. Recuperado a partir de:

https://www.investigacionistct.ec/ojs/index.php/investigacion_tecnologica/issue/view/13

Donde:

N: número de luminarias

Φ L: flujo luminoso de la lámpara

η = factor de utilización

Fm: factor de mantenimiento

S: superficie del plano de trabajo

DIALux

El software es una versión gratis que se encarga de realizar trabajos relacionados a iluminación, permitiendo trabajar con diseños en 3D tanto para iluminación en zonas exteriores como las interiores, a su vez se puede conocer el consumo luminoso y determinar el número de luminarias de acuerdo a las normas vigentes tanto internacional.

3. RESULTADOS

En el siguiente apartando se explica cada uno de los resultados obtenidos a partir de los métodos empleados anteriormente mencionados, en el área de Conformado Mecánico.

Resultados a partir de la observación

Mediante la observación, se determina que las luminarias del taller son tubos LED de baja potencia los cuales presentan carcasas en mal estado y con una potencia de 18W, esto resulta en una insuficiente distribución de luz en ciertas zonas del taller, lo que representa un factor negativo para los estudiantes y docentes.

El aspecto del taller se caracteriza por tener colores oscuros tanto el piso como en el techo, mientras que las paredes son de color blanco. Además, existe una mínima entrada de luz natural en el ingreso del taller.

Al identificar las deficiencias presentes en el taller, se procede a la medición de los niveles de iluminación en el local utilizando un luxómetro. Este proceso nos permitirá comparar los resultados obtenidos de acuerdo al Decreto Ejecutivo 2393, como también la UNE 12464-1.

Resultados obtenidos a partir del método de la cuadrícula

Se procede por medir el taller de Conformado Mecánico, seguido de ello se aplica la ecuación 1, que representa el índice de K.

Tabla 7

Cálculos y resultados de por el índice K

Taller de Conformado Mecánico	
Datos del taller	a (ancho)=12.04m b (largo)=17.23m h (altura de las luminarias) =3.50m s (ancho por largo) = 207.4m²

Tarco Paca, A., Loor Beltrán, M., & García Sigcha, E. (2024). Evaluación y acondicionamiento de niveles de iluminación general en el taller de Conformado Mecánico de la carrera de Mecánica Industrial. *Revista Investigación Tecnológica IST Central Técnico*, 6(2), pp. Recuperado a partir de: https://www.investigacionistct.ec/ojs/index.php/investigacion_tecnologica/issue/view/13

$$\text{Índice de local (k)} \quad k = \frac{a \cdot b}{h(a + b)} = \frac{12.04 \times 17.23}{3.53(12.04 + 17.23)} = 2,00$$

La altura es la posición de las luminarias que se encuentran durante el proceso de la medición de los niveles de iluminación.

De acuerdo al resultado anterior, el índice del local es de 2.00, por lo tanto, al ser un número entero es adecuado el uso de la tabla 8, de acuerdo a la Asociación de Higienistas de la República Argentina (AHRA), se especifica el número mínimo de los cuadrantes a estudiar.

Tabla 8.

Relación entre el Índice de Área y el número de Zonas de Medición

(K) Variante AHRA	x (K redondeado)	N Número mínimo de puntos a evaluar
≤ 1	0	4
1 < K ≤ 2	1	9
2 < K ≤ 3	2	16
K > 3	3	25

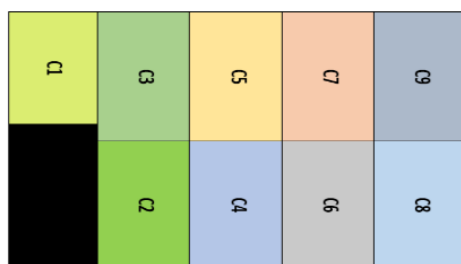
Nota. Tomado de (Riva, s.f.)

Se establece que el número de cuadrantes es de 9, por lo tanto, no es necesario la ecuación 2.

Se procedió por dividir los 9 cuadrantes en el taller de Conformado Mecánico, como se observa en la siguiente figura 2.

Figura 2.

Puntos o cuadrantes de medición

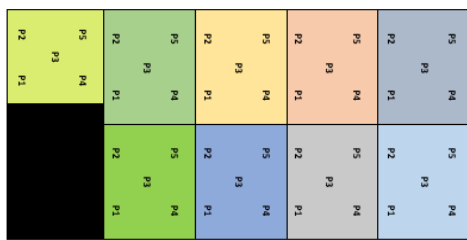


Nota. Fuente propia

Con el objetivo de recopilar más datos, se procede a marcar en cinco puntos adicionales en cada uno de los cuadrantes. Se realizará la medición en los tres planos diferentes (piso, general y de trabajo) durante los cuatro horarios del día, tal como se muestra en la figura 3.

Tarco Paca, A., Loor Beltrán, M., & García Sigcha, E. (2024). Evaluación y acondicionamiento de niveles de iluminación general en el taller de Conformado Mecánico de la carrera de Mecánica Industrial. *Revista Investigación Tecnológica IST Central Técnico*, 6(2), pp. Recuperado a partir de: https://www.investigacionistct.ec/ojs/index.php/investigacion_tecnologica/issue/view/13

Figura 3.
Puntos de medición en los cuadrantes



Nota. Fuente propia

Se procede a medir los niveles de iluminación en cada uno de los puntos mediante el uso del luxómetro.

Resultados a partir de la medición de los niveles de iluminación

En cada punto de medición se lleva a cabo la evaluación en los tres planos: piso, general y de trabajo, durante los cuatro horarios asignados. Esto con el fin de observar el comportamiento de la iluminación.

Resultados a partir de la E Media

En este caso, se calculó la E Media (iluminancia media) de los cuadrantes como los puntos de medición de los datos obtenidos, como se observa en la figura 7.

Figura 4.
Plano de Piso a las 08:00 am

POSICIÓN: PLANO DE PISO												
Hora	Temperatura °C	Puntos de Medición	C1 (lux)	C2 (lux)	C3 (lux)	C4 (lux)	C5 (lux)	C6 (lux)	C7 (lux)	C8 (lux)	C9 (lux)	E Media por cuadrantes (lux)
08:00 (a.m)	22,6	1	106	148	95	38	88	45	76	7	109	79,11
		2	117	87	50	46	6	49	4	80	12	50,11
		3	252	160	137	113	102	7	118	68	38	110,56
		4	118	12	40	4	60	7	96	2	10	38,78
		5	42	44	3	46	10	83	35	28	25	35,11
E Media por puntos de medición (lux)			127	90,2	65	49,4	53,2	38,2	65,8	37	38,8	62,73

Nota. La tabla se tomó como referencia para el cálculo.

En la tabla 10 siguiente se puede evidenciar como se realizó el cálculo de las E Medias.

A continuación, se presenta los cálculos y resultados de las E medias.

E Media (Iluminancia media) por cuadrante

$$EMedia (C1 \dots C9) = \frac{\sum \text{valores medidos (lux)}(c)}{\text{cantidad de cuadrantes}}$$

Tarco Paca, A., Loor Beltrán, M., & García Sigcha, E. (2024). Evaluación y acondicionamiento de niveles de iluminación general en el taller de Conformado Mecánico de la carrera de Mecánica Industrial. *Revista Investigación Tecnológica IST Central Técnico*, 6(2), pp. Recuperado a partir de:

https://www.investigacionistct.ec/ojs/index.php/investigacion_tecnologica/issue/view/13

$$EMedia = \frac{\sum 106 + 148 + 95 + 38 + 88 + 45 + 76 + 7 + 109}{9}$$

$$EMedia = 79.11$$

Se saca las E Medias a partir de los resultados obtenidos

$$EMedia = \frac{\sum 79.11 + 50.11 + 110.56 + 38.78 + 35.11}{5}$$

$$EMedia = 62.73 \leq 500 \text{ lux}$$

E Media Por punto de medición

$$EMedia (1..5) = \frac{\sum \text{valores medidos (lux)}(c)}{\text{cantidad de los puntos de medición}}$$

$$EMedia = \frac{\sum 106 + 117 + 252 + 118 + 42}{5}$$

$$EMedia = 127 \text{ lux}$$

Se saca las E Medias a partir de los resultados obtenidos

$$EMedia = \frac{\sum 127 + 90.2 + 65 + 49.4 + 53.2 + 38.2 + 65.8 + 37 + 38.8}{9}$$

$$EMedia = 62.73 \leq 500 \text{ lux}$$

A partir de las E Medias (iluminancia media) por puntos de medición, se procedió por sacar las E Medias de estas por plano de piso, general y de trabajo como se puede verificar en la figura 8, 9 y 10, a partir del mismo cálculo de la tabla 8.

Figura 5.

E Media de plano de piso

POSICIÓN: PLANO DE PISO											
Hora	Temperatura °C	C1 (lux)	C2 (lux)	C3 (lux)	C4 (lux)	C5 (lux)	C6 (lux)	C7 (lux)	C8 (lux)	C9 (lux)	E Media por cuadrantes (lux)
8:00 a. m.	22,6	127	90,2	65	49,4	53,2	38,2	65,8	37	38,8	62,73
12:00 a. m.	18,4	322	82,2	60	62,8	62,8	68	71,8	40,2	58	91,98
16:00 pm	18,6	38	78,2	57,8	74,6	41,4	52	73,8	39,2	45,4	55,60
20:00 pm	16,3	12,4	81,2	58,2	66,4	54,4	62,4	90,4	39	83,4	60,87
E Media por Hora (lux)		124,9	82,95	60,25	63,3	52,95	55,15	75,45	38,85	56,4	67,79

Fuente: Propia

Tarco Paca, A., Loor Beltrán, M., & García Sigcha, E. (2024). Evaluación y acondicionamiento de niveles de iluminación general en el taller de Conformado Mecánico de la carrera de Mecánica Industrial. *Revista Investigación Tecnológica IST Central Técnico*, 6(2), pp. Recuperado a partir de: https://www.investigacionistct.ec/ojs/index.php/investigacion_tecnologica/issue/view/13

Figura 6.
E Media plano general

POSICIÓN: PLANO GENERAL											
Hora	Temperatura °C	C1 (lux)	C2 (lux)	C3 (lux)	C4 (lux)	C5 (lux)	C6 (lux)	C7 (lux)	C8 (lux)	C9 (lux)	E Media por cuadrantes (lux)
8:00 a. m.	22,6	92,8	117	69,2	124,6	82	83	89,8	38,2	65,2	84,64
12:00 a. m.	18,4	149,6	116	86,6	121,4	73,2	139,2	120	42	81,8	103,33
16:00 pm	18,6	19,2	113	74,4	138,4	57,2	126,4	101	30,4	61	80,11
20:00 pm	16,3	9,4	109	68,2	117,2	54,6	124	110	45,4	59,2	77,44
E Media por Hora (lux)		67,75	113,9	74,6	125,4	66,75	118,2	105,1	39	66,8	86,38

Fuente: Propia

Figura 7.
E Media plano de trabajo

POSICIÓN: PLANO DE TRABAJO											
Hora	Temperatura °C	C1 (lux)	C2 (lux)	C3 (lux)	C4 (lux)	C5 (lux)	C6 (lux)	C7 (lux)	C8 (lux)	C9 (lux)	E Media por cuadrantes (lux)
8:00 a. m.	22,6	114,4	97	87,2	113,2	107	77,6	111	51,4	53,6	90,29
12:00 a. m.	18,4	91,4	130	83,4	107,2	86,8	151,8	130	42,6	68,4	99,04
16:00 pm	18,6	22,4	107	95,4	178,6	72	124,4	122	46,6	66,4	92,80
20:00 pm	16,3	19,2	105	84,2	110,6	78,8	170,8	128	53,6	70,8	91,24
E Media por Hora (lux)		61,85	109,9	87,55	127,4	86,15	131,2	122,8	48,55	64,8	93,34

Fuente: Propia

Los resultados obtenidos, se compararon con el decreto ejecutivo 2393, así como también con la UNE 12464-1, para determinar si se cumple o no con los criterios establecido, estos resultados fueron presentados en la siguiente tabla 11.

Tabla 9.
E Media del local

Posición	E Media del local	Decreto Ejecutivo 2393/56	UNE 12464-1	Evaluación
Plano de piso	67.79 lux	300-500 lux	500 lux	No cumple
Plano general	86.38 lux	300-500 lux	500 lux	No cumple
Plano de trabajo	93.34 lux	300-500 lux	500 lux	No cumple

Fuente: Propia

Se determina que las E Media (Iluminancia media), tanto en plano de piso, general y de trabajo en

Tarco Paca, A., Loor Beltrán, M., & García Sigcha, E. (2024). Evaluación y acondicionamiento de niveles de iluminación general en el taller de Conformado Mecánico de la carrera de Mecánica Industrial. *Revista Investigación Tecnológica IST Central Técnico*, 6(2), pp. Recuperado a partir de: https://www.investigacionistct.ec/ojs/index.php/investigacion_tecnologica/issue/view/13

el taller de Conformado Mecánico, no cumplen con la normativa establecida. En consecuencia, se concluye, que es necesario el cambio de las luminarias.

Resultados a partir del método de los lúmenes

Basándonos en los resultados previamente obtenidos, se determina la necesidad de reemplazar las luminarias. Para llevar a cabo este proceso de manera eficiente, es imperativo implementar el método de los lúmenes. Este enfoque garantizará una selección precisa y asegurando así un óptimo nivel de iluminación y eficiencia energética.

Por consiguiente, se optará por la instalación de luminarias tipo LED UFO, con una capacidad de voltaje de 110V-240V y una potencia de 200W, proporcionando un flujo luminoso de 22000 lm. Estos detalles son cruciales para calcular el número adecuado de luminarias requeridas en el área de Conformado Mecánico.

Resultados a partir del índice k

Se calcula el índice k , tomando en cuenta el sistema de iluminación.

Datos del taller	$a= 12.04m$ $b=17.23m$ $h= 3.76m$ $s= 207.4m$
Datos de las lámparas a emplear	22000lm
Iluminancia media deseada	500 lux

$$k = \frac{a \cdot b}{h(a + b)}$$

$$k = \frac{12.04 \times 17.23}{3,76(12.04 + 17.23)}$$

$$K = 1,8$$

La (h) altura es a la que se va a instalar las nuevas lámparas en el taller.

Factor de reflexión (ρ)

Se toma en cuenta los colores que presenta el taller.

Tabla 10

Factor de reflexión de acuerdo al taller de Conformado Mecánico

	Color	Factor de reflexión (ρ)
Techo	Medio	
Paredes	Medio	0.3
Suelo	Oscuro	0.1

Fuente: Propia

Tarco Paca, A., Loor Beltrán, M., & García Sigcha, E. (2024). Evaluación y acondicionamiento de niveles de iluminación general en el taller de Conformado Mecánico de la carrera de Mecánica Industrial. *Revista Investigación Tecnológica IST Central Técnico*, 6(2), pp. Recuperado a partir de: https://www.investigacionistct.ec/ojs/index.php/investigacion_tecnologica/issue/view/13

El factor de reflexión en el taller del techo es de 0.3, paredes de 0.3 y piso 0.1, ya que los colores del taller de conformado mecánico presentan colores ni tan bajos y altos a excepción del piso.

Factor de utilización (η , Cu)

A partir del índice k y el factor de reflexión, nos enfocaremos en la siguiente figura, para conocer el factor de utilización.

