

ISSN: 2602-8085

www.cienciadigital.org
www.cienciadigitaleditorial.com



**Ciencia
Digital**



VOL. 8 NUM. 3
CIENCIA & GENÉTICA
JULIO - SEPTIEMBRE 2024

REVISTA CIENTIFICA EVALUADA POR PARES

La revista Ciencia Digital se presenta como un medio de divulgación científica, se publica en soporte electrónico trimestralmente, abarca temas de carácter multidisciplinar.

ISSN: 2602-8085 versión electrónica

Los aportes para la publicación están constituidos por:

Tipos de artículos científicos:

- **Estudios empíricos:** Auténticos, originales, que comprueban hipótesis, abordan vacíos del conocimiento.
- **Reseña o revisión:** evaluaciones críticas de estudios o investigaciones, análisis críticos, para aclarar un problema, sintetizar estudios, proponer soluciones.
- **Teóricos:** Literatura investigada, promueven avances de una teoría, analizan las teorías, comparan trabajos, confirma la validez y consistencia de investigaciones previas
- **Metodológico:** Presenta nuevos métodos, mejoran procedimientos, comparan métodos, detallan los procedimientos.
- **Estudio de casos:** Resultados finales de un estudio, resultados parciales de un estudio, campos de la salud, campos de la ciencia sociales.



EDITORIAL REVISTA CIENCIA DIGITAL



Contacto: Ciencia Digital, Ambato- Ecuador

Teléfono: 0998235485

Publicación:

w: www.cienciadigital.org

w: www.cienciadigitaleditorial.com

e: luisefrainvelastegui@cienciadigital.org

e: luisefrainvelastegui@hotmail.com

Director General

Dr.C. Efraín Velastegui López. PhD. ¹

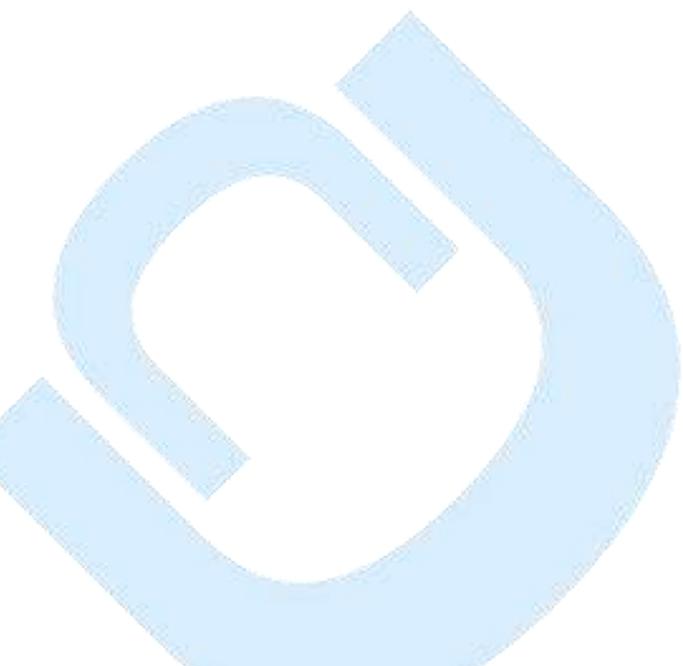
"Investigar es ver lo que todo el mundo ha visto, y pensar lo que nadie más ha pensado".

Albert Szent-Györgyi

¹ Magister en Tecnología de la Información y Multimedia Educativa, Magister en Docencia y Currículo para la Educación Superior, Doctor (PhD) en Conciencia Pedagógicas por la Universidad de Matanza Camilo Cien Fuegos Cuba, cuenta con más de 60 publicaciones en revista indexadas en Latindex y Scopus, 21 ponencias a nivel nacional e internacional, 13 libros con ISBN, en multimedia educativa registrada en la cámara ecuatoriano del libro, una patente de la marca Ciencia Digital, Acreditación en la categorización de investigadores nacionales y extranjeros Registro REG-INV- 18-02074, Director, editor de las revistas indexadas en Latindex Catalogo Ciencia digital, Conciencia digital, Visionario digital, Explorador digital, Anatomía digital y editorial Ciencia Digital registro editorial No 663. Cámara ecuatoriana del libro, director de la Red de Investigación Ciencia Digital, emitido mediante Acuerdo Nro. SENESCYT-2018-040, con número de registro REG-RED-18-0063.

PRÓLOGO

El desarrollo educativo en Ecuador, alcanza la vanguardia mundial, procurando mantenerse actualizada y formar parte activa del avance de la conciencia y la tecnología con la finalidad de que nuestro país alcance los estándares internacionales, ha llevado a quienes hacemos educación, a mejorar y capacitarnos continuamente permitiendo ser conscientes de nuestra realidad social como demandante de un cambio en la educación ecuatoriana, de manera profunda, ir a las raíces, para así poder acceder a la transformación de nuestra ideología para convertirnos en forjadores de personalidades que puedan dar solución a los problemas actuales, con optimismo y creatividad de buscar un futuro mejor para nuestra educación; por ello, docentes y directivos tenemos el compromiso de realizar nuestra tarea con seriedad, respeto y en un contexto de profesionalización del proceso pedagógico



Índice

1. Impacto de la formación profesional y orientación vocacional en los estudiantes hacia la elección de carreras técnicas en la Unidad Educativa Leónidas Grueso George

(Tita Adela Medina Min, Angelina Parra de la Paz, Paulina Mesa Villavicencio)

06-29

2. Tecnología: aliada del ser humano o un enemigo silencioso

(Cesar Augusto Narváez Vilema, Elsa Yoconda Narváez Vilema, Cristhian Mauricio Yagos Vilema, Miryan Estela Narváez Vilema)

30-46

3. Optimización molecular en el proceso de fluid catalytic cracking: análisis de coordenadas cartesianas para mejora de eficiencia y calidad en la refinación de crudo

(Sandra Elizabeth Trávez Osorio, Nancy Orheni Nacimba Rivera, Milton Javier Robalino Cacuango, Alex Santiago Moreno Corrales)

47-63

4. Análisis de la lipofilia de compuestos en el flujo de entrada al proceso de alquilación en refinería mediante química computacional

(Carlos Jeanpier Yagos Arias, Franklin Wladimir Espin Almachi, Sandra Elizabeth Trávez Osorio, Alex Santiago Moreno Corrales)

64-79

5. Enfoque neurodidáctico de la enseñanza de la física en la formación del Técnico Superior de Biofísica Médica

(Alexander Torres Hernández, Juan Jesús Mondéjar Rodríguez, Narcisa de Jesús Sánchez Salcán)

80-92

6. Estrategia didáctica para la inclusión de estudiantes con meningocele en la clase de educación física

(Ángel Rafael Barahona Álvarez, Norma Yadira Yanza Paguay, Giceya de la Caridad Maqueira Caraballo)

93-121

7. Indicadores de eficiencia productiva en granjas avícolas convencionales vs tecnificadas ubicadas en la provincia de Manabí - Ecuador

(Gema Yiselle Hidalgo López, Juan José Zambrano Villacis, Pablo Roberto Marini)

122-136

8. Desarrollo de una metodología para el cálculo de la confiabilidad en una de las áreas de proceso de la empresa ensambladora de vehículos denominada CIAUTO Cía. Ltda.

(Sergio Raúl Villacrés Parra, Mayte Anabel Zavala León, Mayra Alexandra Viscaíno Cuzco)

137-160

9. Herramientas digitales para fortalecer la metodología de enseñanza de los docentes

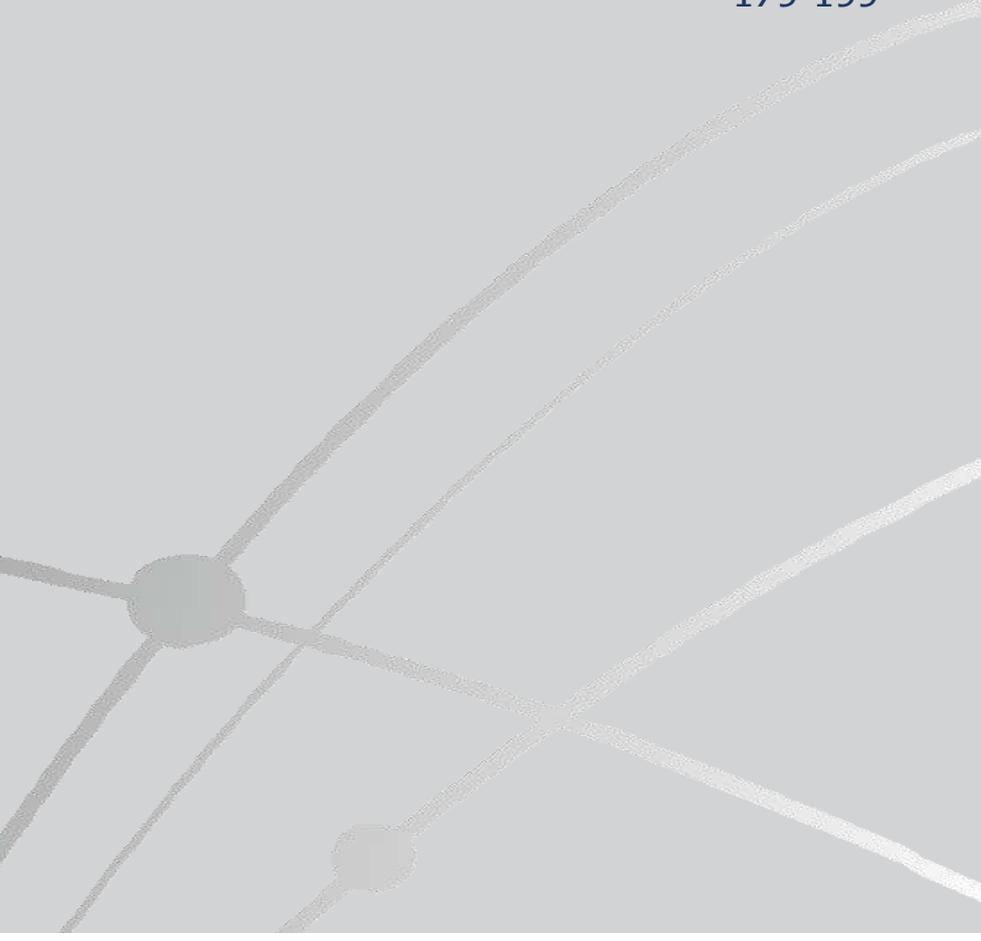
(Carlos Orlando Acosta Guanoquiza , Guadalupe Maribel Mejía Alban, César Vicente Ramírez Gutiérrez, Alejandro Reigosa Lara)

161-178

10. Análisis de falla de los rodillos dentados de una máquina desfibadora de cáscara de coco mediante la simulación de respuesta armónica y estado estructural transitorio aplicando el software Ansys

(Gustavo Alfredo Barona López, Xavier Oswaldo Macas Valdez, Nataly Cumandá Chanatásig Pichucho, Álvaro Javier Rosas Huera)

179-199



Impacto de la formación profesional y orientación vocacional en los estudiantes hacia la elección de carreras técnicas en la Unidad Educativa Leónidas Grueso George

Impact of vocational training and vocational orientation on students' choice of technical careers at the Leonidas Grueso George Educational Unit.

- ¹ Tita Adela Medina Mina  <https://orcid.org/0009-0001-3030-3569>
Universidad Bolivariana del Ecuador, Maestría en pedagogía Mención en Formación Técnica y Profesional, Km 5 1/2 vía Duran Yaguachi, provincia del Guayas, Guayas-Ecuador, tamedinam@ube.edu.ec
- ² Angelina Parra de la Paz  <https://orcid.org/0000-0002-9317-5242>
Universidad Oriente Santiago de Cuba, Maestría en pedagogía Mención en Formación Técnica y Profesional, Avenida Patricio Lumumba s/N Altos de Quintero, Santiago de Cuba-Cuba, angelinap@uo.edu.cu
- ³ Paulina Mesa Villavicencio  <https://orcid.org/0000-0001-6696-4900>
Universidad Bolivariana del Ecuador, Km 5 1/2 vía Duran Yaguachi, provincia del Guayas, Guayas-Ecuador
pmesav@ube.edu.ec



Artículo de Investigación Científica y Tecnológica

Enviado: 15/02/2024

Revisado: 10/03/2024

Aceptado: 26/04/2024

Publicado: 05/07/2024

DOI: <https://doi.org/10.33262/cienciadigital.v8i3.3065>

Cítese:

Medina Mina, T. A., de la Paz, A. P., & Mesa Villavicencio, P. (2024). Impacto de la formación profesional y orientación vocacional en los estudiantes hacia la elección de carreras técnicas en la Unidad Educativa Leónidas Grueso George . Ciencia Digital, 8(3), 6-29. <https://doi.org/10.33262/cienciadigital.v8i3.3065>



CIENCIA DIGITAL, es una revista multidisciplinaria, trimestral, que se publicará en soporte electrónico tiene como misión contribuir a la formación de profesionales competentes con visión humanística y crítica que sean capaces de exponer sus resultados investigativos y científicos en la misma medida que se promueva mediante su intervención cambios positivos en la sociedad. <https://cienciadigital.org>
La revista es editada por la Editorial Ciencia Digital (Editorial de prestigio registrada en la Cámara Ecuatoriana de Libro con No de Afiliación 663) www.celibro.org.ec



Esta revista está protegida bajo una licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 International. Copia de la licencia: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/deed.es>

Palabras claves:

formación vocacional, orientación profesional, carreras técnicas, estudiantes de media superior.

Keywords:

vocational training, career guidance, technical careers, high

Resumen

Introducción: la formación y la orientación vocacionales son fundamentales para el avance y el triunfo de los estudiantes tanto en sus esfuerzos académicos como profesionales, ya que los equipan con herramientas cruciales para la toma de decisiones antes de seleccionar estudios adicionales alineados con sus pasiones profesionales y demandas sociales. **Objetivos:** el objetivo propuesto del estudio es evaluar cómo la aplicación de una estrategia de formación y orientación profesionales fomenta la propensión de los estudiantes a elegir trayectorias profesionales para su progreso educativo en la Unidad Educativa «Leonidas Grueso George» en el periodo lectivo 2024. **Metodología:** la investigación adoptó un enfoque cuantitativo caracterizado por una investigación detallada, correlacional y aplicada. Empleando métodos analíticos inductivos y sintéticos, los datos se recopilaron mediante encuestas que utilizaron cuestionarios que exploraban los aspectos socioculturales, en las que participaron una cohorte de 47 estudiantes con educación postsecundaria cuando se acercaban a una encrucijada en sus opciones de carrera técnica. **Resultados:** los resultados obtenidos después de la formación pusieron de manifiesto un cambio en la percepción de los estudiantes con respecto a sus trayectorias profesionales preferidas, y los campos técnicos se han convertido en las disciplinas más favorecidas, lo que ilustra el impacto positivo de la formación profesional en la toma de decisiones profesionales. **Conclusiones:** Se observó que el proceso de intervención a través de formación profesional y orientación vocacional, ya que de manera inicial los estudiantes tenían inclinación hacia carreras orientadas a salud, administración y educación y luego su cambio de percepción se orientó hacia carreras técnicas debido a sus características y ventajas. Esto sugiere que la formación profesional ejerció una influencia favorable en las perspectivas profesionales de los estudiantes. **Área de estudio general:** Educación. **Área de estudio específica:** Educación en formación técnica.

Abstract

Introduction: vocational training and guidance are fundamental for the advancement and triumph of students in both their academic and professional endeavors, as they equip them with crucial decision-making tools before selecting further studies

school students.

aligned with their professional passions and social demands. **Objectives:** the proposed objective of the study is to evaluate how the implementation of a vocational training and guidance strategy fosters students' propensity to choose career paths for their educational progress at the "Leonidas Gruezo George" Educational Unit in the 2024 school year. **Methodology:** the research adopted a quantitative approach characterized by detailed, correlational and applied research. Employing inductive and synthetic analytical methods, data were collected through surveys using questionnaires exploring socio-cultural aspects, involving a cohort of 47 students with post-secondary education as they approached a crossroads in their technical career options. **Results:** The results obtained after the training revealed a change in the students' perception of their preferred career paths, with technical fields becoming the most favored disciplines, illustrating the positive impact of vocational training on career decision making. **Conclusions:** It was observed that the intervention process through vocational training and vocational guidance, as students were initially inclined towards health, administration, and education-oriented careers and then their perception changed towards technical careers due to their characteristics and advantages. This suggests that vocational training exerted a favorable influence on the students' career prospects.

1. Introducción

La formación profesional y la orientación vocacional emergen como elementos fundamentales en el avance educativo y profesional de los estudiantes de secundaria, y desempeñan un papel crucial en su proceso de toma de decisiones con respecto a las futuras trayectorias académicas y profesionales (Cabrera, 2020). La falta de información y las incertidumbres a las que se enfrentan los estudiantes al seleccionar una profesión constituyen desafíos importantes (Yalandá & Trujillo, 2021).

En un panorama global en rápida evolución, marcado por las cambiantes demandas del mercado laboral y el aumento de la competencia, adquirir competencias específicas y recibir la orientación adecuada es vital para el éxito personal y el progreso socioeconómico (Callejas et al., 2020). Es esencial que los estudiantes se mantengan

informados sobre la evolución de los requisitos sociales y profesionales en el lugar de trabajo (Rodríguez & Gallardo, 2020).

Esta estrategia educativa no solo se adapta a las necesidades cambiantes de la industria, sino que también proporciona a los estudiantes las habilidades pertinentes adaptadas a sus rasgos, potenciales y capacidades individuales, ofreciendo una vía para seleccionar una carrera técnica que se alinee con su perfil. Además, aborda las necesidades de la sociedad y, al mismo tiempo, crea perspectivas de empleo en los sectores público y privado (Silva et al., 2020).

El proceso de elección de una profesión representa un obstáculo fundamental para los estudiantes, ya que no solo afecta a su trayectoria académica, sino que también influye significativamente en sus trayectorias profesionales y personales (Veloza et al., 2021). En este contexto, la formación profesional y el asesoramiento son elementos cruciales que guían a los estudiantes a tomar decisiones informadas que se ajusten a sus habilidades, intereses y aspiraciones, al tiempo que abren perspectivas laborales en el futuro previsible y contribuyen así al progreso económico del país (Vargas-Hernández & Salas-Pérez, 2023).

La formación profesional es fundamental para proporcionar a los estudiantes de pregrado una exposición especializada a las disciplinas y habilidades prácticas dentro del campo elegido, ofreciendo una comprensión integral de las diversas opciones profesionales junto con sus atributos y requisitos previos (Santana-Sardi et al., 2020). Esta formación especializada no solo ayuda a adquirir experiencia técnica, sino que también mejora la comprensión de los estudiantes sobre las demandas y expectativas profesionales en el campo seleccionado (Bósquez et al., 2018). Por lo tanto, la formación profesional sirve de conducto entre el conocimiento académico y la aplicación práctica, ya que prepara a los estudiantes para los obstáculos profesionales posteriores a la graduación y, al mismo tiempo, les permite afrontar los rápidos cambios que se producen a nivel local y nacional (Murillo & Vallejo, 2022).

Paralelamente, la orientación vocacional se perfila como un recurso invaluable para ayudar a los estudiantes a explorar y comprender sus propias fortalezas, valores y preferencias profesionales (Cabeza et al., 2021). Este proceso de autoevaluación, respaldado por expertos, facilita la toma de decisiones conscientes que se alinea con las metas individuales de los estudiantes (Macías et al., 2021). Al ofrecer detalles exhaustivos sobre las diversas trayectorias profesionales y sus perspectivas asociadas, la orientación vocacional permite a los estudiantes seleccionar profesiones que no solo se ajusten a sus habilidades, sino que también les brinden satisfacción y realización personal (Castellanos et al., 2020). En consecuencia, es evidente que la educación profesional y la orientación vocacional son componentes cruciales en la vida de los

estudiantes que buscan orientación y apoyo a la hora de determinar una trayectoria profesional satisfactoria (Sardi et al., 2021).

De esta manera, la educación y la orientación vocacionales están interconectadas para proporcionar a los estudiantes una base sólida y una dirección estratégica en el proceso de selección profesional (Espinal, 2022). Este enfoque integrado no solo mejora la trayectoria académica, sino que también posiciona a los estudiantes para lograr un éxito profesional sostenible en armonía con sus capacidades y aspiraciones individuales (García & Loor, 2021). Además, según los estudios anteriores, este aspecto ha sido identificado como uno de los elementos menos abordados, pero de mayor impacto en la vida profesional de los estudiantes (Castro et al., 2020).

Este estudio incorpora varias teorías que apoyan la orientación y orientación vocacionales, que han sustentado la formulación de estrategias de intervención para la formación en los procesos relacionados con la investigación. En particular la teoría del desarrollo vocacional de Super (1962), afirma que el desarrollo vocacional es un proceso continuo que ocurre a lo largo de la vida de una persona, influenciado por numerosos factores que abarcan el crecimiento y el desarrollo personales. Además, delinea distintas etapas de la vida marcadas por cambios, tal como lo validaron (Falcón & Arraiz, 2020): crecimiento (infancia), exploración (adolescencia), establecimiento (adultez temprana), mantenimiento (adultez media) y declive (adultez tardía) (Mansilla et al., 2022).

Por lo tanto, las estrategias de formación profesional pueden adaptarse para abordar las necesidades específicas de las personas en cada una de estas etapas, reconociendo el desarrollo vocacional como un proceso que dura toda la vida y consta de varias fases (Mansilla et al., 2022). Además, Super introduce el concepto de «funciones vitales», respaldado por otros estudiosos como (Huillca-Ochoa, 2021), que representa las diversas responsabilidades y expectativas que las personas asumen en su ámbito laboral y personal. En consecuencia, estas estrategias se caracterizan por su flexibilidad y coherencia, y proporcionan un marco para guiar la planificación y ejecución de las iniciativas de orientación y formación profesional, adaptándose a las necesidades de los estudiantes en los procesos de formación profesional y orientación vocacional (Caro et al., 2021).

En resumen, la teoría es una perspectiva integral que considera el desarrollo vocacional como un proceso dinámico influenciado por factores personales, contextuales y sociales, facilitando comprender como el estudiante elige y desarrolla su elección (profesión) a lo largo de la vida. También se asume la Teoría de Holland (1959) conocida como la teoría de la personalidad y de los tipos de entorno, empleada para comprender como la personalidad y los intereses que influyen en las elecciones vocacionales de los estudiantes y en el ajuste estudiante entorno laboral, clasificando a las personas y los

entornos laborales en seis tipos: Realista, Investigador, Artístico, Social, Emprendedor y Convencional (modelo RIASEC) (Rodríguez Maden et al., 2021).

En la actualidad las estrategias de formación vocacional asumen esta teoría para ayudar a los estudiantes a identificar sus preferencias y a tomar decisiones sobre carreras que se ajusten a sus intereses vocacionales (Denny & Bismar, 2020). De ahí que la teoría facilita comprender mejor sus propios intereses y habilidades, además posibilita al docente orientar la toma de decisiones vocacional. Otra de las importantes teorías del aprendizaje – cognitivo de Bandura (2000), que tiene como esencia que el comportamiento humano se aprende a través de la observación, la imitación y el modelo de las conductas de otras personas, postulando que el aprendizaje no solo ocurre a través de la experiencia directa sino también a través de la observación de las acciones y consecuencia de los demás. El también considera que la autoeficacia se refiere a la creencia de una persona sobre su propia capacidad para lograr éxitos en situaciones específicas o para realizar tareas articulares (Vargas-Hernández, 2022).

Las estrategias de formación vocacional pueden centrarse en aumentar la autoeficacia de los estudiantes, ayudándoles a desarrollar la confianza en sus habilidades para tomar decisiones vocacionales y enfrentar los desafíos laborales (Fallas-Vargas et al., 2023). La autoeficacia influye en las decisiones que las personas toman, en los esfuerzos que están dispuestas a invertir y en su perseverancia frente a los desafíos (Bonilla et al., 2021). Además, se utiliza para abordar la autoimagen y la confianza en la capacidad de los individuos para realizar cambios positivos en su vida (Gamella & Luna, 2021).

La teoría de la Elección Racional de Krumboltz (1937) se basa en la idea de que las elecciones profesionales son el resultado de factores genéticos y ambientales, así como de eventos imprevistos. Por consiguiente, las estrategias de formación vocacional deben proporcionar oportunidades para que los estudiantes exploren activamente sus intereses y habilidades, adaptándose a medida que cambian las circunstancias (Guerra-Hernández, 2022). Sostiene que el ambiente, es el factor principal que influye en la elección de carrera. Se enfoca en cómo las experiencias y las influencias externas impactan las decisiones profesionales (Mastache & Guzmán, 2021).

Constituir la formación y la orientación profesionales en los estudiantes de la Unidad Educativa LGG para la elección de carreras técnicas, en el período 2023-2024, se perfila como un desafío importante que dificulta su toma de decisiones profesionales (Rodríguez, 2021). La falta de una orientación adecuada ha provocado que un número considerable de estudiantes no consigan alinear sus aspiraciones con la trayectoria de estudio o profesión que han elegido. En ausencia de una orientación adecuada, los estudiantes son susceptibles a las influencias externas, incluidas las expectativas familiares y sociales (Cabeza et al., 2021). Por lo tanto, las decisiones sobre las trayectorias profesionales pueden guiarse más por presiones externas que por las

capacidades e intereses individuales. En consecuencia, el estudio tiene por objeto esbozar y evaluar un enfoque de formación profesional y una estrategia de orientación profesional para aumentar la propensión de los estudiantes a elegir carreras técnicas en la Unidad Educativa Leonidas Gruezo George (Cabeza et al., 2021).

2. Metodología

El presente estudio se realizó en la Unidad Educativa Leonidas Gruezo George en el periodo 2024, ubicada en la provincia de Esmeraldas, en el cantón de Esmeraldas, en la parroquia 5 de agosto. Adopta un enfoque cuantitativo, utilizando encuestas para recopilar datos de los estudiantes sobre las variables identificadas, como la motivación y el rendimiento académico, para determinar cualquier relación existente. Además, el estudio emplea varios métodos, como el razonamiento inductivo y deductivo, para el análisis de variables. El método histórico lógico también se utiliza para la recopilación de datos y la revisión de la literatura que respalda la investigación. Las tablas y gráficos de frecuencias ayudan a interpretar los datos de la investigación y a comprender el tema del estudio.

La población de investigación está compuesta por 378 estudiantes de la Unidad Educativa, con una muestra de 52 estudiantes de secundaria superior seleccionados intencionalmente para el período 2024. Estos estudiantes son elegidos por su proximidad a la toma de decisiones profesionales, por lo que necesitan una formación y una orientación profesional adaptadas a sus características y necesidades sociales que en ese momento requieren.

El objetivo del desarrollo de herramientas de recopilación de datos es garantizar la coherencia y la fiabilidad en la obtención de información sobre la formación y la orientación profesional para la elección de carreras técnicas. Como técnica se utilizan encuestas, con un cuestionario con 12 preguntas relacionadas con las variables de investigación. Estas preguntas tienen como objetivo comprender las percepciones de los estudiantes sobre las carreras técnicas y abordar el problema de la investigación y las relaciones entre las variables.

El análisis de datos implica estadísticas descriptivas e inferenciales. Las estadísticas descriptivas, incluidas las tablas de frecuencias y los gráficos, se utilizan inicialmente para comprender el problema de estudio y la correlación entre la formación profesional, la orientación profesional y las opciones de carrera técnica de los estudiantes. Este análisis tiene como objetivo explorar la relación entre las variables independientes, como la formación y la orientación profesional, y la variable dependiente.

3. Resultados

Tras la extracción de los datos de los participantes de la investigación, el cuestionario de la encuesta sirvió como herramienta para las variables examinadas. Utilizando el enfoque cuantitativo, estas métricas se recopilaron e ingresaron en varios programas, incluido Excel. Posteriormente, el análisis estadístico se ejecutó mediante la aplicación del software Infostat, que abarcó la validación de cada elemento de la herramienta mediante el coeficiente alfa de Cronbach. Esta métrica se empleó para evaluar la confiabilidad del instrumento desarrollado, arrojando un valor de 0.93 tanto para las variables independientes como para las dependientes. Estos resultados se consideraron satisfactorios en la cohorte de 52 estudiantes de los que se obtuvieron los datos. Tras la validación de la herramienta de recopilación de datos, se llevó a cabo su ejecución, lo que llevó a la obtención de los resultados posteriores que se detallan a continuación:

Se preguntó a las personas consultadas sobre su exposición a la formación profesional y al asesoramiento profesional, lo que culminó con los resultados que figuran en la tabla 1.

Tabla 1

¿Ha adquirido conocimientos sobre las diversas trayectorias profesionales y de formación técnica a las que se puede acceder una vez finalizada la educación básica?

Respuestas	Frecuencia	Porcentaje
Si	5	10%
No	47	90%

Como se ilustra en la tabla 1, la abrumadora mayoría de los participantes indican que no están expuestos a la formación profesional y al asesoramiento de expertos, lo que lleva a una deficiencia en la capacidad de toma de decisiones en relación con las carreras técnicas. En consecuencia, este déficit contribuye a crear diversos desafíos en el entorno educativo debido a la ausencia de las habilidades y atributos necesarios para la trayectoria profesional que han elegido.

Tabla 2

¿Dentro de la institución educativa las autoridades se han preocupado por hacerte participe en charlas, talleres o encuentros con profesionales, etc.?

Respuestas	Frecuencia	Porcentaje
Si	7	13%
No	40	77%
Ocasionalmente	5	10%

Los resultados obtenidos de los encuestados (tabla 2), indican que la mayoría de ellos no han participado en actividades de orientación profesional que indiquen su preparación para la toma de decisiones profesionales. Carecen de la información adecuada, esencial para tomar decisiones bien informadas con respecto a sus trayectorias educativas. Una pequeña parte de los estudiantes posee los conocimientos necesarios que les permiten seleccionar sus trayectorias académicas con confianza. Por el contrario, una minoría permanece insegura debido a la exposición esporádica a información de diversas fuentes. Esto subraya la imperiosa necesidad de intervenciones estratégicas por parte de las instituciones educativas, las familias y las comunidades para facilitar la toma de decisiones profesionales informadas en el ámbito técnico.

Tabla 3

¿Consideras tú que sentiste todo el apoyo y orientación dentro de la institución para identificar tus intereses y habilidades en relación con las opciones de carreras técnico-profesionales?

Respuestas	Frecuencia	Porcentaje
Si	4	9%
No	40	85%
Ocasionalmente	3	6%

La mayoría de los participantes (tabla 3), observan una falta de orientación adecuada para navegar por una variedad de opciones profesionales en el campo técnico. A pesar de poseer cierto nivel de conocimiento sobre sus propios intereses y capacidades en relación con una profesión, tienden a elegir carreras basándose en la disponibilidad, más que en un conocimiento profundo de las complejidades de la trayectoria profesional. Esto a menudo se traduce en sentimientos de insatisfacción con las trayectorias profesionales técnicas que han elegido.

Tabla 4

¿Cuál es el concepto que tiene sobre la información brindada por la Unidad educativa en cantidad y calidad sobre las diferentes carreras técnicas, disponibles a los estudiantes de media superior?

Respuestas	Frecuencia	Porcentaje
Muy bueno	4	8%
Bueno	10	19%
Regular	34	64%
Malo	5	9%

Dentro de las respuestas emitidas (tabla 4), por los encuestados se denota cierto grado de desazón debido a que en calidad y cantidad del contenido no se encuentran satisfecho, esto se refleja en las respuestas emitidas, ya que un 8% menciona que el contenido es muy bueno, un 19% bueno, un 64% regular y un 9% malo, lo que demuestra que es necesario mejorar la calidad y cantidad de contenido que se entrega por parte de la Unidad Educativa a los estudiantes para mejorar su capacidad de orientarse por carreras técnicas dentro de la institución educativa.

Tabla 5

¿La institución te ha brindado opciones de pasantías para realizar actividades prácticas, visitas a empresas para conocer más sobre el mundo laboral técnico?

Respuestas	Frecuencia	Porcentaje
Si	3	6%
No	48	92%
En ocasiones	1	2%

Los datos de los participantes (tabla 5), revelan que la mayoría de las instituciones carecen de programas que les permitan realizar pasantías y visitas a empresas para una comprensión más profunda del mercado laboral técnico. Una minoría reconoce este tipo de iniciativas, lo que subraya la incapacidad de la institución para fomentar la motivación de los estudiantes hacia carreras técnicas que mejoren sus perspectivas profesionales.

Tabla 6

¿La formación vocacional y orientación profesional que has recibido te resulta útil para tomar decisiones sobre tu futuro educativo y laboral?

Respuestas	Frecuencia	Porcentaje
Si	2	4%
No	50	96%

Como se observa dentro de las respuestas emitidas en tabla 6, por los encuestados es evidente que las actividades relacionadas a la formación vocacional y orientación profesional que recibieron dentro de la institución poco o nada les ha servido como motivación para orientarse hacia carreras técnicas dentro de su vida profesional, esto puede deberse a la calidad de la formación vocacional y orientación profesional desarrollada por parte de las personas encargadas de estos procesos o a la aplicación de metodologías inadecuadas para llegar a sensibilizar a los estudiantes sobre la importancia de escoger carreras técnicas para su futuro próximo y su vida laboral.

Tabla 7

¿Te gustaría recibir más apoyo y orientación en relación con tu formación vocacional y orientación profesional?

Respuestas	Frecuencia	Porcentaje
Si	2	4%
No	50	96%

Las respuestas emitidas por parte de los encuestados en tabla 7, ponen en evidencia un aspecto muy notorio dentro de la institución que los estudiantes requieren de un mayor compromiso por parte de los docentes y de la institución educativa en brindar un mejor asesoramiento y orientación profesional para lograr mejorar la motivación por parte de los estudiantes hacia las carreras técnicas en su vida profesional. En este sentido se denota la necesidad de innovar e implementar nuevas formas y estrategias de lograr formación vocacional y orientación profesional hacia los estudiantes que tanto lo requieren.

Resultados de encuesta a docentes

Tabla 8

¿usted como docente que estrategias desarrollas para orientar a tus estudiantes en su formación vocacional y orientación profesional hacia carreras técnicas?

Respuestas	Frecuencia	Porcentaje
Capacitación	1	8%
Visita a empresas	1	5%
Talleres	1	8%
Ninguna	7	79%

Los resultados presentados en la tabla 8 revelan que los educadores no se dedican a tareas que permitan a los estudiantes adquirir una visión más profunda de las profesiones técnicas y que los inspiren a optar por estos caminos como las opciones más favorables. En consecuencia, solo un pequeño número de profesores llevan a cabo actividades como sesiones de instrucción, visitas a empresas y talleres para orientar a los estudiantes, mientras que la mayoría no se dedica a ninguna de esas actividades. Este fenómeno puede atribuirse a la falta de motivación por parte de los profesores y las autoridades educativas para introducir enfoques y campañas novedosos destinados a fomentar un proceso de sensibilización entre los estudiantes. Estos esfuerzos guiarían a los estudiantes hacia la selección de carreras técnicas que ofrezcan mejores perspectivas de empleo a largo plazo.

Tabla 9

¿Cómo docente ha desarrollado iniciativas para la utilización de herramientas o recursos específicos para ayudar a tus estudiantes en la exploración de carreras técnicas y toma de decisiones vocacionales?

Respuestas	Frecuencia	Porcentaje
Si	1	10%
No	9	90%

Una de las principales deficiencias que muestran los educadores (tabla 9), dentro del establecimiento académico es su aparente falta de compromiso para mejorar la inclinación profesional de los estudiantes hacia las vocaciones técnicas. Estas conclusiones son evidentes, ya que la gran mayoría de los profesores no utilizan herramientas o materiales específicos para facilitar a los estudiantes la exploración de las carreras técnicas y su proceso de toma de decisiones vocacionales, lo que resulta en una falta de orientación para los estudiantes en relación con estos campos técnicos. Esta situación se atribuye al desinterés de los educadores, agravado por la ausencia de iniciativas institucionales o políticas dentro del establecimiento para fomentar la participación de los profesores en actividades que inspiren al alumnado de la institución educativa.