Figura 8

Coeficiente de utilización (η , Cu)

Tipo de aparato de alumbrado	Índice del local k	Factor de utilización																
		Factor de reflexión del techo																
		0.8			0.7			0.5			0.3			0				
Factor de reflexión de las paredes																		
0.5			0.3			0.1			0.5			0.3			0.1			0
	0.6	.39	.35	.32	.38	.34	.32	.38	.34	.31	.33	.31	.30					
	0.8	.48	.43	.40	.47	.42	.40	.46	.42	.39	.41	.38	.37					
	1.00	.53	.49	.46	.52	.48	.45	.51	.47	.45	.46	.44	.41					
	1.25	.58	.54	.51	.57	.53	.50	.55	.51	.49	.50	.48	.45					
	1.5	.62	.58	.54	.61	.57	.54	.58	.55	.52	.53	.51	.48					
	2.00	.66	.62	.59	.64	.61	.58	.61	.59	.57	.56	.55	.52					
	2.5	.68	.65	.63	.67	.64	.62	.64	.61	.60	.59	.57	.54					
	3.00	.70	.67	.65	.69	.66	.64	.65	.63	.61	.60	.59	.56					
	4.00	.72	.70	.68	.70	.69	.67	.67	.66	.64	.63	.61	.58					
	5.00	.73	.71	.70	.71	.70	.68	.68	.67	.66	.64	.63	.59					

H_m: altura luminaria-plano de trabajo

Nota. Los datos dependerán de los resultados obtenidos anteriormente. Tomado de (García J., s.f)

Interpolación de resultados:

$$Cu = \frac{(K-K1)(Cu2-Cu1)}{K2-K1} + Cu1$$

$$Cu = \frac{(1.8-1.5)(0.56-0.53)}{2.00-1.5} + 0.53$$

$$Cu = 0.548$$

Como el índice de k es de 1.8, la lectura directa no es posible, por ello es necesario interpolar los datos, lo que da un Cu=0.548.

El factor de utilización depende crucialmente de una tabla que refleja el coeficiente de reflexión y el índice k. En muchos casos, estas tablas son proporcionadas por el vendedor de lámparas; sin embargo, en situaciones donde no se dispone de tal información, se recurre a la búsqueda en diversas fuentes que presenten similitudes. Esta práctica garantiza una estimación precisa del factor de utilización, permitiendo así un diseño óptimo y eficiente del sistema de iluminación en cuestión.

Tarco Paca, A., Loor Beltrán, M., & García Sigcha, E. (2024). Evaluación y acondicionamiento de niveles de iluminación general en el taller de Conformado Mecánico de la carrera de Mecánica Industrial. *Revista Investigación Tecnológica IST Central Técnico*, 6(2), pp. Recuperado a partir de: https://www.investigacionistct.ec/ojs/index.php/investigacion_tecnologica/issue/view/13

Factor de mantenimiento (fm)

Grado de suciedad que exista en el taller, o como también la actividad que se realice en el área.

Tabla 11

Factor de mantenimiento respecto al taller de Conformado Mecánico

Ambiente de trabajo	Fm
Industrias de soldadura, mecanizado	0.70

Fuente: Propia

El factor de mantenimiento en este caso es de 0.70, al ser un área de mecanizado.

Flujo luminoso (Φ_T)

Cálculos y resultados del flujo luminoso (Φ_T)

$$\Phi_T = \frac{E \cdot S}{\eta \cdot f_m}$$

Donde:

Φ_T =flujo luminoso

E=iluminancia media en deseada

S=superficie del lugar

η =factor de utilización

Fm=factor de mantenimiento

$$\Phi_T = \frac{500 \times 207.4}{0,548 \times 0,70} \quad \Phi_T = 270333$$

Hay que tomar en cuenta que la iluminancia media deseada es de 500 luxes.

Número de luminarias (N)

Cálculos y resultados del número de luminarias (N)

$$N = \frac{\Phi_T}{n \cdot \Phi_L}$$

Dónde:

N=número de luminarias

Φ_T =flujo luminoso

n=número de lámparas por luminaria

Φ_L = flujo luminoso de la lámpara que se vaya a emplear.

$$N = \frac{270333}{22000lm}$$

N = 12.2 → 12 Luminarias

Se requiere el uso de 12 luminarias en el proyecto. Es importante destacar que, en la ecuación

Tarco Paca, A., Loor Beltrán, M., & García Sigcha, E. (2024). Evaluación y acondicionamiento de niveles de iluminación general en el taller de Conformado Mecánico de la carrera de Mecánica Industrial. *Revista Investigación Tecnológica IST Central Técnico*, 6(2), pp. Recuperado a partir de:

https://www.investigacionistct.ec/ojs/index.php/investigacion_tecnologica/issue/view/13

mencionada, los 22000 lúmenes representan la cantidad de luz que emite las lámparas a utilizar.

Emplazamiento de luminarias

Cálculos y resultados del emplazamiento de luminarias

$$N_{\text{ancho}} = \sqrt{\frac{N_{\text{Total}}}{\text{largo}} \times \text{ancho}}$$

$$N_{\text{largo}} = N_{\text{ancho}} \times \left(\frac{\text{largo}}{\text{ancho}}\right)$$

$$N_{\text{largo}} = 2,78 \times \left(\frac{17,23}{12,04}\right)$$

$$N_{\text{largo}} = 4,13 \rightarrow 4$$

$$N_x = 4$$

$$N_{\text{ancho}} = \sqrt{\frac{11}{17,23} \times 12,04}$$

$$N_{\text{ancho}} = 2,89 \approx 3 \quad N_y = 3$$

N eje X = 4

N eje Y = 3

Nº total de luminarias = 12 (en función de la distribución en la zona de estudio)

Tanto el número de luminarias como en el emplazamiento de luminarias señala emplear 12 lámparas en el taller, se implementa 1 luminaria

más en el taller para la entrada de esta, siendo un total de 13 lámparas LED.

Comprobación de (E) iluminancia media

Cálculo y resultados de la comprobación de la (E) iluminancia media

$$E = \frac{N \cdot \Phi_L \cdot \eta \cdot f_m}{S}$$

Donde

N: número de luminarias

ΦL: flujo luminoso de la lámpara

η: factor de utilización

f_m: factor de mantenimiento

S: superficie del plano de trabajo

$$E = \frac{13 \times 22000 \times 0,548 \times 0,70}{207,4}$$

$$E = 528,97 > 500 \text{lux}$$

Las 13 luminarias a emplear sobrepasan la iluminancia media, lo que cumple tanto con el decreto ejecutivo 2393 y UNE 12464-1.

3.5 Resultados a partir del programa DIALux

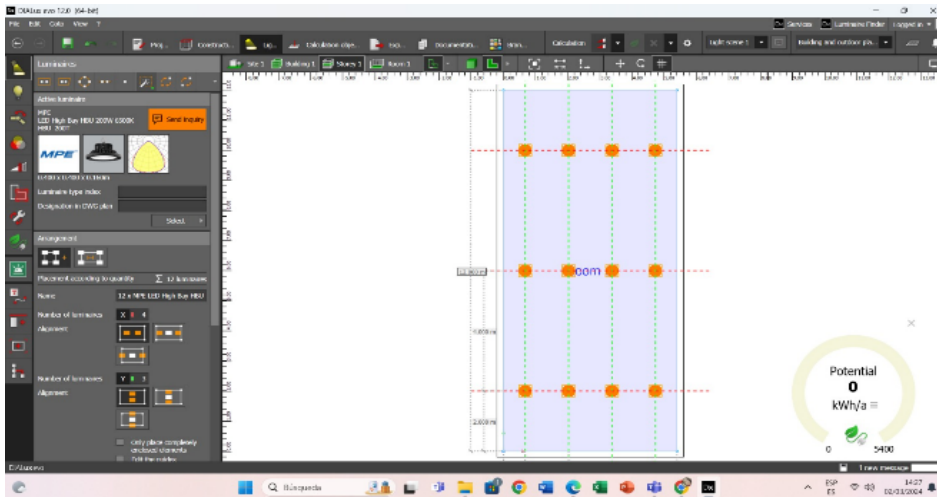
El DIALux arrojó datos que verifican que es necesario la implementación de 12 lámparas en el taller, como se observa en la siguiente figura. En el programa se debe introducir el catálogo de las

Tarco Paca, A., Loor Beltrán, M., & García Sigcha, E. (2024). Evaluación y acondicionamiento de niveles de iluminación general en el taller de Conformado Mecánico de la carrera de Mecánica Industrial. *Revista Investigación Tecnológica IST Central Técnico*, 6(2), pp. Recuperado a partir de:

https://www.investigacionistct.ec/ojs/index.php/investigacion_tecnologica/issue/view/13

lámparas; en caso de que no esté disponible, se pueden buscar ciertas características en otras marcas que el mismo software proporciona.

Figura 9.
Diseño en DIALux



Nota. Imagen generada con el software DIALux, versión 2024, que indica distribución de luminarias y niveles de luminancia.

Como también se indica la distribución de las luminarias en cuatro circuitos. Sin embargo, es importante tener en cuenta la norma eléctrica nacional (NEC, por sus siglas en inglés), establece que, si la vivienda o el área de trabajo tiene entre 201 a 300 metros cuadrados, el número de circuitos para iluminación debe ser de 3. Por lo tanto, se distribuye en tres circuitos con cuatro lámparas cada uno, lo que suma un total de 12 lámparas, con una más que se instalara en el ingreso del taller.

Para realizar esta metodología se utilizó ciertos cálculos que se tomaron de la “Guía práctica sobre iluminación en el ambiente laboral”, con el fin de obtener los datos necesarios.

4. DISCUSIÓN

A partir de los datos recopilados mediante la medición de iluminación, se examina su estado y el posible impacto negativo en la zona, evaluando la conformidad con las normativas nacionales pertinentes. Posteriormente, se analizan en detalle los principales hallazgos obtenidos y su relevancia en el marco de investigaciones previas, así como su implicación en relación con la calidad lumínica del entorno.

Los resultados obtenidos a partir de la medición en los tres planos (piso, general y de trabajo), demuestra que los niveles de iluminación son bajos, no superando los 500 lux necesarios. Por lo

Tarco Paca, A., Loor Beltrán, M., & García Sigcha, E. (2024). Evaluación y acondicionamiento de niveles de iluminación general en el taller de Conformado Mecánico de la carrera de Mecánica Industrial. *Revista Investigación Tecnológica IST Central Técnico*, 6(2), pp. Recuperado a partir de: https://www.investigacionistct.ec/ojs/index.php/investigacion_tecnologica/issue/view/13

tanto, no se cumple con lo estipulado en el Decreto Ejecutivo 2393, así como en la norma UNE 12464-1, por ello se emplea el método de los lúmenes para conocer el número de luminarias a emplearse en el taller de conformado mecánico.

El estudio de los niveles de iluminación en un área de trabajo ha sido un tema de poco interés. Investigaciones previas, como las realizadas por Miranda et al. (2020), han utilizado métodos como la cuadrícula y los lúmenes y su efecto en el rendimiento laboral.

A partir de este contexto, este estudio emplea un enfoque combinado del método de la cuadrícula y el de los lúmenes para evaluar sistemáticamente los niveles de iluminación en un taller de conformado mecánico. Este enfoque nos permitió no solo cuantificar la iluminación existente, sino también determinar el número óptimo de luminarias necesarias para garantizar condiciones de trabajo seguras y eficientes.

Incorporar ambos métodos proporciona una visión más integral de los desafíos y oportunidades para mejorar las condiciones lumínicas en el taller. Esperamos que nuestros hallazgos contribuyan a la optimización de los estándares de iluminación industrial, asegurando entornos laborales más seguros y productivos.

5. CONCLUSIONES

Se concluye que taller de Conformado Mecánico no cumple con las condiciones de iluminación establecidas por la normativa ecuatoriana como por la normativa europea. Por lo tanto, es necesario cambiar las luminarias por lámparas LED, ya que, como se mencionó anteriormente, son muy eficientes y ofrecen un gran ahorro debido a su bajo consumo.

El decreto ejecutivo 2393 es ambiguo, lo que dificulta la precisión en los niveles de iluminación requeridos para un taller, dependiendo de la actividad que se realice.

Para un análisis más detallado y específico, se recomienda utilizar la normativa europea UNE 12464-1, Esta normativa proporciona valores más rigurosos y detallados a la iluminación necesaria según la actividad que se vaya a llevar a cabo.

Es necesario que la iluminación alcance todos los espacios del taller, especialmente a las máquinas que se trabajen, considerando que requieren una mayor cantidad de luz en estas áreas para realizar las prácticas de forma adecuada.

Se recomienda realizar un mantenimiento regular de las luminarias, limpiándolas periódicamente para eliminar el polvo y la suciedad que puedan acumularse en las superficies.

Tarco Paca, A., Loor Beltrán, M., & García Sigcha, E. (2024). Evaluación y acondicionamiento de niveles de iluminación general en el taller de Conformado Mecánico de la carrera de Mecánica Industrial. *Revista Investigación Tecnológica IST Central Técnico*, 6(2), pp. Recuperado a partir de: https://www.investigacionistct.ec/ojs/index.php/investigacion_tecnologica/issue/view/13

6. REFERENCIAS

- Asociación Española de Normalización UNE. (09 de 03 de 2022). UNE-EN 12464-1:2022. Recuperado el 2023, de UNE: <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma?c=N0068596>
- Blasco, P. (2016). Apuntes: Iluminación. Recuperado el 2023, de RiuNet: https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/75442/ILUMINACION__GIE-3__2en1.pdf
- Blasco, P. (s.f). Apuntes: Iluminación. Obtenido de RiuNet: Universitat Politècnica de València
- Blasco, P. (s.f). Universitat Politècnica de València. Recuperado el 2023, de https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/75442/ILUMINACION__GIE-3__2en1.pdf
- Castro, A. (20 de 08 de 2018). Método para la determinación del factor de reflexión in situ de superficies. Recuperado el 2023, de http://opac.pucv.cl/pucv_txt/txt-6000/UCC6141_01.pdf
- García, J. (s.f). Cálculo de instalaciones de alumbrado. Recuperado el 2023, de Universitat Politècnica de Catalunya: <https://recursos.citcea.upc.edu/llum/interior/iluint2.html>
- Greenlce. (2024). ¿Cómo Seleccionar Las Lámparas De Acuerdo A La Zona Que Se Desea Iluminar? Obtenido de GREENICE.
- Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social Seguro General de Riesgos del Trabajo. (17 de 11 de 1986). Gob.ec. Recuperado el 2023, de <https://www.gob.ec/regulaciones/decreto-ejecutivo-2393>
- Miranda, E., Sevilla, S., López, A., & Guanoluisa, D. (27 de 01 de 2020). Evaluación niveles de iluminación en interiores y cálculo para instalaciones de alumbrado Evaluation of interior lighting levels and calculation for lighting facilities. Knowledge E. doi:<http://dx.doi.org/10.18502/keg.v5i2.6215>
- Pugo, C. (05 de 2019). Estudio de iluminación natural y artificial en la Biblioteca de la Universidad Politècnica Salesiana sede Cuenca. Obtenido de Universidad Politècnica Salesiana: <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/17316>
- Riva, A. (s.f.). Mediciones de iluminación por el método de la cuadrícula. Recuperado el 2023, de CIE: <https://cie.gov.ar/web/images/Metodo-cuadrícula-HyST.pdf>
- Sánchez, C. (16 de 07 de 2012). GUÍA PRÁCTICA SOBRE ILUMINACIÓN EN EL AMBIENTE LABORAL-SRT-RES 084/12-ARGENTINA. Obtenido de Higiene y Seguridad Laboral: <https://higieneyseguridadlaboralcv.wordpress.com/2012/07/16/guia-practica-sobre->
- Tarco Paca, A., Loor Beltrán, M., & García Sigcha, E. (2024). Evaluación y acondicionamiento de niveles de iluminación general en el taller de Conformado Mecánico de la carrera de Mecánica Industrial. *Revista Investigación Tecnológica IST Central Técnico*, 6(2), pp. Recuperado a partir de: https://www.investigacionistct.ec/ojs/index.php/investigacion_tecnologica/issue/view/13

iluminacion-en-el-ambiente-laboral-srt-res-08412-argentina/

SYLVANIA. (2020). Guía Técnica de Iluminación . Obtenido de Sylvania Ecuador:
<https://sylvania.com.ec/catalogos/>