Tabla 10

¿Cómo docente cuales crees que son las limitaciones que tienes para brindar orientación vocacional a tus estudiantes?

Respuestas	Frecuencia	Porcentaje
Poco interés estudiantil	2	20%
Falta de apoyo de autoridades	2	20%
Pocos recursos	6	60%
Ninguno	0	0%

Las respuestas presentadas por los educadores (tabla 10), sugieren que las limitaciones a las que se enfrentan los estudiantes en los campos técnicos debido a las actividades de orientación profesional incluyen la escasez de recursos, como se suele indicar, algunos estudiantes mencionan el bajo interés y algunos señalan la falta de apoyo institucional por parte de las autoridades educativas. Estas respuestas subrayan la necesidad de realizar esfuerzos de colaboración dentro de las instituciones educativas para mejorar la motivación y la comprensión de los estudiantes con respecto a las carreras técnicas. Esta necesidad se debe a las características demográficas de los estudiantes, que por lo general muestran poca preocupación por este tipo de actividades. Sin embargo, los educadores tienen la tarea de elaborar e implementar enfoques que aumenten la

conciencia de los estudiantes sobre la importancia de sus elecciones en estas actividades y su posible impacto en su trayectoria profesional.

Tabla 11

¿Consideras que las deficiencias encontradas se pueden mejorar sobre el apoyo que brindas a tus estudiantes en su formación vocacional hacia carreras técnicas?

Respuestas	Frecuencia	Porcentaje
Si	8	80%
No	2	20%

En cuanto a si los maestros (tabla 11), perciben oportunidades para mejorar el apoyo que se brinda a los estudiantes en su formación profesional para carreras técnicas, es evidente que casi todos reconocen la posibilidad de mejorar el apoyo docente a los estudiantes. Esta mejora podría mejorar la orientación profesional de los estudiantes, guiándolos hacia la priorización de las carreras técnicas disponibles en la oferta actual de educación superior. Sin embargo, este problema representa un desafío más que un factor positivo, ya que implica que tanto los profesores como los estudiantes no reconozcan plenamente la importancia de este esfuerzo y su impacto en las perspectivas profesionales de los estudiantes.

Tabla 12

¿Dentro de la institución educativa se ha desarrollado colaboraciones con otros profesionales (psicólogos, orientadores vocacionales, etc.) para apoyar a tus estudiantes en su orientación profesional hacia carreras técnicas?

Respuestas	Frecuencia	Porcentaje
Si	1	10%
No	9	90%

La gran mayoría de los educadores encuestados (tabla 12), destacan la ausencia de colaboración con varios profesionales como psicólogos, consejeros vocacionales, entre otros. Esta ausencia significa una deficiencia dentro de la institución educativa, ya que no existe un esfuerzo colectivo con otros profesionales que pueda mejorar en gran medida la calidad de la orientación profesional que se brinda a los estudiantes en los campos técnicos. Las respuestas de los profesores apuntan a la falta de medidas proactivas dentro de la institución para fomentar la colaboración y el trabajo en equipo entre estos profesionales. Además, hay un vacío en los esfuerzos de la administración por establecer acuerdos y protocolos para involucrar a estos profesionales, que desempeñan un papel crucial en la formación de los estudiantes.

Tabla 13

¿Con la experiencia que tienes como docente que recomendaciones darías para mejorar la orientación vocacional y formación profesional que se brinda a los estudiantes?

Respuestas	Frecuencia	Porcentaje
Capacitaciones constantes	3	30%
Visitas a empresas	2	20%
Trabajo en equipo (Docente, psicólogo, orientadores vocacionales)	4	40%
Contratación de expertos	1	10%

Los resultados presentados por los educadores (tabla 13), indican posibles estrategias para mejorar la orientación vocacional y la formación profesional de los estudiantes. Entre estas estrategias, cabe destacar la colaboración entre el trabajo en equipo (profesores, psicólogos y consejeros vocacionales) para mejorar la orientación de los estudiantes, la formación continua, las visitas al sector y la contratación de expertos. Se consideran enfoques eficaces para garantizar una orientación de calidad para los estudiantes a la hora de seleccionar carreras técnicas para su desarrollo profesional.

Tras analizar los resultados de la herramienta de evaluación, se formuló y ejecutó una estrategia para reforzar la orientación y la formación profesionales de los estudiantes de la institución educativa. Esta iniciativa se elaboró en base a la prevalencia de los factores cualitativos identificados en la investigación.

El enfoque metodológico propuesto garantiza una preparación adecuada para guiar a los estudiantes profesionalmente. Se basa en el principio del estudio-trabajo, la profesionalización de los contenidos alineados con las ciencias técnicas, y se estructura en tres etapas, cada una con objetivos distintos y acciones correspondientes.

Propuesta de estrategia de orientación profesional y formación vocacional

La estrategia se formula sobre la base de la necesidad crítica de proporcionar a los estudiantes una orientación profesional eficiente que les permita tomar decisiones bien informadas con respecto a su futuro académico y profesional. Reconociendo la importancia de una asociación integral entre las instituciones educativas, las familias y las comunidades, esta propuesta apunta no solo a reconocer los intereses y necesidades de los estudiantes, sino también a aumentar su confianza y preparación para enfrentar los desafíos del mundo profesional.

*Fases del plan estratégico:**Fase inicial: investigación y autoevaluación:*

Objetivo: facilitar a los estudiantes la exploración y la contemplación de sus intereses, capacidades y principios personales.

Actividades:

- Realización de actividades y talleres interactivos para fomentar la autoevaluación y la autoconciencia.
- Brindar orientación personalizada por parte de asesores vocacionales competentes para ayudar a los estudiantes a reconocer sus puntos fuertes y áreas de interés.
- Organizar sesiones de intercambio con profesionales de diversos ámbitos para ofrecer una visión práctica de las oportunidades profesionales disponibles.

Fase posterior: orientación y exploración profesional:

Objetivo: presentar a los estudiantes un amplio espectro de perspectivas profesionales y equiparlos con las herramientas esenciales para explorarlas.

Actividades

- Organizar visitas a empresas, exposiciones laborales y universidades para proporcionar a los estudiantes experiencias prácticas y una exposición directa al entorno profesional.
- Organizar talleres y presentaciones a cargo de destacados profesionales para educar a los estudiantes sobre las tendencias del mercado laboral y las competencias demandadas en diversos sectores.
- Asignar mentores a grupos de estudiantes para que brinden orientación y asistencia personalizadas durante todo el proceso de exploración profesional.

Fase final: planificación estratégica y preparación para el futuro:

Objetivo: ayudar a los estudiantes a tomar decisiones definitivas y a formular un plan de acción para hacer realidad sus aspiraciones profesionales.

Actividades:

- Realización de sesiones de asesoramiento personalizadas para ayudar a los estudiantes a elaborar planes profesionales personalizados y a establecer objetivos alcanzables a corto y largo plazo.
- Impartir capacitación en habilidades prácticas como la elaboración de currículos, el dominio de las entrevistas de trabajo y la mejora de las habilidades de comunicación para preparar a los estudiantes para ingresar a la fuerza laboral.
- Instituir programas de pasantías y oportunidades de aprendizaje práctico para que los estudiantes adquieran la experiencia pertinente en el campo que elijan.

Evaluación del impacto

Se realizó una evaluación exhaustiva de la eficacia de la estrategia empleando una combinación de indicadores cuantitativos y cualitativos, que abarcaron encuestas a los estudiantes, las opiniones de los profesores y las observaciones directas. Este enfoque facilitó las mejoras continuas y garantizó que la estrategia se alinee eficazmente con sus objetivos.

Resultados luego de la instrumentación de la estrategia formación vocacional y orientación profesional

La formación profesional y la orientación vocacional tienen como objetivo equipar a los estudiantes con información completa sobre las opciones profesionales, incluidos sus atributos, beneficios y perspectivas de empleo. Esto es crucial para que los estudiantes puedan tomar decisiones bien informadas y alineadas con sus aptitudes y el mercado laboral. Los resultados posteriores a la formación se detallan a continuación:

Selección de trayectorias profesionales después de la formación

La evaluación de los estudiantes después de la formación revela un cambio significativo en sus preferencias profesionales, lo que indica un cambio notable en su forma de pensar. Inicialmente, los estudiantes preferían campos como las ciencias de la salud, la administración y la educación. Sin embargo, la tendencia actual demuestra una fuerte inclinación hacia las carreras técnicas, ya que el 71,30% de los estudiantes muestran una preferencia por esta categoría. Este cambio puede atribuirse al énfasis puesto en las carreras técnicas durante las sesiones de orientación profesional, lo que pone de relieve su papel esencial en el panorama socioeconómico y presenta oportunidades lucrativas para los estudiantes.

En conclusión, evaluar la evolución de las percepciones de los estudiantes sobre las carreras técnicas antes y después de la formación es esencial para comprender su impacto tanto en las trayectorias profesionales individuales como en la dinámica social. Un aspecto fundamental de esta evaluación consistió en medir los niveles de satisfacción de los estudiantes con las carreras técnicas en una escala del 1 al 10, donde 1 denotaba una satisfacción mínima y 10 indicaba una satisfacción total. Para analizar estos hallazgos, se empleó la técnica estadística Student T para determinar cualquier disparidad en las evaluaciones de los estudiantes antes y después de la formación y la orientación profesionales. Los resultados resultantes se detallan a continuación:

Tabla 14

Resultados de T de Student de valoración de las carreras antes y después

Variable	n	Media	DE	LI (95)	p (Unilateral D)
Antes	47	5,675	1,45	4,75	<0,0001
Después	47	8,11	1,82	6,92	<0,0001

Los resultados obtenidos de la prueba estadística Student T de muestras relacionadas revelan variaciones notables entre las percepciones de los estudiantes antes y después. Prueba de ello es la puntuación media de 5,675 puntos antes y 8,11 después, lo que indica una mejora significativa en la percepción de los estudiantes sobre las carreras técnicas. Además, una desviación estándar de 1,82 demuestra la coherencia en las respuestas de los estudiantes con respecto a las carreras técnicas. Además, un valor p inferior a 0,0001 significa una sólida prueba estadística de la mejora positiva de las perspectivas de los estudiantes con respecto a las carreras técnicas. En consecuencia, los estudiantes ahora ven estas opciones como alternativas factibles para sus estudios debido a su importancia en el marco profesional.

La presente investigación arroja datos prometedores sobre la orientación profesional y la formación vocacional, ya que, al contrastar los hallazgos de la presente investigación con estudios previos, emerge una convergencia notable en la importancia de la formación vocacional y orientación profesional en la toma de decisiones de los estudiantes de media superior de la Unidad Educativa. Investigaciones anteriores, como las llevadas a cabo por López (2021) y Vargas-Hernández & Salas-Pérez (2023), la ausencia de una orientación clara se ha subrayado como un obstáculo notable para tomar una decisión profesional bien informada. Sin embargo, este estudio aporta información sobre la influencia de una preparación inadecuada en las inclinaciones profesionales iniciales y el potencial de las intervenciones para modificar significativamente estas inclinaciones, en particular en lo que respecta a las profesiones técnicas.

Los resultados de este estudio coinciden en gran medida con las observaciones de Silva et al. (2020), quien también documentó un cambio sustancial en las preferencias de carrera después de la capacitación. No obstante, es crucial señalar que las preferencias específicas post formación divergen en cierta medida. Mientras Corchuelo et al. (2019) este estudio descubrió un aumento universal en la selección de profesiones técnicas, enfatizando la diversidad en las preferencias individuales. Hubo un aumento notable en las trayectorias profesionales técnicas, lo que subraya el claro impacto de la orientación ofrecida en este entorno en particular.

Las diferencias de género observadas en este estudio también se alinean con investigaciones previas, como las realizadas por Cabeza et al. (2021). Estos estudios enfatizan la presencia de estereotipos de género arraigados en las decisiones profesionales y la importancia de la orientación para superar estas limitaciones percibidas. Sin embargo, el factor distintivo de esta investigación radica en su examen exhaustivo de cómo la orientación afecta no solo a la selección de determinadas profesiones, sino también a la percepción general de la viabilidad y la satisfacción en los campos técnicos.

En consonancia con los resultados de Murillo & Vallejo (2022), este estudio afirma el impacto de la formación profesional en la satisfacción laboral, haciendo hincapié en su influencia en las elecciones profesionales y la percepción de las carreras técnicas. Es importante destacar que la mayor percepción revelada en este estudio significa un cambio en la forma en que se valoran las carreras técnicas en el panorama profesional actual.

Es crucial reconocer las limitaciones inherentes a este estudio y a las investigaciones anteriores. La diversidad en los entornos educativos y culturales puede afectar la eficacia de los programas de orientación profesional. Por lo tanto, se recomienda que los estudios futuros realicen análisis trans contextuales exhaustivos para mejorar la generalización de los hallazgos. Además, es necesario investigar los efectos a largo plazo de la formación profesional en los procesos de toma de decisiones y las trayectorias profesionales para ofrecer una comprensión integral de la sostenibilidad de los cambios observados.

4. Conclusiones

- La aparente ausencia de instrucción vocacional y orientación profesional entre los estudiantes examinados es evidente, ya que la inmensa mayoría (89%) no ha recibido dicha formación. Estas conclusiones subrayan la necesidad urgente de establecer iniciativas de asesoramiento eficaces destinadas a ayudar a los estudiantes a navegar por sus trayectorias profesionales, evitando así posibles impedimentos para su éxito académico y profesional en el futuro.

- Antes de seguir la formación profesional, las inclinaciones iniciales de los estudiantes se inclinaban por profesiones en los ámbitos de la salud, la administración y la educación, y las vocaciones técnicas recibían comparativamente poca consideración. Estos descubrimientos subrayan la falta de diversidad en la selección de carreras y subrayan la necesidad de una orientación más completa para familiarizar a los estudiantes con un espectro más amplio de posibilidades profesionales.
- Tras la participación en la formación profesional, se observó un marcado cambio en las preferencias profesionales de los estudiantes, con un aumento perceptible del interés por las vocaciones técnicas. Esto sugiere que la formación profesional ejerció una influencia favorable en las perspectivas profesionales de los estudiantes. Esta transición hace hincapié en la importancia de ofrecer una visión exhaustiva de la variedad de itinerarios profesionales disponibles, lo que permite a los estudiantes deliberar y decidir con prudencia sobre sus trayectorias profesionales.

5. Conflicto de intereses

No existe conflicto de intereses en relación con el artículo presentado.

6. Declaración de contribución de los autores

Todos los autores contribuyeron significativamente en la elaboración del artículo.

7. Costos de financiamiento

La presente investigación fue financiada en su totalidad con fondos propios de los autores.

8. Referencias Bibliográficas

- Bandura, A. (2000). Self-efficacy: The foundation of agency. *Control of human behavior, mental processes, and consciousness: Essays in honor of the 60th birthday of August Flammer.*, 60, 17–33. <https://psycnet.apa.org/fulltext/2000-08381-002.pdf>
- Díaz Bonilla, H. A., Gutiérrez González, D. L., Benjumea Gutiérrez, J. C., & Roa Pinto, G. Y. (2021). Orientación vocacional, una necesidad en población privada de la libertad vinculada al Sistema de Responsabilidad Penal para Adolescentes (SRPA). *Revista Interamericana de Investigación Educación y Pedagogía RIIEP*, 15(2), 97–126. <https://doi.org/10.15332/25005421.7858>
- Bósquez, V., Sanz, C., Baldassarri, S., Ribadeneira, E., Valencia, G., Barragan, R., Camacho, Á., Shauri-Romero, J., & Camacho-Castillo, L. A. (2018). La

computación afectiva: emociones, tecnologías y su relación con la educación VIRTUAL. *Revista de Investigación Talentos*, 5(1), 94–103.

<https://talentos.ueb.edu.ec/index.php/talentos/article/view/35>

Cabeza, K., Durán-Aponte, E., Cabeza, K., & Durán-Aponte, E. (2021). Necesidades de orientación vocacional en educación media. Una propuesta a través de las tecnologías. *Revista de Ciencias Humanísticas y Sociales (ReHuSo)*, 6(2), 93-109. <https://doi.org/10.5281/zenodo.5512902>

Cabrera, M. (2020). Modelos de orientación vocacional para la elección de las carreras de formación universitaria. *Revista Iberoamericana de la Educación*, 3(3). <https://doi.org/10.31876/ie.v3i3.46>

Callejas Torres, J. C., Morales Angaspilco, J. E., Cabrera, X., & Villalobos Veliz, L. del C. (2020). Estrategia de formación vocacional para la orientación vocacional. *Revista Científica Epistemia*, 4(3), 1–14. <https://doi.org/10.26495/re.v4i3.1309>

Caro Navarrete, C., Maureira Cruz, Y., Céspedes Cárdenas, P., Caro Navarrete, C., Maureira Cruz, Y., & Céspedes Cárdenas, P. (2021). Evaluación de una estrategia de acompañamiento a la orientación vocacional en estudiantes secundarios de las regiones de Ñuble y Biobío. *Revista de estudios y experiencias en educación*, 20(44), 254-268. <https://doi.org/10.21703/0718-5162.v20.n43.2021.015>

Castellanos Rodríguez, R., Baute Rosales, M., Chang Ramírez, J. A., Orígenes, desarrollo histórico y tendencias de la orientación profesional. *Revista Universidad y Sociedad*, 12(5), 269-278. <https://rus.ucf.edu.cu/index.php/rus/article/view/1708>

Castro Aceros, Y. L., Granados, L. P. & Luna Ceballos, M. C. (2020). *Orientación vocacional a estudiantes de undécimo grado de un colegio del municipio de Floridablanca* [Tesis de pregrado. Universidad Cooperativa de Colombia, Bucaramanga, Colombia]. Repositorio Institucional UCC. <https://repository.ucc.edu.co/handle/20.500.12494/28472>

Denny, T. L., & Bismarys, L. R. (2020, noviembre 12). Formación y orientación vocacional, tarea del tutor Facultad de Enfermería Tecnología Santiago 2019. *EdumedHolguin2020*. EdumedHolguin2020. <http://www.edumedholguin2020.sld.cu/index.php/edumedholguin/2020/paper/view/144>

- Espinal, K. (2022). Estrategias de orientación vocacional para la elaboración del plan de vida de estudiantes de educación secundaria Tesis de maestría, Universidad Ricardo Palma. Repositorio institucional de la Universidad Ricardo Palma. <https://repositorio.urp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14138/5718>
- Falcón Linares, C., & Arraiz Pérez, A. (2020). Construcción de identidad profesional docente durante la formación inicial como maestros. *Revista complutense de educación*, 31(3), 329–340. <https://doi.org/10.5209/rced.63374>
- Fallas-Vargas, M. A., Gamboa-Jiménez, A., Fallas-Vargas, M. A., & Gamboa-Jiménez, A. (2023). Modelo institucional de la orientación técnico profesional: Análisis del Instituto Nacional de Aprendizaje (Costa Rica). *Revista Electrónica Educare*, 27(2), 87-109. <https://doi.org/10.15359/ree.27-2.16039>
- Goñi Gamella, E., & Santos Luna, D. (2021). Itinerario+ un modelo socioeducativo integral para el alumnado de Formación Profesional Básica. *Padres y Maestros / Journal of Parents and Teachers*, 385, 32–37. <https://doi.org/10.14422/pym.i385.y2021.006>
- Pisco, L. M. G., & del Rocío Loor Salmon, L. (2021). Orientación vocacional y profesional en la Educación Básica Superior de una institución Ecuatoriana: Diagnostico e intervención. *Dominio de las Ciencias*, 7(4), 276–297. <https://doi.org/10.23857/dc.v7i4.2093>
- Guerra-Hernández, I. (2022). El impacto de la enseñanza de orientación vocacional en la educación media superior. *Con-Ciencia Boletín Científico De La Escuela Preparatoria No. 3*, 9(17), 55-57. [dehttps://repository.uaeh.edu.mx/revistas/index.php/prepa3/article/view/8317](https://repository.uaeh.edu.mx/revistas/index.php/prepa3/article/view/8317)
- Huillca-Ochoa, J. (2021). Orientación vocacional y elección de la carrera profesional en ingresantes a la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco-2018. *Revista Científica Investigación Andina*, 21(1). <https://doi.org/10.35306/rev.cien.univ.v21i1.919>
- López Selas, S. (2021). La importancia de la orientación vocacional antes y durante la formación profesional. *Padres y Maestros / Journal of Parents and Teachers*, 385, 16–20. <https://doi.org/10.14422/pym.i385.y2021.003>
- Macías-Figueroa, F. M., Mendoza-Vergara, G. M., Mielles-Pico, G. L., Andrés-Soledispa, E. J. S., & Barcia-Briones, M. F. (2021). La psicopedagogía y su influencia en la orientación vocacional de los estudiantes. *Dominio de las Ciencias*, 7(1), 850–868. <https://doi.org/10.23857/dc.v7i1.1744>

- Mansilla Galdeano, D. N., González Rivero, E. M., Soria, L., & Valdez, M. A. (2022). Rol de la orientación para la inserción laboral en las transiciones universitarias: entre la educación y el campo del trabajo: Inserción laboral en transiciones universitarias. *Orientación Y Sociedad*, 22(1), e046. <https://doi.org/10.24215/18518893e046>
- Mastache, A., & Guzmán Llach, F. (2021). Formación profesional de estudiantes de educación a partir de su participación en espacio laboral. *Itinerarios Educativos*, 15, e0017. <https://doi.org/10.14409/ie.2021.15.e0017>
- Murillo Moreira, J. A., & Vallejo Valdivieso, P. A. (2022). La orientación vocacional y su influencia en la elección de carreras universitarias. *Episteme Koinonia: Revista Electrónica de Ciencias de la Educación, Humanidades, Artes y Bellas Artes*, 5(Extra1), 34-53. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/revista?codigo=26669>
- Rodríguez Esquivel, N. D. C., & Gallardo Córdova, K. E. (2020). El bienestar y la orientación educativa enfocados en las nuevas generaciones. *REOP - Revista Española de Orientación y Psicopedagogía*, 31(2), 7. <https://doi.org/10.5944/reop.vol.31.num.2.2020.27982>
- Rodríguez Maden, Á. L., Torres Pérez, Y., Leyva Soler, C. S., Rodríguez Maden, Á. L., Torres Pérez, Y., & Leyva Soler, C. S. (2021). La educación de la familia del estudiante de secundaria básica y la orientación vocacional hacia las carreras pedagógicas. *Transformación*, 17(2), 438-458. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2077-29552021000200438
- Santana-Sardi, G. A., Vélez-Vélez, M. E., Sampedro-Mera, M. J., & Delgado-García, Y. S. (2020). Estrategia de formación vocacional orientada a la admisión estudiantil de educación superior, una perspectiva psicopedagógica. *Dominio De Las Ciencias*, 6(3), 776–796. <https://doi.org/10.23857/dc.v6i3.1429>
- Sardi, G. A. S., Santana, J. A. G., Cevallos, F. A. M., & Palma, P. A. E. (2021). La orientación vocacional y profesional como estrategia en la comunicación educativa universitaria. *South Florida Journal of Development*, 2(1), 900-912. <https://doi.org/10.46932/sfjdv2n1-066>
- Silva Mantilla, S. K., Espitia Martínez, R. A., Benavides, M. A., & Ricardo Díaz, S. M. (2020). *El impacto de la orientación vocacional y profesional en la disminución de la tasa de deserción en los procesos de formación académica en las Instituciones de Educación Superior de la ciudad de Medellín [Proyecto de practica II, Investigación aplicada, Politécnico Grancolombiano, Bogotá, Colombia]*. <https://alejandria.poligran.edu.co/handle/10823/1987>

- Vargas-Hernández, E. (2022). Sistematización de experiencias en el curso de Técnicas e Instrumentos para la Orientación Vocacional de la Carrera de Orientación de la UNA. *Revista Costarricense de Orientación*, 1(1), 1–16.
<https://doi.org/10.54413/rco.v1i1.12>
- Vargas-Hernández, E. Y., & Salas-Pérez, K. V. (2023). Retos y desafíos de las personas profesionales de la orientación vocacional: una mirada desde los diversos contextos laborales en Costa Rica. *Revista Costarricense de Orientación*, 2(1), 1–20. <https://doi.org/10.54413/rco.v2i1.32>
- Veloza Soler, J. V., Vanegas-García, J. H., & Gamboa-Suárez, A. A. (2021). El Trabajador Social en contextos escolares: una mirada desde la orientación vocacional y ocupacional. *Revista perspectivas*, 7(1), 42–55.
<https://doi.org/10.22463/25909215.3341>
- Yalandá, L., & Trujillo, A. (2021). *La importancia de la orientación vocacional en la formación escolar*. *Fedumar Pedagogía y Educación*, 8(1), 98–114
<https://revistas.umariana.edu.co/index.php/fedumar/article/view/2722>

El artículo que se publica es de exclusiva responsabilidad de los autores y no necesariamente reflejan el pensamiento de la **Revista Ciencia Digital**.



El artículo queda en propiedad de la revista y, por tanto, su publicación parcial y/o total en otro medio tiene que ser autorizado por el director de la **Revista Ciencia Digital**.



Indexaciones



Technology: a human being's ally or a silent enemy

Tecnología: aliada del ser humano o un enemigo silencioso

- ¹ Cesar Augusto Narváez Vilema  <https://orcid.org/0000-0003-4498-8316>
Docente de la carrera de Pedagogía de los Idiomas Nacionales y Extranjeros, Universidad Nacional de Chimborazo (UNACH), Riobamba, Ecuador.
cesar.narvaez@unach.edu.ec
- ² Elsa Yoconda Narváez Vilema  <https://orcid.org/0009-0003-5321-7908>
Docente de la Unidad educativa PCEI Chimborazo, Riobamba, Ecuador.
yoconda.narvaez@educacion.gob.ec
- ³ Cristhian Mauricio Yagos Vilema  <https://orcid.org/0009-0000-3145-7503>
Docente de Bachillerato Técnico, Unidad Educativa Guayaquil, Ambato, Ecuador.
cristhian.yagos@educacion.gob.ec
- ⁴ Miryan Estela Narváez Vilema  <https://orcid.org/0000-0002-7734-419X>
Docente de la carrera de Ingeniería en Tecnologías de la Información, Universidad Nacional de Chimborazo (UNACH), Riobamba, Ecuador.
miryan.narvaez@unach.edu.ec



Artículo de Investigación Científica y Tecnológica

Enviado: 15/04/2024

Revisado: 10/05/2024

Aceptado: 03/06/2024

Publicado: 10/07/2024

DOI: <https://doi.org/10.33262/cienciadigital.v8i3.3068>

Cítese:

Narváez Vilema, C. A., Narváez Vilema, E. Y., Yagos Vilema, C. M., & Narváez Vilema, M. E. (2024). Tecnología: aliada del ser humano o un enemigo silencioso. *Ciencia Digital*, 8(3), 30-46. <https://doi.org/10.33262/cienciadigital.v8i3.3068>



CIENCIA DIGITAL, es una revista multidisciplinaria, trimestral, que se publicará en soporte electrónico tiene como misión contribuir a la formación de profesionales competentes con visión humanística y crítica que sean capaces de exponer sus resultados investigativos y científicos en la misma medida que se promueva mediante su intervención cambios positivos en la sociedad. <https://cienciadigital.org>
La revista es editada por la Editorial Ciencia Digital (Editorial de prestigio registrada en la Cámara Ecuatoriana de Libro con No de Afiliación 663) www.celibro.org.ec



Esta revista está protegida bajo una licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional. Copia de la licencia: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/deed.es>

Palabras claves:

Lenguas extranjeras, tecnología educativa, riesgos ocultos de la tecnología, conciencia de profesores y estudiantes.

Keywords:

Foreign languages, educational technology, technology hidden risks, teachers, and students' consciousness.

Resumen

Introducción: Los beneficios que se derivan del uso de la tecnología en la educación, particularmente en el campo de la enseñanza y el aprendizaje de lenguas extranjeras, son innumerables. Sin embargo, investigaciones críticas han demostrado que el privilegio asignado a la tecnología esconde consecuencias de las que la mayoría de estudiantes y profesores no son conscientes. **Objetivo:** En este sentido, este estudio pretende dilucidar hasta qué punto los profesores de inglés son conscientes de las amenazas ocultas en la implementación de tecnologías en sus aulas. **Metodología:** Para ello, el estudio transita bajo el paradigma interpretativo y enfoque mixto de la investigación científica. Para el proceso de recolección de datos se aplicó una encuesta y una entrevista semiestructurada a la población. **Resultados:** Los principales resultados evidenciaron una posición ingenua de los participantes que ignoran que el uso acrático de la Tecnología evoca riesgos no sólo académicos sino también éticos, laborales y sociales. **Conclusión:** Estas circunstancias exigen que los docentes adopten una posición crítica respecto de qué, cuándo y cómo utilizar las tecnologías en clase. **Área de estudio general:** Educación. **Área de estudio específica:** Tecnología educativa.

Abstract

Introduction: The benefits derived after the usage of technology in education, particularly in the field of foreign language teaching and learning, are countless. However, critical research has evidenced that the privilege assigned to technology hides consequences that most students and teachers are not conscious of. **Objective:** In this regard, this study aims to elucidate to what extent English teachers are cognizant of the threats hidden in the implementation of technologies in their classrooms. **Methodology:** For this, the study transits under the interpretative paradigm and mixed approach of scientific research. For the data collection process, a survey and a semi-structured interview were applied to the population. **Results:** The principal results evidenced a naive position of the participants who ignore that an acatically usage of Technology evokes not only academic risks but, also ethical, labor, and societal ones. **Conclusion:** These circumstances demand teachers adopt a critical position regarding what, when, and how to use technologies in class.

General Study Area: Education. **Specific Study Area:** Educational Technology.

1. Introduction

From its origins, technology has triggered paradigmatical changes in all activities humans do or need. In education, for instance, the approaches, theories, methods, strategies, and everything inherent to the teaching and learning process have been progressively changing for the benefit of learners and educators (Cabero, 2004; Cepeda, 2021). Today, innovative strategies and opportunities for managing knowledge are placed on the education palestra by incorporating innovative technologies that offer infinite possibilities to be adapted to specific contexts, realities, and situations. Thus, education has evolved into a more personalized, inclusive, and dynamic process in which students assume authentic roles and responsibilities for constructing their learning (Malpartida et al., 2021).

Due to the implementation of technological resources, the framework of teaching foreign languages has progressed from based-on-grammar teaching to a process where communication is the principal target; from a process where the teacher is the main character to a learner-centered one; from a systematic organization of contents to a recurrent and complex dynamic aligned with real-life situations (Gómez et al., 2019). This from Avalos's (2022) perspective, resulted in many reliable interaction opportunities, contextualized practice, collaborative work, and content sharing focusing on language learning and acquisition (Bozada, 2020).

Henderson (2020), identifies some of the benefits derived after the implementation of technology in academic contexts; these are presented as follows:

Fosters engagement. – Since today's learners are digital natives, a based-on-technology class is more interesting and authentic for them. Students, when noticing that learning fits with their needs and wants, put on their best. For instance, when using Augmented and Virtual Reality pupils are immersed in the scientific knowledge triggering cognitive and metacognitive processes that foster meaningful, self, and innovative learning.

Improves knowledge retention. – When using technologies, teachers can include in their classes a wide range of didactic resources, such as videos, recordings, images, graphic organizers, interactive illustrations, and games, among others. All these elements make learning more dynamic and involving. Students learn by doing and experimenting, in consequence, knowledge retention is pointedly enhanced.

Encourages collaboration. – There are multiple platforms, virtual pages, and social networks that gather students and professionals who share common interests, knowledge, experiences, and ideologies from all over the world. These contexts foster the creation of virtual communities where students teach and learn without traditional restrictions of time and place.

Improves academic encounters. – The typical class has been transformed thanks to technology. Today, classrooms include smartboards, audiovisual resources, computers, and internet access. Thanks to these advantages, teachers can propose interactive tasks, artificial experiments, virtual experiences, and synchronic and remote global communicational encounters.

Up to this point, every factor linked to the implementation of technologies in education seems to be favorable. Notwithstanding, various critics like Lustgarten et al. (2020), Rumiche & Solís (2021), and Hötte et al. (2023), have evidenced that the privilege assigned to the usage of technology hides consequences that most students and teachers are not conscious of. Some of the consequences derived after the employment of technologies are:

Naturalization of cheating and mediocrity. – Browsers are designed to facilitate users to find the information they desire. Unfortunately, this condition has prompted non-ethical practices which have become even worse with the advent of Artificial Intelligence. Therefore, students are getting used to asking these platforms to do all their academic tasks, diminishing their capacity to think, create, innovate, solve problems, and make decisions.

Faceless interactions that have triggered insecurity. – Students trust everything and everybody. This scenario facilitates to murders contact them, particularly with children, persuading them to make risky challenges, fake business, and immoral acts that not only represent a hazard for them but also for their relatives and friends.

Individualism and egocentrism. – Electronic games, avatars, and stereotypes have awakened a false perception of reality. Students interact with fribble electronic devices, take care of virtual pets, live in a world created by themselves in isolation, and adopt habits and behaviors based on trends.

Medical consequences. - The excessive use of technological devices has generated diverse affections that go from physical to psychological pathologies. Regarding the former, it can be identified blindness, muscle contractures, dizziness, alterations in the alignment of the vertebrae, inflammation, and pain of the articular facets. When referring to psychological problems, it can be mentioned the compulsiveness to check the cell

phone for messages, excessive use of social networks, sleep disorders or anxiety, need to buy the latest technological innovations.

Analogical risks are also perceived in the field of language teaching and learning. Students appear to be overdependent on translation apps (Jaramillo et al., 2017); when using language learning platforms, users must provide personal information which if not adequately protected, could lead to data breaches or illegal usage of this. Besides, due to socioeconomic disparities, not all students may have equal access to technology or high-speed internet, evoking inequalities in language learning opportunities and potentially widening educational gaps (Cabero, 2007).

In terms of Gil & Prendes (2019), technology-based language learning can be isolating, and some students may find it less engaging than in traditional classroom settings with face-to-face interactions. In addition, full-immersing students into technology may lead them to construct virtual or fake life dimensions which can cause cognitive impairments such as attention, reception and retention deficit, hyperactivity, and the impossibility of solving problems and making decisions. Furthermore, academic regressions in orthography and calligraphy.

An important hazard for language teachers is that technology may result in the disappearance of their profession. Since the arrival of platforms like Duolingo, Hello Talk, and Babble; and social networks such as Facebook, YouTube, Instagram, Telegram, WhatsApp, and TikTok, teachers are no longer seen as the primary source of knowledge (Briva-Iglesias, 2021). Even worse, due to applications like Google Translator, iTranslate, Yandex Translate, Microsoft Translator, Babylon Translator, WayGo, and TripLingo; technological devices such as Vasco Translator V4, Timekettle M2 Language Translator Headphones, Pocketalk Classic, Muama Enence, Timekettle WT2 Edge/W3, Vasco M3, PenPower WorldPen Scan Go, among others; translators and interpreters are at risk of disappearing from the labor market in a range of 76.5% according to Millán (2023).

With the basis therein, this study aims to elucidate to what extent English teachers are cognizant of the threats hidden in the implementation of technologies in their classrooms. Being so may determine the difference between the cliched use of technologies and their critical implementation.

2. Methodology

Considering the categorization of scientific research paradigms proposed by García & Giacobbe (2013), this study roots itself into the interpretative one. This paradigm assumes that social reality is not singular or objective, but is rather shaped by human experiences, social contexts, and the way they interpret and assign meaning to their world

(Phothongsunan, 2010). Likewise, the study was carried out under the principles of the mixed approach for it includes statistical and narrative information regarding teachers' consciousness about the risks hidden after the acritical use of technologies.