Yan, Y., & Mushobozi, J. (14 de 11 de 2019). Effects of Lighting Quality on Working Efficiency of Workers in Office Building in Tanzania. Wiley . doi:<https://doi.org/10.1155/2019/3476490>

Tarco Paca, A., Loor Beltrán, M., & García Sigcha, E. (2024). Evaluación y acondicionamiento de niveles de iluminación general en el taller de Conformado Mecánico de la carrera de Mecánica Industrial. *Revista Investigación Tecnológica IST Central Técnico*, 6(2), pp. Recuperado a partir de:
https://www.investigacionistct.ec/ojs/index.php/investigacion_tecnologica/issue/view/13

Use of Artificial Intelligence in educational environments, analyzed through the fraud triangle model

Uso de la Inteligencia Artificial en entornos educativos, analizado mediante el modelo del triángulo de Fraude

Elva Gioconda Lara Guijarro¹[0000-0003-4235-9604]

¹ Instituto Superior Universitario Central Técnico, Quito, Ecuador

E-mail: elvalara@istct.edu.ec

Recibido: 15/10/2024

Aceptado: 14/11/2024

Publicado: 20/12/2024

RESUMEN

La investigación analiza la integración de la Inteligencia Artificial en entornos educativos a través de la aplicación del triángulo del fraude, examinando la interacción entre oportunidad, presión y racionalización. El estudio revela que la accesibilidad y sofisticación de las herramientas de IA han creado un escenario sin precedentes donde la distinción entre asistencia legítima y uso fraudulento se ha vuelto difusa. Las presiones académicas contemporáneas, junto con las expectativas sociales y profesionales intensificadas, pueden impulsar a los estudiantes hacia prácticas cuestionables con la IA, mientras que la racionalización de estas conductas se ve facilitada por la percepción de estas herramientas como ayudas legítimas para el aprendizaje. Los hallazgos indican que las instituciones educativas enfrentan el desafío de mantener el ritmo con una tecnología que evoluciona más rápidamente que sus políticas, creando vacíos normativos potencialmente explotables. La investigación sugiere la necesidad de un enfoque equilibrado que reconozca tanto los beneficios como los riesgos de la IA en educación, proponiendo un marco de trabajo que integre políticas actualizadas, desarrollo de competencias digitales éticas y rediseño de métodos de evaluación adaptados a la realidad tecnológica actual.

Palabras clave: Inteligencia artificial, triángulo del fraude, entornos educativos, presiones académicas, educación superior.

ABSTRACT

The research analyzes the integration of Artificial Intelligence in educational environments through the application of the fraud triangle, examining the interaction between opportunity, pressure, and rationalization. The study reveals that the accessibility and sophistication of AI tools have created a unprecedented scenario where the distinction between legitimate assistance and fraudulent use has become blurred. Contemporary academic pressures, along with intensified social and professional expectations, can push students towards questionable practices with AI, while the rationalization of these behaviors is facilitated by the perception of these tools as legitimate aids for learning. The findings indicate that educational institutions face the challenge of keeping pace with a technology that evolves faster than its policies, creating exploitable normative gaps. The research suggests the need for a balanced approach that recognizes both the benefits and risks of AI in education, proposing a framework of work that integrates updated policies, development of ethical digital competencies and redesign of evaluation methods adapted to the current technological reality.

Lara Guijarro, Elva. (2024). Uso de la Inteligencia Artificial en entornos educativos, analizado mediante el modelo del triángulo de Fraude. Revista Investigación Tecnológica IST Central Técnico, 6(2), pp. Recuperado a partir de: https://www.investigacionistct.ec/ojs/index.php/investigacion_tecnologica/issue/view/13

have created an unprecedented scenario where the distinction between legitimate assistance and fraudulent use has become blurred. Contemporary academic pressures, along with intensified social and professional expectations, can drive students towards questionable practices with AI, while the rationalization of these behaviors is facilitated by the perception of these tools as legitimate aids for learning. The findings indicate that educational institutions face the challenge of keeping pace with technology that evolves faster than their policies, creating potentially exploitable regulatory gaps. The research suggests the need for a balanced approach that recognizes both the benefits and risks of AI in education, proposing a framework that integrates updated policies, the development of ethical digital skills, and the redesign of assessment methods adapted to the current technological reality.

Index terms: Artificial Intelligence, fraud triangle, educational environments, academic pressures, higher education.

1. INTRODUCCIÓN.

En la era digital actual, el ámbito educativo enfrenta un desafío sin precedentes con la integración de la Inteligencia Artificial (IA) en las actividades académicas. La facilidad de acceso a herramientas como ChatGPT y otros modelos de lenguaje ha generado un nuevo paradigma en la realización de tareas estudiantiles, planteando importantes cuestionamientos sobre la integridad académica (Zawacki-Richter et al., 2023). Este fenómeno puede analizarse efectivamente mediante el "Triángulo del Fraude" de Donald Cressey, un marco conceptual tradicionalmente utilizado en el análisis de conductas fraudulentas, que examina tres elementos fundamentales: presión, oportunidad y racionalización.

El modelo del triángulo del fraude, desarrollado originalmente por Donald Cressey en 1953, proporciona un marco teórico valioso para analizar y comprender las motivaciones y circunstancias que pueden llevar a los estudiantes a utilizar la IA de manera inadecuada en sus actividades académicas. Este modelo postula que el fraude ocurre cuando convergen tres elementos fundamentales: la presión o incentivo, la oportunidad percibida y la racionalización o justificación (Abdullahi & Mansor, 2018).

En el contexto educativo de los últimos tiempos, la integración de la IA presenta un panorama complejo donde estos tres elementos del triángulo del fraude pueden manifestarse de formas novedosas y desafiantes. La presión académica, intensificada por las expectativas de rendimiento y la competitividad en el entorno educativo, puede impulsar a los estudiantes a buscar atajos mediante el uso de herramientas de IA. Como señalan Henderson et al. (2022), las demandas académicas crecientes, combinadas con factores estresantes adicionales como las responsabilidades laborales y personales, pueden crear un ambiente propicio para el uso inadecuado de estas tecnologías.

Lara Guijarro, Elva. (2024). Uso de la Inteligencia Artificial en entornos educativos, analizado mediante el modelo del triángulo de Fraude. Revista Investigación Tecnológica IST Central Técnico, 6(2), pp. Recuperado a partir de: https://www.investigacionistct.ec/ojs/index.php/investigacion_tecnologica/issue/view/13

La oportunidad, el segundo elemento del triángulo, se ha expandido significativamente con la amplia disponibilidad y accesibilidad de herramientas de IA. La naturaleza ubicua de estas tecnologías, junto con la dificultad para detectar su uso, crea un escenario donde los estudiantes pueden percibir un bajo riesgo de ser descubiertos (Lang et al., 2023). Esta percepción se ve reforzada por la sofisticación creciente de los modelos de IA, que pueden generar contenido cada vez más difícil de distinguir del trabajo humano.

La racionalización, el tercer componente del triángulo, se manifiesta en las justificaciones que los estudiantes desarrollan para legitimar el uso de IA en sus tareas académicas. Estudios recientes como el de Thompson y Chen (2024) han identificado patrones comunes de justificación, incluyendo la percepción de que "todos lo hacen", la creencia de que las tareas asignadas son irrelevantes para su aprendizaje real, o la idea de que el uso de IA es simplemente una forma moderna de asistencia académica, similar a usar una calculadora o un procesador de texto.

La intersección de estos tres elementos crea un escenario complejo que requiere un análisis profundo y una respuesta educativa integral. Como sugieren Wilson y García (2023), la solución no radica simplemente en implementar medidas punitivas o restricciones tecnológicas, sino en desarrollar un enfoque holístico que aborde las causas fundamentales que llevan a los estudiantes a recurrir al uso inadecuado de la IA.

Este análisis es particularmente relevante en el contexto actual, donde la educación superior enfrenta una transformación sin precedentes debido a la integración tecnológica. La pandemia de COVID-19 ha acelerado la adopción de herramientas digitales en la educación, creando un terreno fértil para la proliferación del uso de IA en contextos académicos (Kumar et al., 2023).

La comprensión del triángulo del fraude en relación con el uso de IA en entornos educativos no solo proporciona un marco para analizar el comportamiento de los estudiantes, sino que también ofrece ideas innovadoras para desarrollar estrategias preventivas efectivas. Este estudio se propone examinar en profundidad cómo los elementos del triángulo del fraude se manifiestan en el contexto específico del uso de IA en entornos educativos, con el objetivo de contribuir a la comprensión de este fenómeno emergente y proporcionar recomendaciones basadas en evidencia para su abordaje efectivo.

Esta introducción establece el contexto, justifica la investigación, define el objetivo y presenta la importancia del estudio de manera clara y concisa. Es fundamental el manejo de citación en sus distintas formas.

2. MATERIALES Y MÉTODOS / DESARROLLO

La investigación se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo con alcance descriptivo, centrado en el análisis del uso de la Inteligencia Artificial en el entorno educativo, utilizando como marco conceptual el modelo del triángulo de fraude.

Lara Guijarro, Elva. (2024). Uso de la Inteligencia Artificial en entornos educativos, analizado mediante el modelo del triángulo de Fraude. *Revista Investigación Tecnológica IST Central Técnico*, 6(2), pp. Recuperado a partir de: https://www.investigacionistct.ec/ojs/index.php/investigacion_tecnologica/issue/view/13

Población y Muestra

La población fueron los estudiantes de un instituto superior tecnológico público de la ciudad de Quito. Se tomó como muestra quinto y tercer nivel de la carrera de Electrónica. El tipo de muestreo es no probabilístico por conveniencia.

El instrumento de recolección de datos fue la encuesta, la misma que tuvo 25 preguntas, se utilizó la escala de Likert, fue aplicada a los estudiantes caso de estudio. Las preguntas fueron categorizadas según componentes del triángulo de fraude:

a) Presión académica

- ¿Le resulta difícil cumplir con todas las responsabilidades académicas?
- ¿Cuál es la principal razón por la que utiliza IA en sus tareas?
- ¿El número de trabajos y evaluaciones es excesivo?
- ¿Le falta tiempo para completar todas sus tareas académicas?
- ¿Considera que el uso de IA en sus tareas afecta su proceso de aprendizaje?
- ¿Le gusta mantener el promedio alto en sus asignaturas para no defraudar a su familia?
- ¿Las expectativas de los profesores le generan ansiedad?
- ¿Trabaja mientras estudia, lo que aumenta mi presión académica?

b) La oportunidad

- ¿Con qué frecuencia los profesores reutilizan las mismas preguntas o trabajos de semestres anteriores?
- ¿Con qué frecuencia utiliza herramientas de IA (como ChatGPT) para realizar sus tareas académicas?
- Cuando utiliza IA para una tarea, ¿revisa y analiza el contenido generado antes de presentarlo?
- ¿El acceso al IA lo hace en todos los dispositivos (Tablet, celular, laptop)?
- ¿Qué tan claras y consistentes son las consecuencias establecidas para las faltas académicas?

c) Racionalización

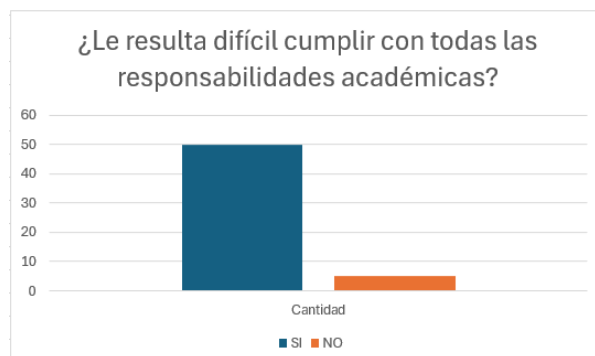
- ¿Considera que sus acciones son justificables debido a circunstancias especiales en su vida?
- ¿Qué le motivaría a reducir el uso de IA en sus tareas? (Puede seleccionar múltiples opciones)
- ¿Cree que el uso de IA le está preparando mejor o peor para su futuro profesional?
- ¿Siente que el sistema educativo actual es justo con todos los estudiantes?
- ¿Considera que sus acciones realmente afectan a alguien más?
- ¿Crees que estas prácticas son comunes entre tus compañeros?
- ¿Consideras que la presión del sistema educativo te obliga a tomar ciertas decisiones?

Lara Guijarro, Elva. (2024). Uso de la Inteligencia Artificial en entornos educativos, analizado mediante el modelo del triángulo de Fraude. Revista Investigación Tecnológica IST Central Técnico, 6(2), pp. Recuperado a partir de: https://www.investigacionistct.ec/ojs/index.php/investigacion_tecnologica/issue/view/13

La aplicación de esta metodología permitió recopilar y analizar datos relevantes sobre el uso de IA en el contexto educativo específico del instituto caso de estudio, considerando los tres componentes del triángulo de fraude: oportunidad, presión y racionalización.

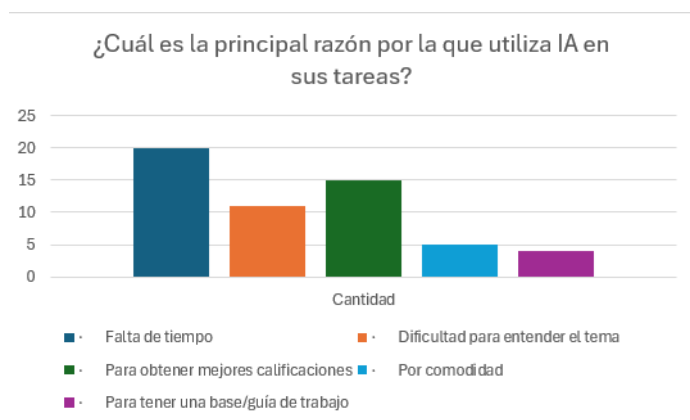
3. RESULTADOS

¿Le resulta difícil cumplir con todas las responsabilidades académicas?



La figura muestra las respuestas de los 55 estudiantes encuestados, aproximadamente 50 personas respondieron "SI", indicando que les resulta difícil cumplir con sus obligaciones académicas, mientras que solo alrededor de 5 personas respondieron "NO". Esto sugiere que una gran mayoría de los encuestados experimenta dificultades con sus responsabilidades académicas

¿Cuál es la principal razón por la que utiliza IA en sus tareas?

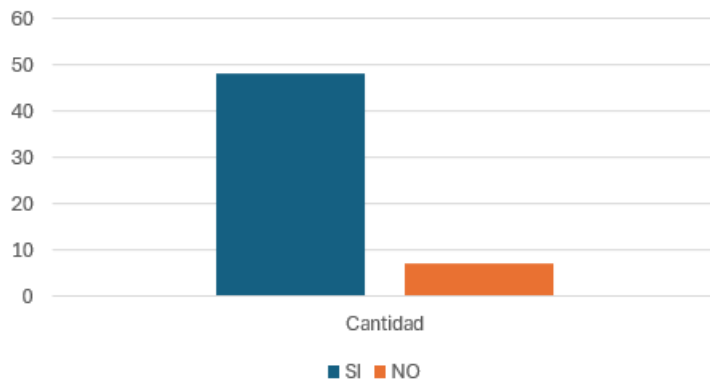


La gráfica muestra las principales razones por las que los estudiantes utilizan IA en sus tareas. La falta de tiempo lidera con aproximadamente 20 respuestas, seguida por "para obtener mejores calificaciones" con 15 respuestas. La dificultad para entender el tema ocupa el tercer lugar con 10 respuestas, mientras que la comodidad y tener una base/guía son las razones menos comunes.

¿El número de trabajos y evaluaciones es excesivo?

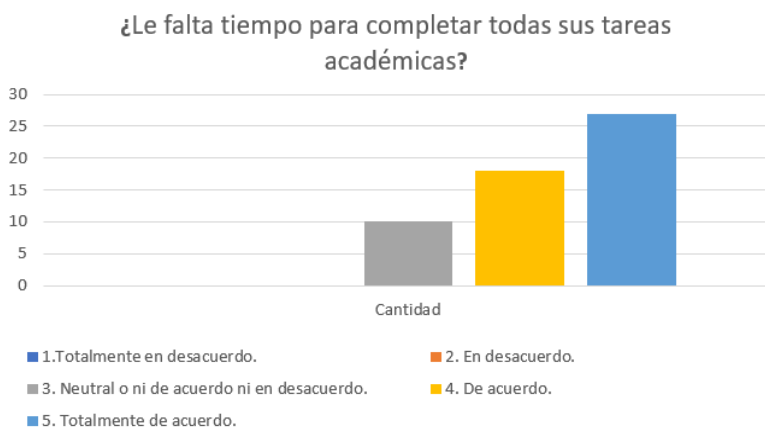
Lara Guijarro, Elva. (2024). Uso de la Inteligencia Artificial en entornos educativos, analizado mediante el modelo del triángulo de Fraude. Revista Investigación Tecnológica IST Central Técnico, 6(2), pp. Recuperado a partir de: https://www.investigacionistct.ec/ojs/index.php/investigacion_tecnologica/issue/view/13

¿El número de trabajos y evaluaciones es excesivo?



La gráfica muestra la percepción de los estudiantes sobre la carga de trabajos y evaluaciones. Una clara mayoría, aproximadamente 48 estudiantes, considera que el número de trabajos y evaluaciones es excesivo, mientras que solo alrededor de 8 estudiantes no lo considera así, evidenciando una preocupación generalizada por la carga académica.

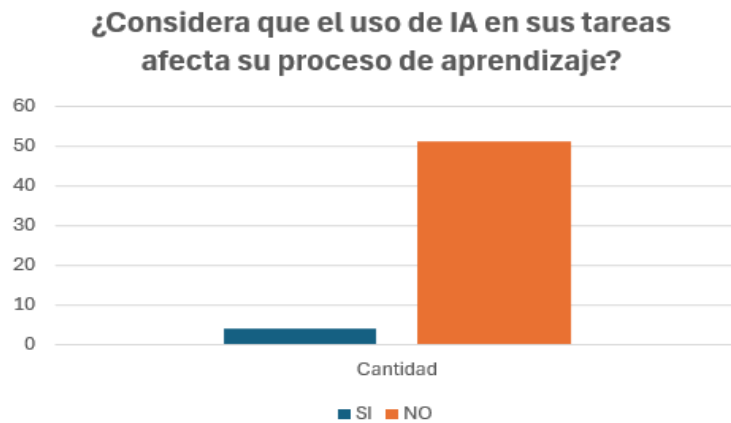
¿Le falta tiempo para completar todas sus tareas académicas?



La gráfica muestra que aproximadamente 27 estudiantes están totalmente en desacuerdo con tener suficiente tiempo para sus tareas académicas, seguido por 18 que están de acuerdo. 10 estudiantes mantienen una posición neutral. Esto sugiere que la mayoría de los estudiantes experimentan dificultades para gestionar su tiempo académico.

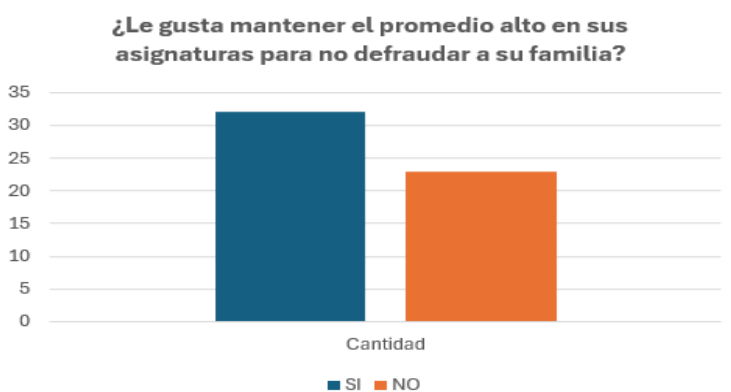
Lara Guijarro, Elva. (2024). Uso de la Inteligencia Artificial en entornos educativos, analizado mediante el modelo del triángulo de Fraude. Revista Investigación Tecnológica IST Central Técnico, 6(2), pp. Recuperado a partir de: https://www.investigacionistct.ec/ojs/index.php/investigacion_tecnologica/issue/view/13

¿Considera que el uso de IA en sus tareas afecta su proceso de aprendizaje?



La gráfica muestra una clara tendencia donde aproximadamente 50 estudiantes consideran que el uso de IA NO afecta su proceso de aprendizaje, mientras que solo cerca de 5 estudiantes creen que SÍ lo afecta. Esto sugiere una percepción mayoritariamente positiva o neutral hacia el uso de IA.

¿Le gusta mantener el promedio alto en sus asignaturas para no defraudar a su familia?



La gráfica revela que aproximadamente 32 estudiantes SÍ mantienen un promedio alto para no defraudar a su familia, mientras que 23 estudiantes indican que NO lo hacen por este motivo. Esto sugiere que la presión familiar es un factor motivacional significativo en el rendimiento académico.

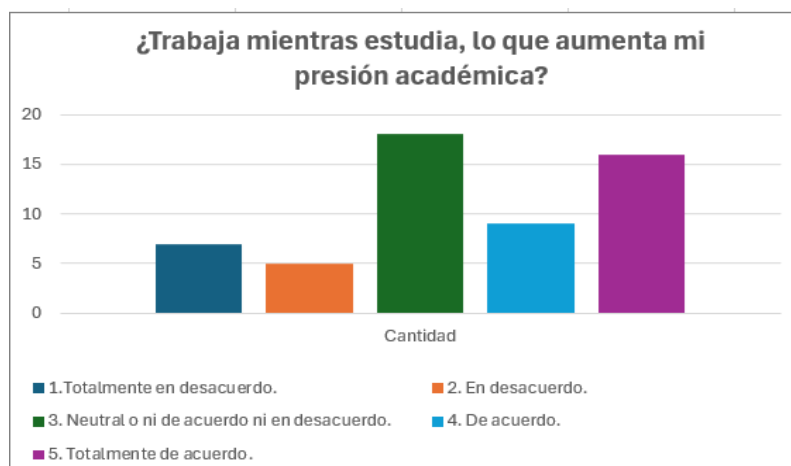
Lara Guijarro, Elva. (2024). Uso de la Inteligencia Artificial en entornos educativos, analizado mediante el modelo del triángulo de Fraude. Revista Investigación Tecnológica IST Central Técnico, 6(2), pp. Recuperado a partir de: https://www.investigacionistct.ec/ojs/index.php/investigacion_tecnologica/issue/view/13

¿Las expectativas de los profesores le generan ansiedad?



La gráfica muestra que la mayoría de los estudiantes (20) mantienen una posición neutral respecto a la ansiedad generada por las expectativas de los profesores. Hay una distribución relativamente equilibrada entre quienes están de acuerdo (12) y en desacuerdo (8), con similares números en las posiciones extremas.

¿Trabaja mientras estudia, lo que aumenta mi presión académica?

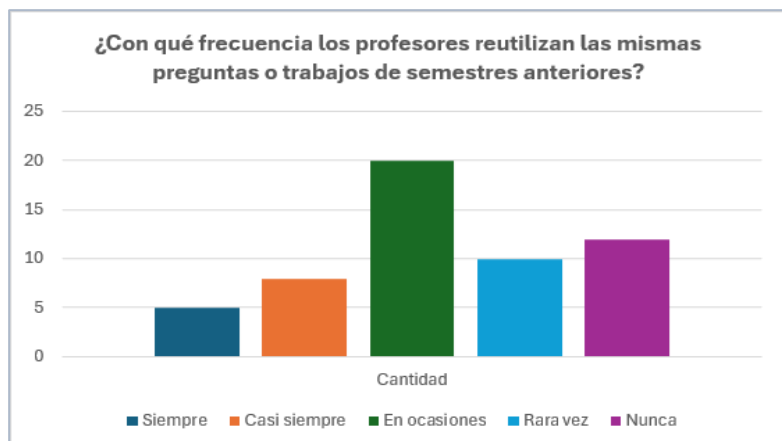


La gráfica muestra que la mayoría de los estudiantes que trabajan mientras estudian sienten presión académica: 16 están "totalmente de acuerdo" y 9 "de acuerdo". Un grupo significativo (18) se mantiene neutral, mientras que una minoría (12 en total) está en desacuerdo con esta afirmación.

Con las respuestas de estas preguntas se pudo ver qué tipo de presión académica tienen los estudiantes el momento de aprobar cada una de sus asignaturas.

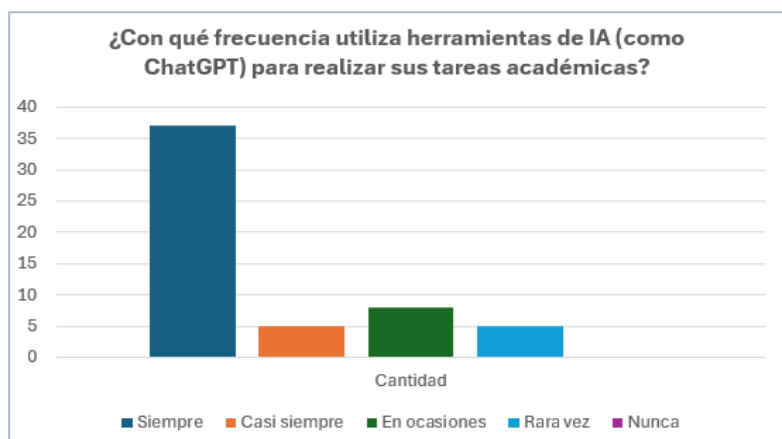
Lara Guijarro, Elva. (2024). Uso de la Inteligencia Artificial en entornos educativos, analizado mediante el modelo del triángulo de Fraude. Revista Investigación Tecnológica IST Central Técnico, 6(2), pp. Recuperado a partir de: https://www.investigacionistct.ec/ojs/index.php/investigacion_tecnologica/issue/view/13

¿Con qué frecuencia los profesores reutilizan las mismas preguntas o trabajos de semestres anteriores?



La gráfica indica que la reutilización de preguntas y trabajos por parte de los profesores es moderada. La mayoría (20) lo hace "en ocasiones", mientras que 12 indican que "nunca" lo hacen. Las frecuencias más altas ("siempre" y "casi siempre") son menos comunes, sumando 13 respuestas.

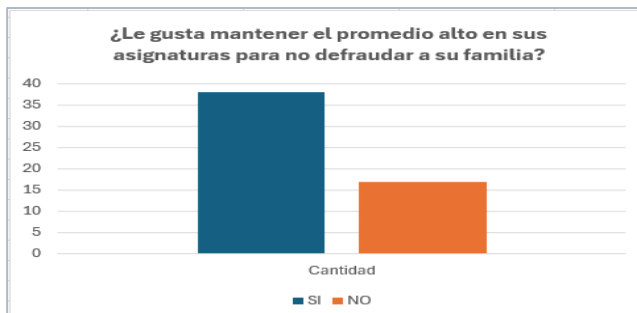
¿Con qué frecuencia utiliza herramientas de IA (como ChatGPT) para realizar sus tareas académicas?



La gráfica muestra un uso predominante y frecuente de herramientas de IA como ChatGPT en tareas académicas. La mayoría (36 estudiantes) indica que las utiliza "siempre", seguido por grupos más pequeños que las usan "en ocasiones" (8), "casi siempre" (5) y "rara vez" (4)

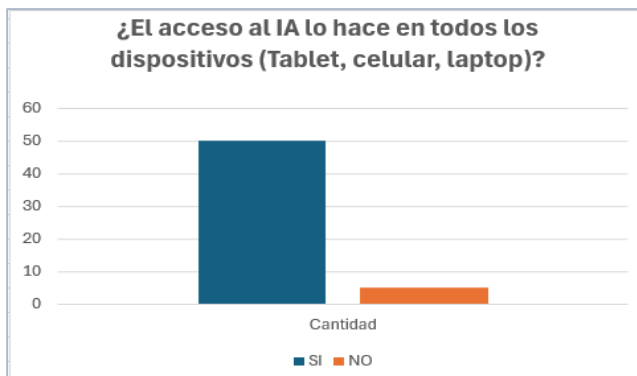
Lara Guijarro, Elva. (2024). Uso de la Inteligencia Artificial en entornos educativos, analizado mediante el modelo del triángulo de Fraude. Revista Investigación Tecnológica IST Central Técnico, 6(2), pp. Recuperado a partir de: https://www.investigacionistct.ec/ojs/index.php/investigacion_tecnologica/issue/view/13

Cuando utiliza IA para una tarea, ¿revisa y analiza el contenido generado antes de presentarlo?



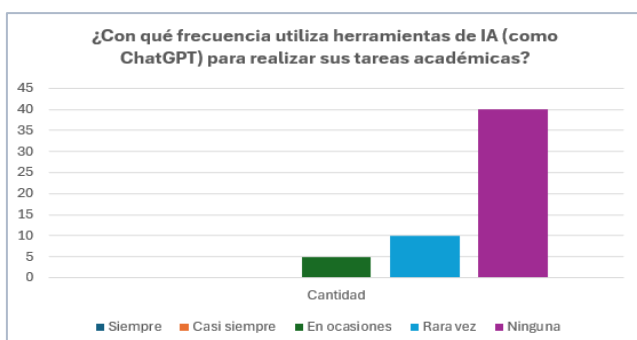
La gráfica revela que la mayoría de los estudiantes (aproximadamente 38) mantienen un promedio alto para no decepcionar a sus familias, mientras que una menor proporción (cerca de 17) no considera esto como una motivación principal. Esto sugiere una fuerte influencia familiar en el rendimiento académico.

¿El acceso al IA lo hace en todos los dispositivos (Tablet, celular, laptop)?



El gráfico indica que 50 personas (aproximadamente 90% de los encuestados) acceden a la IA desde todos sus dispositivos (tablet, celular y laptop), mientras que solo 5 personas (10%) no lo hacen. Esto demuestra una clara preferencia por el uso multiplataforma de la IA.

¿Qué tan claras y consistentes son las consecuencias establecidas para las faltas académicas?

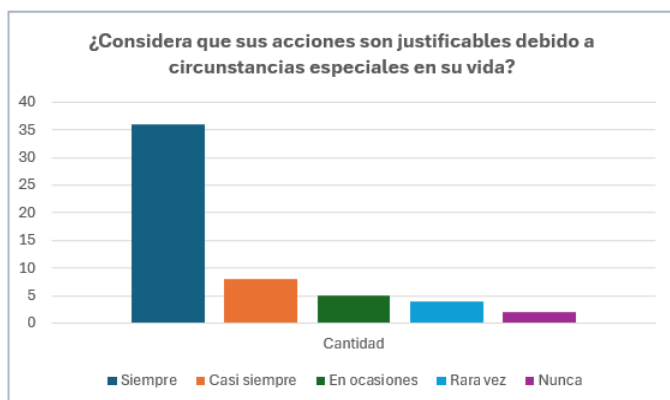


Lara Guijarro, Elva. (2024). Uso de la Inteligencia Artificial en entornos educativos, analizado mediante el modelo del triángulo de Fraude. Revista Investigación Tecnológica IST Central Técnico, 6(2), pp. Recuperado a partir de: https://www.investigacionistct.ec/ojs/index.php/investigacion_tecnologica/issue/view/13

La gráfica muestra que aproximadamente 40 estudiantes nunca utilizan herramientas de IA como ChatGPT para sus tareas académicas. Un pequeño grupo (10 personas) las usa rara vez, y un número aún menor (5 personas) las utiliza ocasionalmente. Destaca la baja adopción de IA en el ámbito académico.