Due to the study phenomenon has not been broadly covered, the study frames within the exploratory research, and the meaning assigned to the participants' contributions, accomplish the characteristics of an interpretative work. For undertaking the data collection process, a survey and a semi-structured interview were applied to the population. The former, through closed questions constructed under the principles of the Likert scale, helped gather numerical data about the study problem. On the other hand, the interview made it possible to elucidate subjective information which contributed to a deeper understanding of teachers' consciousness about the risks of technology.

The population is constituted of 30 English teachers with different professional backgrounds, experience, and labor contexts (*10 Unidad Educativa Guayaquil-Ambato; 18 Universidad Nacional de Chimborazo; 2 Centro de Adolescentes Infractores-Riobamba*). These heterogeneous qualities enrich the meaningfulness of the study and guarantee the reliability of the results. For the analysis and interpretation of the results, the categorization and Descriptive Statistics were principally used. Besides, for analyzing the narratives derived from the interviews, the "Thematic Analysis Model" was used, which privileges "what the interviewees say" but not how they say it (Fernandez-Nuñez, 2015). These contributions are identified by ordinal codes.

E-T_01

E = Interviewed

T = Teacher

01 = Ordinal number

The criteria to evaluate the survey were established considering the Likert scale. The maximum possible score is 150 (considering that the population is 30 teachers). It is understood that as closer to 150 the criteria are, as less cognizant the participants are about the risks derived from the acritical use of technology. The equation used to calculate the score for each question is the following:

$$Po = (f1) + 2(f2) + 3(f3) + 4(f4) + 5(f5) \quad (1)$$

where:

Po = Score obtained

$f1$ = Never

f2 = Rarely

f3 = Occasionally

f4 = Frequently

f5 = Always

The formula used for getting the total average in each category is the following:

$$Pf = \frac{\sum Po}{n} \quad (2)$$

Where:

Pf = Final Score

Po = Score obtained

n = Number of questions per category

To fulfill the principles of ethics and guarantee compliance with the principle of “personal autonomy, confidentiality, and justice” informed consent forms were completed, where participants accepted that their contributions be used in the study.

3. Results

As claimed by De Cremer & Kasparov (2022), technology is a double-edged sword. On the one hand, it has revolutionized communication surpassing traditional limitations in terms of time and space; thanks to technology science, medicine, art, music, and so forth, are no longer than a click. Education is not limited anymore to physical contexts. Human daily tasks have been automated in a way they are easier and more profitable. But at the same time, the acritical usage of these wonders hides different risks which are to be elucidated as follows.

The nature of the results suggests the organization of these under four main categories: Academic, Ethical, Labor, and Societal risks, as exposed in Table 1.

Table 1

Punctuation scope

Punctuation scope	Criteria			
	Academic Risks	Ethic Risks	Labor Risks	Societal Risks
[121-150]	Always	Totally agree	Totally agree	Totally agree

Table 1
Punctuation scope (continuation)

Punctuation scope	Criteria			
	Academic Risks	Ethic Risks	Labor Risks	Societal Risks
[91-120]	Frequently	Agree	Agree	Agree
[61-90]	Occasionally	Neither agree nor disagree	Neither agree nor disagree	Neither agree nor disagree
[31-60]	Rarely	In disagreement	In disagreement	In disagreement
[0-30]	Never	Totally disagree	Totally disagree	Totally disagree

Note: the maximum possible score is 150 considering that the population is 30 teachers

Academic Risks

This category is constructed with eight questions focused on identifying how conscious English teachers are about the risks derived after the acritical usage of technologies in the teaching of foreign languages.

Table 2
Academic Risks

Questions	Punctuation					Po
	1	2	3	4	5	
Technology assists my students in correcting spelling errors.	0	0	0	8	22	142
Technology assists my students in correcting punctuation errors.	0	0	0	5	25	145
My students prefer to use technological means to write instead of doing it manually.	0	0	0	4	26	146
My students use abbreviations, emojis, and animated gifs to respond to their communicative interactions.	0	0	0	4	26	146
When my students find an unknown term, they use technology to understand it.	0	0	0	4	26	146
Thanks to Artificial intelligence and writing platforms my students make clear and concise writings.	0	0	0	7	23	143
To understand extensive readings, my students opt to use technological tools that generate automatic summaries and analyses.	0	0	0	4	26	146
My students are getting used to using technological resources to solve English tasks.	0	0	0	4	26	146
Final average: 145						

Source: data gathered through the survey applied to the participants

The results in Table 2 evidence a naive position of the surveyed population. This assumption is corroborated by the participants' contributions in the applied interview. Technology for them, "... is the best ally... to overcome grammar and punctuation mistakes" (ET-14, 2023). "Thanks to Grammarly, my students don't have almost any grammatical or punctuation mistakes." (ET-02, 2023). A critical analysis of these contributions leads to the question; are students or technology who do not make mistakes?

Al-Abdullatif et al. (2020) have no doubts, it is technology.

When the participants affirm, that they "... prefer receiving students' homework through technological platforms, such as Word, Canva, or PowerPoint because of students' catastrophic calligraphy" (ET-24, 2023), as well as their position reflected in the survey (table 2), it is possible to assume that teachers prefer avoiding this phenomenon than making something to overcome it, as stated by Mejía et al. (2018).

Considering that due to technology and Artificial Intelligence "Students can easily understand unknown vocabulary and are able to create very creative illustrations and works; [that]... can summarize PDF documents in seconds or create essays with a click" (ET-13, 2023); corroborate the results evidenced in Table 2. In these terms, the unconsciousness of teachers regarding the academic risks derived after the acritical usage of ICTs is broadly demonstrated. From the view of Quiroga et al. (2019) educators, unfortunately, are not cognizant that students can be exposed to "high levels of addiction generating greater distractions, loss of time, social isolation, obtaining incomplete or filtered information..." or becoming extremely dependent on technology which would end on mediocrity and non-ethical practices.

Ethic Risks

The use of technology brings about plentiful ethical risks that need careful consideration. These risks can vary depending on the type of technology, its application, and the context in which it is used. That is why, addressing the ethical risks associated with technology requires ongoing dialogue, interdisciplinary collaboration, and a commitment to prioritizing human well-being and ethical principles in technological development and deployment. For this, teachers must ensure that the technology devices, platforms, or resources, they are using, enhance learning without causing harm.

Table 3

Ethic Risks

Questions	Punctuation					Po
	1	2	3	4	5	
Artificial intelligence helps students generate activities or tasks in record time.	0	0	0	2	28	148

Table 3
Ethic Risks (continuation)

Questions	Punctuation					Po
	1	2	3	4	5	
I have noticed that my students' tasks do not correspond to their academic development.	0	0	0	3	27	147
My students' academic performance is exceptional thanks to technology.	0	0	0	16	14	134
My students' bibliographic sources are reliable.	4	16	10	0	0	66
My students can critically support and argue their tasks.	13	9	8	0	0	55
	Final average: 110					

Source: Data gathered through the survey applied to the participants

With the results in Table 3 and the contributions of the interviewees, it could be elucidated that this category of analysis includes two dichotomic views. One which unconsciously privileges the supposed wonders of technology “It is incredible how my students can do very creative images, videos, games, and even writings in seconds” (ET-21, 2023); and another accepts that the tasks students present as part of their academic responsibilities do not fit their language level “My students’ homework is significantly better when they work with technology at home than when they have to work in class without it” (ET-08, 2023). Besides, teachers accept that “...when [assigning] research activities students cannot support their works and most of the time, they don’t include a bibliography, and when they do, the references are from virtual pages such as Tareas.com, significados.com, or Wikipedia” (ET-17, 2023); online pages identified by Nayak & Narayan (2019), as not reliable and trustworthy.

Laboral Risks

The advent of technology has profoundly transformed the job landscape, introducing both opportunities and challenges. For instance, automation and artificial intelligence have streamlined processes, increased efficiency and productivity, but also displacing workers in roles involving repetitive tasks. This has led to significant job losses in sectors like manufacturing, administration, tourism, and in some sectors of education. Some of these problems are explicated in the following pages.

Table 4
Labor Risks

Questions	Punctuation					Po
	1	2	3	4	5	
Teaching labor without technology is impossible.	0	0	15	8	7	112

Table 4
Labor Risks (continuation)

Questions	Punctuation					Po
	1	2	3	4	5	
Technology makes translation and interpretation, tasks that everybody can do.	0	0	0	14	16	136
Technology allows the performance of teaching activities such as grading, recording attendance, and sending assignments, without the intervention of the teacher.	0	0	0	12	18	138
Foreign language learning platforms and applications are very effective.	0	0	0	8	22	142
	Final average: 132					

Source: Data gathered through the survey applied to the participants

The results exposed in Table 4 reflect, from our perspective, the most dramatic position of teachers regarding the acritical usage of Technologies. Further, their narratives show their ingenuity and professional self-deterioration. Millán (2023), acknowledges that translators and interpreters are at risk of disappearing from the labor market in a range of 76.5%; but denying this detrimental phenomenon teachers consider that “Thanks to technology, translation is an activity that can be done by every single person in the world” (ET-08, 2023).

Another critical factor in this category is the increasing teachers’ dependence on technology and auto-displacement. ET-19, 2023, argues that “...today working without technology is impossible and also unesthetic.” Following the same logic, ET-03, 2023 assures that “Because, we are teaching to digital natives, not using technology in our classes is going against the nature of students.” To what extent is this true? Trahtemberg (2000), identified that the acritical usage of technologies hinders the possibility for students to solve problems, make decisions, create, innovate, make projects, and significantly learn.

Finally, when teachers argue that “Thanks to Artificial Intelligence their work has become easier.” (ET-27, 2023). “Lesson planning, developing didactic material, making tests, scoring tasks, registering the assistance, etcetera, can be done automatically and without effort.” (ET-06, 2023). They are accepting that technology can do their professional responsibilities and at the same time are accepting their professions are starting to be unnecessary.

Societal Risks

The rapid advancement of technology poses significant societal risks that need careful consideration and management. One major concern is the exacerbation of inequality, as access to advanced technologies and the skills to use them are unevenly distributed,

potentially widening the gap between different socioeconomic groups. Additionally, the pervasive nature of digital surveillance and data collection threatens individual privacy and can lead to misuse of personal information. The proliferation of misinformation and deepfake technologies undermines trust in information and can destabilize social and political systems. To what extent teachers are cognizant of this phenomenon is evidenced as follows.

Table 5

Societal Risks

Questions	Punctuation					Po
	1	2	3	4	5	
With technology, everybody can learn foreign languages.	0	0	0	3	27	147
Thanks to technology, all social problems can be solved.	0	0	0	8	22	142
Communicating through emojis, GIFs, and stickers is funnier than face-to-face interaction.	0	0	0	2	28	148
Thanks to technology, foreign languages and cultures can be easily adopted.	0	0	0	4	26	146
My students' technological devices reflect their socioeconomic level.	0	0	8	18	4	116
	Final Average: 139,8					

Source: Data gathered through the survey applied to the participants

Monsalve-Maldonado & Merchán-De Monsalve (2020), criticize the way how human beings have allowed themselves to be influenced by technology that, used indiscriminately, destroys even the most valuable thing which is the family. If the family is destroyed, society is too. In the words of Terán (2019), today our society is experiencing “the cybernetic syndrome” characterized by embracing plenty of cyber-addict communities who are not aware of what is happening in their surroundings, as exposed in Table 5.

The participants consider that interacting through social networks using emojis and stickers is nicer than personal communication. “Most of the time we communicate with our colleagues and students through social networks. It is interesting because, through these fanny pictograms, we can express our opinions without feeling embarrassed” (ET-16, 2023).

This critical analysis of the use of technology and its negative impact on society leads us to uncover two harmful phenomena. The free path to acculturation and the dramatic socioeconomic gaps caused due to fashion stereotypes, as explained by Pulido et al. (2021). The participants affirmed that “...through the internet, students can be exposed to authentic input and in this way, they can easily acquire American culture.” (ET-08, 2023). “The details of any cultural tradition can be appreciated thanks to videos on YouTube, Facebook, and TikTok. ...for instance, my little son knows a lot about famous

people” (ET-14, 2023). At this point, the reflection would be, how much her son knows about Ecuadorian culture.

4. Discussion

It cannot be denied that the arrival of technology particularly the ICTs has constituted paradigmatic improvements in the quality of human life. But technology does not have to be considered the panacea for every human being’s activity. Along these pages, it has been evidenced that the acatically usage of Technology evokes negative consequences. These circumstances demand teachers adopt a critical position regarding what, when, and how to use technologies in class.

Teachers and students must understand that the non-sense-extensive usage of tech devices creates dependence, addiction, and social interaction disruptions. Academic capabilities such as calligraphy and orthography are significantly affected. Laboral opportunities are being destroyed, among other phenomena exposed in this paper. But believe it or not, this is not the worst part. Recalling Paulo Freire’s ideas, it is that there are plenty of people who do not know this is happening; and even worse, there are people who do not know, that they do not know.” Understanding, signifying, and re-signifying the usage of technology for the benefit of our students and ourselves is a battle that must be fought. For us, it starts taking distance from the systematic principles imposed by hegemonies; this work follows this target.

5. Conclusions

The study offers the following conclusions:

- Teachers are aware of the multiple advantages that technology offers when using it for academic purposes, but most of them ignore the risks they represent if used uncritically.
- It is noticed a privilege and an overvalued position of teachers regarding technology. This phenomenon is even more drastic when referring to the usage of Artificial Intelligence.
- Teachers conceive as positive students’ capacity to develop their tasks by using technology; today, by using Artificial intelligence. Despite this, they accept that these practices (copying and pasting, taking information without any analysis, accepting everything provided on the web) lack ethical and moral principles.
- Technologies are conceived as a fashion or trend to follow. Nowadays, everything is moved through Facebook, TikTok, or Instagram. This scenario may affect people’s capabilities to read, write, research, and think. Even worse, it may represent the starting point of a dehumanization process.

6. Conflict of interests

As authors, we assert that there is no conflict of interest regarding the article presented.

7. Author contribution statement

All authors contributed significantly to the preparation of the article.

8. Financing costs

This research was funded entirely with the authors' own funds.

9. Bibliographic References

Al-Abdullatif, A. M., Alsubaie, M. A., & Aldoughan, E. A. (2020). Exploring the effects of excessive texting through mobile applications on students' technostress and academic writing skills in the Arabic language. *IEEE Access*, 8, 166940-166950. <https://ieeexplore.ieee.org/document/9195811>

Avalos, G. (2022). Usage of live worksheets as academic tool for English teaching to students at octavo año de educación general básica "A" of the Unidad Educativa "Fe y Alegría" located in the city of Riobamba, Chimborazo Province, during the School Year 2021-2022 (bachelor's thesis, Universidad Nacional de Chimborazo UNIVERSIDAD, Riobamba, Ecuador PAIS). <http://dspace.unach.edu.ec/bitstream/51000/10085/1/UNACH-EC-FCEHT-IDM-00015-2022.pdf>

Bozada, C. J. M. (2020). Tecnología en la educación ecuatoriana logros, problemas y debilidades. *Dominio de las Ciencias*, 6(3), 496-516. <http://dx.doi.org/10.23857/dc.v6i3.1295>

Briva-Iglesias, V. (2021). Traducción humana vs. traducción automática: análisis contrastivo e implicaciones para la aplicación de la traducción automática en traducción jurídica. *Mutatis Mutandis, Revista Latinoamericana de Traducción*, 14(2), 571-600. <https://doi.org/10.17533/udea.mut.v14n2a14>

Cabero Almenara, J. (2004). La investigación en tecnologías de la educación. *Revista de Pedagogía Bordón*, 56(3.4), 617-634. <https://bit.ly/3DpCLa7>

Cabero, J. (2007). Las necesidades de las TIC en el ámbito educativo: oportunidades, riesgos y necesidades. *Tecnología y Comunicación Educativas*, 21(45), 4-19. <http://investigacion.ilce.edu.mx/tyce/45/articulo1.pdf>

Cepeda, R. (2021). Analysis about the use of educational videos to improve the pronunciation on the students from eighth grade in "Fernando Daquilema" high

school during the academic period September 2020-july 2021 (bachelor's thesis, Universidad Nacional de Chimborazo UNIVERSIDAD, Riobamba, Ecuador PAIS). LINK <http://dspace.unach.edu.ec/bitstream/51000/8174/1/UNACH-EC-FCEHT-IDM-2021-00003.pdf>

De Cremer, D., & Kasparov, G. (2022). The ethics of technology innovation: a double-edged sword? *AI and Ethics*, 2(3), 533-537. <https://doi.org/10.1007/s43681-021-00103-x>

García, j. & Giacobbe, M. (2013). Nuevos desafíos en investigación. Teorías, métodos, técnicas e instrumentos. Rosario-Santa Fe-Argentina. Homo Sapiens Ediciones. 4ta reimpresión. ISBN 950-808-457-X

Gil Oliver, J. M., & Prendes Espinosa, M. P. (2019). Uso de aplicaciones y dispositivos móviles con menores en riesgo de exclusión: evaluación de una experiencia educativa no formal. *Enseñanza & Teaching: Revista Interuniversitaria de Didáctica*, 37(1), 23–39. <https://doi.org/10.14201/et20193712339>

Gómez, C., Ramírez, J., Martínez, O., & Chuc, I. (2019). El uso de las TIC en la Enseñanza del inglés en las primarias públicas. *Revista de Estudios y Experiencias en Educación*, 18(36), 75-94. <http://dx.doi.org/10.21703/rexe.20191836gomez4>

Henderson, D. (2020). Benefits of ICT in Education. *IDOSR Journal of Arts and Management*, 5(1), 51-57. <https://www.idosr.org/idosr-journal-of-arts-and-management-idosr-jam-8/>

Hötte, K., Somers, M., & Theodorakopoulos, A. (2023). Technology and jobs: A systematic literature review. *Technological Forecasting and Social Change*, 194, 122750. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2023.122750>

Jaramillo Ospina, K. L., Navia Mayorga, F. A., & Camacho Villota, W. A. (2017). Niños y adolescentes. su dependencia de la tecnología móvil. *Revista Pertinencia Académica*, (2), 57–68. <https://revistas.utb.edu.ec/index.php/rpa/article/view/2400>

Lustgarten, S., Garrison, Y., Sinnard, M., & Flynn, A. (2020). Digital privacy in mental healthcare: current issues and recommendations for technology use. *Current Opinion in Psychology*, 36, 25-31. <https://doi.org/10.1016/j.copsyc.2020.03.012>

Malpartida Gutiérrez, J. N., Olmos Saldívar, D., Ogozi Auqui, J. A., & Cruz Huapaya, K. K (2021). Mejora del proceso educativo a través de plataformas virtuales. *Revista Venezolana de Gerencia: RVG*, 26(5), 248-260. <https://doi.org/10.52080/rvgluz.26.e5.17>

- Mejía, D. R., Tacle, C. J., Benavides, L. E., & Vásconez, S. V. (2018). Los trastornos del aprendizaje y el modelo pedagógico invertido. *RECIMUNDO: Revista Científica de la Investigación y el Conocimiento*, 2(2), 194-208. [https://doi.org/10.26820/recimundo/2.\(2\).2018.194-208](https://doi.org/10.26820/recimundo/2.(2).2018.194-208)
- Millán, V. (22/03/2023). Los empleos que se verán más afectados (y los que menos) por ChatGPT, según OpenAI. *elEconomista.es*. <https://www.eleconomista.es/empleo/noticias/12198239/03/23/Traductores-matematicos-y-creativos-son-los-empleos-mas-vulnerables-ante-ChatGPT-segun-la-propia-OpenAI.html>
- Monsalve-Maldonado, J. I., & Merchán-De Monsalve, A. E. (2020). El uso de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC). *Sostenibilidad, Tecnología y Humanismo*, 11(2), 74-86. <https://doi.org/10.25213/2216-1872.97>
- Nayak, Mudavath. & Narayan, K. (2019). Strengths and weaknesses of online surveys. *Technology*, 24(5), 31-38. Doi:10.9790/0837-2405053138
- Phothongsunan, S. (2010). Interpretive paradigm in educational research. *Galaxy: The IELE Journal*, 2(1), 1-4. <https://repository.au.edu/handle/6623004553/601>.
- Pulido, M. B., Soto, Á. D., Lozano, F. M., & Peña, W. Q. (2021). Redes sociales y relaciones digitales, una comunicación que supera el cara a cara. *Revista Internacional de Pedagogía e Innovación Educativa*, 1(1), 123-148. <https://doi.org/10.51660/ripie.v1i1.29>
- Quiroga, L. P., Jaramillo, S., & Vanegas, O. L. (2019). Ventajas y desventajas de la tic en la educación “Desde la primera infancia hasta la educación superior”. *Revista Educación y Pensamiento*, 26(26), 77-85. <http://www.educacionypensamiento.colegiohispano.edu.co/index.php/revistaeyp/article/view/103>
- Rumiche, M., & Solís, B. (2021). Los efectos positivos y negativos en el uso de las tecnologías de la información y comunicación en educación. *Hamutay*, 8(1), 23–32. <http://dx.doi.org/10.21503/hamu.v8i1.2233>
- Terán, A. (2019). *Ciberadicciones. Adicción a las nuevas tecnologías (NTIC)* [Congreso de Actualización Pediatría 2019. Madrid: Lúa Ediciones 3.0, pp. 131-141]. https://www.aepap.org/sites/default/files/pags._131-142_ciberadicciones.pdf
- Trahtemberg Siederer, L. (2000). El impacto previsible de las nuevas tecnologías en la enseñanza y la organización escolar. *Revista Iberoamericana de Educación*, 24, 37-62. <https://doi.org/10.35362/rie240996>

El artículo que se publica es de exclusiva responsabilidad de los autores y no necesariamente reflejan el pensamiento de la **Revista Ciencia Digital**.



El artículo queda en propiedad de la revista y, por tanto, su publicación parcial y/o total en otro medio tiene que ser autorizado por el director de la **Revista Ciencia Digital**.



Indexaciones



Molecular optimization in fluid catalytic cracking process: cartesian coordinate analysis for enhancing efficiency and quality in crude oil refining

Optimización molecular en el proceso de fluid catalytic cracking: análisis de coordenadas cartesianas para mejora de eficiencia y calidad en la refinación de crudo

- ¹ Sandra Elizabeth Trávez Osorio
Independent researcher
sandt197@gmail.com  <https://orcid.org/0000-0002-4546-4541>
- ² Nancy Orlheni Nacimba Rivera
Independent researcher
nacimba.nancygr12@gmail.com  <https://orcid.org/0009-0007-7623-2421>
- ³ Milton Javier Robalino Cacuango
Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica, Carrera de Petroquímica, Campus Académico General Guillermo Rodríguez Lara, Universidad de las Fuerzas Armadas—ESPE sede Latacunga, Belisario Quevedo, Latacunga, Cotopaxi 050150, Ecuador
mjrobalino1@espe.edu.ec  <https://orcid.org/0009-0005-0958-1117>
- ⁴ Alex Santiago Moreno Corrales
Independent researcher
asmoreno354@gmail.com  <https://orcid.org/0009-0002-2284-3052>

Artículo de Investigación Científica y Tecnológica

Enviado: 15/04/2024

Revisado: 10/05/2024

Aceptado: 10/06/2024

Publicado: 05/07/2024

DOI: <https://doi.org/10.33262/cienciadigital.v8i3.3079>

Cítese:

Trávez Osorio, S. E., Nacimba Rivera, N. O., Robalino Cacuango, M. J., & Moreno Corrales, A. S. (2024). Optimización molecular en el proceso de fluid catalytic cracking: análisis de coordenadas cartesianas para mejora de eficiencia y calidad en la refinación de crudo. *Ciencia Digital*, 8(3), 47-63. <https://doi.org/10.33262/cienciadigital.v8i3.3079>



CIENCIA DIGITAL, es una revista multidisciplinaria, trimestral, que se publicará en soporte electrónico tiene como misión contribuir a la formación de profesionales competentes con visión humanística y crítica que sean capaces de exponer sus resultados investigativos y científicos en la misma medida que se promueva mediante su intervención cambios positivos en la sociedad. <https://cienciadigital.org>
La revista es editada por la Editorial Ciencia Digital (Editorial de prestigio registrada en la Cámara Ecuatoriana de Libro con No de Afiliación 663) www.celibro.org.ec



Esta revista está protegida bajo una licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 International. Copia de la licencia: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/deed.es>

Palabras claves:

formación vocacional, orientación profesional, carreras técnicas, estudiantes de media superior.

Keywords:

Cartesian coordinates, Fluid Catalytic Cracking (FCC), refinery, computational chemistry,

Resumen

Introducción: En el refinado de petróleo crudo, el proceso de craqueo catalítico fluido (FCC) convierte el petróleo crudo en productos petroquímicos de alta calidad. Comprender las interacciones moleculares en FCC es crucial para fines de optimización, eficiencia y calidad. Este estudio cuantitativo y descriptivo analiza las coordenadas cartesianas de compuestos clave, empleando química computacional para este propósito. **Metodología:** Cuantitativa y descriptiva. A través de una revisión de la literatura, se identificaron compuestos químicos típicos que alimentan el proceso de FCC, incluidas parafinas, olefinas, aromáticos y naftenos, entre otros. Estos compuestos se procesaron mediante química computacional para obtener sus coordenadas 3D, optimizando su geometría molecular para representar la estructura real, garantizando una precisión confiable de los datos en simulaciones y análisis posteriores. **Análisis y discusión de resultados:** Las coordenadas cartesianas ayudan a comprender e identificar las condiciones operativas óptimas, mejorando la comprensión de las interacciones moleculares en tiempo real y facilitando la predicción de comportamientos de separación. Estas coordenadas están previstas para optimizar los procesos de refinado de crudo en FCC, mediante la modelización y visualización de movimientos y colisiones a nivel atómico. **Conclusiones:** La optimización de la geometría molecular utilizando el campo de fuerza apropiado es crucial para obtener coordenadas cartesianas precisas. Estas coordenadas permiten la simulación de interacciones moleculares a nivel atómico, el diseño de catalizadores más eficientes y la optimización de procesos de refinado. Además, el monitoreo en tiempo real con datos moleculares precisos podría garantizar una calidad constante del producto en FCC.

Abstract

Introduction: In crude oil refining, the Fluid Catalytic Cracking (FCC) process converts crude oil into high-quality petrochemical products. Understanding molecular interactions in FCC is crucial for optimization, efficiency, and quality purposes. This quantitative and descriptive study analyzes Cartesian coordinates of key compounds, employing computational chemistry for this purpose. **Methodology:** Quantitative and descriptive. Through a literature

optimization
energy.

review, typical chemical compounds feeding into the FCC process were identified, including paraffins, olefins, aromatics, and naphthenes among others. These compounds were processed using computational chemistry to obtain their 3D coordinates, optimizing their molecular geometry to represent the real structure, ensuring reliable data accuracy in subsequent simulations and analysis. Analysis and Discussion of Results: Cartesian coordinates aid in understanding and identifying optimal operating conditions, enhancing the comprehension of molecular interactions in real time and facilitating the prediction of separation behaviors. These coordinates are envisaged to optimize crude oil refining processes in FCC, through modeling and visualization of atomic-level movements and collisions. Conclusions: Optimizing molecular geometry using the appropriate force field is crucial for obtaining precise Cartesian coordinates. These coordinates enable the simulation of molecular interactions at the atomic level, design of more efficient catalysts, and optimization of refining processes. Additionally, real-time monitoring with accurate molecular data could ensure consistent product quality in FCC.

1. Introduction:

Crude oil refining is a complex process that involves transforming crude oil into high-quality petrochemical products. At the core of this refining process lies Fluid Catalytic Cracking (FCC), which enables the production of high-demand fuels and chemicals. However, understanding the molecular interactions within this process is crucial for optimizing efficiency and product quality.

In this context, there is a growing need to increase the yield of refinery products, such as LPG, gasoline, and other high-octane products, in both national and international markets. Consequently, there is a demand to contribute to scientific development through theoretical-computational studies of chemical species reported in various bibliographic sources.

How can the Cartesian coordinates of molecules influence the optimization of crude oil refining processes?

The objective of this article is to analyze the Cartesian coordinates of key compounds in the FCC process and explore their implications for process optimization and

understanding molecular interactions. Understanding the Cartesian coordinates of molecules is crucial for comprehending how molecules interact in the FCC process, thereby enabling the optimization of efficiency and product quality. Additionally, molecular dynamics simulations allow us to predict how molecules interact with each other, facilitating the modeling and visualization of these atomic-level movements and collisions. This knowledge is vital for understanding how molecules transform during catalytic processes, allowing for precise simulations of the chemical reactions that occur during crude oil refining.

The justification for this study lies in the importance of understanding the Cartesian coordinates of molecules to comprehend how they interact in the FCC process, thereby enabling the optimization of efficiency and product quality. The methodology used in this study is quantitative and descriptive, relying on the compilation and analysis of data through a comprehensive literature review and subsequent analysis using computational chemistry techniques.

This approach aims to yield relevant results for identifying and analyzing the Cartesian coordinates of key compounds in the FCC process, thus generating information on how to optimize efficiency and the quality of the final product. The aim is to contribute to the existing knowledge in the field of crude oil refining by presenting a detailed analysis of the Cartesian coordinates of key compounds in the FCC process.

2. Methodology

Chemical Compound Identification

Through bibliographic research, typical chemical components found in the feed streams to the FCC process have been identified. According to the blend of light and heavy gas oil known as Vacuum Gas Oil (VGO), it is used as the feed stream to FCC catalytic plants to produce high-octane gasoline. Additionally, the feed includes paraffins, olefins, aromatics, and naphthenes, each of which is fed to its corresponding E-Cat D catalyst at the appropriate temperature. (Sadeghbeigi, 2020) .

The raw materials for feeding the FCC unit for vacuum gas oil and atmospheric residue consist of sulfur, nitrogen, nickel, and vanadium residues, each in different weight percentages. The feed stream to the FCC process, Vacuum Gas Oil B (VGB-B), with E-Cat D catalyst at a temperature of 500°C, includes paraffins ranging from methane (CH₄) to dodecane (C₁₂H₂₆), iso-butane, iso-pentane, iso-hexane, iso-heptane, iso-octane, iso-nonane, and iso-decane, as well as paraffins from carbon 20-27 in various weight percentages. Olefins range from ethylene (C₂H₄) to decene (C₁₀H₂₀). Aromatics such as benzene, toluene, and C₈H₈ aromatics are present, each in different weight percentages. For the feeds of FCC for Light Cycle Oil (LCO) and VGO, benzene, decalin,

tetralin, naphthalene, 1-phenyloctane, biphenyl, fluorene, 9,10-dihydrophenanthrene, phenanthrene, pyrene, and benzo(a)anthracene are present, all ranging between 98 and 99% in weight (Chiluisa Cando, 2021) (Nazarova y otros, 2022).

Similarly, naphthenes with feed positions to the FCC unit include cyclopentane, cyclohexene, 1,1,2-trimethylcyclopentane, phenanthrene, cyclopentyl methyl ether, cyclohexane, and methylcyclohexane (Stratiev y otros, 2023). Additionally, the author (Chiluisa Cando, 2021) also reports bromobenzene, fluorobenzene, methylbenzene, nitrobenzene, hydroxybenzene, vinylbenzene, tert-butylbenzene, 1,2-dichlorobenzene, 1-Bromo-3-nitrobenzene, 1-ethyl-4-isopropylbenzene, 1-ethyl-2-methylbenzene, 1-ethyl-3-methylbenzene, 1,4-dimethylbenzene, 1-bromo-2,3-dimethylbenzene, and 1,2,4-trinitrobenzene.

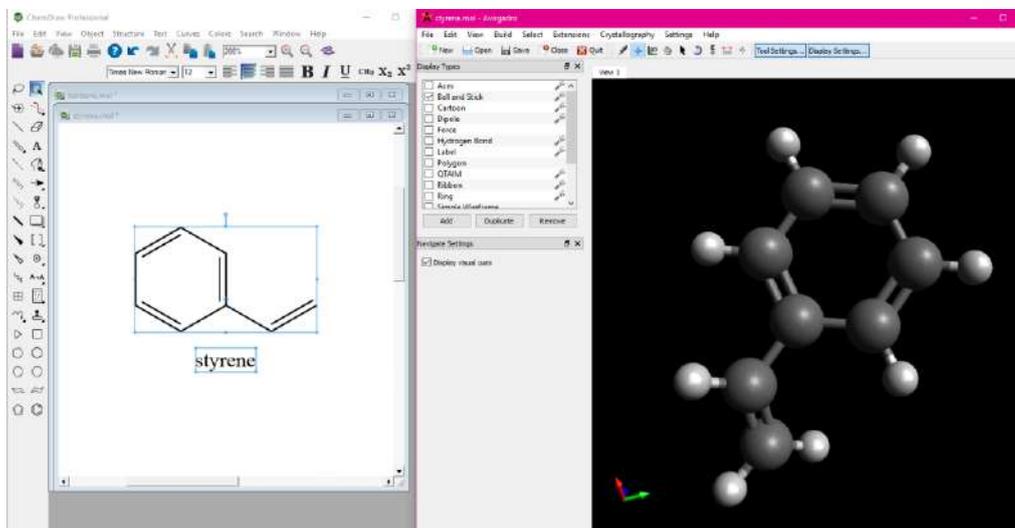
Computational chemistry information processing

Through computational chemistry data processing, each molecule was processed to individually obtain the 3D coordinates of the chemical compounds. Initially, these coordinates are unoptimized. This was achieved using Avogadro, which is an advanced molecule editor and visualizer software designed for multi-platform use in computational chemistry (Avogadro, 2024).

Initially, the generation of chemical structures in 2D was carried out using (ChemDraw, 2024), which in computational chemistry is known for its efficiency, precision, and aesthetic appeal in chemical drawing. This program was chosen because it reduces errors in drawing, analyzing, and documenting the complex chemical structures presented in this study. To generate a chemical structure in 2D, the following steps were followed: using "Convert Name to Structure" within the Structure menu of ChemDraw, the name of the chemical compound in English was entered. As a result, the molecule was generated in line-angle format along with its English name. Once saved from ChemDraw in .mol format, the document was then opened in the Avogadro software.

Figure 1

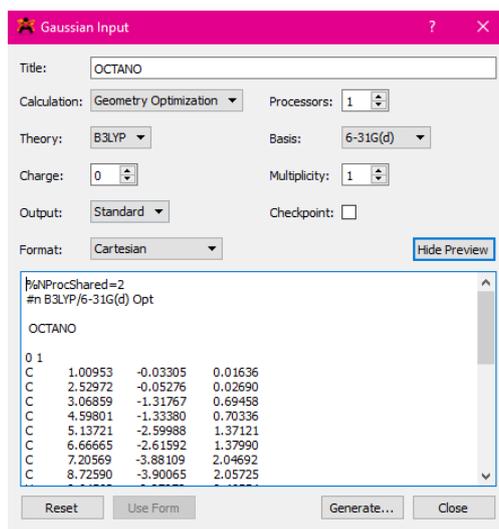
Processing of styrene molecule in computational chemistry.



(Avogadro, 2024) It is an open-source and free-to-use software that allows for the creation and visualization of molecular structures in 3D. Since this study was conducted using computational chemistry, this program proved to be a useful tool. Additionally, it enables the visualization of chemical structures from any angle. To obtain the Cartesian coordinates of each chemical compound, the Gaussian extension tool was selected from the Avogadro toolbar. This provided the unoptimized Cartesian coordinates (3D) of the analyzed chemical compound.

Figure 2

Non-optimised 3D octane coordinates



Gaussian Input			
Title:	OCTANO		
Calculation:	Geometry Optimization	Processors:	1
Theory:	B3LYP	Basis:	6-31G(d)
Charge:	0	Multiplicity:	1
Output:	Standard	Checkpoint:	<input type="checkbox"/>
Format:	Cartesian	Hide Preview	
<pre> #n B3LYP/6-31G(d) Opt OCTANO 0 1 C 1.00953 -0.03305 0.01636 C 2.52972 -0.05276 0.02690 C 3.06859 -1.31767 0.69458 C 4.59801 -1.33380 0.70336 C 5.13721 -2.59988 1.37121 C 6.66665 -2.61592 1.37990 C 7.20569 -3.88109 2.04692 C 8.72590 -3.90065 2.05725 </pre>			
Reset		Use Form	
		Generate...	
		Close	

Why should the molecule be optimised?

Gaussian calculations have various applications, including single-point energy calculations, optimization, and stability, among others (Chaurand Padilla y otros, 2022). Since this study will focus on molecule optimization, it delves into said optimization prior to obtaining their Cartesian coordinates. The importance lies in the fact that molecules are not always in the most stable geometry, so it is crucial to ensure that their spatial arrangement is accurate and represents the real molecular geometry (Paniagua & Mota, 2008). On the other hand (San Fabián, 2023) mentions that molecule optimization involves adjusting the positions of atoms to minimize the total energy of the molecule, ensuring that the geometry is the most stable and representative of the analyzed chemical compound.

The equilibrium geometry is the configuration in which the molecule's energy is minimized, and this is considered the real geometry of the molecule. Without optimizing the molecule, the Cartesian coordinates may not reflect the real geometry, leading to errors in the calculations and subsequent analysis of the analyzed chemical compound (Chaurand Padilla y otros, 2022) (San Fabián, 2023) (Paniagua & Mota, 2008). Therefore, in the Avogadro toolbar, the AutoOptimization Setting was selected, and the force field was chosen to initiate this calculation, which may take seconds or a few minutes depending on the molecule being analyzed. For instance, in the case of cyclopentane, this analysis took several minutes to complete.

Why the choice of force field?

The choice of a force field for energy optimization in molecules is crucial in computational chemistry, considering that force fields are mathematical models that describe the forces and energy interactions between atoms and molecules in a system (Grabowski, 2020). Furthermore (Jorgensen & Tirado-Rives, 2005), selecting the appropriate force field ensures accuracy and realism in representing molecular interactions, optimizes molecular geometry, enables realistic dynamic simulations, facilitates the calculation of energetic and thermodynamic properties, and effectively handles the complexity of large systems (Vangunsteren & Berendsen, 1990).

What is the force field for hydrocarbon analysis??

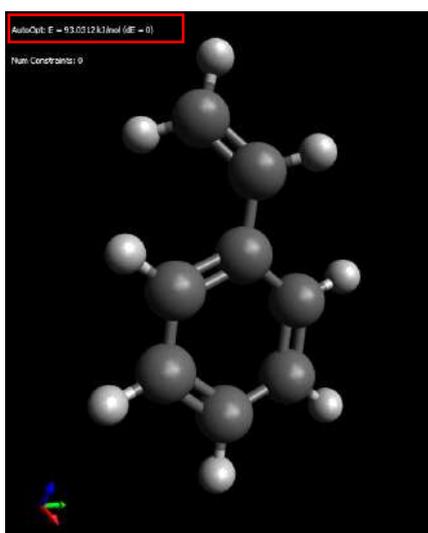
The choice of the appropriate force field depends on the chemical nature of the molecule being optimized. For hydrocarbon analysis, the Merck Molecular Force Field (MMFF94) is commonly used (Avogadro, 2024), as this model optimizes the geometry of organic compound molecules. The MMFF94 has been specifically parameterized for alkanes, alkenes, alcohols, phenols, ethers, aldehydes, ketones, etc. Although the Universal Force Field (UFF) reproduces the most important structural characteristics across the periodic

table and optimizes geometry for all elements, including inorganic and organometallic materials. In this study, the MMFF94 was utilized for the analysis of the mentioned hydrocarbons.

Furthermore, the General AMBER Force Field (GAFF) model is employed for optimizing the geometries of drugs, while Assisted Model Building with Energy Refinement (AMBER) is used for protein analysis. (Avogadro, 2024).

Figure 3

Optimized Styrene Spatial Arrangement



3. Results

For the paraffins fed into the FCC process, the coordinates of isobutane and octane are presented, respectively.

Table 1

Optimized molecule of isobutane and octane

Optimised isobutane molecule			
Atom	Axis X	Axis Y	Axis Z
C	0.88820	0.00508	0.02995
C	2.41498	-0.00393	0.00094
C	2.93829	-1.40974	-0.28513
C	2.93813	0.98548	-1.03797

Table 1
Optimized molecule of isobutane and octane (continuation)

Optimised isobutane molecule			
Atom	Axis X	Axis Y	Axis Z
H	0.51003	-0.68214	0.79416
H	0.46936	-0.29844	-0.93561
H	0.50991	1.00590	0.26358
H	2.78062	0.30618	0.98749
H	2.60076	-1.76937	-1.26318
H	2.58859	-2.11661	0.47471
H	4.03328	-1.42567	-0.27793
H	2.60059	0.72086	-2.04589
H	4.03312	1.00281	-1.04123
H	2.58831	1.99991	-0.81917

Optimized Octane Molecule			
Atom	Axis x	Axis y	Axis z
C	0,84430	-0,00360	0,02940
C	2,36450	0,01060	0,01190
C	2,90350	0,91290	-1,09790
C	4,43290	0,92440	-1,11200
C	4,97240	1,82730	-2,22260
C	6,50180	1,83890	-2,23670
C	7,04080	2,74110	-3,34660
C	8,56100	2,75540	-3,36400
H	0,48060	-0,65480	0,83030
H	0,44460	-0,37600	-0,91920
H	0,44450	1,00100	0,20030
H	2,73210	-1,01260	-0,12840
H	2,73200	0,35690	0,98490

Table 1
Optimized molecule of isobutane and octane (continuation)

Optimized Octane Molecule			
Atom	Axis x	Axis y	Axis z
H	2,52960	1,93410	-0,95520
H	2,52960	0,56470	-2,06850
H	4,80660	-0,09680	-1,25490
H	4,80660	1,27280	-0,14140
H	4,59860	2,84860	-2,07980
H	4,59870	1,47900	-3,19320
H	6,87580	0,81770	-2,37940
H	6,87570	2,18710	-1,26620
H	6,67320	3,76430	-3,20630
H	6,67330	2,39480	-4,31960
H	8,96070	3,12790	-2,41540
H	8,92480	3,40650	-4,16500
H	8,96080	1,75080	-3,53480

From the olefin stream feeding into the catalytic cracking process, propylene has been selected.

Table 2
Cartesian coordinates of propylene.

Molécula optimizada de propeno			
Atom	Axis x	Axis y	Axis z
C	0,98040	0,01740	0,10550
C	2,47390	0,01880	0,11420
C	3,20030	0,20230	1,22710
C	4,69390	0,20760	1,25910
H	0,61420	-0,15040	-0,91250
H	0,58670	0,97920	0,44800

Table 2
Cartesian coordinates of propylene (continuacion)

Molécula optimizada de propeno			
Atom	Axis x	Axis y	Axis z
H	0,58670	-0,78360	0,73860
H	2,97070	-0,13860	-0,84040
H	2,69680	0,35920	2,17880
H	5,12990	0,04430	0,26850
H	5,05490	-0,58170	1,92550
H	5,05490	1,16910	1,63680

Representative of aromatic compounds is presented in the Cartesian coordinates of benzene and styrene.

Table 3
3D Cartesian coordinates of benzene and styrene

Optimised molecule							
Benzene				Styrene			
Atom	Axis x	Axis y	Axis z	Atom	Axis x	Axis y	Axis z
C	-0.76191	1.17879	-0.00445	C	1.07396	-0.39151	0.14829
C	-1.39352	-0.06483	-0.00378	C	2.17773	0.27468	-0.21451
C	-0.63232	-1.23364	-0.00582	C	2.89018	0.08040	-1.48472
C	0.76049	-1.15882	-0.00852	C	3.53569	1.17648	-2.07260
C	1.39211	0.08480	-0.00919	C	4.24873	1.02908	-3.26537
C	0.63091	1.25361	-0.00716	C	4.33389	-0.21939	-3.87721
H	-1.35497	2.08942	-0.00287	C	3.71074	-1.32081	-3.29475
H	-2.47868	-0.12313	-0.00168	C	2.99694	-1.17280	-2.10221
H	-1.12442	-2.20257	-0.00529	H	0.59741	-0.18466	1.10148
H	1.35356	-2.06946	-0.01011	H	0.60680	-1.13713	-0.48637

Table 3
3D Cartesian coordinates of benzene and styrene (continuation)

Optimised molecule							
Benzene				Styrene			
Atom	Axis x	Axis y	Axis z	Atom	Axis x	Axis y	Axis z
H	2.47727	0.14309	-0.01130	H	2.58357	1.03246	0.45192
H	1.12301	2.22253	-0.00768	H	3.48122	2.15971	-1.61084
				H	4.73772	1.88947	-3.71450
				H	4.88933	-0.33505	-4.80411
				H	3.78350	-2.29819	-3.76442
				H	2.53569	-2.05050	-1.65687

Cyclopentane has been chosen for the naphthenes

Table 4
Optimised coordinates of the optimised cyclopentane molecule

Molécula optimizada de ciclopentano			
Atom	Axis x	Axis y	Axis z
C	-0.79462	-0.99232	-0.13821
C	0.72550	-1.05298	0.00185
C	1.20335	0.39253	0.12994
C	0.00632	1.24828	-0.25510
C	-1.17664	0.43179	0.23498
H	-1.29800	-1.73278	0.49065
H	-1.07619	-1.19392	-1.17871
H	1.17051	-1.54138	-0.87185
H	1.01893	-1.63169	0.88443
H	2.07563	0.59714	-0.49812
H	1.48803	0.59476	1.16947
H	-0.03909	1.36684	-1.34416
H	0.04387	2.24343	0.19695
H	-2.11907	0.74349	-0.22408
H	-1.27706	0.52371	1.32293

The raw materials for the feed to the FCC unit for vacuum gas oil and atmospheric residue are presented in 3D coordinates of nitrogen and nickel and vanadium.

Table 5

3D coordinates of nitrogen, nickel and vanadium.

Optimised nitrogen molecule			
Atom	Axis x	Axis y	Axis z
N	0,86180	-0,03060	0,08760
N	2,28180	-0,03060	0,08760
Optimised nickel molecule			
Atom	Axis x	Axis y	Axis z
Ni	0.96824	-0.02527	-0.09139N
Optimised vanadium molecule			
Atom	Axis x	Axis y	Axis z
V	0.97576	0.08384	-0.04882

4. Analysis and discussion

Due to the FCC process with VGO-B and E-Cat D catalyst, the key compounds are paraffins (C₁-C₁₂), olefins (C₂-C₁₀), aromatics such as benzene, toluene, styrene, naphthenes such as cyclopentane, cyclohexene, as well as heavy compounds such as sulphides, nitrogen, nickel and vanadium. They have been considered as the most relevant due to their reactivity, coke formation, influence on catalyst selection and final product quality. (Nazarova y otros, 2022) (Stratiev y otros, 2023).

In crude oil refining processes, understanding the Cartesian coordinates of molecules can be important in several respects due to the complexity and accuracy needed to optimise processes and maximise efficiency. In molecular dynamics simulations, foresee how molecules interact with each other. Cartesian coordinates allow modelling and visualisation of these motions and collisions at the atomic level. On the other hand, coordinates provide knowledge to understand how molecules are transformed during catalytic processes, which would facilitate simulations of the chemical reactions that occur during crude oil refining (Zhang y otros, 2020).

The FCC unit operates by passing a zeolite catalyst along with feed vapor through a vertical reactor for a few seconds. The cracking products are separated from the solids

and directed to a distillation column to be divided into 25 desired products. The catalyst is recirculated to the regenerator, where accumulated coke is burned off, and the catalyst is regenerated for reuse (Fahim y otros, 2009). Therefore, understanding the positions of atoms in catalysts and reactants can help design more efficient catalysts. Similarly, analyzing how crude oil molecules interact with catalysts at the atomic level would be useful for improving reaction rates and selectivity (Zhang y otros, 2020).

Cartesian coordinates enable a precise representation of how molecules are distributed and move, along with their corresponding optimization energy for process optimization. This could identify optimal operating conditions (temperature, pressure, etc.) by better understanding molecular interactions and movements (Zhang y otros, 2020). Therefore, understanding molecular geometry helps predict and control separation behaviors, as it improves purification and separation techniques through detailed analysis of the involved molecules (Borges y otros, 2007) Furthermore, real-time monitoring could be enhanced using precise molecular data to adjust process parameters and maintain product quality (Yan & Duan, 2022).

5. Conclusions

- The optimization of molecular geometry using the appropriate force field is a crucial step before obtaining Cartesian coordinates, as it ensures that these coordinates accurately represent the real molecular structure and minimize the molecule's energy. Moreover, a well-chosen force field enhances the reliability and validity of results obtained in computational studies.
- Utilizing Cartesian coordinates in molecular dynamics simulations allows for the prediction and visualization of how molecules interact at the atomic level in a realistic manner. Consequently, they can be employed to understand molecular transformations during catalytic processes in crude oil refining, such as FCC, thereby facilitating the simulation of chemical reactions and process optimization.
- Having a precise understanding of atomic positions in catalysts and reactants through molecular geometry aids in designing more efficient catalysts. In the case of FCC, the interaction between the feedstock and catalysts is crucial for process efficiency. Analyzing interactions between crude oil molecules and catalysts at the atomic level can enhance reaction rates and selectivity, resulting in a more effective fluid catalytic cracking process.
- Lastly, delving into computational chemistry allows for detailed knowledge of molecular geometry and motion, facilitated by Cartesian coordinates. This leads to identifying optimal operating conditions to improve purification and separation techniques, thus optimizing refining processes. Additionally, real-time monitoring using precise molecular data enables the adjustment of process parameters to maintain the quality of refined products.

6. Conflict of interests

There is no conflict of interest in relation to the article presented.

7. Author contribution statement

All authors contributed significantly to the preparation of the article.

8. Financing costs

This research was funded entirely with the authors' own funds.

9. Bibliography

- Avogadro. (27 de Mayo de 2024). *Preface*. Retrieved from Editor and Molecular Visualisation Permanent link: <https://avogadro.cc/>
- Borges, E., Braga, J., & Belchior, J. (2007). Coordenadas cartesianas moleculares a partir da geometria dos modos normais de vibração. *Quimica nova*, 30(2), 497-500. <https://doi.org/10.1590/S0100-40422007000200046>
- Chaurand Padilla, A., Garcia Lugo, A., & García Chávez, F. (2022). *Manual para uso de Gaussview 6.0*. Universidad de Guanajuato. Retrieved from https://www.ugto.mx/investigacionyposgrado/veranos/images/manuales2022/1-Manual_Trejo_Durn-Castellanos_guila.pdf
- ChemDraw. (27 de Mayo de 2024). *Where there's chemistry, there's ChemDraw*. Retrieved from <https://revvitysignals.com/products/research/chemdraw>
- Chiluisa Cando, J. (2021). Estudio in silico, teórico computacional de las corrientes de ingreso y salida de una refinería de petróleo enfocado en el proceso de “craqueo catalítico” con énfasis en las estructuras químicas individuales para cada flujo, y el análisis de sus propiedades fisicoquímicas intrínsecas, conformaciones, conformaciones y potenciales interacciones intermoleculares entre sí. [Undergraduate, Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE]. *Institutional Repository of the University of the Armed Forces ESPE*. Retrieved from <http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/25122>
- Fahim, M., Al-Sahhaf, T., & Elkilani, A. (2009). *Fundamentals of petroleum refining*. El Sevier. Retrieved from https://books.google.com.ec/books?id=UcFsv1mMFHIC&dq=Fundamentals+of+petroleum+refining.+FCC&lr=&hl=es&source=gbs_navlinks_s
- Grabowski, S. (2020). *Understanding Hydrogen Bonds: Theoretical and Experimental Views*. Reino Unido: Royal Society of Chemistry. Retrieved from

https://www.google.com.ec/books/edition/Understanding_Hydrogen_Bonds/ovIIEAAAQBAJ?hl=es-419&gbpv=0

Jorgensen, W., & Tirado-Rives, J. (2005). Potential energy functions for atomic-level simulations of water and organic and biomolecular systems. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 102(19), 6665-6670.

<https://doi.org/10.1073/pnas.0408037102>

Nazarova, G., Ivashkina, E., Ivanchina, E., & Mezhova, M. (2022). A Model of Catalytic Cracking: Catalyst Deactivation Induced by Feedstock and Process Variables. *Catalysts*, 12(1), 98. <https://doi.org/10.3390/catal12010098>

Paniagua, J., & Mota, F. (2008). *Prácticas de Introducción a la Química Cuántica*. Departament de Química Física de la Universitat de Barcelona. Retrieved from <https://diposit.ub.edu/dspace/bitstream/2445/4721/7/guion2008-09.pdf>

Sadeghbeigi, R. (2020). *Fluid catalytic cracking handbook: An expert guide to the practical operation, design, and optimization of FCC units*. Butterworth-Heinemann. Retrieved from https://books.google.es/books?id=9b7dDwAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false

San Fabián, E. (2023). *Cálculos Computacionales de Estructuras Moleculares*. Universidad de Alicante . Retrieved from <https://web.ua.es/es/cuantica/docencia/pdf/ccem.pdf>

Stratiev, D., Ivanov, M., Chavdarov, I., Argirov, G., & Strovegli, G. (2023). Revamping Fluid Catalytic Cracking Unit, and Optimizing Catalyst to Process Heavier Feeds. *Applied Sciences*, 13(3), 2017. <https://doi.org/10.3390/app13032017>

Vangunsteren, W., & Berendsen, H. (1990). Computer simulation of molecular dynamics: Methodology, applications, and perspectives in chemistry. *Angewandte Chemie International Edition in English*, 29(32), 992-1023. <https://research.rug.nl/en/publications/computer-simulation-of-molecular-dynamics-methodology-application>

Yan, X., & Duan, G. (2022). The Real-Time Prediction of Product Quality Based on the Equipment Parameters in a Smart Factory. *Processes*, 10(5), 967. <https://doi.org/10.3390/pr10050967>

Zhang, L., Zhao, S., Shi, Q., & Xu, C. (2020). Molecular characterization and modeling of petroleum refining process: Frontiers and challenges. *United States Environmental Protection Agency. Health & Environmental Research Online*, 20(2), 192-203. <https://doi.org/10.1360/SSC-2019-0146>

El artículo que se publica es de exclusiva responsabilidad de los autores y no necesariamente reflejan el pensamiento de la **Revista Ciencia Digital**.



El artículo queda en propiedad de la revista y, por tanto, su publicación parcial y/o total en otro medio tiene que ser autorizado por el director de la **Revista Ciencia Digital**.



Indexaciones



Análisis de la lipófilia de compuestos en el flujo de entrada al proceso de alquilación en refinería mediante química computacional

Analysis of the lipophilicity of compounds in the refinery alkylation process upstream using computational chemistry

- ¹ Carlos Jeanpier Yagos Arias
Universidad de las Fuerzas Armadas (ESPE)
cjyagos@espe.edu.ec  <https://orcid.org/0009-0000-4978-2574>
- ² Franklin Wladimir Espin Almachi
Investigador independiente
frank_2706@live.com  <https://orcid.org/0009-0004-0152-7100>
- ³ Sandra Elizabeth Trávez Osorio
Investigador independiente
sandt197@gmail.com  <https://orcid.org/0000-0002-4546-4541>
- ⁴ Alex Santiago Moreno Corrales
Investigador independiente
asmoreno354@gmail.com  <https://orcid.org/0009-0002-2284-3052>



Artículo de Investigación Científica y Tecnológica

Enviado: 15/04/2024

Revisado: 10/05/2024

Aceptado: 10/06/2024

Publicado: 05/07/2024

DOI: <https://doi.org/10.33262/cienciadigital.v8i3.3080>

Cítese:

Yagos Arias, C. J., Espin Almachi, F. W., Trávez Osorio, S. E., & Moreno Corrales, A. S. (2024). Análisis de la lipófilia de compuestos en el flujo de entrada al proceso de alquilación en refinería mediante química computacional. *Ciencia Digital*, 8(3), 64-79. <https://doi.org/10.33262/cienciadigital.v8i3.3080>



CIENCIA DIGITAL, es una revista multidisciplinaria, trimestral, que se publicará en soporte electrónico tiene como misión contribuir a la formación de profesionales competentes con visión humanística y crítica que sean capaces de exponer sus resultados investigativos y científicos en la misma medida que se promueva mediante su intervención cambios positivos en la sociedad. <https://cienciadigital.org>
La revista es editada por la Editorial Ciencia Digital (Editorial de prestigio registrada en la Cámara Ecuatoriana de Libro con No de Afiliación 663) www.celibro.org.ec



Esta revista está protegida bajo una licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 International. Copia de la licencia: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/deed.es>

Palabras claves:

lipófilia,
alquilación,
refinería, química
computacional.

Resumen

Introducción: La alquilación en refinerías es crucial para la producción de gasolina de alto octanaje con bajas emisiones, cumpliendo con requerimientos ambientales y exigencias de la industria automotriz actual. Este estudio provee datos obtenidos mediante análisis con química computacional de los compuestos químicos del flujo de entrada al proceso de alquilación en refinería, con lo cual se prevé mejorar significativamente la calidad del combustible y la eficiencia del proceso. **Objetivo:** El objetivo de este estudio es analizar los valores de lipófilia de los compuestos químicos del flujo de entrada al proceso de alquilación en refinería, los cuales son identificados a través de una exhaustiva búsqueda bibliográfica y analizados mediante química computacional utilizando los métodos iLOGP, XLOGP3, MLOGP, WLOGP y SILICOS-IT. Se busca entender cómo la lipófilia de estos compuestos influye en su comportamiento durante este proceso de refinado de crudo, con el fin de mejorar la eficiencia y selectividad de dicho proceso. **Metodología:** En este estudio se realizan observación, medición, experimentación e interpretación sistemática y rigurosa de los resultados. Mediante análisis y búsqueda bibliográfica, se determinan los compuestos presentes en el flujo de entrada al proceso de alquilación en refinería. Estos compuestos son procesados mediante química computacional para obtener los valores de lipófilia de cada molécula. Posteriormente, se procede al análisis meticuloso de dichos valores y su influencia en las variables relevantes del proceso de refinado. **Resultados:** El Consensus Log Po/w combina métodos computacionales para estimar el Log Po/w de cada molécula, mejorando la precisión de las predicciones. Este estudio se centra en analizar la lipófilia de compuestos en el flujo de entrada para la alquilación en refinería. El propileno presenta el menor valor, mientras que el n-pentano tiene el mayor. La lipófilia garantiza la solubilidad y eficiencia del proceso. **Conclusiones:** Las características lipofílicas en compuestos del flujo de entrada a la alquilación son cruciales en el refinado de crudo. La comprensión y predicción de la lipofilia pueden lograrse con métodos computacionales como iLOGP, XLOGP3, WLOGP, MLOGP y SILICOS-IT. Los valores consensus de lipofilia oscilan entre 1.35 y 2.45, afectando la solubilidad en fases orgánicas y la interacción con catalizadores, lo

que influye en la eficiencia y rendimiento de la alquilación en refinería.

Keywords:

lipophilicity,
alkylation,
refinery,
computational
chemistry.

Abstract

Introduction: Refinery alkylation is crucial for the production of high-octane gasoline with low emissions, meeting environmental requirements and demands of today's automotive industry. This study provides data obtained by computational chemistry analysis of the chemical compounds in the refinery alkylation process input stream, which is expected to significantly improve fuel quality and process efficiency. **Objective:** The objective of this study is to analyse the lipophilicity values of chemical compounds in the refinery alkylation process input stream, which are identified through an exhaustive literature search and analysed by computational chemistry using the iLOGP, XLOGP3, MLOGP, WLOGP and SILICOS-IT methods. The aim is to understand how the lipophilicity of these compounds influences their behaviour during this crude oil refining process, in order to improve the efficiency and selectivity of this process. **Methodology:** In this study, observation, measurement, experimentation and systematic and rigorous interpretation of the results are carried out. By means of analysis and bibliographic search, the compounds present in the input flow to the alkylation process in the refinery are determined. These compounds are processed by computational chemistry to obtain the lipophilicity values of each molecule. Subsequently, these values and their influence on the relevant variables of the refining process are meticulously analysed. **Results:** Consensus Log Po/w combines computational methods to estimate the Log Po/w of each molecule, improving the accuracy of the predictions. This study focuses on analysing the lipophilicity of compounds in the inlet stream for refinery alkylation. Propylene has the lowest value, while n-pentane has the highest. Lipophilicity ensures the solubility and efficiency of the process. **Conclusions:** The lipophilic characteristics of compounds in the alkylation feed stream are crucial in crude oil refining. Understanding and predicting lipophilicity can be achieved with computational methods such as iLOGP, XLOGP3, WLOGP, MLOGP and SILICOS-IT. Consensus values of lipophilicity range from 1.35 to 2.45, affecting solubility in organic phases and interaction with catalysts, which influences the efficiency and yield of alkylation in refinery.

1. Introducción

La alquilación en refinerías es crucial para la industria automotriz y sus partes interesadas, ya que este proceso tiene la capacidad de convertir hidrocarburos ligeros en alquilatos, componentes esenciales de la gasolina de alto octanaje, como la gasolina premium. Este proceso mejora significativamente la calidad del combustible, aumentando su resistencia a la detonación y eficiencia. Además, los alquilatos tienen bajos niveles de compuestos aromáticos y olefínicos, reduciendo las emisiones contaminantes y cumpliendo así con las demandas de motores modernos y regulaciones ambientales.

La motivación de esta investigación radica en optimizar el proceso de alquilación para mejorar la eficiencia y calidad del producto final en refinerías. Evaluar la lipofilia de los compuestos químicos es crucial, ya que la creciente demanda de combustibles limpios y eficientes, junto con estrictas regulaciones ambientales, requiere procesos refinados más efectivos. De modo que, el proceso de alquilación en refinería es esencial para producir gasolina de alto octanaje con bajas emisiones, cumpliendo con los requerimientos ambientales y las exigencias de la industria automotriz.

El objetivo de este estudio es analizar los valores de lipofilia de los compuestos químicos del flujo de entrada al proceso de alquilación en refinería, los cuales son identificados a través de una exhaustiva búsqueda bibliográfica y analizados mediante química computacional utilizando los métodos iLOGP, XLOGP3, MLOGP, WLOGP y SILICOS-IT. Se busca entender cómo la lipofilia de estos compuestos influye en su comportamiento durante este proceso de refinado de crudo, con el fin de mejorar la eficiencia y selectividad de dicho proceso.

Este estudio busca contribuir al campo de la química computacional y la ingeniería de procesos, aportando conocimientos relevantes sobre la lipofilia de los compuestos químicos y su relación con el proceso de alquilación en refinería. Los resultados presentados en esta investigación pueden tener implicaciones significativas en la optimización de este proceso industrial clave, así como en el diseño de compuestos químicos más eficaces para aplicaciones futuras en la industria del refinado de petróleo.

Desarrollo

Petróleo

El petróleo, el hidrocarburo más importante del mundo, no solo proporciona combustible y energía para el transporte, sino que también se utiliza en diversas industrias para la producción de plásticos, pinturas, fertilizantes, insecticidas y fármacos, entre otros (Ancheyta, 2011). Sus componentes principales son el hidrógeno y el carbono, y en menores cantidades contiene azufre, nitrógeno, oxígeno y metales. Este hidrocarburo, generalmente extraído desde las profundidades subterráneas, es de color negro y tiene

un olor característico, similar a sustancias químicas que contienen azufre, nitrógeno y otros metales pesados (Kumar & Mohan, 2015). Tras su extracción, el petróleo se separa de las impurezas, obteniéndose el crudo, que finalmente se somete a refinación para obtener sus múltiples derivados.

Refinería

Una refinería es una instalación industrial donde se procesa el petróleo crudo para producir productos refinados como gasolina, diésel, queroseno, fuel oil, entre otros. El proceso implica una serie de operaciones como destilación, craqueo, reformado y tratamiento químico para separar y transformar los componentes del petróleo crudo en productos útiles y de mayor valor añadido (Ancheyta, 2011; Kumar & Mohan, 2015).

Proceso de Alquilación

Según Espin & Travez (2021), el proceso de alquilación implica la combinación de un hidrocarburo de cadena corta, como el propileno o el butileno, con un hidrocarburo de cadena larga, como el isobutano, para formar un hidrocarburo más grande y ramificado, conocido como alquilato. Asimismo, para Shokri & Karimi (2021), la reacción se lleva a cabo en presencia de un catalizador ácido, como el ácido fluorhídrico (HF) o el ácido sulfúrico (H₂SO₄), a temperaturas y presiones específicas. La alquilación es un proceso fundamental en la refinería para mejorar la calidad de la gasolina.

¿Qué es un flujo de entrada?

Un flujo de entrada es la corriente de materiales que se introduce en el sistema para ser procesada. Estos materiales pueden ser materias primas, reactivos, solventes, catalizadores u otros compuestos necesarios para llevar a cabo las reacciones químicas deseadas. El flujo de entrada es una parte crucial del proceso químico, ya que determina la composición y las condiciones iniciales del sistema. Además, el control preciso del flujo de entrada es importante para garantizar que se cumplan las condiciones óptimas de operación del proceso, como la relación estequiométrica de los reactivos, la temperatura, la presión y otros parámetros de proceso (Kumar & Mohan, 2015).

Química computacional

La química computacional es un campo de estudio que depende en gran medida de los datos experimentales producidos en un laboratorio tradicional. Consiste en utilizar ordenadores para convertir datos químicos, como reacciones químicas, compuestos, datos de actividad biológica, etc., en información y luego en conocimiento. Este proceso permite reducir costes y aumentar la eficacia de los procesos. Por ello, ha tenido un impacto significativo en la sociedad y ha dado lugar a un número creciente de aplicaciones

que se refleja en un aumento de artículos y publicaciones científicas (Saldívar et al., 2023).

Lipofilia

La lipofilia es un factor crucial en el diseño de compuestos químicos, sobre todo en relación con la solubilidad. La incorporación de grupos metilo aumenta significativamente la lipofilia de un compuesto. Esta característica no solo es pertinente para los procesos de absorción que determinan las propiedades de los productos farmacéuticos, sino también para la predicción de la permeabilidad (Espín & Trávez, 2021). Además, según Wang et al. (2019), es la propiedad de un compuesto al disolverse en grasas, es crucial en el diseño de fármacos debido a su impacto en la solubilidad, la absorción y la permeabilidad. Se mide por el logaritmo de la relación de concentración entre n-octanol y agua (logP).

Por otro lado, Delgado C. et al. (2003) definen a la lipofilia como la afinidad de un compuesto químico por los solventes orgánicos, característica clave en muchos procesos industriales, incluyendo la alquilación en refinerías. Las moléculas lipofílicas son generalmente no polares y tienden a disolverse mejor en medios no acuosos (Dhiman, N. et al., 2017). En este estudio se analiza mediante química computacional la lipofilia de las especies químicas halladas en el flujo de entrada al proceso de Alquilación en refinería que, según Espin & Travez (2021), se registra mediante búsqueda bibliográfica veinte compuestos químicos, presentados en la siguiente tabla. Los compuestos químicos hallados, que forman parte del flujo de entrada al proceso de alquilación de refinería, constatan de: alcanos saturados, alquenos con dos dobles enlaces conjugados, alquenos cíclicos, alquenos con un doble enlace terminal, grupos metilos como sustituyentes, alquenos con doble enlace interno en configuración trans y cis. Cada compuesto químico encontrado se detalla en la siguiente tabla.

2. Metodología

La metodología para este estudio implica el análisis de documentos científicos, procedimientos, herramientas y técnicas utilizadas en la investigación científica en el campo de la química. Esta metodología incluye la observación, la medición, la experimentación e interpretación sistemática y rigurosa de los resultados. Es importante destacar que esta investigación científica es controlada, objetiva, rigurosa, sistemática e innovadora. Su objetivo es aportar conocimientos sobre la lipofilia y cómo esta influye en las variables más significativas del proceso de alquilación en el refinado de crudo.

Procesamiento mediante química computacional

SwissADME (2024) es una plataforma en línea desarrollada por el Instituto Suizo de Bioinformática, que ofrece un análisis exhaustivo de propiedades moleculares de

compuestos químicos. Esta herramienta web calcula diversos parámetros, como la solubilidad, la lipofilia y la biodisponibilidad, utilizando el código de entrada molecular simplificado (SMILES) de una o varias moléculas. Los datos procesados se organizan de forma estructurada, asignando a cada molécula un título único. Los resultados se pueden exportar fácilmente en un formato compatible con Microsoft Excel (Daina et al., 2017).

Para el procesamiento en SwissADME, es necesario generar el código SMILES de cada especie química. ChemDraw (2024) es una suite de comunicación para la gestión, la elaboración de informes y la presentación de investigaciones en química. Es una herramienta que permite dibujar moléculas y, a partir de la creación de estas estructuras, facilita la obtención del código SMILES. Este código es fundamental para el análisis de química computacional en SwissADME.

En la siguiente tabla se proporciona el código SMILES de cada compuesto químico de manera computacional.

Tabla 1*Código SMILES de cada especie química*

Número De molécula	Nomenclatura IUPAC	Fórmula	Código SMILES
1	propano	C ₃ H ₈	CCC
2	propileno	CH ₂ =CHCH ₃	C=CC
3	isobutano	(CH ₃) ₃ CH	CC(C)C
4	n-butano	CH ₃ CH ₂ CH ₂ CH ₃	CCCC
5	buteno	CH ₂ =CHCH ₂ CH ₃	C=CCC
6	isopentano	(CH ₃) ₂ CHCH ₂ CH ₃	CCC(C)C
7	n-pentano	CH ₃ CH ₂ CH ₂ CH ₂ CH ₃	CCCCC
8	3-metil-1-buteno	(CH ₃) ₂ C=CHCH ₃	C=CC(C)C
9	1-penteno	CH ₂ =CHCH ₂ CH ₂ CH ₃	C=CCCC
10	2-metil-1-buteno	(CH ₃) CHCH=CH ₂	C=C(C)CC

Tabla 1*Código SMILES de cada especie química (continuación)*

Número De molécula	Nomenclatura IUPAC	Fórmula	Código SMILES
11	2-penteno	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}=\text{CHCH}_3$	CC=CCC
12	2-metil-2-buteno	$\text{CH}_3\text{C}(\text{CH}_3)=\text{CHCH}_3$	C/C(C)=C/C
13	ciclopenteno		C1=CCCC1
14	2-metil-1,3-butadieno	$\text{CH}_2=\text{C}(\text{CH}_3)\text{CH}=\text{CH}_2$	C=C(C)C=C
15	trans-1,3-pentadieno	$\text{CH}_3\text{CH}=\text{CHCH}=\text{CH}_2$	C=C/C=C/C
16	ciclopentadieno		C1=CC=CC1
17	isobuteno	$\text{CH}_2=\text{C}(\text{CH}_3)\text{CH}_3$	C=C(C)C
18	1,3-butadieno	$\text{CH}_2=\text{CHCH}=\text{CH}_2$	C=CC=C
19	trans-2-buteno	$\text{CH}_3\text{CH}=\text{CHCH}_3$	C/C=C/C
20	cis-2-buteno	$\text{CH}_3\text{CH}=\text{CHCH}_3$	C/C=C\C

Nota: Se presentan las especies químicas halladas mediante búsqueda bibliográfica del flujo de entrada al proceso de Alquilación en refinería según (Espin & Travez, 2021).

Presentación de tablas de características lipofílicas de cada especie química

Una vez procesados los códigos SMILES de los compuestos químicos en SwissADME, se obtienen los datos de lipofilia calculados a partir de varios métodos para estimar el coeficiente de partición octanol-agua ($\log P$), los cuales son parámetros fisicoquímicos clave en el descubrimiento, diseño y desarrollo de fármacos (Daina et al., 2019). En cuanto al proceso de refinería de crudo para el proceso de alquilación, la lipofilia de una molécula relaciona la afinidad de un compuesto por solventes orgánicos. En alquilación, esto asegura la solubilidad y la eficiencia del proceso (Delgado et al., 2003).