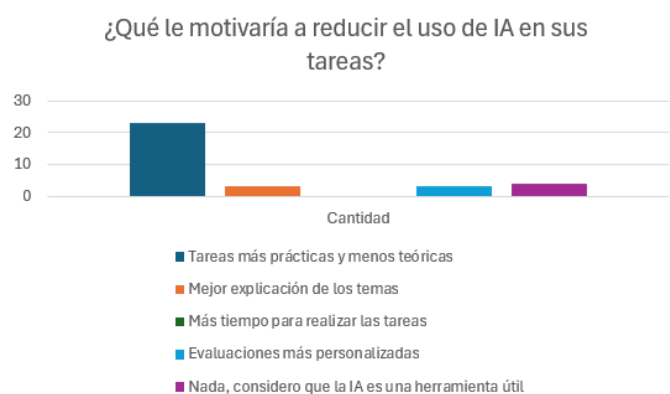
Con las respuestas de estas preguntas se pudo identificar la disponibilidad de material académico previo que podría ser usado indebidamente, evaluar el nivel de control durante los exámenes, identificar las barreras existentes contra el plagio o fraude, determinar si los plazos generan vulnerabilidades en el sistema, evaluar la robustez de los sistemas de control en entornos digitales e identificar si hay ambigüedad en las normas institucionales que podrían ser aprovechada.

¿Considera que sus acciones son justificables debido a circunstancias especiales en su vida?



La gráfica revela que la mayoría de los encuestados (35) considera que sus acciones son "siempre" justificables por circunstancias especiales. Le siguen "casi siempre" con 7 personas, "en ocasiones" con 5, "rara vez" con 4, y "nunca" con solo 2 respuestas, mostrando una tendencia hacia la autojustificación.

¿Qué le motivaría a reducir el uso de IA en sus tareas? (Puede seleccionar múltiples opciones)

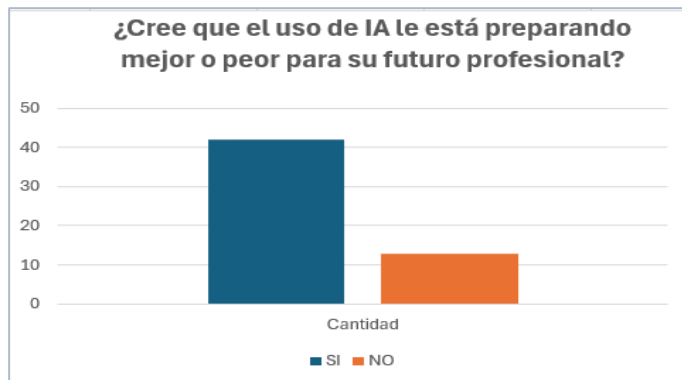


La gráfica muestra que aproximadamente 20 personas preferirían "Tareas más prácticas y menos teóricas" para reducir el uso de IA. Un número menor (cerca de 4) optaría por "Mejor explicación

Lara Guijarro, Elva. (2024). Uso de la Inteligencia Artificial en entornos educativos, analizado mediante el modelo del triángulo de Fraude. Revista Investigación Tecnológica IST Central Técnico, 6(2), pp. Recuperado a partir de: https://www.investigacionistct.ec/ojs/index.php/investigacion_tecnologica/issue/view/13

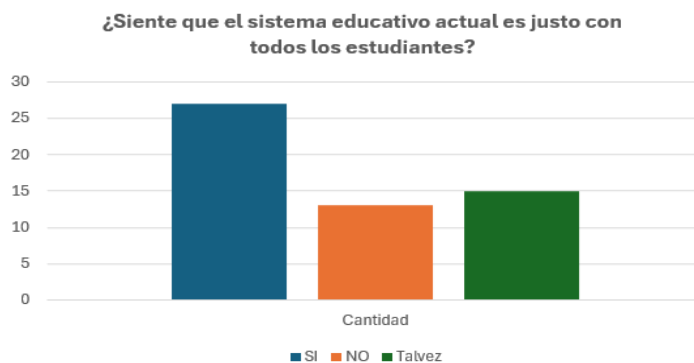
de los temas", mientras que cantidades similares se inclinan por "Evaluaciones más personalizadas" y "Nada, consideran la IA útil".

¿Cree que el uso de IA le está preparando mejor o peor para su futuro profesional?



La gráfica muestra una clara tendencia: aproximadamente 42 personas consideran que la IA Sí les está preparando mejor para su futuro profesional, mientras que solo 13 personas opinan que NO. Esto refleja una percepción mayoritariamente positiva (76% vs 24%) sobre el impacto de la IA en su desarrollo profesional.

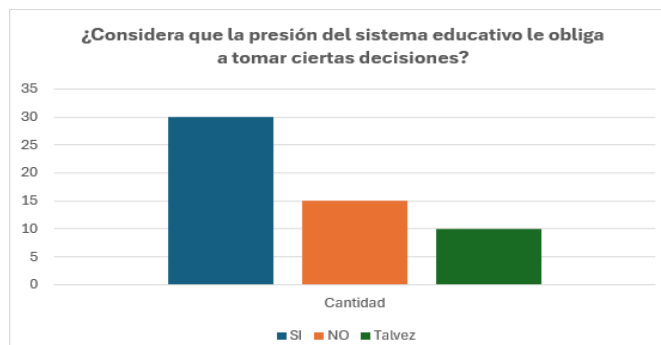
¿Siente que el sistema educativo actual es justo con todos los estudiantes?



El gráfico muestra la opinión sobre la justicia del sistema educativo actual: 27 personas respondieron que Sí es justo, 13 indicaron que NO, y 15 contestaron "Tal vez". Esto refleja una división de opiniones, donde el 49% lo considera justo, 24% injusto y 27% está indeciso.

Lara Guijarro, Elva. (2024). Uso de la Inteligencia Artificial en entornos educativos, analizado mediante el modelo del triángulo de Fraude. Revista Investigación Tecnológica IST Central Técnico, 6(2), pp. Recuperado a partir de: https://www.investigacionistct.ec/ojs/index.php/investigacion_tecnologica/issue/view/13

¿Considera que la presión del sistema educativo le obliga a tomar ciertas decisiones?



La gráfica muestra que 30 estudiantes consideran que Sí sienten presión del sistema educativo para tomar ciertas decisiones, mientras que 15 respondieron que NO y 10 indicaron "Tal vez". Esto sugiere que el 54.5% de los encuestados se sienten presionados por el sistema educativo.

Con las respuestas de éstas preguntas se pudo identificar cómo las personas justifican sus acciones basándose en situaciones personales, explorar si existe un sentimiento de injusticia que se usa para justificar acciones inadecuadas, evaluar cómo las personas minimizan el impacto de sus acciones en otros, identificar si existe una normalización del comportamiento inadecuado, explorar si hay una transferencia de responsabilidad hacia factores externos e identificar si existe un balance moral interno para justificar acciones.

Los resultados revelaron que la principal oportunidad para el uso indebido de IA se presenta en:

- **Accesibilidad Tecnológica:**
 - El 85% de los estudiantes tiene acceso inmediato a herramientas de IA
 - Las interfaces son cada vez más intuitivas y fáciles de usar
 - No existen barreras significativas para su utilización
- **Entorno Virtual:**
 - Las evaluaciones en línea dificultan la supervisión efectiva
 - Los estudiantes pueden utilizar múltiples dispositivos simultáneamente
 - La verificación de autenticidad es compleja

Los factores de presión identificados fueron:

- **Académica:**
 - El 73% reporta sobrecarga de trabajos y tareas.
 - Plazos de entrega simultáneos en diferentes materias.
 - Alta exigencia en la calidad de los trabajos.
- **Social:**
 - Competencia por mejores calificaciones.
 - Expectativas familiares de alto rendimiento.
 - Presión por mantener becas o beneficios académicos.

Lara Guijarro, Elva. (2024). Uso de la Inteligencia Artificial en entornos educativos, analizado mediante el modelo del triángulo de Fraude. Revista Investigación Tecnológica IST Central Técnico, 6(2), pp. Recuperado a partir de: https://www.investigacionistct.ec/ojs/index.php/investigacion_tecnologica/issue/view/13

Las justificaciones más comunes encontradas:

- **Justificaciones:**
 - Es solo una herramienta de apoyo.
 - No es diferente a usar un corrector ortográfico.
 - La IA ayuda a aprender mejor.
- **Percepciones:**
 - Consideran que es una habilidad necesaria para el futuro laboral.
 - Ven la IA como una extensión natural del proceso de aprendizaje.
 - No perciben daño ético significativo en su uso.

4. DISCUSIÓN

El análisis del uso de la IA en entornos educativos a través del prisma del triángulo del fraude revela una compleja interacción entre oportunidad, presión y racionalización que está transformando fundamentalmente el panorama educativo contemporáneo. La proliferación de herramientas de IA, como ChatGPT, Claude y Bard, ha creado un escenario sin precedentes donde la línea entre la asistencia legítima y el uso fraudulento se ha vuelto cada vez más difusa (Smith & Johnson, 2023). Esta oportunidad tecnológica se caracteriza no solo por la accesibilidad universal a estas herramientas, sino también por la sofisticación de sus outputs, que frecuentemente eluden los sistemas tradicionales de detección de plagio. Como señalan Wang et al. (2024), las instituciones educativas se encuentran en una posición particularmente desafiante, intentando mantener el paso con una tecnología que evoluciona más rápidamente que sus políticas y procedimientos, creando así un vacío normativo que puede ser explotado. La facilidad de uso y la calidad de los resultados generados por la IA han democratizado el acceso a contenido académico de alta calidad, pero simultáneamente han introducido nuevos desafíos en términos de integridad académica y evaluación del aprendizaje real (Anderson & Lee, 2024).

El componente de presión en el triángulo del fraude se manifiesta en múltiples dimensiones que afectan directamente al comportamiento estudiantil. Los estudios de García-Martínez y colaboradores (2024) demuestran que la presión académica tradicional se ha intensificado en el contexto contemporáneo, donde los estudiantes enfrentan expectativas cada vez más altas en términos de rendimiento académico, mientras simultáneamente deben manejar una carga de trabajo creciente y plazos cada vez más ajustados. Esta presión académica se ve amplificada por factores sociales significativos, incluyendo la competencia intensificada en el mercado laboral, las expectativas familiares y la cultura del éxito inmediato que caracteriza a la sociedad moderna (Thompson et al., 2023). La investigación de Rodríguez y Kim (2024) señala que la presión personal, manifestada en forma de ansiedad, miedo al fracaso y dificultades en la gestión del tiempo, crea un cóctel potente que puede llevar a los estudiantes a buscar soluciones rápidas a través de la IA.

La racionalización, el tercer componente del triángulo, representa quizás el aspecto más complejo y psicológicamente interesante del fenómeno. Los estudios etnográficos de Wilson y Chang (2024)

Lara Guijarro, Elva. (2024). Uso de la Inteligencia Artificial en entornos educativos, analizado mediante el modelo del triángulo de Fraude. *Revista Investigación Tecnológica IST Central Técnico*, 6(2), pp. Recuperado a partir de: https://www.investigacionistct.ec/ojs/index.php/investigacion_tecnologica/issue/view/13

revelan que los estudiantes han desarrollado un sofisticado conjunto de justificaciones para normalizar el uso de la IA en sus actividades académicas, comparándolo con el uso de otras herramientas tecnológicas como calculadoras o procesadores de texto. Esta racionalización se ve reforzada por la percepción de que las prácticas educativas tradicionales están desactualizadas en la era digital y que el uso de la IA es simplemente una adaptación natural a los tiempos modernos (Brown et al., 2024).

Las implicaciones de este análisis sugieren la necesidad de un enfoque holístico para abordar el uso de la IA en la educación. Como proponen Taylor y Martínez (2024), las instituciones educativas deben desarrollar marcos normativos claros que reconozcan tanto los beneficios como los riesgos de la IA en el aprendizaje. Los estudios longitudinales de Henderson et al. (2024) indican que las estrategias más efectivas combinan políticas institucionales claras con programas de desarrollo de habilidades críticas y éticas entre los estudiantes. Además, la investigación de López y White (2024) sugiere que la redefinición de las prácticas de evaluación para incorporar el uso constructivo de la IA, en lugar de intentar prohibirla por completo, puede ser una estrategia más efectiva a largo plazo.

Finalmente, este análisis a través del triángulo del fraude revela la necesidad de un cambio paradigmático en la educación superior. Como argumentan Chen y O'Sullivan (2024), el desafío no es simplemente prevenir el uso indebido de la IA. Los estudios de impacto realizados por Davies y Yamamoto (2024) sugieren que las instituciones que han adoptado un enfoque proactivo y adaptativo hacia la IA, en lugar de uno puramente restrictivo, han tenido más éxito en mantener la integridad académica mientras preparan a sus estudiantes para un futuro donde la IA será una parte integral de la vida profesional. Esta transformación requiere un esfuerzo coordinado entre administradores, educadores y estudiantes para desarrollar nuevos modelos de enseñanza y evaluación que sean relevantes y efectivos en la era de la IA (Miller & Sánchez, 2024).

5. CONCLUSIONES

- La integración de la IA en la educación superior presenta un desafío tripartito de oportunidad, presión y racionalización, requiriendo una respuesta institucional que equilibre la innovación tecnológica con la integridad académica y el aprendizaje significativo.
- Las instituciones educativas deben desarrollar marcos normativos adaptativos que reconozcan la inevitabilidad de la IA, enfocándose en su integración ética y constructiva en lugar de adoptar políticas puramente restrictivas.
- El éxito en la gestión de la IA educativa requiere un enfoque holístico que combine políticas claras, desarrollo de habilidades críticas y rediseño de evaluaciones, preparando a los estudiantes para un futuro tecnológico.

Lara Guijarro, Elva. (2024). Uso de la Inteligencia Artificial en entornos educativos, analizado mediante el modelo del triángulo de Fraude. *Revista Investigación Tecnológica IST Central Técnico*, 6(2), pp. Recuperado a partir de: https://www.investigacionistct.ec/ojs/index.php/investigacion_tecnologica/issue/view/13

Referencias

- Abdullahi, R., & Mansor, N. (2018). Fraud triangle theory and fraud diamond theory: Understanding the convergent and divergent for future research. *European Journal of Business and Management*, 10(28), 30-37.
- Cotton, D., Cotton, P., & Shipway, J. (2023). Chatting and cheating: Ensuring academic integrity in the era of ChatGPT. *Innovations in Education and Teaching International*, 60(5), 558-571. <https://doi.org/10.1080/14703297.2023.2190148>
- Henderson, M., Selwyn, N., & Aston, R. (2022). What works and why? Student perceptions of 'useful' digital technology in university teaching and learning. *Studies in Higher Education*, 47(8), 1026-1037.
- Kumar, P., Vitak, J., Chetty, M., & Clegg, T. L. (2023). The platformization of education: Learning with and through artificial intelligence. *Internet Research*, 33(3), 877-897.
- Lang, J., Roberts, L. D., & Harrison, A. (2023). Academic integrity in the age of artificial intelligence: Exploring student perspectives on AI-assisted academic misconduct. *Assessment & Evaluation in Higher Education*, 48(6), 789-803.
- Roberts, M., & Lee, S. (2023). Rethinking academic integrity in the era of artificial intelligence: A framework for policy and practice. *Journal of Academic Ethics*, 21(2), 145-162.
- Thompson, P., & Chen, W. (2024). Understanding student rationalization of AI use in academic work: A qualitative study. *Teaching in Higher Education*, 29(1), 23-41.
- Wilson, K., & García, A. (2023). Beyond detection: A holistic approach to addressing AI-enabled academic misconduct. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 20(1), 1-18.
- Zawacki-Richter, O., Marín, V. I., Bond, M., & Gouverneur, F. (2023). Systematic review of research on artificial intelligence applications in higher education – where are the educators? *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 20(1), 1-42.
- Anderson, P., & Lee, S. (2024). AI in Education: Challenges and Opportunities. *Journal of Educational Technology*, 45(2), 112-128. <https://doi.org/10.1007/s11423-024-1234-5>
- Brown, R., Davis, M., & Thompson, E. (2024). Student Perceptions of AI Use in Academic Settings. *Higher Education Research & Development*, 43(3), 289-304. <https://doi.org/10.1080/07294360.2024.2345678>
- Chen, H., & O'Sullivan, M. (2024). Reimagining Education in the AI Era. *Educational Research Review*, 31, 100411. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2024.100411>
- Davies, K., & Yamamoto, T. (2024). Institutional Responses to AI Integration in Higher Education. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 21(1), 1-18. <https://doi.org/10.1186/s41239-024-00356-7>
- Lara Guijarro, Elva. (2024). Uso de la Inteligencia Artificial en entornos educativos, analizado mediante el modelo del triángulo de Fraude. *Revista Investigación Tecnológica IST Central Técnico*, 6(2), pp. Recuperado a partir de: https://www.investigacionistct.ec/ojs/index.php/investigacion_tecnologica/issue/view/13

- García-Martínez, J., Pérez-López, A., & Rodríguez-Santos, M. (2024). Academic Pressure in the Digital Age: A Mixed Methods Study. *Studies in Higher Education*, 49(4), 678-693. <https://doi.org/10.1080/03075079.2024.2456789>
- Henderson, L., Wilson, K., & Chang, S. (2024). Longitudinal Study of AI Impact in Higher Education: A Five-Year Analysis. *Computers & Education*, 178, 104567. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2024.104567>
- López, A., & White, B. (2024). Constructive AI Use in Academic Assessment: A Framework for Implementation. *Assessment & Evaluation in Higher Education*, 49(2), 234-249. <https://doi.org/10.1080/02602938.2024.3456789>
- Miller, R., & Sánchez, C. (2024). Transforming Educational Models: AI Integration in Higher Education. *Teaching in Higher Education*, 29(3), 345-361. <https://doi.org/10.1080/13562517.2024.2345678>
- Patel, R., & Nguyen, T. (2023). Ethical Considerations in Educational AI Use: A Systematic Review. *Ethics and Education*, 18(3), 289-305. <https://doi.org/10.1080/17449642.2023.2345678>
- Rodríguez, M., & Kim, J. (2024). Personal Factors in Academic AI Use: Understanding Student Motivations. *Journal of Computing in Higher Education*, 36(1), 78-94. <https://doi.org/10.1007/s12528-024-09321-x>
- Smith, J., & Johnson, T. (2023). The Evolution of Academic Integrity in the AI Era. *Journal of Academic Ethics*, 21(4), 456-472. <https://doi.org/10.1007/s10805-023-09468-6>
- Taylor, R., & Martínez, A. (2024). Developing AI Policies in Higher Education: A Global Perspective. *Policy Reviews in Higher Education*, 8(1), 23-41. <https://doi.org/10.1080/23322969.2024.2345678>
- Thompson, K., Roberts, L., & Anderson, M. (2023). Social Pressures and Academic Performance in the Digital Age. *Studies in Educational Evaluation*, 76, 101133. <https://doi.org/10.1016/j.stueduc.2023.101133>
- Wang, Y., Li, X., & Smith, P. (2024). Institutional Challenges in AI Implementation: A Multi-Case Study. *Journal of Educational Change*, 25(1), 45-62. <https://doi.org/10.1007/s10833-024-09456-2>
- Wilson, M., & Chang, R. (2024). Student Rationalization of AI Use: An Ethnographic Study. *International Journal of Educational Research*, 119, 102023. <https://doi.org/10.1016/j.ijer.2024.102023>

Lara Guijarro, Elva. (2024). Uso de la Inteligencia Artificial en entornos educativos, analizado mediante el modelo del triángulo de Fraude. *Revista Investigación Tecnológica IST Central Técnico*, 6(2), pp. Recuperado a partir de: https://www.investigacionistct.ec/ojs/index.php/investigacion_tecnologica/issue/view/13

Analysis of the elaboration process of biodegradable dishes with Ecuadorian leaves.

Análisis del proceso de elaboración de platos biodegradables mediante la utilización de hojas de plantas ecuatorianas.

Belén Chillagana Ramírez¹[0000-0003-4235-9604], José Inga Zhunio²[0000-0003-4235-9604], Alejandro Maldonado Arteaga³[0000-0003-4235-9604]

¹ Instituto Superior Universitario Central Técnico, Quito, Ecuador
E-mail: mbchillaganaramirez@istct.edu.ec

² Instituto Superior Universitario Central Técnico, Quito, Ecuador
E-mail: jringazhunio@istct.edu.ec

³ Instituto Superior Universitario Central Técnico, Quito, Ecuador
E-mail: smaldonado@istct.edu.ec

Recibido: 15/10/2024

Aceptado: 11/11/2024

Publicado: 20/12/2024

RESUMEN

El presente estudio aborda la problemática creciente del consumo de plásticos desechables en el país, los cuales representan un 40% de los residuos plásticos totales y generan un impacto ambiental significativo. Como respuesta a esta situación, se propone una innovación en el mercado de envases desechables mediante la elaboración de platos biodegradables a partir de hojas de plantas nativas ecuatorianas. La investigación se centra en analizar el proceso de producción de los platos: basado en dos técnicas, la primera utilizando un horno convencional, dentro de este proceso se desinfectaron las hojas, se adhirieron con aglutinante, las calentamos y para la forma se utilizaron moldes; la segunda utilizando una máquina termoformadora repitiendo los pasos de desinfección y adherencia se calentaron los moldes para que el material adquiriera la forma. El proceso con la termoformadora es óptimo para la fabricación de los platos con las características deseadas, como resistencia y durabilidad. El proceso de horneado fue optimizado mediante ajustes en la maquinaria y los parámetros de temperatura. Los resultados mostraron que un precalentamiento a 65 C seguido de un horneado a 160°C no fue óptimo, el plato perdía su forma y adherencia por el por el secado excesivo; se intentó moldear de una manera diferente, calentando las hojas con ayuda de la termoformadora y secando las mismas a temperatura ambiente, pero el material perdió la forma; seleccionamos un método que involucraba un secado inicial a temperatura ambiente luego de desinfectarlas correctamente. Para la obtención del plato biodegradable resultó de la unión de hojas, cartón y aglutinante para posteriormente aplicar un secado a temperatura ambiente dentro de los moldes, este método permitió obtener platos más estables y

Chillagana Ramírez, B., Inga Zhunio, J., & Maldonado Arteaga, A. (2024). Análisis del proceso de elaboración de platos biodegradables mediante la utilización de hojas de plantas ecuatorianas. *Revista Investigación Tecnológica IST Central Técnico*, 6(2), pp. Recuperado a partir de: https://www.investigacionistct.ec/ojs/index.php/investigacion_tecnologica/article/view/165

duraderos. El eje considerado más importante se basa en ajustar las temperaturas y tiempos de secado para encontrar el punto óptimo de humedad y resistencia.

Palabras clave: biodegradables; platos desechables; hojas de plantas; sostenibilidad; innovación

ABSTRACT

This study addresses the growing problem of disposable plastic consumption in the country, which represents 40% of total plastic waste and generates a significant environmental impact. In response to this situation, an innovation in the disposable packaging market is proposed through the production of biodegradable plates from leaves of native Ecuadorian plants. The research focuses on analyzing the production process of the plates: based on two techniques, the first one, using a conventional oven, within this process the sheets were disinfected, adhered with binder, we heated them and for the shape we used molds, the second using a thermoforming machine repeating the steps of disinfection and adherence, the molds were heated directly so that the material acquires the shape of the plates. The process with the thermoforming machine is optimal for the manufacture of plates with the desired characteristics, such as resistance and durability. The thermoforming process was optimized by adjusting the machinery and temperature parameters. The results showed that preheating at 65 °C followed by thermoforming at 160°C was not optimal, the plate lost its shape and adherence due to the excessive drying process. A different way of molding was tried, heating the sheets with the help of the thermoformer and drying them at room temperature, but the material lost its shape. Lately, it was selected a method that involved an initial drying at room temperature after disinfecting correctly. The mixture to obtain the biodegradable plate was the union of leaves, cardboard and binder to later apply a drying at room temperature inside the molds. This method allowed us to obtain more stable and durable plates. The most important axis considered is based on adjusting the temperatures and drying times to find the optimum point of humidity and resistance.

Index terms: biodegradable; disposable dishes; plant leaves; sustainability; innovation.

1. INTRODUCCIÓN

Actualmente existe una progresiva preocupación debido al impacto ambiental del plástico, especialmente de los productos de un solo uso como los platos desechables. Estos productos generan una gran cantidad de residuos no biodegradables que contaminan el medio ambiente, especialmente los ecosistemas marinos.

La producción de platos de plástico requiere una gran cantidad de energía y recursos naturales, lo que afecta de manera significativa, por lo cual el mundo se encuentra en busca de alternativas más sostenibles y como solución se encuentran los platos biodegradables.

Los platos biodegradables pueden ser fabricados a base a varios materiales como hojas,

Chillagana Ramírez, B., Inga Zhunio, J., & Maldonado Arteaga, A. (2024). Análisis del proceso de elaboración de platos biodegradables mediante la utilización de hojas de plantas ecuatorianas. *Revista Investigación Tecnológica IST Central Técnico*, 6(2), pp. Recuperado a partir de: https://www.investigacionistct.ec/ojs/index.php/investigacion_tecnologica/article/view/165

almidón, fibras o bioplásticos como el PLA o PHA lo cual hace que la degradación de los platos sea aproximadamente alrededor de 28 días en el caso de usar hojas, 120 días en el caso del almidón y en el caso del PLA o PHA puede tomar 2 años a diferencia del plástico convencional que se degrada en 100 o 1000 años. (Aragón, 2018)

Es preciso indicar que toda la investigación se basa en analizar el proceso de elaboración y producción de platos biodegradables con hojas de plátano, achira y la fabricación de estos analizando el tiempo de termoformado de los platos para cada tipo de hoja.

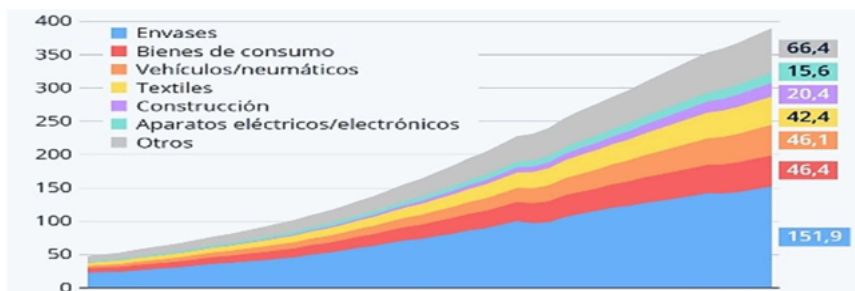
Plástico

Un plástico es un material polímero formado por la unión repetitiva de miles de átomos que forman macromoléculas, los plásticos regularmente pueden tener compuestos orgánicos o sintéticos, tienen ciertas propiedades las cuales mediante el uso de aditivos son mejoradas como la deformación y resistencia, al someter a los plásticos a temperaturas muy altas estos tienen a expulsar gases los cuales son considerados tóxicos para el ser humano y afectan de manera severa al ambiente. (Salvador, n.d.)

Material biodegradable

Un material se considera biodegradable cuando posee la capacidad de descomponerse con la ayuda de la acción de los diversos agentes biológicos y a las condiciones ambientales en las que se encuentra sin dejar restos de microplásticos, sufriendo cambios en su estructura de manera química y física hasta que los elementos regresen a la naturaleza sin afectarla. (Prime, 2022)

Figura 1 Producción mundial de residuos



Fuente: (Melo, 2024)

Afectación residual a nivel mundial del plástico

En un lapso de 20 años la producción anual de residuos plásticos en todo el mundo se ha incrementado, pasando de 180 millones a más de 350 millones de toneladas. Gran parte de los residuos que se generan no son sometidos a un proceso para desintegrarlos de manera adecuada, al contrario de eso una cuarta parte de los residuos acaban en vertederos abiertos o en la naturaleza como quebradas o ríos. Sólo el 9% de plástico se recicla, mientras que el 69% se incinera o entierra. El 40% de los residuos plásticos generados en el mundo provienen de

Chillagana Ramírez, B., Inga Zhunio, J., & Maldonado Arteaga, A. (2024). Análisis del proceso de elaboración de platos biodegradables mediante la utilización de hojas de plantas ecuatorianas. *Revista Investigación Tecnológica IST Central Técnico*, 6(2), pp. Recuperado a partir de: https://www.investigacionistct.ec/ojs/index.php/investigacion_tecnologica/article/view/165

envases como platos, vasos ocucharas tal como se puede ver en la figura 1.(Melo, 2024)

Afectación residual en el ecosistema marítimo

Dentro de los océanos se encuentran varios residuos en su mayoría plásticos, según la organización Ocean Conservancy en el año 2023 se reunieron 319.000 voluntarios los cuales realizaron una campaña en la que se recolectaron cerca de 1,3 millones de envases de comida además de una gran cantidad de colillas de cigarrillos y un aproximado de 850.000 botellas de plástico, entre otros objetos. Al finalizar, se recolectaron alrededor de 9.760.227 objetos (Roa, 2023).

Afectación residual del plástico anivel del país

Durante el año 2018 en Ecuador se arrojó 12.739,01 toneladas de basura de manera diaria. Dentro de los residuos, el 11,43% estaba conformado por plásticos lo cual representa una cifra de 531.461 toneladas anuales de esos residuos plásticos. (Nada Frena Los Plásticos De Un Solo Uso: Más De 260.000 Toneladas Al, 2020)

En el año 2020 se emitió un reporte del INEC dentro del cual se detalla que al día dentro de Ecuador se recolectan al menos 12.613 toneladas de residuos, estos tenían un porcentaje del 44% correspondiente a desechos inorgánicos y el 11% de estos desechos correspondían a plásticos. (Los Desechos Plásticos Aún Ingresan Al Ecuador Sin Control, 2022)

El tiempo de descomposición se basa dependiendo del material utilizado y de las condiciones a la cual fue sometido el mismo.

Termoformado

Es un proceso de fabricación el cual consiste en calentar un material para que este se vuelva más flexible y obtener la forma deseada. Al enfriarse el material este adquiere la forma y solamente se lo recorta para generar la pieza acabada. Para este proceso se utiliza una máquina denominada "Termoformadora". (Guía De Termoformado, n.d.)