Tabla 2

Datos de lipofilia para de los compuestos la corriente de entrada al proceso de alquilación

Número de molécula	1	2	3	4	5
Fórmula empírica	C3H8	C3H6	C4H10	C4H10	C4H8
Log Po/w (iLOGP)	1.71	1.57	1.91	1.94	1.78
Log Po/w (XLOGP3)	1.84	1.44	2.09	2.89	2.40
Log Po/w (WLOGP)	1.42	1.19	1.66	1.81	1.58
Log Po/w (MLOGP)	2.28	2.13	2.73	2.73	2.58
Log Po/w (SILICOS-IT)	0.45	0.44	0.72	0.89	0.89
Consensus Log Po/w	1.54	1.35	1.82	2.05	1.85
Número de molécula	6	7	8	9	10
Fórmula empírica	C5H12	C5H12	C5H10	C5H10	C5H10
Log Po/w (iLOGP)	2.11	2.18	2.04	2.02	2.01
Log Po/w (XLOGP3)	2.64	3.39	2.20	2.41	2.49
Log Po/w (WLOGP)	2.05	2.20	1.83	1.97	1.97
Log Po/w (MLOGP)	3.14	3.14	2.99	2.99	2.99
Log Po/w (SILICOS-IT)	1.17	1.34	1.16	1.33	1.17
Consensus Log Po/w	2.22	2.45	2.04	2.14	2.13
Número de molécula	11	12	13	14	15
Fórmula empírica	C5H10	C5H10	C5H8	C5H8	C5H8
Log Po/w (iLOGP)	2.08	2.01	1.80	1.86	1.94
Log Po/w (XLOGP3)	2.10	2.67	1.92	2.42	2.40
Log Po/w (WLOGP)	1.97	1.97	1.73	1.75	1.75
Log Po/w (MLOGP)	2.99	2.99	2.60	1.97	1.97
Log Po/w (SILICOS-IT)	1.16	1.00	2.00	1.17	1.15
Consensus Log Po/w	2.06	2.13	2.01	1.83	1.84
Número de molécula	16	17	18	19	20
Fórmula empírica	C5H6	C4H8	C4H6	C4H8	C4H8
Log Po/w (iLOGP)	1.65	1.79	1.68	1.83	1.79
Log Po/w (XLOGP3)	1.84	2.06	1.99	2.33	2.33
Log Po/w (WLOGP)	1.50	1.58	1.36	1.58	1.58
Log Po/w (MLOGP)	1.58	2.58	1.56	2.58	2.58
Log Po/w (SILICOS-IT)	1.59	0.73	0.88	0.71	0.71
Consensus Log Po/w	1.63	1.75	1.49	1.81	1.80

3. Discusión y análisis de resultados

Para el análisis de lipofilia con Log Po/w (iLOGP), se tiene en cuenta que, según Daina et al. (2014), Log Po/w describe la distribución de una sustancia entre octanol y agua, lo que indica su lipofiliidad y su relevancia en la farmacocinética. Mientras tanto, iLOGP corresponde a la química computacional y predice el coeficiente de partición de manera precisa y eficiente. Es ampliamente utilizado en el diseño de fármacos y ayuda a comprender el comportamiento de nuevas moléculas.

La lipofilia, un factor crucial en el refinado de crudo influye significativamente en los procesos de alquilación, donde la interacción de moléculas con componentes lipofílicos determina la eficiencia y selectividad de las reacciones químicas involucradas. El cálculo del Log Po/w (iLOGP) mediante la energía libre de solvatación en disolventes implícitos demuestra una fuerte correlación lineal con valores experimentales, estableciéndose como un predictor fiable de la hidrofobicidad y lipofilia de una molécula (Saha & Pal, 2017). En el contexto de la presente investigación, los valores reportados en la tabla 3 para propano y propileno, ambos con tres carbonos, son 1.71 y 1.57 respectivamente, sugiriendo que la lipofilia de estas moléculas indica su afinidad por entornos lipofílicos, esencial para procesos de alquilación en refinerías.

El Log Po/w (XLOGP3) es un algoritmo esencial para obtener un modelo aditivo atómico que se complementa con varios factores como la contribución del *i*-ésimo tipo de átomo de la molécula, lo que ayuda a predecir el comportamiento de la molécula como fármaco. Este modelo predictivo posee un rango de valoración sobre la propiedad de la lipofiliidad entre -0.7 a 5.0, por lo que en base a los resultados obtenidos podemos predecir que todas las moléculas de la tabla 3 son biodisponibles por vía oral porque son demasiado flexibles y se consideran similares a un fármaco (Mannhold et al., 2019). Este enfoque ayuda a predecir el comportamiento de la molécula no solo como fármaco, sino también en reacciones de refinado, ya que las propiedades de lipofilia influyen en la biodisponibilidad y reactividad de los hidrocarburos.

El método Log Po/w (WLOGP), basado en el sistema fragmentario de Wildman y Crippen, evalúa el comportamiento y las propiedades moleculares mediante 27 fragmentos y 7 descriptores topológicos. Este método híbrido proporciona información sobre la flexibilidad y polaridad de las moléculas, fundamentales para el diseño y la optimización de procesos en la industria del refinado (Daina et al., 2017). Los valores obtenidos de +0.2 a +6.0 en la tabla 3 indican que estas moléculas son moderadamente polares y relativamente lipofílicas, características esenciales para su eficiencia en reacciones de alquilación, donde una mayor lipofilia puede mejorar la solubilidad de los hidrocarburos en fases orgánicas, facilitando la interacción con catalizadores y mejorando la selectividad del proceso (Wildman & Crippen, 1999; Daina & Zoete, 2016).

El Log Po/w (MLOGP) evalúa la afinidad relativa de compuestos químicos en la fase lipídica en contraste con la fase acuosa. MLOGP es un método computacional de alta precisión y rapidez para la optimización de la lipofilia en el desarrollo de nuevos agentes terapéuticos (Parveen & Alnoman, 2021), ya que está basado en la contribución de fragmentos para estimar el Log Po/w de una molécula. Con este enfoque, se descompone la estructura molecular en fragmentos específicos y se suman las contribuciones individuales de dichos fragmentos, proporcionando una predicción del Log Po/w (Mishra & Dahima, 2019).

De los compuestos químicos que forman parte de la corriente de entrada al proceso de alquilación en refinería, se han considerado rangos de lipofilia entre 1.35 y 1.8 para la absorción oral según Velmourougane (2024), correspondientes a valores de 1.58 para el ciclopentadieno y 1.56 para el 1,3-butadieno. Log Po/w (SILICOS-IT) es una herramienta computacional que utiliza un método híbrido fragmental/topológico para calcular el Log Po/w de manera precisa, combinando la descomposición molecular y la información topológica para predecir la lipofilia y otras propiedades fisicoquímicas en compuestos químicos (Udugade et al., 2019), ayudando a predecir el comportamiento de nuevas sustancias en sistemas biológicos (Arias, 2002). El rango adecuado para los niveles de lipofilia según este método puede variar dependiendo del contexto específico del proceso de refinación. En la investigación farmacológica, un buen compuesto lipofílico tiene un Log Po/w mayor a 1 (Aleixandre & Puerro, 2009). Singh et al. (2024) sitúan los valores óptimos de lipofilia entre 0.65 y 5.47.

Finalmente, el Consensus Log Po/w combina métodos computacionales como iLOGP, XLOGP3, WLOGP, MLOGP y SILICOS-IT para proporcionar una estimación robusta del Log Po/w de cada molécula, mejorando la precisión de las predicciones (Daina et al., 2017; Mansouri et al., 2018). Este estudio se enfoca en el análisis de lipofilia de compuestos químicos del flujo de entrada al proceso de alquilación en refinería, aunque la evaluación de la lipofilia y otros parámetros fisicoquímicos son fundamentales en el diseño de fármacos (Mishra & Dahima, 2019). En el proceso de alquilación en refinería, la lipofilia puede asegurar la solubilidad y eficiencia del proceso (Sempere, 2020). Los compuestos alquilados, como los isoparafinos, son esenciales para producir gasolina de alto octanaje (PennState College of Earth and Mineral Sciences, 2024).

Los valores Consensus Log Po/w muestran que los alcanos de cadena larga tienden a ser menos lipofílicos que los de cadena corta debido a su mayor peso molecular y menor solubilidad en lípidos (Mäki-Arvela et al., 2019). Por ello, los compuestos utilizados en la alquilación en refinería deben tener una lipofilia moderada a baja, como los presentados en este estudio.

4. Conclusiones

- Estas características lipofílicas en compuestos químicos típicos del flujo de entrada a la alquilación son cruciales para el proceso de refinado de crudo. La comprensión y predicción de la lipofilia de las moléculas implicadas en estos procesos pueden ser realizadas con química computacional mediante los métodos iLOGP, XLOGP3, WLOGP, MLOGP y SILICOS-IT. Como resultado, se halla que permiten optimizar las condiciones de refinado y maximizar la producción de compuestos deseados, producto de la alquilación en la industria del refinado de petróleo.
- Para alquilación, las moléculas tienen valores consensus de lipofilia entre 1.35 y 2.45, debido a que es más probable que se disuelvan en la fase orgánica, lo que es evidente en el coeficiente de partición más alto. Por lo tanto, los niveles de lipofilia de los compuestos químicos afectan directamente su capacidad para moverse entre las fases acuosa y orgánica en el proceso de alquilación en refinería, lo que puede influir en la eficiencia y el rendimiento de este proceso de refinería. Además, afecta la formación de productos deseados y la eficiencia global del proceso de alquilación. Los valores adecuados de lipofilia en los compuestos químicos del flujo de entrada al proceso de alquilación pueden afectar su solubilidad y la interacción con el catalizador ácido utilizado, ya sea HF o H₂SO₄.

5. Conflicto de intereses

No existe conflicto de intereses en relación con el artículo presentado.

6. Declaración de contribución de los autores

Todos los autores contribuyeron significativamente en la elaboración del artículo.

7. Costos de financiamiento

La presente investigación fue financiada en su totalidad con fondos propios de los autores.

8. Referencias bibliográficas

Aleixandre, A., & Puerro, M. (2009). Parte I. Farmacología básica. Médica Panamericana. Obtenido de https://bibliotecas.unr.edu.ar/muestra/medica_panamericana/9788498351682.pdf

Ancheyta, J. (2011). Modeling and Simulation of Catalytic Reactors for Petroleum Refining. (J. W. Sons, Ed.) Wiley. Obtenido de <https://books.google.com.ec/books?id=86shQ7GZOWIC>

- Arias, T. (2002). *Glosario de medicamentos: desarrollo, evaluación y uso*. Organización Panamericana de la Salud. Obtenido de <https://iris.paho.org/bitstream/handle/10665.2/751/9275323054.pdf>
- ChemDraw. (14 de Mayo de 2024). *Harness the Power of your Data for Scientific Breakthroughs in Pharma & Biotech, Chemicals & Materials*. Obtenido de Millions of downloads: #1 trusted chemical drawing solution since 1985: <https://revvitysignals.com/products/research/chemdraw>
- Daina, A., & Zoete, V. (2016). A boiled-egg to predict gastrointestinal absorption and brain penetration of small molecules. *ChemMedChem*, 11(11), 1117-1121. <https://doi.org/10.1002/cmdc.201600182>
- Daina, A., Michielin, O., & Zoete, V. (2014). iLOGP: A Simple, Robust, and Efficient Description of n-Octanol/Water Partition Coefficient for Drug Design Using the GB/SA Approach. *Journal of chemical information and modeling*, 54 12, 3284-301. DOI:10.1021/ci500467k
- Daina, A., Michielin, O., & Zoete, V. (2017). SwissADME: a free web tool to evaluate pharmacokinetics, drug-likeness and medicinal chemistry friendliness of small molecules. *Scientific reports*, 7, 42717. <https://doi.org/10.1038/srep42717>
- Delgado Cirilo, A., Minguillón Llombart, C., Joglar Tamargo, J. (2003). *Introducción a la química terapéutica*. España: Díaz de Santos. https://www.google.com.ec/books/edition/Introducci%C3%B3n_a_la_qu%C3%A9mica_terap%C3%A9utica/4LwpcjAhoMC?hl=es-419&gbpv=1
- Dhiman, N., Awasthi, R., Sharma, B., Kharkwal, H., & Kulkarni, G. T. (2021). Lipid nanoparticles as carriers for bioactive delivery. *Frontiers in chemistry*, 9, 580118. <https://doi.org/10.3389/fchem.2021.580118>
- Espin, W. & Travez, S. (2021). Estudio in silico, teórico computacional de las corrientes de ingreso y salida de una refinería de petróleo enfocado en el proceso de “Polimerización y Alquilación” con énfasis en las estructuras químicas individuales para cada flujo, y el análisis de sus propiedades fisicoquímicas intrínsecas, configuraciones, conformaciones y potenciales interacciones intermoleculares entre sí [Tesis de pregrado, Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE]. Repositorio de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE. <http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/25027>
- Kumar, B., & Raj Mohan, B. (2015). *Microwave-Assisted Extraction of Wax from Oily Sludge: An Experimental Study and its Process Variables Optimization Using Response Surface Methodology*. *Soil and Sediment Contamination: An*

International Journal, 24(5), 588–607.
<https://doi.org/10.1080/15320383.2015.988780>

Mäki-Arvela, P., Kaka khel, T. A., Azkaar, M., Engblom, S., & Murzin, D. Y. (2018). Catalytic hydroisomerization of long-chain hydrocarbons for the production of fuels. *Catalysts*, 8(11), 534. <https://doi.org/10.3390/catal8110534>

Mansouri, K., Ringsted, T., Ballabio, D., Todeschini, R., & Consonni, V. (2013). Quantitative structure–activity relationship models for ready biodegradability of chemicals. *Journal of chemical information and modeling*, 53(4), 867-878. <https://doi.org/10.1021/ci4000213>

Mishra, S., & Dahima, R. (2019). In Vitro Adme Studies Of Tug-891, A Gpr-120 Inhibitor Using Swiss Adme Predictor. *Journal of Drug Delivery and Therapeutics*, 9(2-s), 366-369. DOI:10.61744/hjp.v2i2.54

Parveen, S., & Alnoman, R. B. (2021). Potential exploration of recent FDA-approved anticancer drugs against models of SARS-CoV-2's main protease and spike glycoprotein: a computational study. *Biointerface Research in Applied Chemistry*, 11(3), 10059-10073. <https://doi.org/10.33263/BRIAC113.1005910073>

PennState College of Earth and Mineral Sciences. (20 de Mayo de 2024). John A. Dutton Institute for Teaching and Learning Excellence. Obtenido de FSC 432 Petroleum Processing: <https://www.e-education.psu.edu/fsc432/content/alkylation>

Saha, S., & Pal, D. (2017). log P. *Encyclopedia of Physical Organic Chemistry* (1ª ed.). USA: Zerong Wang. https://www.researchgate.net/publication/314216649_Log_P_in_Encyclopedia_of_Physical_Organic_Chemistry

Saldívar-González F. I., Chávez-Hernández, A. L., Prado-Romero, D. L., & González-Medina, M. (2023). ¿Por qué hay que hablar de mujeres en Química Computacional y no sólo de Química Computacional?. *Revista Ciencia UANL*, 26(121), 8-19. <https://doi.org/10.29105/cienciauanl26.121-1>

Sempere Pérez, I. (2020). Diastereoselective Deacylative Addition Of 3-Acetyl-3-Fluorooxindoles to Aldehydes. [Tesi de màster, Universitat d' Alacant]. Repositorio de la Universitat d' Alacant. Obtenido de <http://hdl.handle.net/10045/107742>

Shokri, A., & Karimi, S. (2021). A review in linear Alkylbenzene (LAB) production processes in the petrochemical industry. *Russian Journal of Applied Chemistry*, 94(11), 1546-1559. Doi: 10.1134/S1070427221110094

Singh, N., Sharma, P., Pal, M. K., Kahera, R., Badoni, H., Pant, K., Sharma, N., & Bhist, B. (2024). In silico targeting of the nacht/pyd domain in nlrp3 inflammasome using phytochemical alkaloids: a computational drug discovery approach. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-4149517/v1>

SwissADME. (1 de Mayo de 2024). Swiss Institute of Bioinformatics. Obtenido de <https://www.molecular-modelling.ch/swiss-drug-design.html>

Udugade, S. B., Doijad, R. C., & Udugade, B. V. (2019). In silico evaluation of pharmacokinetics, drug-likeness and medicinal chemistry friendliness of momordicin1: an active chemical constituent of momordica charantia. *Journal of Advanced Scientific Research*, 10(03 Suppl 1), 222-229. Retrieved from <http://www.sciensage.info/index.php/JASR/article/view/369>

Velmourougane, G. (16 de Mayo de 2024). Understanding Lipinski's Rule of 5 and the Role of LogP Value in Drug Design and Development. Obtenido de <https://www.sailife.com/understanding-lipinskis-rule-of-5-and-the-role-of-logp-value-in-drug-design-and-development/>

Wang, Z., Jeffries, B. F., Felstead, H. R., Wells, N. J., Chiarparin, E., & Linclau, B. (2019). A New Straightforward Method for Lipophilicity (logP) Measurement using ¹⁹F NMR Spectroscopy. *JoVE (Journal of Visualized Experiments)*, (143), e58567. doi:10.3791/58567

Wildman, S. A., & Crippen, G. M. (1999). Prediction of physicochemical parameters by atomic contributions. *Journal of chemical information and computer sciences*, 39(5), 868-873. <https://doi.org/10.1021/ci9903071>

El artículo que se publica es de exclusiva responsabilidad de los autores y no necesariamente reflejan el pensamiento de la **Revista Ciencia Digital**.



El artículo queda en propiedad de la revista y, por tanto, su publicación parcial y/o total en otro medio tiene que ser autorizado por el director de la **Revista Ciencia Digital**.



Indexaciones



Enfoque neurodidáctico de la enseñanza de la física en la formación del Técnico Superior de Biofísica Médica

Neurodidactic approach to the teaching of physics in the training for medical biophysics higher technicians

- ¹ Alexander Torres Hernández  <https://orcid.org/0000-0002-9235-410X>
Doctor en Ciencias Pedagógicas, Facultad de Ciencias Médicas Enrique Cabrera, Universidad de Ciencias Médicas de la Habana, La Habana, Cuba.
alexanderth.mtz@infomed.sld.cu, alexthpssc@gmail.com
- ² Juan Jesús Mondéjar Rodríguez  <https://orcid.org/0000-0003-1280-5095>
Doctor en Ciencias Pedagógicas, Universidad de Matanzas, Matanzas, Cuba.
mondejar.fierro2014@gmail.com
- ³ Narcisa de Jesús Sánchez Salcán  <https://orcid.org/0000-0002-9064-9094>
Doctora en Educación, Universidad Nacional de Chimborazo, Riobamba, Ecuador
nsanchez@unach.edu.ec



Artículo de Investigación Científica y Tecnológica

Enviado: 16/04/2024

Revisado: 10/05/2024

Aceptado: 11/06/2024

Publicado: 17/07/2024

DOI: <https://doi.org/10.33262/cienciadigital.v8i3.3087>

Cítese:

Torres Hernández, A., Mondéjar Rodríguez, J. J., & Sánchez Salcán, N. de J. (2024). Enfoque neurodidáctico de la enseñanza de la física en la formación del Técnico Superior de Biofísica Médica. *Ciencia Digital*, 8(3), 80-92. <https://doi.org/10.33262/cienciadigital.v8i3.3087>



CIENCIA DIGITAL, es una revista multidisciplinaria, trimestral, que se publicará en soporte electrónico tiene como misión contribuir a la formación de profesionales competentes con visión humanística y crítica que sean capaces de exponer sus resultados investigativos y científicos en la misma medida que se promueva mediante su intervención cambios positivos en la sociedad. <https://cienciadigital.org>
La revista es editada por la Editorial Ciencia Digital (Editorial de prestigio registrada en la Cámara Ecuatoriana de Libro con No de Afiliación 663) www.celibro.org.ec



Esta revista está protegida bajo una licencia *Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 International*. Copia de la licencia: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/deed.es>

Palabras claves:

Neurodidáctica,
Enseñanza de la
Física,
Aprendizaje de la
Física, Biofísica
Médica, Técnico
Superior de
Biofísica Médica

Keywords:

Neurodidactics,
teaching of
physics, learning
of physics,
medical
biophysics,
Medical
Biophysics Higher
Technicians

Resumen

Introducción: Una de las alternativas para la enseñanza de la Física lo constituye la aplicación de los conocimientos y vías que se ofrecen desde la neurodidáctica. Esta disciplina científica se desarrolla a partir de las propias indagaciones y de otros campos de la ciencia. Sin embargo, existe un camino por recorrer en las investigaciones científicas que permitan establecer las bases epistemológicas, teóricas y metodológicas de esta disciplina, que, en el caso de la enseñanza y aprendizaje de la física, todavía son limitados. **Objetivo:** presentar una aproximación a un enfoque neurodidáctico de la enseñanza de la Física en el programa de formación de Técnico Superior de Biofísica Médica en la Universidad de Ciencias Médicas de Matanzas. **Metodología:** Se utilizó el método analítico-sintético para determinar los aspectos esenciales de los resultados científicos que se relacionan con el tema de investigación. La inducción-deducción favoreció determinar regularidades desde lo facto-perceptual y configurar los aspectos teóricos que se proponen. El hermenéutico-dialéctico se empleó para la interpretación de la información teórica y realizar un análisis crítico. **Resultados:** Se establecen los aspectos teóricos que fundamentan el enfoque neurodidáctico y los pasos que se deben tener en cuenta para aplicarlo en la enseñanza de la física. **Conclusión:** Los aportes de la Neurodidáctica favorecen a la comprensión del proceso de enseñanza-aprendizaje de la física y constituye un marco teórico que posibilita el diseño de tareas y actividades que permiten potenciar la atención y motivación hacia el aprendizaje. **Área de estudio general:** Ciencias de la Educación. **Área de estudio específica:** Didáctica de la Física. **Tipo de estudio:** Artículos original

Abstract

Introduction: One of the alternatives for the teaching of physics is the application of knowledge and means which are offered from neurodidactics. This scientific discipline is developed from its own inquiries and from other fields of science. However, there is an arduous road to go in the scientific researches that allow the establishment of the epistemological, theoretical and methodological basis of this emerging discipline, which, particularly in the teaching and learning of physics, the studies are still limited. **Objective:** is to show an approximation to a

neurodidactic approach to the teaching of physics in the short-cycle training program for Medical Biophysics Higher Technicians in the University of Medical Sciences of Matanzas. **Methodology:** The analytical-synthetic method was used to determine the essential aspects of the scientific results that are related to the research topic. Induction-deduction favored determining regularities from the fact-perceptual and configuring the theoretical aspects that are proposed. The hermeneutic-dialectical was used to interpret the theoretical information and carry out a critical analysis. **Results:** The theoretical aspects that underpin the neurodidactic approach and the steps that must be taken into account to apply it in the teaching of physics are established. **Conclusion:** The contributions of the neurodidactics favor the understanding of the teaching-learning process of physics and constitute a theoretical framework that enables the design of tasks and activities that enhance attention and motivation towards learning.

1. Introducción

En el curso escolar 2019-2020 inicia en la Universidad de Ciencias Médicas de Matanzas, el programa de formación de ciclo corto de Técnico Superior de Biofísica Médica. Dos de las asignaturas que se encuentran en el currículo de esta especialidad son: Física Aplicada y Física de las Radiaciones. Estas se imparten en el primer y segundo semestre respectivamente y están diseñadas para que los estudiantes se apropien de los conocimientos físicos necesarios para comprender fenómenos fisiológicos del cuerpo humano y del área de la Radiología para el diagnóstico y tratamiento con radiaciones y el empleo de la medicina nuclear (Torres-Hernández, Rojas-Rosales, Álvarez Góngora, & Suárez Ceijas, 2020).

En la práctica pedagógica de la enseñanza de estas asignaturas de Física, se han constatado dificultades por parte de los estudiantes en el aprendizaje de los conocimientos físicos y en el desarrollo de habilidades que les permitan solucionar problemas. Entre estas limitaciones se encuentran: el análisis conceptual de varias leyes y principios físicos, la identificación de las condiciones físicas de los problemas y su modelación matemática mediante las ecuaciones, la significación teórica y práctica de los resultados, la interpretación de los signos y símbolos que se presentan en las simulaciones virtuales de fenómenos físicos que se emplean en los recursos tecnológicos para desarrollar experimentos virtuales.

Es notable como los estudiantes llegan a la universidad desde el nivel educativo precedente con carencias teóricas que no son favorables para el análisis de las situaciones problemáticas de física. Por otra parte, manifiestan un escaso interés y motivación por el estudio de la física. Esta realidad repercute en el diseño de las actividades docentes que deben realizar los docentes para impartir clases que conduzcan a superar este estado en los estudiantes.

En opinión de los autores, la investigación en didáctica de la física, no es suficiente para abordar el interés, la motivación y el aprendizaje de los estudiantes. Esta afirmación se sustenta en el hecho de que esta ciencia no estudia la forma en que aprende el cerebro, lo cual resulta fundamental para establecer vías para alcanzar los propósitos de la enseñanza de la física.

Una de las alternativas para la enseñanza de la Física lo constituye la aplicación de los conocimientos y vías que se ofrecen desde la neurodidáctica. Esta disciplina científica se desarrolla a partir de las propias indagaciones y de otros campos de la ciencia. Al respecto Chávez y Chávez Baca (2020) señalaron: “La neurodidáctica se enriquece tanto de los principales aportes de la psicología y pedagogía, así como de los estudios recientes de un cerebro en vivo que proporcionan las nuevas tecnologías de visualización cerebral, con el objetivo de implementar ambientes eficientes e innovadores de aprendizaje” (Chávez & Chávez Baca, 2020, pág. 147)

En relación con la neurodidáctica, varios investigadores, como: (Brockington, 2021), (Simon de Astudillo et al, 2021), (Chávez & Chávez Baca, 2020), (Nivela-Cornejo, 2020), (Ocampo Eyzaguirre, 2020), (por solo citar algunos) coinciden en que ella se centra en la optimización del proceso de enseñanza-aprendizaje sustentada en las teorías del desarrollo del cerebro.

En este campo de la neurodidáctica, existen varios resultados que se orientan hacia nuevas formas de enseñanza y que pueden ser aplicados en las asignaturas de Física, entre estos los alcanzados por Ameneiro et al. (2017) en las que emplean conocimientos de las neurociencias, como la mediación del sentimiento de logro y de las emociones en el aprendizaje. Otros como Nivela-Cornejo (2020) aportan una visión del empleo de las neurociencias para favorecer el rendimiento académico. Los investigadores (Perez, Vargas, & Jerez, 2018) establecen estrategias pedagógicas sustentadas en la neurodidáctica y en el neuroaprendizaje. Estas investigaciones forman parte de los estudios referidos al campo de la neuroeducación y en particular de la neurodidáctica.

Sin embargo, existe un arduo camino por recorrer en las investigaciones científicas que permitan establecer las bases epistemológicas, teóricas y metodológicas de esta disciplina emergente, que, en el caso particular de la enseñanza y aprendizaje de la física, todavía

son limitados los estudios. En este sentido Brockington (2021) señala que es insuficiente el conocimiento sobre los mecanismos neurales que sustentan el aprendizaje de la física.

Otra de las situaciones es que “esta disciplina es reciente y que aún no se han desarrollado métodos de aprendizaje basados en sus estudios y que al encontrarse en sus inicios se manifiesta de forma más teórica que práctica” (Paz Illescas et al., 2019, p. 219). En opinión de los autores de este artículo, se necesita incrementar las investigaciones que permitan desarrollar estrategias y métodos de enseñanza que se sustenten en hechos científicos y en el empleo de métodos científicos para establecer los fundamentos teóricos que permitan aportar los conocimientos para favorecer el aprendizaje por parte de los estudiantes.

Por otro lado, en muchos planteles docentes y de investigadores del área educativa, se manifiesta desconocimiento de los resultados de la neurodidáctica y de resistencia al cambio en las formas de ejercer la profesión, al no reconocer las bases neurofisiológicas de las funciones cognitivas que están presentes en el aprendizaje. Esta situación repercute en la sistematización de esta disciplina científica y, en opinión de los autores de este texto, constituyen algunas de las razones por las que todavía es limitada su implementación en la enseñanza de la física en Cuba.

El objetivo de este artículo es presentar una aproximación a un enfoque neurodidáctico de la enseñanza de la Física en el programa de formación de ciclo corto de Técnico Superior de Biofísica Médica en la Universidad de Ciencias Médicas de Matanzas.

2. Metodología

Se utilizó el método de analítico-sintético para determinar los aspectos esenciales de los resultados científicos que se relacionan con el tema de investigación y que se presentan en la literatura científica que se consultó. Además, para determinar el sustento teórico del enfoque neurodidáctico de la enseñanza de la Física en el Técnico Superior de Biofísica Médica. La inducción-deducción favoreció determinar regularidades desde lo factoperceptual y configurar los aspectos teóricos que se proponen. El hermenéutico-dialéctico se empleó para la interpretación de la información teórica y realizar un análisis crítico.

3. Resultados

Se considera que uno de los aspectos centrales en el enfoque neurodidáctico, es que los profesores deben conocer la forma en que el cerebro aprende para concientizar y diseñar actividades escolares que propicien un aprendizaje activo y desarrollador. Este factor constituye una fuente de conocimientos que permite comprender cómo las diferentes acciones que se realizan por parte de los estudiantes de manera individual, en pareja, en grupo o con el profesor, utilizando tanto las vías presenciales o a distancia con el empleo

o no de recursos tecnológicos, influyen de manera directa e indirecta en el aprendizaje de los estudiantes.

Estas temáticas neuroeducativas necesitan ser incorporadas a los programas de formación docente, lo que facilitará que la enseñanza y el aprendizaje se conviertan en procesos innovadores, creativos, críticos y propositivos (Gil, 21 de junio de 2015). Para lograr este propósito se necesita que los docentes puedan conocer más sobre el órgano responsable del aprendizaje (saber cómo funciona y aprende el cerebro) y reflexionar sobre todos aquellos aspectos que influyen en el proceso de aprendizaje con el fin de hacer del estudiante un ser autónomo, independiente y autorregulado. (Pherez, Vargas, & Jerez, 2018, pág. 150)

Constituye un fundamento el enfoque histórico-cultural de Vigotsky, que refirió como se señala en (Mecacci L., 2008) citado por (Pérez-Puelles, 2021, pág. 159) que “la formación de las funciones psíquicas superiores depende inicialmente, de los mecanismos biológicos, los que determinan las funciones psicológicas (...) las funciones superiores, al apropiarse de la cultura, ejercen control sobre los mecanismos biológicos, integrando las funciones inferiores”.

El enfoque neurodidáctico de la enseñanza de la física en el Técnico Superior de Biofísica Médica se centra en conocimientos de las neurociencias y se analizan desde el proceso de la enseñanza, de modo que adquiere un valor didáctico. De manera que, se parte del valor del interés, la atención, la memoria y la motivación como estados neuropsicológicos para alcanzar un desempeño activo del aprendizaje de los estudiantes con altos niveles de rendimiento académico.

Se considera que, en la enseñanza de la física, el profesor debe dirigir las acciones hacia lo esencial del sistema de conocimiento en cada actividad docente y evitar presentar en la clase aspectos tanto de las ciencias física, matemática o de otra índole que produzcan distracción de la atención de los estudiantes de lo principal y que conduzcan a lo que con mucha frecuencia ocurre, que es incomprensión en el análisis de fenómenos, conceptos, ecuaciones y en los procedimientos para solucionar problemas físicos. Como señalan (Stevens y Bavelier, 2012) citado por (Valerio, Jaramillo, Caraza, & Rodríguez, 2016) “Dentro del proceso atencional, la atención selectiva, es decir la función cognitiva encargada de focalizarnos e ignorar la distracción, es necesaria en el proceso académico de aprendizaje” (pág. 76). Este criterio se sustenta en los estudios de (Riccio, Rabinowitz, & Axelrod, 1994) que muestran la limitación de los seres humanos para mantener la atención al mismo tiempo a un número determinado de cosas.

Por consiguiente, en la enseñanza de la física se debe propiciar que se mantenga la atención de los estudiantes durante la actividad docente, porque establece la base neuropsicológica necesaria que propicia que se alcance un rendimiento académico

favorable. “La atención es la encargada de realizar el proceso de selección de la información dentro del sistema nervioso, siendo el elemento fundamental que articula todos los procesos cognoscitivos, dirigiendo y seleccionando la información que se va a procesar” (Valerio, Jaramillo, Caraza, & Rodríguez, 2016, pág. 76).

Un estudio que apoya esta posición fue publicado en 2016, Valerio, (et. al) en el que se realizó una investigación con estudiantes universitarios y se evidenció que el empleo de estrategias de enseñanzas basadas en neurociencias, potenció la atención, la motivación y se alcanzaron desempeños académicos superiores. Una de las vías presentadas consistió en centrar la actividad en los aspectos principales de aprendizaje y en el empleo de recursos didácticos para mantener la atención.

Otro aspecto importante es la función que tienen los conocimientos previos en el aprendizaje, los cuales constituyen base para el proceso de apropiación de los nuevos conocimientos, “dicho vínculo con los saberes precedentes está relacionado con la interconexión entre neuronas denominada sinapsis, por lo que los profesores deben crear memorias significativas que estén asociadas a lo que los estudiantes ya conocen” (Chávez & Chávez Baca, 2020, pág. 147) Se destacan los resultados relevantes sin incurrir en repeticiones de información.

Para lograr una memoria significativa de largo plazo en los estudiantes cuando aprenden física, las actividades que se desarrollan deben enfocarse en los aspectos necesarios para establecer las bases de los conocimientos y la aplicación de estos en el contexto social en el que se emplean. Para ello se explican los procedimientos para aplicarlos y que guarden relación con la solución de problemas físicos.

En esta dinámica se debe propiciar que los estudiantes participen de manera activa en el proceso de aprendizaje del conocimiento que reciben en las clases de física. Para ello, se debe lograr que las tareas docentes constituyan una vía para desarrollar habilidades cognoscitivas y técnicas como forma de enriquecer la experiencia personal. Al respecto, la experiencia que se manifiesta en la solución de problemas de física o el análisis de una tarea docente en particular, cobra un valor didáctico no solo porque mantiene el interés, sino porque favorece la sinapsis entre las neuronas, cuestión sobre la que existe un consenso en la comunidad científica y que se ha demostrado “que la práctica y la experiencia incrementa los procesos de aprendizaje, esto fortalece los cambios en los circuitos neuronales” (Ocampo Eyzaguirre, 2020, pág. 17) y contribuye a fortalecer los vínculos que condicionan la memoria necesaria para aprender.

Las clases deben planificarse en sistema de acuerdo a la interrelación con los objetivos y niveles de profundidad de conocimientos y habilidades que deben desarrollar los estudiantes, pero para esta planificación es necesario vincular los diferentes recursos que

se emplearan en cada actividad, para que los estudiantes utilicen sus sentidos sensoriales y todas las posibilidades reales que tienen para aprender.

Los recursos tecnológicos tienen una función importante en la enseñanza-aprendizaje de la física. El uso de estos favorece la eficiencia y la eficacia de los métodos de enseñanza, “ya que pueden promover el trabajo colaborativo a través de entornos virtuales de enseñanza, si se toman en cuenta las particularidades de los educandos y los contenidos educativos” (Chávez & Chávez Baca, 2020, pág. 150).

De acuerdo con Ramírez (2015), el docente debe adquirir el papel de facilitador de información, y debe ser quien busca diseñar la instrucción con problemas interesantes y significativos para el contexto del estudiante. Además, debe impulsar el aprendizaje a través de una comunicación basada en múltiples modos sensoriales, con apoyo de recursos multimedia debidamente seleccionados y encaminados a un objetivo didáctico, que contribuyan a simplificar la información y a que los aprendices desarrollen competencias útiles para la vida social y laboral (Gamo, 2018). (Chávez & Chávez Baca, 2020, pág. 151)

Resulta relevante para la enseñanza de la física en el programa de formación de Técnico Superior de Biofísica Médica, los hallazgos de las neurociencias sobre cómo surge la motivación en el cerebro y como existe un vínculo con la actividad externa que tiene un rol directo en la forma en que la persona en interacción con su entorno social, desarrolla habilidades y logra aprender. Por tanto, el carácter social del proceso de enseñanza-aprendizaje se manifiesta en consonancia con el proceso neurofisiológico que posibilita el desarrollo de la personalidad y del aprendizaje en particular.