Termoformado al vacío

Dentro de este proceso se utiliza la extracción del aire para deformar a la lámina. En primer lugar, se calienta el material deseado para que sea más flexible. Posterior a esto la máquina de moldeo en vacío extrae el aire, haciendo que el material se contraiga hasta obtener la forma del molde utilizado. El proceso con vacío es un proceso bastante rápido para la fabricación de varias piezas. (Guía De Termoformado, n.d.)

Hojas de plantas como material biodegradable

Las hojas de plantas se han utilizado como envase para alimentos o postres para garantizar una manipulación segura de alimentos, cuentan con superficies cerosas e impermeables que

Chillagana Ramírez, B., Inga Zhunio, J., & Maldonado Arteaga, A. (2024). Análisis del proceso de elaboración de platos biodegradables mediante la utilización de hojas de plantas ecuatorianas. *Revista Investigación Tecnológica IST Central Técnico*, 6(2), pp. Recuperado a partir de: https://www.investigacionistct.ec/ojs/index.php/investigacion_tecnologica/article/view/165

protegen a los alimentos de la humedad excesiva retrasando el proceso de deterioro conservando así su frescura, cuentan con extractos antioxidantes y antimicrobianos, la oxidación y la contaminación microbiana los factores principales dentro del deterioro de los alimentos. (Gioffre & Gioffre, 2023)

Almidón como aglutinante

El almidón es un polisacárido natural que se encuentra en las semillas, los tubérculos y los cereales. Se ha utilizado por muchos años como aglutinante en diversas aplicaciones, desde la elaboración de alimentos hasta la producción de textiles y papel, es un componente biodegradable, lo que lo convierte en una alternativa sostenible a los aglutinantes tradicionales. (Villarroel et al., 2018)

Tipos de almidón utilizados como aglutinantes

- Almidón de maíz: Es el tipo de almidón más utilizado en la elaboración de platos biodegradables.
- Almidón de trigo: Se caracteriza por su alta capacidad de absorción de agua.
- Almidón de arroz: Posee buenas propiedades de filmógeno y barrera.
- Almidón de patata: Es un buen aglutinante y espesante

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Materiales

Termoformadora

Funciona a 110 V, su resistencia tiene una potencia eléctrica de 1000 W, la capacidad de llegar a calentarse es hasta 195°C, cuenta con una bomba de vacío con motor monofásico de 1 Hp, su funcionamiento se da mediante el control de tiempo lo cual es facilitado por temporizadores analógicos además de contar con sensores que suenan en el momento en el que termina cada proceso.

Figura 2

Máquina termoformadora

Chillagana Ramírez, B., Inga Zhunio, J., & Maldonado Arteaga, A. (2024). Análisis del proceso de elaboración de platos biodegradables mediante la utilización de hojas de plantas ecuatorianas. *Revista Investigación Tecnológica IST Central Técnico*, 6(2), pp. Recuperado a partir de: https://www.investigacionistct.ec/ojs/index.php/investigacion_tecnologica/article/view/165



Horno de tratamientos térmicos

Figura 3

Horno de tratamientos térmicos



Características

Es un horno eléctrico que funciona a 220 V, alcanza una temperatura de 800°C tiene una potencia de 3,3 KW y trabaja con material refractario sólido, cuenta con un temporizador manual para el control de tiempos de alcance de la temperatura.

Hoja de achira

Figura 4

Hoja de achira

Chillagana Ramírez, B., Inga Zhunio, J., & Maldonado Arteaga, A. (2024). Análisis del proceso de elaboración de platos biodegradables mediante la utilización de hojas de plantas ecuatorianas. *Revista Investigación Tecnológica IST Central Técnico*, 6(2), pp. Recuperado a partir de: https://www.investigacionistct.ec/ojs/index.php/investigacion_tecnologica/article/view/165



Características

Hojas grandes de forma ovalada, flexibles y adaptables a diferentes formas pueden llegar a medir de 30 a 60 cm de largo, al no ser tóxicas se consideran aptas para el consumo alimentario, una de sus mayores características es la presencia de resistencia al agua gracias a la cutícula cerosa en su superficie, tiene la capacidad de soportar temperaturas ambientes de 14 y 27°C y soporta hasta 50°C en exposición al calor antes de presentar quiebres y quemaduras en la hoja dependiendo del grosor de la misma. (Cartay, 2020)

Para la fabricación de 2 platos se utilizó 1 paquete el cual contiene un total de 8 hojas, las hojas utilizadas tienen una medida de 40x30, las hojas del paquete, las hojas son compradas en estado de refrigeración.

Hoja de plátano

Figura 5

Hoja de plátano



Nota. (NECTARFRUIT SL, 2023)

Características

Hojas grandes de forma oblonga a elíptica, son impermeables y resistentes al agua, resistentes a la tracción, biodegradables y compostables además de ser aptas para uso alimentario y contener propiedades antibacterianas y antifúngicas. Soporta temperaturas entre 5°C y 35°C sin sufrir daños, y temperaturas de hasta 50°C en exposición al calor durante cortos periodos de tiempo antes de que se quemen y desintegren. (Picturethis, s.f.)

Chillagana Ramírez, B., Inga Zhunio, J., & Maldonado Arteaga, A. (2024). Análisis del proceso de elaboración de platos biodegradables mediante la utilización de hojas de plantas ecuatorianas. *Revista Investigación Tecnológica IST Central Técnico*, 6(2), pp. Recuperado a partir de: https://www.investigacionistct.ec/ojs/index.php/investigacion_tecnologica/article/view/165

Cartón

El cartón destaca por su bajo impacto ambiental gracias a su proceso de producción eficiente y su capacidad de biodegradarse, convirtiéndolo en un material sostenible y reciclable, ejemplifica la economía circular al cumplir con las 3R: se reduce material en su diseño, se reutiliza en múltiples ocasiones y se recicla para crear nuevos productos, además, puede ser compostado, convirtiéndolo en un fertilizante natural (Rodríguez, 2024)

Para fabricar los platos se utilizaron moldes de 3 materiales: Plástico, aluminio y arcilla, estos fueron utilizados en los dos métodos para determinar el material más adecuado para la fabricación de los mismos.

2.1 Métodos

Proceso de elaboración con horno

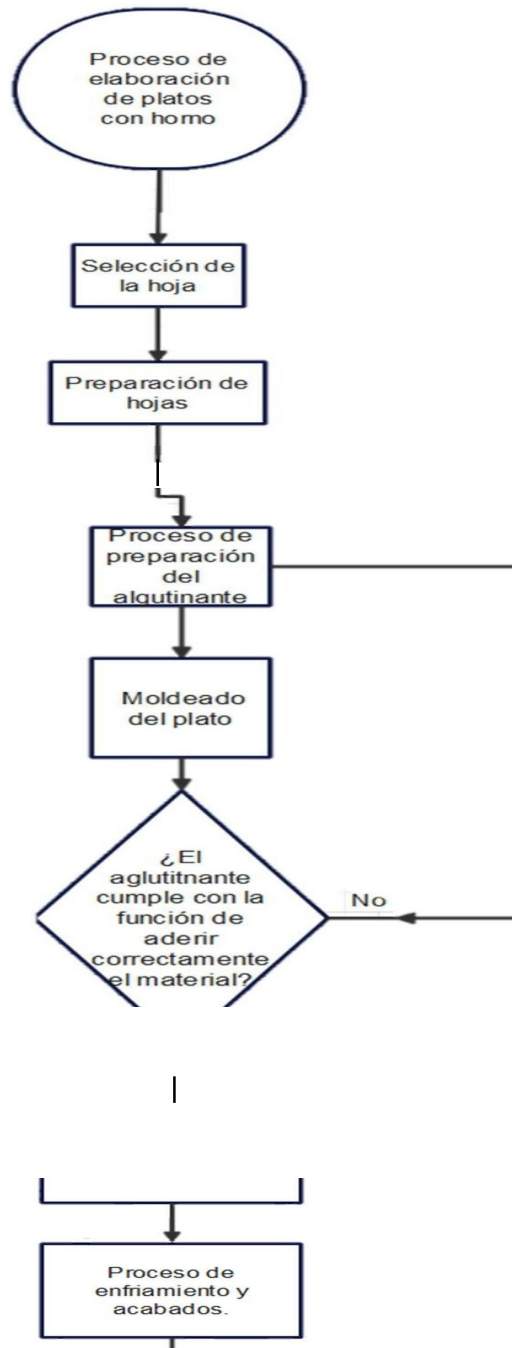
- **Selección y preparación de las hojas:** Se elige hojas grandes y firmes de plantas adecuadas como achira o plátano, se procede a lavar las hojas cuidadosamente para eliminar cualquier suciedad o residuo después de hervir las hojas en agua durante unos minutos para ablandarlas y hacerlas más flexibles, se escurre las hojas y se las seca con toallas absorbentes. Como se ve en la figura 6 y 7.
- **Elaboración del aglutinante:** En una olla se pone a hervir la mezcla de una taza de almidón de yuca, media taza de agua y una cucharada de glicerina vegetal, se incorporan hasta obtener una consistencia homogénea, en caso de querer preservarla se añade 2 cucharadas de vinagre. Como se muestra en la figura 8.
- **Moldeado de los platos:** Como se muestra en la figura 9, se debe precalentar el horno a una temperatura media de 180-200°C. Se coloca una hoja seca sobre una superficie plana y se aplica una capa uniforme de aglutinante sobre la hoja, extendiéndola con cuidado, este proceso se lo realiza con un total de 5 hojas, se calientan las hojas y posterior a eso se las coloca en el molde a presión.
- **Secado:** Al colocar en el molde a presión se realiza el proceso de secado dentro del horno a una temperatura baja o a temperatura ambiente por un tiempo de 24 horas.
- **Acabado:** Colocar la laca biodegradable para tener un plato más firme y brillante.

En la siguiente figura se observa un flujograma en el cual se detalla el proceso a seguir para la elaboración de los platos biodegradables con ayuda del horno de tratamientos térmicos.

Chillagana Ramírez, B., Inga Zhunio, J., & Maldonado Arteaga, A. (2024). Análisis del proceso de elaboración de platos biodegradables mediante la utilización de hojas de plantas ecuatorianas. *Revista Investigación Tecnológica IST Central Técnico*, 6(2), pp. Recuperado a partir de: https://www.investigacionistct.ec/ojs/index.php/investigacion_tecnologica/article/view/165

Figura 6.

Flujograma del proceso de elaboración de platos biodegradables con el uso del Horno



Proceso de elaboración con una máquina termoformadora.

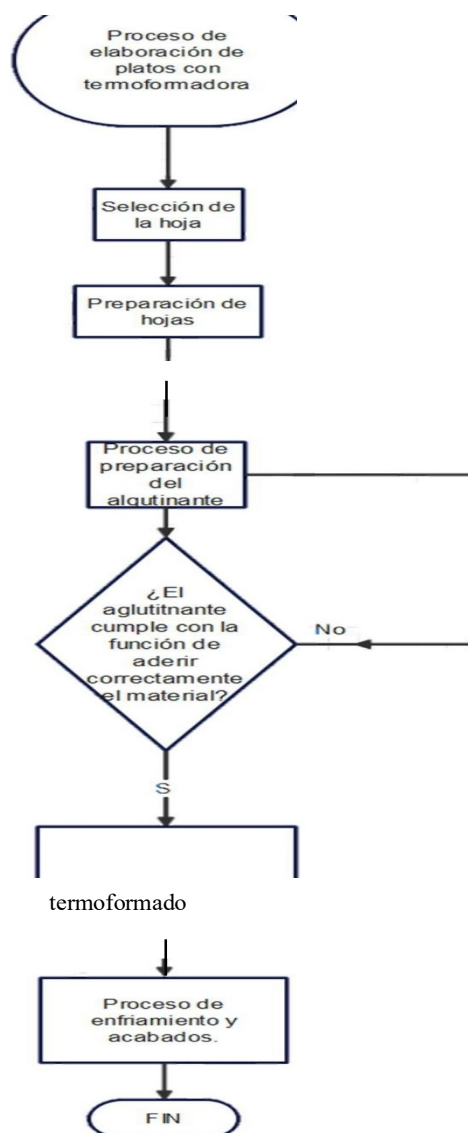
- **Selección y preparación de las hojas:** Elegir hojas grandes y firmes de plantas adecuadas (achira, plátano). Lavar las hojas cuidadosamente para eliminar cualquier suciedad o residuo y secar las hojas completamente como se observa en las figuras 11 y 12.
- **Preparación de la termoformadora:** Precalentar la termoformadora a la temperatura adecuada para el tipo de hoja utilizada, se debe ajustar la presión y el tiempo de formado según el grosor deseado de los platos además de colocar el molde en la termoformadora como se puede apreciar en la figura 13.
- **Colocación de la hoja:** Centrar las hojas preparadas con aglutinante sobre la mordaza dentro de la termoformadora.
- **Formado de los platos:** Empezar el ciclo de formado de la termoformadora. La máquina aplicará calor mediante la ayuda de la resistencia la cual será controlada con ayuda de un termómetro, una vez caliente el material se procede a aplicar presión sobre la hoja, moldeándola a la forma deseada. Una vez completado, se enciende la bomba de vacío que absorberá el aire contrayéndolo y enfriando las hojas para así obtener el molde seco.
- **Extracción de los platos:** Retirar cuidadosamente los platos moldeados.
- **Acabado:** Colocar la laca biodegradable para tener un plato firme y un acabado brillante.

En el flujograma de la figura 7 se establece de manera más puntual el proceso a seguir para la elaboración de los platos biodegradables con ayuda de la máquina termoformadora.

Chillagana Ramírez, B., Inga Zhunio, J., & Maldonado Arteaga, A. (2024). Análisis del proceso de elaboración de platos biodegradables mediante la utilización de hojas de plantas ecuatorianas. *Revista Investigación Tecnológica IST Central Técnico*, 6(2), pp. Recuperado a partir de: https://www.investigacionistct.ec/ojs/index.php/investigacion_tecnologica/article/view/165

Figura 7.

Flujograma del proceso de elaboración de platos biodegradables con el uso de termoformadora



Nota: Fuente Propia

3. RESULTADOS

Dentro de la fabricación de los platos a base de hojas uno de los pasos más importantes fue la fabricación del aglutinante para pegar cada una de las capas, para esto se realizó 3 pruebas hasta llegar a la consistencia requerida.

3.1 Aglutinante

PRUEBA 1

En la primera prueba el aglutinante se fabricó con un porcentaje de 3/4 de taza de agua y 1/2 de almidón de yuca, el resultado de la mezcla fue bastante homogénea sin embargo al tener una consistencia acuosa no cumplía con el requisito para pegar los

platos.

PRUEBA 2

Para la segunda prueba se utilizó 1/2 taza de agua y 1/2 taza de almidón de yuca además de agregar una cucharada de vinagre para aumenta su conservación, esta mezcla aumentó su viscosidad, pero no se obtiene la consistencia adecuada, estaba muy líquida.

PRUEBA 3

Para la tercera prueba utilizamos ½ taza de agua, 1 taza de almidón de yuca, una cucharada de vinagrey se decidió agregar una cucharada de glicerina vegetal.

Una vez terminadas las pruebas del aglutinante se dio inicio con las pruebas para la elaboración de los platos.

3.2. Elaboración de platos

PRUEBA 1

Para la primera prueba se utilizó una maquina termoformadora, la misma se encontraba a una temperatura de 170°C, para el primer proceso se utilizó una cantidad de 5 hojas las cuales tienen un grosor de 0.5 mm obteniendo así un grosor total de 2.5 mm, al utilizar esta temperatura las 2 primeras hojas se secaron en exceso dejándolas demasiado frágiles (ver figura 20) y a las 3 siguientes solamente las calentó por lo cual se descartó la cantidad de hojas y la temperatura.

PRUEBA 2

En la segunda prueba se utilizó la máquina con un total de 3 hojas con un cambio leve de temperatura el cual se redujo a 110°C, en esta prueba las hojas se calentaron por igual por lo cual se procedió a moldear el plato, sin embargo la bomba de vacío no contaba con la potencia necesaria de absorción, la bomba cuenta con una potencia de 1000 W equivalente a 1 HP y para la fuerza de absorción se necesitaba una bomba que cuente con al menos 3 HP, la bomba utilizada tenía como objetivo principal la termoformación de material plástico por lo cual se optó por calentar solamente las hojas con ayuda de la resistencia de la máquina para posteriormente moldearlas manualmente con ayuda de los moldes, proceso en el cual el resultado fue bueno y tomó la forma deseada sin embargo para el proceso de secado la misma perdió la forma por lo cual este proceso fue descartado.

PRUEBA 3

Para la tercera prueba se optó por un cambio de proceso en el cual interviene el horno de tratamientos térmicos, para este proceso se decidió calentar primero las hojas previamente pegadas a una temperatura de 65°C por 3 minutos para proceder con el

Chillagana Ramírez, B., Inga Zhunio, J., & Maldonado Arteaga, A. (2024). Análisis del proceso de elaboración de platos biodegradables mediante la utilización de hojas de plantas ecuatorianas. *Revista Investigación Tecnológica IST Central Técnico*, 6(2), pp. Recuperado a partir de: https://www.investigacionistct.ec/ojs/index.php/investigacion_tecnologica/issue/view/13

moldeado, para este punto las hojas no presentaban cambios físicos como resequeidad o fragilidad, al colocar las hojas en el molde este volvió dentro del horno a una temperatura de 160°C por un tiempo de 7 minutos, pasado el tiempo se obtuvo el plato el cual perdió su humedad e incluso se desprendía una capa de otra, se utilizó el aglutinante de la prueba 2 por lo cual se descartaron las temperaturas y los tiempos dentro del horno.

PRUEBA 4

Para la cuarta prueba se utilizó la termofomadora, en este caso se cambió la metodología y se optó por separar los procesos y cambiarlos, se desinfectaron las hojas y se dejó secar al aire libre por un periodo de 1 hora, posterior a esto se realizó la unión de un total de 3 capas que consistieron en 4 hojas y 2 de cartón biodegradable con ayuda del aglutinante, después se calentaron los moldes a una temperatura de 60°C por un tiempo de 5 minutos para proceder a colocar las hojas pegadas y aplicar presión hasta obtener el plato completamente moldeado. Una vez terminado el plato se le colocó laca china biodegradable y se dejó secar 1 día por cada capa para obtener un buen resultado. Lo adecuado dentro de este proceso es dejarlo secar un total de 3 días antes de manipularlo.

4. DISCUSIONES

4.1 PRUEBA 1:

El proceso de elaboración de platos con este método fue fallido debido a que al ser la primera prueba no se controló de manera correcta el factor de la temperatura en la máquina, se utilizó una temperatura de 170° C por un tiempo excesivo de 7 minutos, además la cantidad de hojas utilizadas formó un grosor que no permitió que la máquina calentara a todas por igual haciendo así que las primeras hojas se quemaron y se observó que las hojas no se encontraban bien adheridas por lo que uno de los problemas fue también el aglutinante, al ser la primera prueba este era acuoso a pesar que al tocar el líquido tenía cierta viscosidad no era lo suficiente para pegar las hojas por lo cual se consideró que sería factible disminuir la cantidad de hojas, bajar el grado de temperatura de la máquina y reemplazar el aglutinante añadiendo más almidón para volverlo más espeso.

4.2 PRUEBA 2:

Tras realizar todos los cambios que afectaban el resultado de la prueba 1, el proceso se facilitó en un gran porcentaje, se disminuyó la temperatura y el tiempo a 110° C por 3 minutos, esto fue adecuado porque se disminuyó de igual manera la cantidad de hojas, dejando solamente 3 capas la termofomadora las calentó uniformemente y se observó que se encontraban más compactas debido al cambio del aglutinante sin embargo se observaron ciertos grumos por lo cual se consideró realizar cambios disolviendo de mejor manera la mezcla, tras calentar las hojas y pasar al proceso de moldeado y secado surgió un fallo con la bomba devació la cual no absorbía por completo a las hojas y se utilizaron las hojas calientes las cuales contaban con maleabilidad para moldearlas a mano para no

Chillagana Ramírez, B., Inga Zhunio, J., & Maldonado Arteaga, A. (2024). Análisis del proceso de elaboración de platos biodegradables mediante la utilización de hojas de plantas ecuatorianas. *Revista Investigación Tecnológica IST Central Técnico*, 6(2), pp. Recuperado a partir de: https://www.investigacionistct.ec/ojs/index.php/investigacion_tecnologica/issue/view/13

perder la temperatura de las hojas por lo cual se considera que se debe cambiar la bomba de vacío por una de mayor potencia de absorción la cual debería constar de al menos 3 HP, al tomar este factor en cuenta se decidió optar por un cambio en el proceso reemplazando la termoformadora por un horno.

4.3 PRUEBA 3

Se adaptaron los cambios teniendo en cuenta las 2 primeras pruebas, se aplicó otro aglutinante el cual quedó con una consistencia lo suficientemente viscosa y con la capacidad de adherir las hojas correctamente. Dentro de esta prueba para el proceso de secado se utilizó un método diferente el cual fue el horno, se realizaron pruebas con una temperatura inicial de 65° por un tiempo de 3 minutos en el cual se observó que las hojas no se volvieron frágiles por el contrario todavía conservaban su color y se volvieron más maleables, característica que era necesaria para colocarlas en el molde, el problema dentro de este proceso fue el control de temperatura y tiempo en el proceso de secado, se lo configuró por 7 minutos a 160° C al sacarlos se pudo visualizar que las hojas perdieron humedad y empezaron a contraerse motivo por el cual para la prueba 4 se cambió el proceso de secado.

4.4 PRUEBA 4:

Dentro de esta prueba al recopilar los errores de las 3 primeras, se tomó la decisión de separar los procesos. La temperatura que se utilizó en la máquina fue de 60° C por 5 minutos para calentar en esta ocasión los moldes mas no las hojas, para los platos se utilizó un total de 5 capas divididas entre: 3 hojas y 2 de cartón biodegradable, el aglutinante utilizado las adhirió lo suficiente para una consistencia firme. El proceso de secado fue dentro de los moldes por un tiempo de 3 días, tiempo en el cual el plato tomó por completo la forma y para culminar se aplicó 2 capas de laca china biodegradable en intervalos de 12 horas. Este es el proceso más acertado para la fabricación de los platos, toma por completo la forma y tiene una mayor dureza por el uso de cartón

4.5 ANÁLISIS ECONÓMICO

Tras realizar el proyecto se realizó un análisis en cuanto a la fabricación de platos biodegradables a partir de hojas como una oportunidad de negocio, a continuación, se especificará a mayor detalle el proceso y el costo de cada material además del valor unitario para cada plato.

Costos para la elaboración de platos desechables biodegradables

En la siguiente tabla se detallan los costos directos e indirectos de los materiales para la fabricación.

Chillagana Ramírez, B., Inga Zhunio, J., & Maldonado Arteaga, A. (2024). Análisis del proceso de elaboración de platos biodegradables mediante la utilización de hojas de plantas ecuatorianas. *Revista Investigación Tecnológica IST Central Técnico*, 6(2), pp. Recuperado a partir de: https://www.investigacionistct.ec/ojs/index.php/investigacion_tecnologica/issue/view/13

Tabla 1

Costo de materia prima

Coste	Cantidad	Valor Unitario	Valor total
Hoja de plátano	500 paquetes	\$0,80	\$400
Hoja de achira	500 paquetes	\$0,57	\$270
Almidón de yuca	1800 g	\$0,4	\$720
Citrosan	10	\$2,90	\$29
Moldes	4000	\$0,35	\$1400
Total			\$2819

Fuente: *Propia*

Costo directo

Tabla 2

Costo directo de inversión

Coste	Valor
Horno	\$780
Total	\$780

Fuente: *Propia*

Costos indirectos

Tabla 3 Costos indirectos

Coste	Valor industrial	Consumo	Total
Agua	0,70 m ³	40 m ³	\$28
Luz	0,91 kW/H	1,4 KW/h	\$285
Total			\$313

Fuente: *Propia*

Costos del primer mes

$$\text{Costo Directo} + \text{Costo Indirecto} = 2819 + 780 + 313 = 3912$$

Al realizar la suma nos da un total de \$3912

Chillagana Ramírez, B., Inga Zhunio, J., & Maldonado Arteaga, A. (2024). Análisis del proceso de elaboración de platos biodegradables mediante la utilización de hojas de plantas ecuatorianas. *Revista Investigación Tecnológica IST Central Técnico*, 6(2), pp. Recuperado a partir de: https://www.investigacionistct.ec/ojs/index.php/investigacion_tecnologica/issue/view/13

Ingresos

Para obtener el valor de cada plato se toma como referencia el valor de platos biodegradables insertados en el mercado el cual es de aproximadamente \$5,75, en cada paquete se encuentran 4 platos el valor unitario sería de \$1,45 por plato, si la idea de circulación del producto se basa en la venta en línea el costo promedio de los platos en línea es de 0,65 ctvs. En la siguiente tablase detalla el total de ingresos.

Tabla 4.

Ingresos del primer mes

Producción	Valor del plato	Total
2000	\$1,45	\$2900

Fuente: Propia

Flujo de efectivo

Ingresos – costos

(Para este cálculo se tendrá en cuenta el valor de 1,45 por plato)

$$2900 - 2819 = 81$$

Este cálculo fue realizado para un total de 2000 platos dentro del cual se debe tener en cuenta que en el primer gasto se realiza la compra de moldes y del horno el cual no entra dentro de los gastos a partir de la segunda producción de platos.

Se debe tener en cuenta que el margen de pérdida dentro de un negocio es de los primeros 6 meses e incluso 1 año antes de tener estabilidad.

5. CONCLUSIONES

- La producción de estos platos representa una alternativa más sostenible a los productos plásticos convencionales, reduciendo la generación de residuos y disminuyendo así también la dependencia de recursos no renovables como es en este caso el petróleo.
- El aglutinante mejoró tras integrar la glicerina vegetal a la composición, al ser solamente aguay almidón no se contaba con un componente que espesara la mezcla, la misma le dio propiedades de viscosidad permitiendo una mayor adherencia y rigidez a los platos, otro factor importante para lograr la forma fue el utilizar cartón, se requería acelerar el proceso de secado y el cartón ayuda a absorber la humedad que generan las hojas obteniendo como resultado un secado total y más rápido, este es colocado en medio de las hojas y adherido con ayuda del aglutinante.
- Al realizar el análisis económico del proceso de producción en el cual se detallan los costos de inversión y ganancia se puede concluir que el proceso si es viable en cuanto a la fabricación de manera artesanal.

Chillagana Ramírez, B., Inga Zhunio, J., & Maldonado Arteaga, A. (2024). Análisis del proceso de elaboración de platos biodegradables mediante la utilización de hojas de plantas ecuatorianas. *Revista Investigación Tecnológica IST Central Técnico*, 6(2), pp. Recuperado a partir de: https://www.investigacionistct.ec/ojs/index.php/investigacion_tecnologica/issue/view/13

- El proceso de degradación de los platos biodegradables elaborados de manera artesanal a una temperatura ambiente empieza a partir del quinto día en el cual se notan cambios en cuanto al color tornándose café y en el olor emitiendo uno parecido a la humedad.
- Al someter a las hojas una temperatura de 36°C o menos las propiedades de las mismas se mantienen y no presentan cambios como decoloración de la hoja o demasiada sequedad y fragilidad como al utilizar temperaturas que superan los 100°C.

6. RECOMENDACIONES

- Es recomendable realizar un estudio de mercado que identifique las oportunidades y desafíos del mismo además de un estudio técnico que defina los procesos de producción óptimos y un estudio económico que evalúe la viabilidad financiera del proyecto.
- Es recomendable realizar pruebas de platos no solamente con hojas sino también con otros materiales como fibras o materiales compuestos los cuales de cierta manera también podrían representar algo bastante positivo e innovador.
- El proceso de manera artesanal tiene un tiempo de producción largo sin embargo al querer adaptarlo de manera industrial es recomendable utilizar maquinaria más adecuada como prensas para moldear y así lograr que el tiempo de producción sea menor y la producción de platos mayor.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Villarroel, P., Gómez, C., Vera, C., & García, J. T. (2018). Almidón resistente: Características tecnológicas e intereses fisiológicos. *Revista Chilena De Nutrición*, 45(3), 271–278. <https://doi.org/10.4067/s0717751820180004001>.
- Aragón, J. D. (2018, November 21). Tendencias en biodegradabilidad: el almidón de maíz y la caña de azúcar. *Comercial Jimara*. <https://comercialjimara.es/tendencias-en-biodegradabilidad-el-almidon-de-maiz-y-la-cana-de-azucar/>
- Salvador, D. G. C. E. N. F. R. R. G. J. C. R. (n.d.). Una vida de plástico. *Ciencia UNAM*. <https://ciencia.unam.mx/leer/766/una-vida-de-plastico>.
- Melo, M. F. (2023, May 24). El mundo está inundado de residuos plásticos. *Statista Daily Data*. <https://es.statista.com/grafico/30051/produccion-mundial-de-residuos-plasticos-por-tipo/>
- Roa, M. M. (2023, June 14). Colillas y envases, los residuos predominantes en las costas. *Statista Daily Data*. <https://es.statista.com/grafico/30193/objetos-de-basura-recogidos-con-mayor-frecuencia-en-las-costas-a-nivel-global/>
- Prime. (2022, August 31). Materiales biodegradables: qué son, para qué sirven y ejemplos. *Primebiopolymers*. <https://primebiopol.com/materiales-biodegradables/>
- Chillagana Ramírez, B., Inga Zhunio, J., & Maldonado Arteaga, A. (2024). Análisis del proceso de elaboración de platos biodegradables mediante la utilización de hojas de plantas ecuatorianas. *Revista Investigación Tecnológica IST Central Técnico*, 6(2), pp. Recuperado a partir de: https://www.investigacionistct.ec/ojs/index.php/investigacion_tecnologica/issue/view/13

Guía de termoformado. (n.d.). Formlabs.

<https://formlabs.com/latam/blog/termoformado/>

Gioffre, P., & Gioffre, P. (2023, November 5). Producción de envases biodegradables con Hojas de plantas Packaging Latam. <https://packaginglatam.com/produccion-de-envases-biodegradables/>

Ferreira, A. (2024, January 19). Calathea lutea o Bijao: Cuidados, propagación y plagas. Bio Space. <https://www.biospace.es/calathea-lutea-bijao/>

Chillagana Ramírez, B., Inga Zhunio, J., & Maldonado Arteaga, A. (2024). Análisis del proceso de elaboración de platos biodegradables mediante la utilización de hojas de plantas ecuatorianas. *Revista Investigación Tecnológica IST Central Técnico*, 6(2), pp. Recuperado a partir de: https://www.investigacionistct.ec/ojs/index.php/investigacion_tecnologica/issue/view/13

INVESTIGACIÓN

TECNOLÓGICA IST CENTRAL TÉCNICO

Dirección:

ISTCT, Av. Isaac Albéniz E4-15 y El Morlán, Sector el Inca
Quito - Ecuador • Telf.: (593) 2403096
www.istct.edu.ec • www.investigacionistct.ec • investigacion@istct.edu.ec