Por otro lado, se considera la existencia de una reserva comunicativa (Habermas, 1987) que guía el comportamiento, pero enriquecida desde lo cultural (Torres-Hernández, 2019). Se asume que la cultura de estudiantes y profesores, se enriquece y manifiesta en las clases de Física mediante la comunicación como caso particular de las relaciones sociales que surgen. Es en este proceso que se modifican las estructuras neurales y se transmiten varios neurotransmisores que producen a nivel biológico la motivación y las respuestas a esta. Este argumento encuentra sustento en el consenso de la comunidad científica en cuanto al papel que tienen los neurotransmisores para generar las emociones, la motivación y la atención, los cuales son necesarios para el aprendizaje.

La dopamina es un neurotransmisor muy importante para la motivación, ya que, de acuerdo con Montague, Dayan y Seknowski (1996) citados en Reeve (2010): “genera sentimientos agradables asociados con recompensa”, lo que se entendería como un deseo o una emoción positiva del alumno antes de realizar una actividad en clase. En términos similares, la dopamina (Gamo, 2018): “es la tensión que mueve a la acción desde las áreas motoras” (p.4), haciendo que se libere

adrenalina y noradrenalina, siendo estos neurotransmisores, los encargados de mantener la atención de los pupilos durante la realización de una actividad hasta la compensación. (Chávez & Chávez Baca, 2020, pág. 152)

En este proceso se manifiesta la satisfacción de una necesidad o la construcción de nuevos conocimientos y se libera la serotonina, un neurotransmisor que produce un estado de tranquilidad o serenidad que favorece el razonamiento. Por consiguiente, en las clases de física, el profesor se convierte en un orientador y un guía de los aspectos principales que debe dominar el estudiante y es mediante un proceso de comunicación con tareas que generen la actividad cognoscitiva en los estudiantes en un ambiente en el que sea agradable enseñar y aprender; se manifiesten experiencias positivas que constituyan factores que favorezcan la atención y la motivación.

En este enfoque neurodidáctico se asumen algunos pasos que se proponen desde la neurodidáctica, en particular los presentados por Paz Illescas et al. (2019), los cuales se reordenan, enriquecen y se proponen otros desde la posición de los autores para la enseñanza de la Física. Estos son:

Primer paso: despertar el interés

Es necesario identificar los intereses de los estudiantes con respecto a varios aspectos, entre estos: sobre el estudio de la carrera que cursan, las expectativas de superación profesional después de graduados, el aprendizaje de las ciencias y en particular de la física. Este paso se considera como el primero al contrario de Paz Illescas et al. (2019), porque se es del criterio que, en estas edades de los estudiantes del Técnico Superior de Biofísica Médica, que en general oscila entre los 17 y 20 años, el interés puede manifestarse de acuerdo a estas direcciones y no significa que existan las condiciones previas para lograr una adecuada motivación.

Puede ocurrir que un alumno estudie una asignatura por el interés que tiene en aprobarla para continuar la carrera y graduarse y no porque esté motivado por aprenderla para aplicarla en su desempeño profesional o por comprender los fenómenos con los que interactúa en la vida cotidiana. Por esta razón, se debe diagnosticar sus intereses y de acuerdo con estos diseñar acciones que mantengan ese interés o lo propicien, en particular hacia el aprendizaje de la física.

Segundo paso: Generar emoción

La emoción es fundamental en el proceso de aprendizaje, posibilita que los estudiantes se motiven, favorece la participación activa en la solución de tareas docentes y propicia la memoria a largo plazo. En relación a esta idea existe consenso en la comunidad científica sobre la función que tienen las emociones para el aprendizaje. Por ejemplo, desde la

neurodidáctica se ha demostrado que, “Las emociones son las que activan nuestra motivación moviéndonos a actuar en la búsqueda del placer” (Navarro, 2018, pág. 47).

De acuerdo a esta posición se considera que los profesores al iniciar las clases deben revelar la necesidad de apropiarse de los conocimientos que se abordarán durante la actividad docente. Así como de emplear demostraciones físicas, introducir preguntas que conduzcan a problemas que deben ser respondidos con la participación activa de los estudiantes.

Ahora bien, cada una de las preguntas, problemas o demostraciones físicas, deben ser del interés de los estudiantes, ya sea porque es significativo su aprendizaje para su desempeño profesional futuro o como conocimientos básicos para aprender otros específicos que si se relacionan directamente con la labor que realizarán en el ejercicio de la profesión.

De acuerdo con Paz Illescas et al. (2019) para que los estudiantes sean persistentes deben sentir que integran los contenidos porque el cerebro aprende a través de asociaciones. “La información novedosa entra en nuestro cerebro y éste la vincula con la información que reside en el hipocampo. Eso puede consolidar las memorias” (Paz Illescas et al., 2019, p. 224).

Esto implica la selección de los contenidos que se abordarán en cada clase o actividad docente, en el que se resalte lo esencial y la relación entre cada uno de ellos con los precedentes y se revele la necesidad de estos para aprender y desarrollar habilidades con los que recibirán en otro momento, así como el papel que tienen en su formación.

Cuarto paso: Evaluación desde la perspectiva del esfuerzo por aprender.

Una valoración justa lo constituye el proceso en el que el estudiante muestra su sistematicidad en las actividades que desarrolla en la clase o fuera de esta a partir de sus intereses, emociones y motivaciones para aprender Física. En el que se debe tomar en cuenta como se supera constantemente para llegar a la independencia cognoscitiva y la autoregulación.

Todo este proceso implica que los profesores de física presenten atención a los avances de las neurociencias y de las investigaciones el campo de la neurodidáctica para transformar el enfoque tradicional de la enseñanza y diseñar diferentes vías que optimicen el proceso de enseñanza-aprendizaje y mejorar el rendimiento académico de los estudiantes.

4. Conclusiones

- Los aportes desde las Neurociencias y en particular de la Neurodidáctica favorecen una comprensión del proceso de enseñanza-aprendizaje de la física y

constituye un marco teórico que posibilita el diseño de tareas y actividades que permiten potenciar la atención y motivación hacia el aprendizaje.

- Es necesario profundizar en las investigaciones neurodidácticas para diseñar estrategias que contribuyan a optimizar el proceso de enseñanza-aprendizaje de la física en el programa de formación de ciclo corto de técnico superior de Biofísica Médica.

5. Conflicto de intereses

Los autores declaran que no existen conflicto de intereses en relación con el artículo presentado.

6. Declaración de contribución de los autores

Todos los autores contribuyeron significativamente en la elaboración del artículo.

7. Costos de financiamiento

La presente investigación fue financiada en su totalidad con fondos propios de los autores.

8. Referencias Bibliográficas

Brockington, G. (2021). Neurociencia e Ensino de Física: limites e possibilidades.

Revista Brasileira de Ensino de Física, 43(suppl. 1), e20200430.

doi:<https://doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2020-0430>

Chávez Chávez, L. M., & Chávez Baca, R. L. (mayo-agosto de 2020). Neurodidáctica

como alternativa innovadora para optimizar el aprendizaje . *Revista Varela*,

20(56), 145-157. Obtenido de <http://revistavarela.uclv.edu.cu>

María Amenyro, H., Sánchez Pulido, M., Padilla Hernández, M. d., Soto Sánchez, A.,

& Acoltzi Bautista, E. (June de 2017). Software tipo e-learning de Dinámica

basado en la Neurodidáctica para estudiantes de Ingeniería. *Latin American*

Journal of Physics Education, 11(2), 2313-1-2313-7. Obtenido de

<http://www.lajpe.org>

Navarro Navarro, V. (2018). Metodologías interdisciplinarias como herramienta para

motivar a alumnado de altas capacidades. *Revista Iberoamericana de*

Educación, 78(1), 43-66.

Nivela-Cornejo, M. A. (septiembre de 2020). Neurociencia como herramienta para

mejorar el rendimiento académico de estudiantes universitarios. *Dominio de las*

Ciencias, 6(3, Especial), 434-454. doi:<http://dx.doi.org/10.23857/dc.v6i3.1408>

- Ocampo Eyzaguirre, D. (diciembre de 2020). Estrategia Neurodidáctica para la formación de investigadores sociales. *Delectus*, 3(3), 14-27.
doi:10.36996/delectus.v3i3.82
- Paz Illescas, C. E., Acosta Gaibor, M. P., Bustamante Cruz, R. E., & Paz Sánchez, C. E. (Enero-Marzo de 2019). Neurociencia vs Neurodidáctica en la evolución de la Educación Superior. *Didasc@lia: Didáctica y Educación*, X(1), 207-228.
- Pérez-Puelles, L. G. (Abril-Junio de 2021). Neurociencia educacional: un nuevo desafío para los educadores. *Didasc@lia: Didáctica y Educación*, XII(2), 157-173.
- Pherez, G., Vargas, S., & Jerez, J. (Enero-Junio de 2018). Neuroaprendizaje, una propuesta educativa: herramientas para mejorar la praxis del docente. *Civilizar Ciencias Sociales y Humanas*, 18(34), 149-166.
- Riccio, D. C., Rabinowitz, V. C., & Axelrod, S. (1994). Memory: When less is more. *American Psychologist*, 49(11), 917-926.
- Símon de Astudillo, M., Mercedes Rodríguez Símon, & Gladys Davila Newman. (Enero –Abril de 2021). Aprender a aprender” y “aprender a hacer” a través de la neurodidáctica. *Educare*, 25(1), 398-420.
- Torres-Hernández, A., Rojas Rosales, M., & Mondejar Rodríguez, J. J. (2019). Requerimientos Metodológicos para emplear recursos tecnológicos en las clases de física de las carreras técnicas de la salud. En Colectivo de autores, & E. Santiesteban (Ed.), *Ciencia e innovación tecnológica* (Primera ed., Vol. VII, pág. 362). Las Tunas, Cuba: Académica Universitaria & Opuntia Brava.
- Torres-Hernández, A., Rojas-Rosales, M., Álvarez Góngora, Y., & Suárez Ceijas, A. (2020). La estrategia curricular del inglés en las asignaturas de Física en la carrera. (E. Velasteguí López, Ed.) *Anatomía Digital*, 3(3), 6-13.
- Valerio, G., Jaramillo, J., Caraza, R., & Rodríguez, R. (2016). Principios de Neurociencia aplicados en la Educación. *Formación Universitaria*, 9(4), 75-82.
doi:10.4067/S0718-50062016000400009

El artículo que se publica es de exclusiva responsabilidad de los autores y no necesariamente reflejan el pensamiento de la **Revista Ciencia Digital**.



El artículo queda en propiedad de la revista y, por tanto, su publicación parcial y/o total en otro medio tiene que ser autorizado por el director de la **Revista Ciencia Digital**.



Indexaciones



Estrategia didáctica para la inclusión de estudiantes con meningocele en la clase de educación física

Didactic strategy for the inclusion of students with meningocele in the physical education class

¹ Ángel Rafael Barahona Álvarez  <https://orcid.org/0009-0000-3379-9486>
Universidad Bolivariana del Ecuador, Durán, 092405. Ecuador, Campus Durán Km 5.5 vía Durán Yaguachi,

Maestría en Pedagogía de la Cultura Física con mención en Educación Física

arbarahona@ube.edu.ec

² Norma Yadira Yanza Paguay  <https://orcid.org/0009-0002-8254-0707>
Universidad Bolivariana del Ecuador, Durán, 092405. Ecuador, Campus Durán Km 5.5 vía Durán Yaguachi,

Universidad Bolivariana del Ecuador, Maestría en Pedagogía de la Cultura Física con mención en Educación Física Inclusiva

nyyanzap@ube.edu.ec

³ Giceya de la Caridad Maqueira Caraballo  <https://orcid.org/0000-0001-6282-3027>
Universidad Bolivariana del Ecuador, Durán 092405, Ecuador, Campus Durán Km 5.5 vía Durán Yaguachi,

gdmaqueirac@ube.edu.ec



Artículo de Investigación Científica y Tecnológica

Enviado: 16/03/2024

Revisado: 10/04/2024

Aceptado: 29/05/2024

Publicado: 23/07/2024

DOI: <https://doi.org/10.33262/cienciadigital.v8i3.3094>

Cítese:

Barahona Álvarez, Ángel R., Yanza Paguay, N. Y., & Maqueira Caraballo, G. de la C. (2024). Estrategia didáctica para la inclusión de estudiantes con meningocele en la clase de educación física. *Ciencia Digital*, 8(3), 93-121. <https://doi.org/10.33262/cienciadigital.v8i3.3094>



CIENCIA DIGITAL, es una revista multidisciplinaria, trimestral, que se publicará en soporte electrónico tiene como misión contribuir a la formación de profesionales competentes con visión humanística y crítica que sean capaces de exponer sus resultados investigativos y científicos en la misma medida que se promueva mediante su intervención cambios positivos en la sociedad. <https://cienciadigital.org>

La revista es editada por la Editorial Ciencia Digital (Editorial de prestigio registrada en la Cámara Ecuatoriana de Libro con No de Afiliación 663) www.celibro.org.ec



Esta revista está protegida bajo una licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 International. Copia de la licencia: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/deed.es>

Palabras claves:

estrategias didácticas, inclusión, educación física, meningocele, espina bífida

Keywords:

teaching strategies, inclusion, physical education, meningocele, spina bifida.

Resumen

Introducción: Incluir a estudiantes con meningocele en las clases de Educación Física es un gran reto. Esto requiere el uso de estrategias de enseñanza inclusivas. **Objetivo:** Diseñar una estrategia didáctica para la inclusión de estudiantes con meningocele en las clases de Educación Física. **Metodología:** La investigación se ubicó en una Unidad Educativa de Santo Domingo, Ecuador, adoptándose para su desarrollo, un enfoque cualitativo, de naturaleza descriptivo y de campo, apoyado en métodos teóricos y empíricos y técnicas como la observación directa, la entrevista y la revisión documental; todo lo cual facilitó el proceder investigativo y la interpretación de resultados en las 4 fases que comprendió el proceso investigativo. **Resultados:** 1. Se implementa una estrategia didáctica fundamentada en cinco dimensiones: identificación de necesidades, adaptaciones curriculares personalizadas, evaluación diversificada, adecuación de materiales y evaluaciones individualizadas, la cual se centró en el desarrollo de adaptaciones curriculares y de juegos colaborativos. 2. Se logra contribuir al proceso de inclusión y al desarrollo integral del estudiante objeto de estudio. **Conclusiones:** La implementación en la práctica de la estrategia didáctica propuesta evidenció su factibilidad, pertinencia y novedad científica, permitiendo facilitar el proceso de inclusión dentro de la clase de Educación Física y la mejora de las capacidades del estudiante con meningocele, lo cual resulta altamente significativo dentro del contexto de la Educación Física Inclusiva. **Área de estudio general:** Educación Física. **Área de estudio específica:** Inclusión en Educación Física para estudiantes con necesidades especiales.

Abstract

Introduction: Including students with meningocele in Physical Education classes is a great challenge. This requires the use of inclusive teaching strategies. **Objective:** Design a teaching strategy for the inclusion of students with meningocele in Physical Education classes. **Methodology:** The research was in an Educational Unit in Santo Domingo, Ecuador, adopting a pre-experimental design for its development, with a qualitative approach, descriptive and field in nature, supported by theoretical and empirical methods and techniques such as direct observation, interviews and documentary review; all of which facilitated the

investigative procedure and the interpretation of results in the 4 phases that included the investigative process. **Results:** 1. A teaching strategy is implemented based on five dimensions: identification of needs, personalized curricular adaptations, diversified evaluation, adaptation of materials and individualized evaluations, which focused on the development of curricular adaptations and collaborative games. 2. It is possible to contribute to the inclusion process and the comprehensive development of the student under study. **Conclusions:** The implementation in practice of the proposed teaching strategy showed its feasibility, relevance, and scientific novelty, allowing to facilitate the inclusion process within the Physical Education class and the improvement of the abilities of the student with meningocele, which is highly significant within the context of Inclusive Physical Education. **General area of study:** Physical Education. **Specific area of study:** Inclusion in Physical Education for students with special needs.

1. Introducción

El meningocele, es una variante de la espina bífida, producida por una anomalía congénita. Se caracteriza por la herniación de las meninges, las membranas que envuelven el cerebro y la médula espinal. Esta condición es resultado de un cierre incompleto de la columna vertebral y el canal espinal en el transcurso del primer mes de embarazo (Melanie, 2018). La espina bífida, es un grave defecto del tubo neural frecuente desde el nacimiento, puede necesitar varias cirugías debido a la exposición medular (Pimentel, 2021).

En palabras de Jauffret (2006) cuando se habla de espina en este contexto, se refiere a la apófisis espinosa de una vértebra, y bífida algo dividido en dos partes. Este término específico describe la condición de las vértebras afectadas por la espina bífida. Generalmente, estas se localizan en la región lumbosacra. Sin embargo, en ocasiones, también pueden verse afectadas vértebras situadas en otras áreas cervicales. Esta condición se manifiesta no solo con parálisis y alteraciones en la sensibilidad, principalmente en las extremidades inferiores, sino también en la función de la vejiga y el recto y es común el desarrollo de hidrocefalia en estos individuos. Stephen (2023) señala que el meningocele por su parte tiende a ser menos grave. Sin embargo, esta condición también puede conllevar desafíos, los cuales varían en función del tamaño y la ubicación del meningocele.

La diversidad en el rango de inteligencia y capacidades motrices de las personas con espina bífida, según señala la Fundación por Amor (2020) puede variar. Afirman que la espina bífida puede generar daños significativos en la vida cotidiana, entre estos, la pérdida de sensibilidad y la debilidad muscular afectando la movilidad y las sensaciones. Además, puede inducir en el desarrollo de la pubertad precoz y desórdenes hormonales, cuyas causas aún se investigan. Este padecimiento también incide en el aprendizaje y puede alterar la capacidad intelectual, presentándose problemas de memoria y organización, unidos a la incontinencia, debido a la debilidad muscular en vejiga e intestinos; todo lo cual deteriora la calidad de vida de las personas que la padecen. Los estudios de Contreras (2019) destaca que se trata de una situación de gran complejidad para todos los que padecen de esta condición.

Al analizar los datos estadísticos referente a su incidencia es importante destacar que en Estados Unidos, según *Centers for Disease Control and Prevention* (CDC, 2023) se reportan 1,427 bebés nacidos con espina bífida, lo cual representa un caso por cada 2,758 nacimientos. Un análisis de datos recopilados por 12 programas estatales de seguimiento de defectos congénitos muestra resultados significativos. Entre los distintos grupos étnicos y raciales, las mujeres hispanas presentan el mayor riesgo, ellas tienen más probabilidades de dar a luz a niños con esta afección en comparación con mujeres blancas no hispanas y negras no hispanas. La prevalencia de espina bífida es de 3.80 casos por cada 10,000 nacimientos en la comunidad hispana, 2.73 en la comunidad negra o afroamericana no hispana, y 3.09 en la comunidad blanca no hispana. En México, esta condición afecta a aproximadamente 9.2 de cada 100,000 recién nacidos. Es una causa principal de discapacidad neurológica, cognitiva y motora en estos individuos (Lara-Ávila et al., 2022).

Un estudio reciente analizó a 1,505 recién nacidos para determinar la incidencia de espina bífida, hallando que 416 individuos presentaban este estado. De estos, el 26.45% correspondía a casos cerrados y un 1.2% abiertos, destacando la relevancia de la condición en la población neonatal (Coronas et al., 2022).

En Ecuador, las estadísticas son imprecisas. Aun así, en 2021 el Ministerio de Salud Pública (MSP, 2022) documentó 1.070 atenciones a pacientes con espina bífida, lo cual subraya la prevalencia de la condición y la necesidad de buscar alternativas desde el contexto educativo para dar respuesta a estos casos.

En atención a lo señalado en el contexto ecuatoriano la constitución destaca la importancia de la inclusión educativa, se enfoca tanto en aspectos estructurales como metodológicos (Asamblea Nacional Constituyente, 2008). El Reglamento General a la Ley Orgánica de Educación Intercultural complementa este enfoque (Presidencia Constitucional de la República, 2023). Ambas normativas promueven la adaptabilidad y flexibilidad curricular; priorizándose la valoración de la diversidad, según el Ministerio

de Educación de Ecuador. En el ámbito educativo, especialmente en Educación Física, surgen desafíos importantes para lograr el proceso de inclusión de estos estudiantes dentro de la clase, lo cual va a depender del nivel de afectación que se presente. En este orden los estudios anteriores destacan la importancia de adoptar un enfoque más activo e integrador en la Educación Física. Los estudiantes deben ir más allá de roles pasivos y de apoyo (Hernández Vázquez et al., 2021), de ahí la importancia de considerar prioritario desarrollar estrategias inclusivas y efectivas en la educación física; estas deben ser diseñadas considerando necesidades individuales de cada estudiante.

Fundamentos generales sobre el meningocele. Etiología. Clasificación y características de los tipos de espina bífida

La espina bífida surge producto de una compleja interacción entre factores genéticos y ambientales. Aunque su etiología permanece desconocida, se reconoce un origen multifactorial. Entre los factores se incluyen carencias, como el déficit de ácido fólico o vitamina B9. El riesgo aumenta significativamente si existen familiares previamente afectados, especialmente en un segundo o tercer hijo. Además, factores ambientales exógenos, como la localización geográfica, también influyen. La prevención juega un papel crucial, destacándose la importancia de consumir ácido fólico antes de la concepción como medida preventiva esencial (Stephen, 2023; Monasterio, 2016).

En cuanto a la historia del meningocele y la espina bífida, se observa una evolución constante en la comprensión y manejo de estas afecciones. Los progresos en técnicas quirúrgicas y tratamientos han logrado mejorar significativamente tanto la supervivencia como la calidad de vida de los pacientes (Calderón-Velasco, 2022).

Clasificación y características de los tipos de espina bífida

La Organización Mundial de la Salud (OMS, 2015) categoriza la espina bífida en distintas variantes, cada una con características propias. Estas se detallan en la tabla 1, proporcionando un marco claro para la comprensión y el diagnóstico de esta condición. Este enfoque clasificatorio mejora la identificación de la forma de espina bífida en cada paciente. Además, dirige hacia las estrategias de tratamiento y manejo óptimas de los casos.

Tabla 1*Tipos de espina bífida*

Clases de Espina Bífida	Descripción	Características Clave
Meningocele	Formación de un saco protuberante a través de un defecto en la columna vertebral, compuesto por las meninges.	Saco lleno de líquido cefalorraquídeo. No incluye la médula espinal. Puede albergar elementos del sistema nervioso.
Meningomielocele	Condición en la que tanto las meninges como la médula espinal se hernian a través de una abertura en la columna vertebral.	Aumento de la vulnerabilidad. Compromete las barreras protectoras neurales y la estructura ósea.
Mielocele	Exposición directa de la médula espinal al entorno externo, debido a la ausencia de cobertura protectora por parte de membranas o piel.	Médula espinal expuesta y desprotegida. Ausencia de cobertura protectora.

Fuente: OMS (2015)

Jauffret (2006), sugiere una clasificación complementaria para la espina bífida. Esta se divide en cuatro variantes. Estas categorías se exponen en la tabla 2, proporcionando una visión clara y estructurada de la diversidad y complejidad de esta condición.

Tabla 2*Tipos de espina bífida*

Tipo de Espina Bífida	Visibilidad Externa	Afectación Neurológica	Pronóstico General
Espina Bífida Oculta	No visible	Mínima o nula, posibles anomalías óseas	Bueno
Espina Bífida Quística (meningocele)	Visible (saco quístico sin tejido nervioso directo)	Neurológicamente suele ser normal	Relativamente favorable
Espina Bífida Abierta (Mielomeningocele)	Visible, piel abierta exponiendo vértebras	Severa (hidrocefalia, alteraciones cognitivas, malformación de Chiari tipo II, incontinencia, paraplejia)	Severo, requiere manejo especializado
Espina Bífida con Lipoma Intrarraquídeo	Puede ser no visible o formar herniación	Varía según la ubicación y tamaño del lipoma	Varía según complejidad quirúrgica y afectación neurológica

Fuente: Jauffret (2006)

Desafíos, adaptaciones y educación inclusiva

Los individuos con meningocele pueden enfrentar diversas limitaciones, estas incluyen debilidad o parálisis en las piernas, y dificultades en la función vesical y rectal. Además, pueden presentarse complicaciones ortopédicas, afecciones como escoliosis y cifosis. Estos desafíos demandan una atención médica constante y adaptaciones en la vida diaria (Llamas, 2022).

La severidad de las consecuencias asociadas a la espina bífida varía según el nivel de la lesión en la columna vertebral. Pueden experimentar desafíos cognitivos y dificultades motrices, problemas en el control urinario e intestinal entre otros. En muchas ocasiones se manifiesta pubertad precoz, criptorquidia, obesidad y alergias al látex, es por ello por lo que la educación de los niños con meningocele debe ser adaptable y flexible, centrada en sus necesidades específicas. En estos casos pueden ser necesarios ajustes en el entorno escolar y en los métodos pedagógicos, además de apoyo para el desarrollo de habilidades motoras y cognitivas (Pérez, 2012).

La Organización de las Naciones Unidas para la Educación la Ciencia y la Cultura (UNESCO, 2009), al referirse a la educación inclusiva, indica que requiere del esfuerzo por mejorar la capacidad del sistema educativo para atender a todos los estudiantes. Se considera una estrategia clave para alcanzar la Educación Para Todos (EPT). Este enfoque, que subraya la educación como un derecho humano fundamental, busca promover una sociedad más equitativa y justa. La iniciativa por la educación inclusiva ganó ímpetu en 1994. Este avance ocurrió durante la Conferencia Mundial sobre Necesidades Educativas Especiales, en Salamanca, España, en 1994.

La inclusión educativa es fundamental, (Español, 2014) señala que es clave para adaptar las escuelas a las necesidades de todos los estudiantes, minimizando su aislamiento. Este enfoque demanda una transformación institucional y de aula, enfatizando la importancia de crear entornos de aprendizaje inclusivos mediante planes personalizados y apoyos integrales. La meta es asegurar un espacio educativo que no solo acomode, sino que también valore la diversidad y promueva el desarrollo integral de cada individuo.

Estrategias para la inclusión de estudiantes con meningocele en la Educación Física

Los estudiantes con meningocele a menudo se topan con barreras físicas, sociales y emocionales. Carbonero & Cañizares (2016), advierten sobre los riesgos sociales y emocionales de la exclusión en actividades físicas, lo que afecta no solo al bienestar del estudiante sino también a la dinámica social del aula. En atención a lo señalado es fundamental desarrollar estrategias adaptativas, unido a la modificación del currículo y el desarrollo de actividades que promuevan la inclusión y equidad, de ahí que sea necesario contar con docentes con competencias pedagógicas y didácticas logradas, que le permitan

dar respuestas a esta diversidad. Español (2014) destaca la importancia de la colaboración entre familias y escuelas, señalando que es clave para enfrentar el fracaso escolar y la atención a todos los estudiantes incluyendo los que presentan meningocele.

Según refiere la literatura precedente la inclusión en educación física va más allá de simples adaptaciones para aquellos considerados "diferentes". Su objetivo no es excluir a los estudiantes con necesidades especiales, sino incluirlos a través de apoyo individualizado. Esta auténtica inclusión desafía el modelo estándar. Promueve la valoración de las diferencias individuales. Esto requiere crear recursos específico, además, implica diversificar los grupos estudiantiles (Blázquez, 2021).

La diversidad en las aulas enriquece la educación. Promueve valores esenciales: respeto, tolerancia, solidaridad. Borregón & Giménez (2017) destacan que la educación inclusiva busca una enseñanza de calidad adaptada a cada estudiante. La exclusión de alumnos con meningocele en Educación Física limita su desarrollo práctico, social y emocional. Blázquez (2021) subraya la importancia de la práctica en Educación Física para adquirir habilidades vitales. La falta de participación restringe el desarrollo de habilidades físicas. Además, limita los beneficios del ejercicio.

En este sentido Carbonero & Cañizares (2016) destacan la importancia de la Educación Física, sustentan que es crucial para el desarrollo de habilidades sociales y la promoción de la inclusión. Se comparte con los autores anteriores al plantear que excluir a estos estudiantes de estas actividades pone en riesgo su bienestar emocional y la cohesión social, lo cual tiende a reflejar una desconexión en la praxis pedagógica y contraviene los principios de justicia educativa. De igual manera se considera que resulta fundamental lograr la personalización de la educación, unida a la adaptación de las necesidades individuales y al desarrollo de un aprendizaje efectivo.

En esta línea de pensamiento es importante considerar que la inclusión en las clases de Educación Física de los estudiantes con discapacidad implica grandes desafíos, para lo cual todo el claustro de docentes debe prepararse para ofrecer los diferentes niveles de apoyo y ayudas que los estudiantes con discapacidades se involucren, incluso en roles de apoyo (Hernández et al., 2021).

Estrategias Didácticas y Adaptaciones Curriculares: Una necesidad para la inclusión de estudiantes con meningocele en la clase de educación física

Varios son los autores que han realizado aportes muy valiosos relacionados con la definición propuesta y aplicación de diferentes estrategias didácticas dirigidas a perfeccionar el proceso de enseñanza-aprendizaje; en este orden es importante considerar los aportes de Rosales (2004) al señalar que en el contexto educativo, las estrategias son

aquellas acciones conscientes, responsables e intencionadas que direccionan el proceso de enseñanza-aprendizaje en un área específica del conocimiento.

Atendiendo a ello otros autores como Ramón (2019), Ribadeneira (2020), Delgado y Haro (2022) Monteza (2022), los cuales al definir las estrategias didácticas las relacionan con los procedimientos, técnicas, sistema de acciones y actividades, que permiten al docente y los estudiantes interactuar conjuntamente para materializar los objetivos de la clase mediante la aplicación de estrategias que facilitan conjugar el proceso de enseñanza-aprendizaje, es por esto que Ribadeneira (2020), habla de las estrategias de enseñanza definiendo estas como las vías que se utilizan los docentes para el proceso de enseñanza, explicando también que las estrategias de aprendizaje, se relacionan con los procedimientos que utilizan los estudiantes para reconocer, aprender y aplicar lo aprendido, es decir se trata de las vías que aplican los estudiantes para aprender.

Lleixà & González (2014), subrayan la necesidad de estrategias pedagógicas y didácticas inclusivas en Educación Física. Estas estrategias buscan involucrar a todos los estudiantes, sin importar sus habilidades. No solo benefician a los alumnos con discapacidad, sino que también mejoran la participación de toda la comunidad estudiantil. Promueven un ambiente de aprendizaje inclusivo y respetuoso, fomentando la diversidad y enriqueciendo la experiencia colectiva.

Es por ello por lo que la labor docente va más allá de la simple transmisión de conocimientos. En la clase de Educación Física, la labor del docente debe promover el desarrollo de valores, habilidades físicas, motrices y también sociales en un entorno inclusivo. Los docentes no solo enseñan, también inculcan valores y fomentan el desarrollo de habilidades para la vida en un entorno inclusivo que fomente el crecimiento personal de cada alumno (González Arévalo, Carlos; Lleixà Arribas, Teresa, 2010).

En ese sentido compartimos con los autores precedente sobre la importancia de mantener una ética que celebre la diversidad y promueve la inclusión social. Esta perspectiva es esencial para el desarrollo integral de los estudiantes y el logro de una verdadera inclusión en la sociedad.

Atendiendo a lo señalado es importante comprender que las adaptaciones curriculares son ajustes y modificaciones que se realizan a todos los elementos del currículo con el objetivo de lograr la asimilación e inclusión de todos los estudiantes según sus propias potencialidades (Calderón et al., 2017). Este proceso busca garantizar la accesibilidad y aplicabilidad del currículo a todos, considerando las circunstancias particulares de cada estudiante. (Garrido Landívar & Santana Hernández, 2009), señalan que la adaptación curricular en Educación Física es crucial para atender la diversidad.

En Ecuador, las adaptaciones curriculares se diseñan para personalizar la enseñanza. Están dirigidas a estudiantes con Necesidades Educativas Especiales (NEE). Su objetivo es promover la inclusión. Esto se logra modificando objetivos, estrategias y evaluaciones. Para implementar este enfoque colaborativo, es esencial la participación de varios actores. Entre ellos se encuentran los docentes y especialistas. Además, es crucial contar con el consentimiento de los padres. Se estructura en tres niveles: nacional (macro), institucional (meso) e individual (micro), abordando desde la inclusión general hasta adaptaciones específicas por medio del Unidades Distritales de Apoyo a la Inclusión (DIAC). Las NEE se dividen en dos categorías: aquellas asociadas a discapacidades y las que no lo están. Este amplio espectro abarca desde discapacidades sensoriales hasta altas capacidades intelectuales. También incluye situaciones de riesgo social. El objetivo es cerrar brechas académicas y apoyar el desarrollo integral de los estudiantes (*Ministerio de Educación del Ecuador*, s. f.-a).

En todo este abordaje teórico se considera que, en el contexto educativo, específicamente en la clase de Educación Física es decisivo desarrollar estrategias didácticas encaminadas a potenciar el proceso de inclusión de los estudiantes con necesidades educativas especiales. Atendiendo a esto en observación realizada en una Unidad Educativa en Santo Domingo, Ecuador, se pudo confirmar la presencia de un estudiante de 9no grado que presenta meningocele, debido a ello requiere de un proceso de atención personalizada y del desarrollo de estrategias didácticas específicas y de adaptaciones dentro de la clase; sin embargo se pudo constatar que el estudiante en la clase se mantenía excluido, en muchas ocasiones realizando trabajos teóricos; el docente de Educación Física no desarrollaba estrategias didácticas y adaptaciones curriculares que favorecieran la inclusión del estudiante dentro de la clase y por consiguiente el proceso de enseñanza-aprendizaje y el desarrollo de las habilidades cognitivas y motrices del estudiante se encontraba afectado.

En este contexto, surge una pregunta esencial: ¿Cómo mejorar la inclusión de estudiantes con meningocele en las clases de Educación Física? Esta interrogante guía nuestra investigación, cuyo objetivo es: Diseñar una estrategia didáctica para la inclusión de estudiantes con meningocele a las clases de Educación Física, asegurando así su desarrollo integral y equitativo

2. Metodología

Para el desarrollo de la investigación, se adoptó un diseño pre-experimental, con enfoque cualitativo, de naturaleza descriptivo y de campo, apoyado en métodos teóricos como: el histórico-lógico, el analítico sintético, el inductivo deductivo y la modelación. Dentro de los métodos empíricos la investigación se apoyó en la observación y la revisión documental, conjuntamente con técnicas como la observación directa, la entrevista y la

revisión documental; todo lo cual facilitó el desarrollo de la investigación y la interpretación de resultados en las diferentes fases del proceso investigativo.

Para su desarrollo la investigación se ubicó en una Unidad Educativa de Santo Domingo, Ecuador; para esto se seleccionó de manera intencional un paralelo de 9no grado, integrado por 33 estudiantes de ambos sexos, con una edad promedio entre 14 a 15 años, resultando conjuntamente con el docente de Educación Física, un especialista del Departamento de Consejería Estudiantil (DECE) y 1 del área de rehabilitación y los padres la muestra informante; mientras que la *muestra unidad de análisis* estuvo integrada por 1 estudiante diagnosticado con meningocele.

La organización seguida durante la investigación se estructuró en cuatro fases: (Fase No 1 Diagnóstico de necesidades y potencialidades, Fase No 2. Diseño, Fase No 3. Implementación y Fase No 4 Validación), dicha organización permitió inicialmente obtener datos de interés sobre el tema y el caso objeto de estudio y a su vez plantear el diseño de la propuesta de intervención, para posteriormente proceder con su implementación y validación.

Derivado de este proceder metodológico *los resultados* obtenidos se resumen a continuación:

Fase No 1. Diagnóstico de necesidades y potencialidades

1. Caracterización del caso:

Para conocer el estado del caso se utilizó la revisión documental, la entrevista a especialista del DECE y en rehabilitación y la observación esto permitió a los investigadores adentrarse en la caracterización del estudiante objeto de estudio y resumir los aspectos más importantes. Denotándose lo siguiente:

Estudiante de 9no grado de la educación General Básica, de sexo masculino, cuya edad es de 16 años, con diagnóstico de meningocele lo que le hace estar considerado como una persona con discapacidad grave, clasificado e identificado mediante carné con un 69% de discapacidad, según los estándares establecidos por el sistema de salud, perteneciente a la comunidad Chachi de Ecuador, es el penúltimo de sus hermanos. Las condiciones familiares llevaron a su madre a abandonar su empleo, lo cual ha exacerbado la vulnerabilidad económica de la familia.

Se pudo constatar que presenta una marcada afectación en su movilidad debido a su condición. En la revisión documental se conoció que se vio obligado a permanecer en silla de ruedas durante sus primeros años; aspecto este que fue recuperando por el tratamiento y estimulación recibida en las extremidades inferiores, mediante el uso de

equipos especializados dentro de esta una bicicleta, la cual es actualmente el medio que utiliza para el traslado de su hogar a la institución educativa.

Ingresó tardíamente al sistema educativo a causa de su diagnóstico, las limitaciones físicas del estudiante limitan su participación en actividades como la educación física y los recreos, presenta dificultades en el desarrollo de sus habilidades y capacidades motrices, así como en el desempeño e inclusión, sin embargo, es notable su capacidad de resiliencia ante las adversidades y el interés por mejorar su desempeño. Todo lo anterior indica la necesidad de adoptar estrategias inclusivas que motiven la inclusión y participación en la clase y en el resto de las actividades de la institución.

3. Resultados

2. Resultados de la observación realizada a docente de educación física y de las entrevistas aplicadas a especialista en rehabilitación, estudiante objeto de estudio, estudiantes del curso y padres. Obsérvese en la tabla 3, resultados de la fase inicial y posterior a la intervención de la propuesta

Tabla 3

Resultados de la fase inicial y posterior a la intervención con la aplicación de la propuesta

Instrumentos utilizados	Objetivo	Resultado Inicial de la investigación	Resultado Final de la investigación
Entrevista a especialista en rehabilitación	Conocer las capacidades motoras, restricciones físicas, y necesidades específicas de apoyo para el estudiante con meningocele, con el fin de adaptar las actividades físicas y el entorno escolar para su inclusión y participación efectiva.	Para facilitar la inclusión de estudiantes con meningocele en educación física, es esencial tomar varias medidas. Primero, adaptar el entorno es crucial. Además, se debe utilizar equipos especializados. Es importante también modificar las actividades para adecuarlas a sus necesidades. Ofrecer soporte personalizado resulta fundamental. Finalmente, promover la inclusión social a través de educación y evaluación continua es indispensable.	Manifiestan que se lograron mejoras significativas en diversas áreas. Primero, su participación aumentó. Además, las habilidades físicas se vieron fortalecidas. En otro aspecto, la autoestima experimentó un crecimiento. También, la inclusión social se hizo más evidente. Finalmente, las relaciones interpersonales se enriquecieron.

Tabla 3

Resultados de la fase inicial y posterior a la intervención con la aplicación de la propuesta (continuación)

Instrumentos utilizados	Objetivo	Resultado Inicial de la investigación	Resultado Final de la investigación
Observación a clases de Educación Física del ciclo anterior	Identificar las estrategias pedagógicas implementadas para la inclusión del estudiante con meningocele.	Se observaron inicialmente 5 clases dentro de las regularidades se detecta que el docente, no logró desarrollar estrategias didácticas adaptadas al estudiante con meningocele, existió incertidumbre y desconocimiento sobre la adaptación de actividades para el estudiante. Preferencia por indicar actividades y trabajo teórico para el estudiante con meningocele. Limitaciones para crear un ambiente inclusivo dentro de la clase de EF.	Posterior al proceso de aplicación de la estrategia didáctica propuesta, se constata que el docente ha logrado implementar estrategias específicas para el estudiante, en las clases logro ofrecer niveles de ayuda y adaptar las actividades que promueven la mejora del proceso de inclusión dentro de la clase y la participación de todos los estudiantes. Reconoció la valía de la estrategia y de las adaptaciones para promover un ambiente inclusivo dentro de la clase de EF
Entrevistas con el estudiante	Comprender la percepción del estudiante sobre su progreso y participación en las clases de EF.	El estudiante expresaba preocupación. Además, mostraba falta de confianza en su capacidad para participar en actividades físicas. Esto afectaba su autoestima. Señaló que en la mayoría de las ocasiones lo ponían a realizar trabajo teórico, pero no participaba en las clases con el resto de los estudiantes	El estudiante se mostró agradecido y positivo respecto al nuevo enfoque de las clases de EF, destacó que ya participa en las clases con el resto de sus amiguitos, que esto lo hace sentirse feliz y seguro porque sabe lo que puede lograr con la ayuda de todos

Tabla 3

Resultados de la fase inicial y posterior a la intervención con la aplicación de la propuesta (continuación)

Instrumentos utilizados	Objetivo	Resultado Inicial de la investigación	Resultado Final de la investigación
Observación Directa y Participativa en la Educación Física	Evaluar la participación y facilitar la inclusión del estudiante con meningocele en las clases de Educación Física mediante la identificación de adaptaciones necesarias y el apoyo requerido.	Es importante resaltar que el estudiante utilizaba una bicicleta para su desplazamiento. Inicialmente, mostraba una notable resistencia y temor hacia la participación en las actividades de Educación Física. Esta actitud se evidenciaba tanto en su resistencia a involucrarse en los ejercicios propuestos como en su reluctancia a abandonar el aula. Este conjunto de factores limitaba significativamente su inclusión y participación en las clases.	La investigación culminó con la inclusión del estudiante en las clases de Educación Física, evidenciando una participación y entusiasta. Este logro se atribuye a una combinación de adaptaciones personalizadas y apoyo constante, que no solo facilitaron su participación, sino que también propiciaron mejoras significativas en su adaptación al entorno y en su disposición a participar. Estos cambios reflejan un avance notable desde su inicial resistencia hasta una integración completa y entusiasta en las actividades físicas.
Entrevista a compañeros de clase	Evaluar el nivel de aceptación y cooperación de los compañeros hacia el estudiante con meningocele.	Los compañeros mostraban poco interés. Además, tenían un conocimiento limitado sobre cómo interactuar con su compañero de clase. Reconocen que desconocían la manera de apoyar al estudiante.	Los compañeros señalan tener un mayor entendimiento y actitud proactiva hacia la inclusión y apoyo al estudiante con meningocele. Explican que se sienten felices de compartir con su amigo y que saben cuán importante es su ayuda para que su amigo pueda participar en la clase. Señalan que la Educación Física les gusta a todos
Entrevista a padres.	Recoger información sobre los cambios observados en el estudiante en el hogar, en términos de movilidad, independencia, y	Los padres expresaron preocupaciones en dos áreas principales. Primero, señalaron la limitada movilidad y segundo, mencionaron un bajo interés del estudiante en participar en actividades físicas. Esta falta	Los padres manifestaron en la entrevista que apreciaron mejoras notables en su hijo. Estas incluyeron un incremento en el interés en la clase de Educación Física. También destacaron que notaron un mayor disfrute al

actitud hacia la de interés se atribuye a dos participar en actividades
actividad física. factores: temores y confianza. físicas.

Como puede apreciarse en los resultados que se muestran en la tabla 3 existe un cambio significativo entre los resultados obtenidos en la primera fase del proceso de investigación con relación a los encontrados después de aplicada la propuesta.

En la primera parte de la investigación era evidente la necesidad de desarrollar una estrategia didáctica centrada en realizar un proceso de adaptación que permitiera mejorar el proceso de inclusión del estudiante dentro de la clase de Educación Física, lo cual estaba dado por las limitaciones del docente para desarrollar la estrategia didáctica específica y adaptar las actividades a realizar en clases y las propias características presentes en el estudiante producto de su condición, lo que en muchas ocasiones le provocaban preocupación, desmotivación y falta de interés; a ello se unía el desconocimiento del resto de los estudiantes para tratar a su compañero y los temores presente en sus padres. Todo esto provocó la necesidad de buscar una respuesta en el orden pedagógico y didáctico centrado en encontrar alternativas que motivaran un mejor desempeño e inclusión del estudiante dentro de la clase, pasando de este modo a la segunda fase de la investigación la cual consistió en el diseño de la propuesta.

Propuesta

Título: Estrategia didáctica para la inclusión de los estudiantes con meningocele a las clases de Educación Física

Objetivo General: Facilitar el proceso de inclusión de estudiantes con meningocele a la clase de Educación física, motivando su desempeño físico integral.

Objetivos Específicos:

- ✓ Identificar las necesidades educativas y físicas específicas del estudiante con meningocele
- ✓ Desarrollar adaptaciones curriculares personalizadas que promuevan la participación de los estudiantes con meningocele en las clases de Educación Física.
- ✓ Implementar una estrategia didáctica inclusivas que promoviera la interacción social y el desarrollo motor de todos los estudiantes incluyendo el caso con meningocele.
- ✓ Promover la participación segura dentro de la clase de Educación Física.
- ✓ Adaptar las actividades a realizar dentro de la clase de Educación Física de modo tal que permita la participación e inclusión de todos los estudiantes incluyendo el caso que presenta meningocele.
- ✓ Fomentar el reconocimiento y aceptación de todos independientemente a la condición o limitación existente

Introducción

La inclusión efectiva de estudiantes con meningocele en clases de Educación Física requiere enfoques especializados debido a su condición de espina bífida. Aunque presenta menos riesgos neurológicos que otras variantes, su integración en la sociedad y en entornos educativos y laborales necesita adaptaciones que fomenten la igualdad de oportunidades y el respeto por la diversidad.

La inclusión educativa según Borregón & Giménez (2017), se orienta hacia el mejoramiento de la enseñanza mediante la adaptación a la diversidad estudiantil y la promoción de valores como el respeto, la tolerancia y la solidaridad. Esto es particularmente relevante en el ámbito de la Educación Física, donde la participación es esencial para el desarrollo social, emocional y físico de los estudiantes. Por su parte Blázquez (2021) junto a Carbonero & Cañizares (2016) destacan que excluir a estudiantes, especialmente a aquellos con condiciones específicas como el meningocele, de actividades físicas no solo restringe su desarrollo de habilidades esenciales y bienestar emocional, sino que también pone en riesgo la cohesión social. Esta situación evidencia una brecha preocupante entre la teoría y la práctica pedagógica que contraviene los principios de la justicia educativa. Este panorama subraya la urgencia de personalizar la educación para responder a las necesidades individuales, garantizando un aprendizaje efectivo y equitativo para todos.

La propuesta realizada se apoya en los fundamentos teóricos planteados por autores precedentes Ramón (2019), Ribadeneira (2020), Delgado y Haro (2022) Monteza (2022), al señalar que las estrategias didácticas abordan un conjunto de actividades, recursos, medios, procedimientos y pasos a seguir para el logro de las tareas a alcanzar dentro del proceso de enseñanza – aprendizaje, lo cual incluye a la totalidad de los estudiantes. En correspondencia con lo anterior la estrategia didáctica propuesta busca ser efectiva para el logro de los objetivos de la clase de Educación Física y a su vez propiciar la inclusión de estudiantes con meningocele. La misma se estructuró en cuatro etapas clave, esenciales para orientar la investigación y su propio diseño e implementación.

Para este propósito, se han consultado investigaciones de diversos autores, tales como: Maqueira et al. (2023), Muñoz et al. (2020), Español (2014), los autores presentan un exhaustivo análisis acerca de la inclusión y las adaptaciones curriculares dentro del ámbito de la Educación Física, poniendo especial atención en las necesidades de los estudiantes con discapacidad. Sugieren un marco teórico y práctico diseñado para modificar juegos y actividades de manera que se promueva la inclusión desde el principio de la igualdad de oportunidades y la equidad. Subrayan la relevancia de crear un ambiente seguro e inclusivo dentro de la clase, de modo tal que se logre fomentar una comunicación

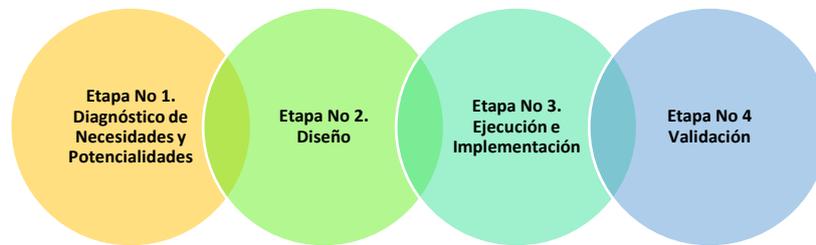
efectiva y un proceso de adaptación que se apoye en niveles de ayuda, adaptaciones de materiales, recursos, metodologías y formas de evaluación todo con el objetivo de propiciar el desarrollo de una clase basada en una estrategia didáctica verdaderamente inclusiva y adaptada para todos los estudiantes.

La exclusión de estudiantes con meningocele en clases de Educación Física destaca un problema grave en cuanto a equidad y derechos. Esto muestra la urgencia de adoptar una educación inclusiva. Que valore la diversidad, el respeto y la solidaridad. Tal inclusión, que cuenta con el respaldo de normativas tanto locales como internacionales, resulta clave. Es vital para enriquecer el aprendizaje y fomentar valores esenciales. Esto garantiza que cada estudiante tenga acceso a una educación de alta calidad, adecuada a sus necesidades particulares. La ausencia de actividad física restringe el crecimiento físico, social y emocional de los alumnos con meningocele. Los priva de desarrollar habilidades importantes y de disfrutar los beneficios del ejercicio. Este contexto subraya la necesidad de aplicar estrategias inclusivas en la Educación Física. Estrategias que fomenten experiencias prácticas valiosas y el avance de habilidades sociales. No obstante, existe una discrepancia notable entre las políticas inclusivas y su implementación real. Esto se debe a barreras como la falta de recursos y una preparación inadecuada. Se hace esencial prestar atención inmediata a esta situación. Debemos abogar por métodos de enseñanza inclusivos y verificar que las políticas se conviertan en acciones concretas. Así estableceremos un ambiente educativo que promueva el respeto, la diversidad y la igualdad. Un entorno que permita a cada estudiante lograr su máximo potencial.

Esta estrategia busca fomentar el reconocimiento y aceptación de todos independientemente a la condición o limitación existente; se centra en aportar una alternativa que basada en el proceso de adaptación curricular favorezca mejorar las capacidades motrices de todos los estudiantes, incluyendo los que presenten meningocele y a su vez crear espacios verdaderamente inclusivos dentro de la clase de Educación Física. Se busca no solo adaptar a los estudiantes a sus circunstancias particulares, sino también proporcionarles herramientas para trascender estas circunstancias, vencer los obstáculos, promoviendo su independencia y funcionalidad.

Todo lo anterior permite dar respuesta a una problemática actual dentro de la Educación Física relacionada con el proceso de inclusión de los estudiantes que presentan algún tipo de discapacidad o condición específica, de ahí que se justifica su factibilidad e importancia; precisamente porque promueve una respuesta a una situación real que se presenta dentro de la clase de Educación Física.

La estructura investigativa seguida para el diseño de la propuesta siguió cuatro etapas (observe en la siguiente figura 1).

Figura 1*Estructura de investigación para el diseño de la propuesta*

En la *Etapa No 1. Diagnóstico de Necesidades y Potencialidades*, se examinó el estado actual del proceso de inclusión de estudiantes con meningocele en las clases de educación física. Para ello, se emplearon diversas técnicas que permitieron tener el resultado inicial, dentro de estas: se aplicó: entrevistas con un especialista en rehabilitación: evaluó las capacidades motoras del estudiante y las necesidades específicas de apoyo, observación directa a clases de Educación Física: analizó la estrategia didáctica seguida por el docente de EF durante la clases, entrevista a padres: recopilar información sobre su percepción referente al desempeño de su hijo dentro de la clase de EF. Entrevista con el Estudiante permitió entender las experiencias del estudiante y la efectividad de las estrategias pedagógicas implementadas. Entrevista a compañeros: evaluar el nivel de aceptación y cooperación entre estudiantes para promover un ambiente inclusivo. La recolección y análisis de esta información proporcionaron una comprensión preliminar, pero fundamental, de las necesidades educativas específicas del alumno y de las limitaciones presentes en el docente para enfocar el proceso de inclusión. Lo anterior permitió constatar la necesidad de diseñar la estrategia didáctica sentando las bases para el desarrollo de una intervención educativa personalizada y efectiva, con el objetivo de garantizar el proceso de inclusión dentro de la clase.

En la *Etapa No 2*. Se procedió con el *diseño*: después de reconocer las necesidades y potencialidades del estudiante con meningocele, del docente de EF y del resto de los estudiantes se inició el diseño de la propuesta basada en la estrategia didáctica la cual implicó la determinación de las acciones y actividades a realizar, con énfasis en las adaptaciones curriculares, que según Contreras (2019), el propósito principal de estas adaptaciones en el contexto de la educación física es fomentar el progreso y la normalización de conductas en los alumnos, ofreciéndoles el soporte necesario para lograr un equilibrio psicológico ante sus retos personales. Obsérvese la figura 2 que muestra la lógica seguida para diseñar de la estrategia.

Figura 2

Estructura de la propuesta



Dentro de los fundamentos considerados para el diseño de la estrategia didáctica se contemplan cinco pilares fundamentales: primero, la identificación de las necesidades específicas del estudiante; segundo, el desarrollo de adaptaciones curriculares personalizadas; tercero, el empleo de una diversidad de herramientas de evaluación y adaptación que abarcan apoyos verbales/auditivos, visuales, físicos/táctiles y psicológicos/clínicos/educativos; cuarto, la adaptación de los materiales y las tareas; y quinto, una metodología de evaluación enfocada en el individuo a lo largo del proceso educativo. La misma quedo estructurada en título, objetivo general, objetivos específicos, introducción, fundamentación, descripción, ejecución y validación de resultados

A continuación, se expresa el resumen de acciones considerado como parte de la estrategia didáctica.

Tabla 4

Acciones que componen la estrategia didáctica

Diagnóstico de potencialidades y limitaciones del caso	Determinación del tema, contenido, objetivos de la clase	Planeación de actividades a desarrollar en cada momento de la clase	Desarrollo de la clase	Validación de resultados
Acciones				
Caracterización del caso	Basado en el Currículo de Educación Física (Bloque Curricular Prácticas Deportivas se determina como contenido la Unidad No 5 la enseñanza del Baloncesto	Planificación de la clase Determinación de las actividades a desarrollar en cada momento de la clase	Ejecución de las actividades, acciones y adaptaciones previstas en el proceso de planeación	Análisis y determinación de los resultados Desarrollo de la evaluación Retroalimentación y planteamiento de nuevas acciones

Tabla 4

Acciones que componen la estrategia didáctica (continuación)

Planificación de las adaptaciones a realizar según el sistema de contenidos, objetivos y características del caso.
Selección y adaptación de los materiales y recursos
Determinación de las formas de evaluación

Tabla 5

Ejemplo de esquema para realizar adaptaciones curriculares

Elemento	Descripción
Tipo de Necesidad Educativa	Se identifica la categoría específica de la necesidad educativa especial (NEE) del estudiante (ejemplo: motriz, sensorial, cognitiva). Es fundamental para determinar las adaptaciones necesarias.
Contenido del Programa	Detalla las actividades físicas, juegos, ejercicios, y prácticas deportivas específicas que se planifican para la sesión, adaptadas para ser accesibles y significativas para todos los estudiantes, independientemente de sus capacidades individuales.
Niveles de Ayuda	Verbal: Uso de instrucciones orales claras y adaptadas. Auditiva: Apoyos como sistemas de amplificación o interpretación en lengua de señas. Visual: Adaptaciones como materiales en formatos accesibles. Física: Asistencia o modificaciones para la participación física. Táctiles: Uso de recursos que faciliten el aprendizaje a través del tacto. Psicológicos, Clínicos, Educativos: Soporte emocional, terapias o estrategias pedagógicas específicas.
Adaptaciones	Materiales: Modificaciones o alternativas en los recursos utilizados (ejemplo. balones de texturas diferentes). Tareas y Reglas: Ajustes en las actividades o en las normas del juego para facilitar la inclusión.
Evaluación	Métodos y criterios adaptados para valorar el progreso y logros de los estudiantes, considerando sus necesidades y capacidades individuales. Debe ser justo y equitativo, permitiendo reflejar el verdadero desarrollo del estudiante en el contexto de la educación física.

Fuente: Maqueira (2005, 2006) y Maqueira et al. (2017, 2023)

Unidad Didáctica 5: Nos iniciamos en el baloncesto y creamos juegos cooperativos.

Destreza: practicar diferentes tipos de deportes (colectivos), identificando similitudes y diferencias entre ellos, y reconocer modos de participación según ámbito deportivo (recreativo), para considerar requisitos necesarios que le permitan continuar practicándolo Ref. EF.4.4.1 (Ministerio de Educación del Ecuador, 2016).

Ejemplo de la adaptación curricular realizada

Objetivo: practicar baloncesto de manera colaborativa y segura, mediante el trabajo en equipo para el afianzamiento de las capacidades físicas y del proceso de inclusión dentro de la clase.

Tabla 6

Adaptación curricular

TIPO DE NECESIDAD EDUCATIVA O DISCAPACIDAD	CONTENIDO DEL PROGRAMA	NIVELES DE AYUDA								ADAPTACIONES
		VERBAL	AUDITIVA	VISUAL	FÍSICA	TÁCTILES	PSICOLÓGICOS, CLÍNICOS, EDUCATIVOS	MATERIALES	TAREAS O REGLAS	
Meningocele: Discapacidad Física 69% El estudiante mantiene movilidad autónoma pero enfrenta retos al caminar, como coordinación y fatiga. Usa bicicleta para trasladarse, Sin dificultades sensoriales, favoreciendo aprendizaje e interacción, mejora su calidad de vida.	Nos iniciamos en el baloncesto y creamos juegos cooperativos. <i>Dribbling</i>	Instrucciones claras y concisas: Utilizar un lenguaje sencillo y directo. <i>Feedback</i> verbal constante: Asegurar que el estudiante reciba retroalimentación auditiva continua para corregir y mejorar su técnica de bote.	Incorporar música, para mejorar el sentido del ritmo.	Señalizaciones visuales: Usar conos de colores o cintas en el suelo para indicar zonas de práctica o trayectorias específicas. Demostraciones: Realizar demostraciones detalladas antes de la práctica para que el estudiante pueda visualizar la técnica correcta.	Adaptación de ejercicios: Utilizar balones con diferentes texturas para mejorar el agarre y la sensación táctil durante el bote. Contacto físico guiado: Permitir el contacto físico para guiar el movimiento si es necesario, siempre con consentimiento.	Balones con texturas diferentes para mejorar el agarre y la sensación táctil durante el bote. Contacto físico guiado: Permitir el contacto físico para guiar el movimiento si es necesario, siempre con consentimiento.	Entorno positivo: Fomentar un ambiente de apoyo que promueva la autoestima y la confianza. Objetivos realistas: Establecer metas alcanzables para motivar y evitar la frustración. Ejercicios de calentamiento y enfriamiento adaptados para prevenir lesiones. tutorías entre iguales	Equipamiento adaptado: Utilizar balones más ligeros o de diferentes tamaños, y cualquier otro material que facilite la ejecución del bote. Ambiente seguro: Asegurar que el espacio de práctica esté libre de obstáculos y sea accesible y no muy liso. Cubrir tramos más cortos. Rodilleras, coderas.	Simplificación de reglas: Adaptar las reglas del juego para centrarse en el desarrollo de habilidades específicas de boteo, como bote bajo control y cambio de dirección. Tiempo extendido: Permitir más tiempo para la realización de tareas.	Técnica: Observación Instrumento: Lista de cotejo: Resultado obtenido al final con el mostrado al principio de la unidad. Auto evaluación. Evaluación entre pares.

Etapas No 3. Ejecución e implementación

La implementación de la estrategia didáctica se ubicó en la Unidad No 5, específicamente en el Bloque Curricular: Prácticas Deportivas, para ello se emplearon 10 clases con el grupo de 9no grado, de la Unidad Educativa de referencia. Su ejecución comprendió el

desarrollo de la estrategia didáctica propuesta con énfasis en las adaptaciones curriculares y de los juegos cooperativos como recurso fundamental dentro de la estrategia didáctica para la enseñanza - aprendizaje del baloncesto.

Etapa No 4. Validación

La validación de la propuesta se realizó en dos momentos: Un primer momento previo a su aplicación mediante una consulta a especialista para ello se consultó al rector de la institución, 1 especialista en rehabilitación y 1 profesor de Educación Física con grado de Magister. Los resultados de la consulta a especialista validaron de positiva la propuesta, avalando su implementación, en un segundo momento se procedió a su ejecución en la práctica mediante una experiencia pedagógica realizada en la Unidad Didáctica 5, durante 10 clases, para ello se seleccionó el Bloque Curricular Prácticas Deportivas, en el cual se centró la estrategia didáctica compuesta por las adaptaciones curriculares y de los juegos cooperativos para el aprendizaje del baloncesto. Una vez aplicada la estrategia didáctica, se evaluaron los resultados a través de la observación directa y retroalimentación con el docente y estudiantes participantes. Para sintetizar estos hallazgos, elaboramos los indicadores de evaluación. Obsérvese los resultados en la Tabla 7.

Tabla 7

Evaluación de la estrategia didáctica

CRITERIO	Totalmente	Parcialmente	No contribuye
La estrategia didáctica contribuye a la inclusión efectiva de estudiantes con meningocele.	100%		
La estrategia didáctica y las adaptaciones curriculares propuestas permiten una participación y segura de todos los estudiantes.	100%		
Las actividades modificadas mantienen la esencia y dinámica de grupo, fomentando la inclusión desde el principio.	100%		
La implementación de la estrategias promueve un ambiente seguro y fomenta una comunicación efectiva.	100%		
Contribuye al desarrollo de competencias profesionales de los docentes en Educación Física Inclusiva.	100%		
Facilita el proceso inclusión de todos estudiantes con necesidades educativas especiales en la clase de Educación Física.	100%		
La percepción de los representantes legales o padres de familia sobre la contribución de la estrategia a la inclusión y atención de sus hijos.	95%	5%	

4. Discusión

Los resultados obtenidos se alinean con los antecedentes teóricos-prácticos relacionados con el proceso de inclusión dentro de la clase de Educación Física mediante el desarrollo de estrategias didácticas que motiven la inclusión y participación de todos los estudiantes, incluyendo los que presenta necesidades educativas asociadas o no a una discapacidad, estos se articulan con los aportes de Lleixà & González (2014) quienes enfatizan en la importancia de desarrollar estrategias didácticas inclusivas en la clase de Educación Física para promover una participación activa y equitativa de todos los estudiante. De igual manera en los estudios de Contreras (2019) se menciona que las adaptaciones curriculares constituyen una estrategia didáctica muy valiosa para el proceso de inclusión de los estudiantes con discapacidad. Asimismo, Garrido & Santana (1993) junto con Maqueira (2006), subrayan la necesidad de realizar las adaptaciones curriculares específicas, destacando su valor esencial para la inclusión efectiva de estudiantes con meningocele en estas actividades educativas.

Los hallazgos de la fase diagnóstica destacan la importancia de adoptar un enfoque inclusivo para todos los estudiantes dentro de la clase, incluyendo el que presenta meningocele. Quedó evidenciado en el diagnóstico realizado la necesidad de implementar una estrategia didáctica que permita dar respuesta al proceso de inclusión y que a su vez contribuya al desarrollo físico integral del estudiante objeto de estudio.

Atendiendo a ello se logra diseñar, ejecutar y validar una estrategia didáctica fundamentada en cinco pilares clave: identificación precisa de necesidades, personalización de adaptaciones curriculares, desarrollo de herramientas de evaluación variadas, adecuación de materiales y tareas, y la aplicación de metodologías de evaluación enfocadas en el individuo, quedando validada mediante criterio de especialista y la experiencia pedagógica desarrollada durante 10 clases su factibilidad, pertinencia y novedad científica.

Por otra parte, en el caso que nos ocupa se trató de un estudiante con meningocele, el cual al inicio mostro inseguridad, temor y poca motivación y que dada las bondades de la estrategia desarrollada se logró su inclusión dentro de la clase de Educación Física, tributando así a su desarrollo integral. En este orden es importante destacar que la estrategia permitió mejorar el proceso de inclusión dentro de la clase y a su vez facilitó el desarrollo de actividades físicas adaptadas mediante los juegos colaborativos.

5. Conclusiones

- La investigación realizada da respuesta a la solución del problema objeto de estudio; se logra aportar una estrategia didáctica para la inclusión de los estudiantes con meningocele a las clases de Educación Física; la misma se

fundamenta en cinco dimensiones y en el desarrollo de acciones, adaptaciones curriculares y de los juegos colaborativos dentro de la clase, características estas que permiten validar su factibilidad y novedad científica.

- La implementación en la práctica de la estrategia didáctica propuesta evidenció su pertinencia y contribución para ser reconocida como una alternativa viable a ser considerada para mejorar el proceso de inclusión y el desarrollo integral de los estudiantes con meningocele.

6. Conflicto de intereses

Los autores declaran que no existen conflicto de intereses en relación con el artículo presentado.

7. Declaración de contribución de los autores

Todos los autores contribuyeron significativamente en la elaboración del artículo.

8. Costos de financiamiento

La presente investigación fue financiada en su totalidad con fondos propios de los autores.

9. Referencias Bibliográficas

- Asamblea Nacional Constituyente. (2008). Constitución de la República del Ecuador. Decreto Legislativo 0, Registro Oficial 449 (20-oct-2008). Última modificación: 13-jul-2011. Estado: Vigente.
<https://www.gob.ec/sites/default/files/regulations/2020-06/CONSTITUCION%202008.pdf>
- Blázquez, D. (2021). *Descubre cómo es la educación física del siglo XXI; así trabaja el profesorado más innovador*. Editorial INDE.
https://elibro.net/es/ereader/ube/174757?as_all=Descubre_c%C3%B3mo_es_la_educaci%C3%B3n_f%C3%ADsic%E2%80%A6&as_all_op=unaccent_i_contains&prev=s
- Borregón, S., & Giménez, S. (2017). *Inclusión y sistema educativo*.
<https://elibro.net/es/ereader/ube/153541?page=23>
- Calderón Guevara, C. M., Ron Barahona, V. M., Caicedo Mantilla, G. F., & Maqueira Caraballo, G. de la C. (2017). Orientaciones metodológicas para la elaboración e implementación de adaptaciones curriculares: una respuesta a la diversidad. *Lecturas: Educación Física y Deportes (EFDeportes.com)*, *Revista Digital*, 22(232), 1-8. <http://www.efdeportes.com/>

- Calderón-Velasco, R. (2022). Espina bífida. *Diagnóstico*, 61(3), e319.
<https://doi.org/10.33734/diagnostico.v61i3.390>
- Carbonero Celis, C., & Cañizares Márquez, J. M. (2016). *Deporte educativo: su enseñanza en la edad escolar*. Wanceulen Editorial.
<https://elibro.net/es/ereader/ube/63431>
- Centers for Disease Control and Prevention [CDC]. (2023, October 24). *spina bifida data and statistics | CDC*. <https://www.cdc.gov/ncbddd/spinabifida/data.html>
- Contreras Jordán, Onofre R. (2019). *Didáctica de la educación física. Un enfoque constructivista*. Editorial INDE.
<https://books.google.es/books?id=pFpdIfg130IC&printsec=frontcover#v=onepage&q&f=false>
- Coronas Turmo, S., Comet Cepero, B., Espeso Ambroj, N., Saiz Ferrer, A., & Blasco Pérez, N. (2022, marzo 15). Espina bífida. Artículo monográfico. *Revista Sanitaria de Investigación*, 3(3),
<https://revistasanitariadeinvestigacion.com/espina-bifida-articulo-monografico/>
- Cruz Llamas, H. (2022). Intervención neuropsicológica desde el paradigma histórico - cultural a un menor de 10 años con mielomeningocele: estudio de caso único [Tesis de maestría, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Puebla, México]. <https://hdl.handle.net/20.500.12371/16908>
- Delgado, R. L., & Haro, A. E. (2022). Estrategia didáctica orientadora para el análisis de textos en los estudiantes con necesidades educativas especiales del subnivel de Educación Básica Superior. *Revista Mikarimin*, 8, 119-132. Obtenido de <https://revista.uniandes.edu.ec/ojs/index.php/mikarimin/article/view/2846/2190>
- Español, C. P. (2014). *La inclusión en la actividad física y deportiva*. Editorial Paidotribo. <https://elibro.net/es/ereader/ube/116262>
- Fundación por Amor. (2020). *Espina Bífida*. <https://fundacionporamor.org/espina-bifida/>
- Garrido Landívar, J., & Santana Hernández, R. (1993). *Adaptaciones curriculares: guía para los profesores tutores de educación primaria y de educación especial*. Editorial CEPE Ciencias de la Educación Preescolar y Especial.
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=67367>
- González Arévalo, C., Lleixà Arribas, T. (coords.), Casamort, J., Chavarría, X., & Devís, J., (2010). *Educación física. Complementos de formación disciplinar*.

Editorial GRAÓ. <https://es.scribd.com/document/606835297/EDUCACION-FISICA-Complementos-de-formacion-disciplinar>

González Arévalo, C., & Lleixà Arribas, T. (2014). *Didáctica de la educación física*. Editorial GRAÓ. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=436983>

Hernández Vázquez, F. J., Bofill Ródenas, A., & Niort, J. (2021). *Inclusión en educación física: las claves del éxito para la inclusión del alumnado con capacidades diferentes*. Editorial INDE. <https://elibro.net/es/ereader/ube/174789>

Jauffret, E. (2006). Espina bífida. *EMC - Kinesiterapia - Medicina Física*, 27(3), 1-24. [https://doi.org/10.1016/S1293-2965\(06\)47101-2](https://doi.org/10.1016/S1293-2965(06)47101-2)

Lara-Ávila, Martínez-Rodríguez, Villalobos-Gómez, Gámez-Varela, Aguilar-Avidales, López-Briones, Estudillo-Moreno, Chavelas-Ochoa, Cruz-Martínez, R., Lara-Ávila, Martínez-Rodríguez, Villalobos-Gómez, Gámez-Varela, Aguilar-Avidales, López-Briones, Estudillo-Moreno, Chavelas-Ochoa, & Cruz-Martínez, R. (2022). Espina bífida abierta. Diagnóstico, pronóstico y opciones de corrección intrauterina por cirugía fetal abierta y fetoscópica. *Ginecología y Obstetricia de México*, 90(1), 73-83. <https://doi.org/10.24245/gom.v90i1.5754>

Maqueira Caraballo, G., (2006). Las adaptaciones curriculares en la educación física. Una experiencia en niños con estrabismo y ambliopía. *Acción: Revista Cubana de Cultura Física*, (3), 55-62. https://books.google.com.ec/books/about/Las_adaptaciones_curriculares_en_la_Educ.html?id=y5WcAQAACAAJ&redir_esc=y

Maqueira Caraballo, G., Recalde Ayona, A., Bonifaz Arias, I. G., Aguilar Chasipanta, W., Álvarez Zambonino, E. E., & Sánchez Espinoza, O. F. (2017, febrero). Diversidad, integración e inclusión para perfeccionar pedagógicamente las clases de Educación Física. *Lecturas: Educación Física y Deportes, Revista Digital*, 21(225). <https://www.efdeportes.com/efd225/diversidad-integracion-e-inclusion-para-educacion-fisica.htm>

Maqueira Caraballo, G., de la C. (2005). *Estudio del desarrollo psicomotor, del clima social-familiar y de las adaptaciones curriculares en educación física de los menores que presentan estrabismo y ambliopía, antes de su inclusión en la enseñanza general* [Tesis de doctorado, Universidad de Granada, Granada, España]. <https://digibug.ugr.es/bitstream/handle/10481/744/15519302.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Maqueira Caraballo, G. de la C., Guerra Iglesias, S., Martínez, R. I., & Velasteguí López, E. (2023). La educación inclusiva: desafíos y oportunidades para las instituciones escolares. *Journal of Science and Research*, 8(3), 210–228. <https://revistas.utb.edu.ec/index.php/sr/article/view/2933>
- Melanie Re. (2018). *Meningocele: causas, síntomas y tratamiento*. onsalus.com. <https://www.onsalus.com/meningocele-causas-sintomas-y-tratamiento-21208.html>
- Ministerio de Educación del Ecuador. (2013). *Guía de trabajo adaptaciones curriculares para la educación especial e inclusiva*. <https://educacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2019/05/Guia-de-adaptaciones-curriculares-para-educacion-inclusiva.pdf>
- Ministerio de Educación del Ecuador. (2016). *Currículo de EGB y BGU Educación Física*. <https://educacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2016/08/EF-completo.pdf>
- Ministerio de Salud Pública. (2022, noviembre 22). *La espina bífida se puede prevenir desde el vientre – Ministerio de Salud Pública*. <https://www.salud.gob.ec/la-espina-bifida-se-puede-prevenir-desde-el-vientre/>
- Monasterio, A. (2016, enero 18). *Etiología y tipos de la espina bífida*. Blog de Fisioterapia. <https://www.blogdefisioterapia.com/etiologia-y-tipos-de-la-espina-bifida/>
- Monteza, D. (2022). Estrategias didácticas para el pensamiento creativo en estudiantes de secundaria: una revisión sistemática. *Revista Innova Educación*, 4(1), 120-134. Obtenido de <https://revistainnovaeducacion.com/index.php/rie/article/view/406/521>
- Muñoz Hinrichsen, F., Roldan Romero, A., Martínez Aros, A., Luarte Rocha, C., Herrera Miranda, F., Castelli Correia de Campos, L. F., Henríquez Valenzuela, M., Cofré Huenul, R., & Reina Vaillo, R. (2020). Educación física inclusiva para personas en situación de discapacidad. Editorial Ministerio de las Culturas, las Artes y el Patrimonio de Chile. https://www.researchgate.net/publication/344901296_Manual_de_Educacion_Fisica_Inclusiva
- Organización de las Naciones Unidas para la Educación la Ciencia y la Cultura [UNESCO]. (2009). *Directrices sobre políticas de inclusión en la educación— UNESCO Biblioteca Digital*. https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000177849_spa

Organización Mundial de la Salud (OMS), Centers for Disease Control and Prevention (U.S.), & International Clearinghouse for Birth Defects Surveillance and Research. (2015). *Vigilancia de anomalías congénitas: Manual para gestores de programas*.

https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/177241/9789243548722_spa.pdf?sequence=1

Pérez Rodríguez, María Dolores (coord.). (2012). *Atención integral en las discapacidades*. ICB Editores.

<https://www.digitaliapublishing.com/viewepub/?id=109383>

Pimentel Herrezuelo, E. Carlota. (2021). *Manejo odontológico del paciente pediátrico con espina bífida y alérgico al látex*. *Odous Científica*, 22(1), 1315-2823.

<http://servicio.bc.uc.edu.ve/odontologia/revista/vol22n1/art06.pdf>

Presidencia Constitucional de la República. (2023). *Reglamento General a la Ley Orgánica de Educación Intercultural*, Número de Norma: 675. Fecha de publicación: 2023-02-22, Registro Oficial Suplemento. Estado: Vigente Número de publicación: 254. <https://educacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2023/03/reglamento-LOEI-2023.pdf>

Ramón, T. B. (2019). *La fábula como estrategia didáctica para potenciar la educación inclusiva*. Trabajo de grado, Universidad de Pamplona, Pamplona. Obtenido de http://repositoriodspace.unipamplona.edu.co/jspui/bitstream/20.500.12744/3669/1/Ramon_2019_TG.pdf

Ribadeneira, F. M. (Enero-febrero de 2020). Estrategias didácticas en el proceso educativo de la zona rural. *Revista Conrado*, 16(72). Obtenido de http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S1990-86442020000100242&script=sci_arttext

Rosales, A. (2004). Estrategias didácticas o de intervención docente en el área de la educación física. *Educación Física y Deportes*. *Revista Digital*, 75, 1–5.

Stephen J. Falchek. (2023). *Espina bífida*. Manual MSD versión para profesionales.

<https://www.msmanuals.com/es-es/professional/pediatr%C3%ADa/anomal%C3%ADas-cong%C3%A9nitas-del-sistema-nervioso/espina-b%C3%ADfida>

El artículo que se publica es de exclusiva responsabilidad de los autores y no necesariamente reflejan el pensamiento de la **Revista Ciencia Digital**.



El artículo queda en propiedad de la revista y, por tanto, su publicación parcial y/o total en otro medio tiene que ser autorizado por el director de la **Revista Ciencia Digital**.



Indexaciones



Indicadores de eficiencia productiva en granjas avícolas convencionales vs tecnificadas ubicadas en la provincia de Manabí - Ecuador

Indicators of productive efficiency in conventional vs. technical poultry farms located in the province of Manabí - Ecuador

- ¹ Gema Yiselle Hidalgo López  <https://orcid.org/0009-0001-0467-7516>
Maestría en Medicina Veterinaria, Mención Salud y Reproducción en Especies Productivas del Instituto de Posgrado de la Facultad de Ciencias Veterinarias de la Universidad Técnica de Manabí, Ecuador
gemahidalgo.98@hotmail.com
- ² Juan José Zambrano Villacis  <https://orcid.org/0000-0003-2635-781X>
Instituto de Posgrado. Universidad Técnica de Manabí. Ecuador. Docente-Investigador. Carrera de Medicina Veterinaria de la Facultad de Ciencias Veterinarias de la Universidad Técnica de Manabí. Ecuador
juan.zambrano@utm.edu.ec
- ³ Pablo Roberto Marini  <https://orcid.org/0000-0003-0826-0387>
Facultad de Ciencias Veterinarias. Universidad Nacional de Rosario. Argentina. Carrera del Investigador Científico (CIC-UNR). Universidad Nacional de Rosario. Argentina.
pmarini@unr.edu.ar



Artículo de Investigación Científica y Tecnológica

Enviado: 16/04/2024

Revisado: 10/05/2024

Aceptado: 26/06/2024

Publicado: 26/07/2024

DOI: <https://doi.org/10.33262/cienciadigital.v8i3.2963>

Cítese:

Hidalgo López, G. Y., Zambrano Villacis, J. J., & Marini, P. R. (2024). Indicadores de eficiencia productiva en granjas avícolas convencionales vs tecnificadas ubicadas en la provincia de Manabí - Ecuador. *Ciencia Digital*, 8(3), 122-136. <https://doi.org/10.33262/cienciadigital.v8i3.2963>



CIENCIA DIGITAL, es una revista multidisciplinaria, trimestral, que se publicará en soporte electrónico tiene como misión contribuir a la formación de profesionales competentes con visión humanística y crítica que sean capaces de exponer sus resultados investigativos y científicos en la misma medida que se promueva mediante su intervención cambios positivos en la sociedad. <https://cienciadigital.org>
La revista es editada por la Editorial Ciencia Digital (Editorial de prestigio registrada en la Cámara Ecuatoriana de Libro con No de Afiliación 663) www.celibro.org.ec



Esta revista está protegida bajo una licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 International. Copia de la licencia: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/deed.es>

Palabras claves:

Pollo de engorde, trópico, eficiencia productiva, sistema de crianza.

Keywords:

broiler chicken, tropics, productive efficiency, breeding system.

Resumen

Introducción: En el sector avícola existe una creciente necesidad de optimizar los índices técnicos en la producción de carne a escala industrial, lo que ha llevado al desarrollo de estrategias de gestión dirigidas a optimizar la eficiencia de estos sistemas y a su vez el bienestar de los pollos broilers. En países en desarrollo como Ecuador una alternativa que permitiría mejorar los índices de producción es optimizar los insumos en la infraestructura existente. **Objetivo:** Evaluar los indicadores de eficiencia productiva en granjas avícolas convencionales vs tecnificadas ubicadas en la provincia de Manabí - Ecuador. **Metodología:** Se recopiló registros productivos de granjas ubicadas en el Centro y Sur de Manabí, que está bajo la administración del comercial Avícola Macías. Se procesaron datos de 413 lotes mixtos de pollos de engorde criados en 20 granjas convencionales (304 lotes) y en tres granjas tecnificadas (109 lotes), durante el período productivo 2020 a 2022. **Resultados:** Se obtuvo que las granjas convencionales con lotes < a 30000 pollos, tienden a tener mayor peso final, y, por ende, un mayor consumo de alimento, ganancia de peso y conversión alimenticia (CA) en comparación a las de mayor tamaño (grupo 4), sin embargo, estas últimas mostraron una mayor edad hasta la venta (> 55 días). Por su parte, la comparación entre un sistema de alojamiento más tecnificado y un convencional con escalas de producción similares, exponen una mejora significativa $p < 0,05$ para todos los indicadores técnicos en los sistemas tecnificados a excepción del peso y la mortandad. **Conclusión:** Las granjas tecnificadas fueron las que mostraron los mejores indicadores de eficiencia productiva, probablemente debido a un conjunto de factores que favorecen dicho resultado, entre ellos las adecuadas condiciones ambientales. **Área de estudio general:** Soberanía y seguridad alimentaria. **Área de estudio específica:** Producción de animal sostenible y salud animal.

Abstract

Introduction: In the poultry sector there is a growing need to optimize the technical indexes in meat production on an industrial scale, which has led to the development of management strategies aimed at optimizing the efficiency of these systems and in turn the welfare of broiler chickens. In developing countries such as Ecuador, one alternative to improve production rates is to optimize

inputs in the existing infrastructure. **Objective:** Evaluate production efficiency indicators in conventional vs. technician poultry farms located in the province of Manabí - Ecuador. **Methodology:** Production records were collected from farms located in central and southern Manabí, which are under the administration of the commercial Avícola Macías. We processed data from 413 mixed flocks of broilers raised in 20 conventional farms with 304 flocks and in three technical poultry farms with 109 flocks, during the production period 2020 to 2022. **Results:** It was found that conventional farms with flocks < 30,000 chicks tended to have higher final weight, and therefore, higher feed intake, weight gain and feed conversion ratio (FCR) compared to larger farms, however, the latter showed a higher age at sale (> 55 days). On the other hand, the comparison between a more technified housing system and a conventional one with similar production scales, showed a significant improvement $p < 0.05$ for all indicators in the technified systems except for weight and mortality. **Conclusion:** The modernized farms were those that showed the best indicators of productive efficiency, probably due to a set of factors that favor this result, including adequate environmental conditions.

1. Introducción

El sector avícola ha experimentado la creciente necesidad de optimizar los índices técnicos en la producción de carne aviar a escala industrial, lo cual ha llevado al desarrollo de estrategias de manejo inclinadas a mejorar la eficiencia de los sistemas de crianza y el bienestar de los pollos de engorde en todas las etapas (Gallard et al., 2022; Shynkaruk et al., 2023). Se ha demostrado que los sistemas de crianza o alojamiento son un factor que predisponen a la mejora de la eficiencia productiva, y además a la salud y el bienestar de los pollos de engorde (Qaid, Albatshan, Hussein, & Al-Garadi, 2023). Existen dos tipos de sistemas de alojamiento: convencionales y tecnificados. El primero se caracteriza por inducir a un macroambiente particular sin mayor intervención, mientras que el tecnificado posee un sistema de ventilación y medidas de bioseguridad más controladas (Qaid, Albatshan, Hussein, & Al-Garadi, 2023).

En el Ecuador la avicultura es una actividad en desarrollo, sin embargo, en las últimas tres décadas ha experimentado un crecimiento importante en su producción (Tapia, 2015). Alrededor del año 1990, el país producía 50 millones de pollos de engorde, para el 2019

alcanzó los 279 millones, un incremento del 14% en relación con el 2018 y el 440% en los últimos 29 años. Según datos del Instituto Ecuatoriano de Estadísticas y Censos (INEC), en 1990 el consumo per cápita fue de 7 kg de carne de pollo al año, para el 2020 el consumo anual se situó en 30 kg/habitante aproximadamente (Vargas, 2016; Corporación Nacional de Avicultores del Ecuador [CONAVE], 2021). En la actualidad la demanda nacional de carne de pollo se ha podido abastecer, y puesto al crecimiento de este sector ganadero en el 2023 el Ministerio de Agricultura y Ganadería “MAG”, anunció la primera exportación con destino a Bahamas de 28 toneladas de pollos provenientes de avícola San Isidro, representando así un 3% aproximadamente del producto interno bruto (PIB) del país (Ministerio de Agricultura y Ganadería [MAG], 2021; Agrocalidad, 2023).

Sin embargo, los sistemas de cría intensiva de pollos de engorde en países de la región tropical como Ecuador, que debido a las condiciones climáticas adversas con alta temperatura ambiente y alta humedad, propias de la región y en los últimos años agravado por el calentamiento global, representan una limitante en la crianza, bienestar y eficiencia productiva del sistema (Mahmoud , et al., 2020). La eficiencia de recursos en el sector avícola de países en desarrollo como Ecuador representa una alternativa que permitirían aumentar la producción mediante la optimización de insumos dentro de la infraestructura en existencia.

Existen varios indicadores que admiten medir la eficiencia de las explotaciones avícolas de acuerdo con Ingalls & Muñiz (2007, citado por Murillo & Vásquez, 2018), estos incluyen el peso corporal vivo final, conversión alimenticia en el ciclo productivo del lote y edad en que se alcanza el peso deseado. Andrade et al. (2017), reportan en pollos Cobb-500 criados en condiciones experimentales y galpones convencionales en la región Amazónica del Ecuador una conversión de 1,50 kg por cada kg de alimento suministrado y peso final de 2,773 kg a los 49 días de edad. En contraste, en la ciudad de Babahoyo perteneciente a la región Costa de Ecuador, Guerra et al. (2019), reportaron en condiciones de alojamientos similares, una media de 1,97 kg de conversión alimenticia con un peso vivo de 2,933 kg a los 42 días de edad.

Khan et al. (2022), plantearon que la producción y la productividad se pueden aumentar mediante dos enfoques: el primero consiste en mejorar la tecnología dada una cierta cantidad de insumos, y el segundo haciendo que las granjas sean más eficientes manteniendo al mismo tiempo el mismo nivel de insumos y la misma tecnología.

En consecuencia, el objetivo de este estudio fue evaluar los indicadores de eficiencia productiva en granjas avícolas convencionales vs tecnificadas ubicadas en la provincia de Manabí - Ecuador.

2. Metodología

La investigación se realizó en granjas avícolas de pollos de engorde del Centro y Sur de la Provincia de Manabí, la cual se encuentra ubicada al norte de la región costera del Ecuador con una superficie aproximada de 19516,6 Km². En la zona Centro (Portoviejo y Montecristi), predomina el clima megatérmico seco a semihúmedo, mientras en la zona Sur (Olmedo y Santa Ana) el megatérmico húmedo, con precipitaciones de 500 a 1000 mm y de 1000 a 2000 mm anuales respectivamente y temperaturas que varían de 15-24°C. La administración de estas granjas la realiza el Comercial Avícola Macías, bajo 3 conceptos: granjas propias, sociedades e integradas. Por tanto, a partir de allí se obtuvo la base de datos que corresponden con los registros productivos.

Animales

Se recopiló registros retrospectivos de producción de 413 lotes mixtos de pollos de engorde criados en 20 granjas convencionales de 304 lotes y en tres granjas tecnificadas de 109 lotes, durante el periodo productivo que comprende desde el 2020 hasta el 2022 con una producción aproximada de 7,2 millones de pollos de engorde. Por otra parte, debido a la variación en el tamaño de las granjas convencionales, se agruparon en cuatro grupos:

- 1) pequeñas < 10000 aves.
- 2) medianas ≥ 10001 y < 20000 aves.
- 3) grandes ≥ 20001 y < 30000 aves.
- 4) extra grandes > 30001 aves.

Alimentación y manejo

El balanceado es la base de la alimentación, contiene principalmente macro ingredientes como el maíz, soya, aceite de palma y el núcleo (ADILISA) que contiene micro ingredientes como vitaminas, anticoccidiales, antifúngicos y otros. El manejo de la alimentación se encuentra distribuida en tres etapas:

- Pre inicial: 0 a 7 días de edad.
- Inicial: 8 a 21 días de edad.
- Engorde: 22 de edad hasta la venta.

Pese que este trabajo describe granjas con diferentes sistemas de alojamiento el manejo en general es muy similar, el piso es recubierto con camas de tamo “cascara de arroz”, así mismo previo a la recepción de lotes de pollos, existe un proceso de lavado de equipos, paredes y tuberías, posteriormente la desinfección y termo nebulización de los galpones.

Registro del peso corporal

El registro de pesos de las aves se ejecutó desde el momento de la recepción de los pollos bb en granja y a partir de ahí cada 7 días, hasta el momento de la venta del pollo en pie.

Variables para analizar

- **Peso vivo final:** Corresponde al total de libras de carne producidas en un lote dividido para la cantidad de aves vivas vendidas (lbs).
- **Edad:** Días de producción del lote. Desde la recepción hasta la venta.
- **Mortandad:** Cantidad de aves muertas o descartadas/lote (%).
- **Consumo de alimento:** Cantidad promedio de alimento consumido por ave en cada lote (lbs).
- **Conversión alimenticia acumulada (CA):** Cantidad de alimento consumido en el lote convertido en libras de carne (lbs).
- **Ganancia:** Incremento o ganancia de peso por edad (lbs).

Análisis estadístico

Las granjas convencionales se dividieron en cuatro grupos según el número de aves producidas en las granjas, conformando diferentes categorías de tamaño de producción. Para comprobar si ese criterio diferenciaba niveles de diferentes **tamaños de granjas**, se estimaron los promedios y los desvíos estándar y se aplicaron las pruebas de Análisis de la varianza y de comparación de medias de Tukey ($p < 0,05$); la misma estadística que se aplicó para analizar cada una de las variables en función del **tamaño de las granjas**. Para la comparación de granjas convencionales y tecnificadas, se utilizó el criterio de comparar con el grupo convencional de similar tamaño. Los análisis estadísticos se realizaron con el paquete informático JMP en su versión 5.0 para Windows.

3. Resultados

La introducción de tecnologías en los sistemas de alojamiento de pollos de engorde en países en desarrollo se ha centrado en facilitar un entorno que satisfaga los requisitos térmicos de estas aves con la finalidad de obtener un mejor rendimiento productivo, sin dejar de lado las explotaciones convencionales, de pequeña, mediana y gran escala puesto que contribuyen de manera significativa a la producción de carne de pollo; el Comercial Avícola Macías registró una producción entre el 2020 al 2022, para este último sistema de 4,5 millones de aves aproximadamente, lo que representa un 62% de la producción en estudio. En la región existe la eminente necesidad de medir tales indicadores de eficiencia productiva dentro de cada uno de estos sistemas que además de comparar, permitan evaluar el manejo técnico más propicio en función de las condiciones ambientales y de alojamiento existentes en cada sistema de crianza.

Tabla 1

Comparación de los indicadores de eficiencia en granjas convencionales de pollos de engorde, según su tamaño

Grupo	Indicadores					
	Consumo de Alimento lbs	Conversión lbs	Ganancia Lbs	Peso lbs	Edad días	Mortandad %
1 (125)	13,0 ± 0,1 ^a	1,90 ± 0,01 ^a	0,143 ± 0,001 ^a	6,8 ± 0,04 ^a	47,7 ± 0,3 ^b	9,4 ± 0,39 ^{ab}
2 (72)	13,1 ± 0,1 ^a	1,91 ± 0,01 ^a	0,142 ± 0,001 ^a	6,8 ± 0,05 ^a	48,1 ± 0,4 ^b	10,4 ± 0,51 ^a
3 (58)	12,6 ± 0,1 ^{ab}	1,84 ± 0,01 ^b	0,139 ± 0,001 ^a	6,8 ± 0,04 ^a	49,3 ± 0,5 ^b	8,1 ± 0,57 ^b
4 (31)	12,1 ± 0,1 ^b	1,80 ± 0,02 ^b	0,121 ± 0,001 ^b	6,7 ± 0,06 ^a	55,7 ± 0,7 ^a	8,3 ± 0,79 ^{ab}

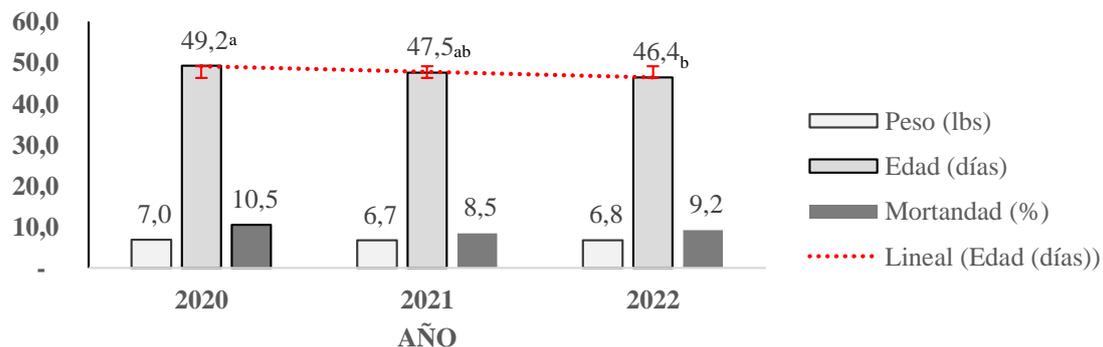
Nota: Letras diferentes en la columna indican diferencias significativas $p \leq 0,05$

Todos los valores corresponden a la media aritmética ± error estándar.

En la tabla 1 se observa que las granjas convencionales de mayor tamaño mostraron una tendencia a consumir menos alimento, menor conversión en lbs, la menor ganancia de peso diario en lbs y acompañado del mayor tiempo transcurrido a la venta con diferencias significativas ($p \leq 0,05$). Sin embargo, el peso vivo final no mostró diferencias significativas entre los cuatro grupos.

Figura 1

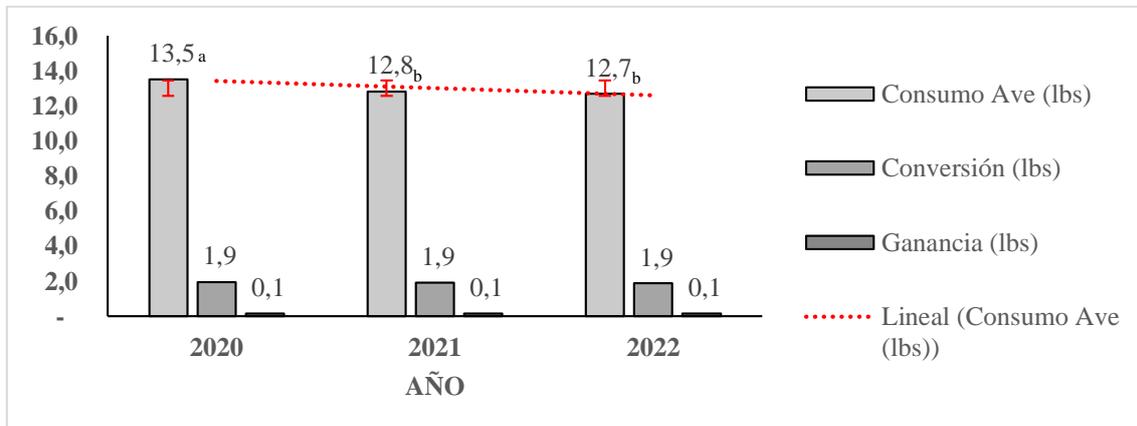
Comportamiento del peso final, edad y mortandad en lotes de granjas convencionales pequeñas (grupo 1) durante el periodo 2020 al 2022



En la figura 1 se observa que la mortandad sube y baja según el año, mientras el peso final se mantiene constante a través del tiempo. Sin embargo, el indicador de la edad hasta la venta mostró una tendencia a disminuir con el transcurrir de los años, existiendo, por tanto, diferencias significativas ($p < 0,05$), donde el año 2020 fue periodo donde los pollos de engorde tuvieron la mayor edad a la venta.

Figura 2

Comparación de los indicadores productivos de consumo por ave, conversión alimenticia acumulada y ganancia de peso en granjas convencionales entre el periodo 2020 y 2022



En la figura 2, la conversión alimenticia y la ganancia de peso diaria se mostraron estables en los años analizados. El único indicador que mostró una tendencia a la disminuir a través del tiempo fue el consumo de alimento por ave ($p < 0,05$), por tanto, el mayor consumo por ave se dio en el periodo del 2020. La tendencia a disminuir la edad y el consumo de alimento por ave a través del tiempo de manera sincrónica, sugieren probablemente que estos dos parámetros estarían relacionados, sin tener influencia en los otros indicadores productivos.

Tabla 2

Comparación de los indicadores de eficiencia en granjas convencionales y tecnificadas de pollos de engorde del mismo tamaño periodo 2022

	Indicadores					
	Consumo de Alimento lbs	Conversión lbs	Ganancia lbs	Peso Lbs	Edad Días	Mortand ad %
Tecnificada (63)	11,4 ± 0,1	1,7 ± 0,01	0,160 ± 0,001	6,8 ± 0,03	42,3 ± 0,3	8,2 ± 0,4
Convencional (16)	12,3 ± 0,2	1,8 ± 0,02	0,146 ± 0,002	6,8 ± 0,07	46,8 ± 0,5	8,3 ± 0,5
	***	***	***	Ns	***	ns

Nota: Ns: no significativo $p \leq 0,0$

Todos los valores corresponden a la media aritmética ± error estándar.

En la tabla 2, se visualiza la comparación entre un sistema de alojamiento más tecnificado y un convencional con escalas de producción similares (grupo 3), donde se observa para

todos los indicadores una mejora significativa $p < 0,05$ en los sistemas tecnificados a excepción del peso y la mortandad.

4. Discusión

El efecto de la densidad de alojamiento sobre la eficiencia productiva, calidad de carcasa y más modernamente sobre el bienestar animal es un tema estudiado por un gran número de investigadores debido a su importancia en la producción avícola (Škrbić, Pavlovski, & Lukić, 2009). La crianza de pollos broilers en países con climas tropicales y subtropicales poseen limitaciones fundamentalmente por las variaciones climáticas existentes a lo largo del año, las cuales tiene una influencia marcada sobre el comportamiento productivo y el bienestar animal. La situación se complejiza aún más si se utilizan galpones abiertos donde repercute con mayor efecto las variaciones climáticas en ambos indicadores (Asiaín, 2018).

Para aumentar la productividad en las granjas avícolas se requiere de una estrategia holística que considere el avance técnico y posibles medidas para aumentar la eficiencia de la producción. Aunque, lo que muestran las investigaciones, en los países económicamente en desarrollo, es en el aumento de la eficiencia en lo que se debería centrar la atención como principal motor del crecimiento de la productividad, y eso redundaría en un desarrollo económico y sostenible (Food and Agriculture Organization of the United Nations [FAO], 2014; Korres, 2016).

En el presente estudio se muestra que existe una tendencia a ser menores los valores de los indicadores de las granjas convencionales de mayor tamaño (grupo 4), donde la conversión alimenticia (CA) fue $p=1,80$ y el peso (P) de 6,7 lbs, a una edad > 50 días; en condiciones de crianza parecidas Guerra et al. (2019), en contraste reportan una CA $> 1,9$ y un peso de 6,52 lbs en una edad < 50 días, datos que se relacionan con los resultados expuesto en este trabajo, pero en las granjas de menor escala (grupo 1, 2 y 3) ver tabla 1. El hallazgo del peso final es parcialmente consistente con los datos reportados por El-Tahawy et al. (2017), quienes mencionan que granjas de pequeña (< 10000 pollos) y mediana escala (10001 a 30000 pollos) mostraron un peso corporal significativamente mejor que los lotes más grandes (> 30000 pollos).

En cuanto la mayor edad en granjas de mayor escala (grupo 4), podría relacionarse indirectamente con la oferta de aves disponibles y la demanda del mercado local, puesto que durante el periodo de tiempo evaluado inició la pandemia del COVID-19 y sus consecuencias en el sector avícola del Ecuador fueron muy graves, lo cual repercutió en el 2020 con una disminución del 10% de la producción respecto al periodo 2019 donde la producción de carne de pollo se había situado alrededor de las 530 mil toneladas, esto como consecuencia a la imposición de restricciones por la crisis sanitaria, el alza de costos de alimentación sobre todo maíz y soja, lo cual debilitaron el mercado local y

parcialmente implico contrabando de pollos en pie de países como Colombia y Perú, los cuales tenían costos más bajos (Ruiz, 2021; El Universo, 2023).

La cantidad de kilogramos o aves por metro cuadrado es un tema aún discutible, se asume que las mayores densidades dan por resultado una disminución en la ganancia de peso y productividad individual de los pollos (Mortari, et al., 2002), coincidiendo con los resultados obtenidos en este trabajo entre granjas convencionales (Tabla 1). La máxima eficiencia obtenida mediante el aumento en la producción física se contrapone en muchos casos con la posibilidad de regular las condiciones del entorno avícola, empeorando en la medida que las instalaciones y el equipamiento empleado disminuyen su nivel tecnológico, dando por resultado un pobre bienestar animal (Mortari, et al., 2002). Los indicadores de las granjas convencionales (tabla 1) mostraron diferencias significativas en sus comportamientos asociados al tamaño de la granja, donde a mayor volumen de animales mejores parámetros generales, pero una tendencia a mermar los parámetros individuales, como es menor ganancia de peso y, por tanto, un menor peso final a diferencia de las granjas convencionales de menor escala.

Respecto al menor porcentaje de mortandad ($p = <9\%$) en las granjas tradicionales de mayor escala, es decir con capacidad para más de 20001 aves; Arif & Shafi (2021), reportan resultados similares, donde las explotaciones más pequeñas tienen mayor % de mortandad ($p = 12,5\%$), respecto a las granjas más grandes ($p = 9,6\%$) sin embargo, asocian estas diferencias a la rentabilidad de estas granjas y la influencia de una gestión técnica-sanitaria adecuada. En concurrencia, en un estudio realizado en 125 granjas avícolas de Turquía entre el 2012-2013 donde evaluaron indicadores técnicos productivos como peso vivo final, edad al sacrificio y conversión alimenticia, estos no obtuvieron diferencias significativas en función de la escala de la explotación (pequeña, mediana, grande), lo cual es asociado al manejo lineal en las producciones sin distinción de la escala de estas (Tandoğan, 2016).

La productividad de las granjas de aves ponedoras y de pollo de engorde aumenta mediante insumos de producción como el tamaño de la manada, el alimento y la mano de obra. Aunque, los estudios encuentran ineficiencia entre los avicultores. La literatura existente incluye los insumos y características de producción, así como los factores institucionales que afectan la eficiencia técnica de la producción de aves ponedoras y de engorde (Yenibehit et al., 2019; Ullah et al., 2019; Pradhan & Raut, 2019).

Los factores con más influencia en el rendimiento de los pollos de engorde están relacionados con las condiciones de alojamiento (incluyendo temperatura y velocidad del aire), además del origen genético (Baracho, Nääs, Lima, Cordeiro, & Moura, 2019). Por tanto, el mejor rendimiento expuesto en este trabajo en las granjas tecnificadas vs las convencionales probablemente debido a mejores condiciones ambientales concuerda a su vez parcialmente con lo expuesto por Farhadi & Hosseini (2014), quienes indican que

galpones modernos con condiciones ambientalmente controladas y mejores condiciones ambientales aumenta el índice de eficiencia de producción y reduce la tasa de mortalidad; facilitando la cría de pollos de engorde con una mayor densidad de población sin ninguna reducción en el rendimiento.

Se podrían lograr mejoras en la eficiencia de la producción avícola y un crecimiento sostenible a través de dos métodos: mediante la introducción de nuevos equipos de producción o mejorando la eficiencia técnica de los avicultores, las cuales son opciones viables para aumentar la productividad en la industria. La eficiencia técnica (ET) ha seguido siendo un tema destacado de investigación, especialmente en las economías subdesarrolladas donde la mayoría de los agricultores son pobres en recursos. Por tanto, dado el estado actual de la tecnología en estos países, mejorar la eficiencia técnica del ganadero y galponeros juega un papel importante para mejorar la producción y la sostenibilidad del sector avícola (Khan et al., 2022).

5. Conclusiones

- Se concluye que las granjas tecnificadas fueron las que mostraron los mejores indicadores de eficiencia productiva, probablemente debido a un conjunto de factores que favorecen dicho resultado, entre ellos las adecuadas condiciones ambientales propias de estos sistemas de alojamiento. Sin embargo, las granjas convencionales de mayor escala mostraron una conversión alimenticia y peso vivo final, más competentes con las tecnificadas respecto a las granjas de menor tamaño, probando una posible relación del volumen de crianza y la variabilidad de estos indicadores.
- A su vez, queda claro que es un tema que necesita seguir evaluándose para lograr adecuar el manejo a partir de procedimientos específicos en cada uno de estos sistemas, que permitan inducir la mejora en los indicadores productivos tanto de las granjas tecnificadas como convencional, con el fin también de generar datos propios de la región

6. Conflicto de intereses

Los autores declaran que no existe conflicto de intereses en relación con el artículo presentado.

7. Declaración de contribución de los autores

Todos los autores contribuyeron significativamente en la elaboración del artículo.

8. Costos de financiamiento

La presente investigación fue financiada en su totalidad con fondos propios de los autores.

9. Referencias Bibliográficas

- Agrocalidad. (2023). *Ecuador exporta por primera vez carne de pollo*.
<https://www.agrocalidad.gob.ec/ecuador-exporta-por-primera-vez-carne-de-pollo/>
- Andrade, V., Toalombo, P., Andrade, S., & Lima, R. (2017). Evaluación de parámetros productivos de pollos Broilers Coob 500 y Ross 308 en la Amazonia de Ecuador. *REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria*, 18(2), 1-8.
<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=63651262008>
- Arif, M., & Shafi, M. (2021). Variations in Profitability of Different Size of Commercial Broiler Poultry Farms in Central Region of Khyber Pakhtunkhwa. *Sarhad de Agriculture*, 37(3), 858-867.
<https://dx.doi.org/10.17582/journal.sja/2021/37.3.858.867>
- Asiaín, M. V. (2018). *Variables productivas y bienestar en pollos parrilleros bajo distintas densidades de alojamiento en un sistema de producción a pequeña escala*. [Trabajo Final de Especialización en Producción Avícola, Universidad Nacional de Luján, Luján]. <http://ri.unlu.edu.ar/xmlui/handle/rediunlu/1609>
- Baracho, M., Nääs, I., Lima, N., Cordeiro, A., & Moura, D. (2019). Factors Affecting Broiler Production: A Meta-Analysis. *Brazilian Journal of Poultry Science*, 21(3), 1-10. <https://doi.org/10.1590/1806-9061-2019-1052>
- Corporación Nacional de Avicultores del Ecuador [CONAVE]. (2021). *CONAVE presenta las Estadísticas del Sector Avícola*. <https://conave.org/conave-presenta-las-estadisticas-del-sector-avicola/>
- El Universo. (2023, enero 22). *Ecuador: Producción de carne de pollo subió 3 % en 2022, pero el 2023 inicia con pérdidas de \$ 8 millones por gripe aviar*.
<https://www.eluniverso.com/noticias/economia/gripe-aviar-ecuador-produccion-pollo-perdidas-8-millones-2023-nota/>
- El-Tahawy, A., Taha, A., & Adel, S. (2017). Effect of flock size on the productive and economic efficiency of Ross 308 and Cobb 500 broilers. *European Poultry Science*, 81, 1-10. <https://doi.org/10.1399/eps.2017.175>
- Farhadi, D., & Hosseini, S. (2014). Comparison of Broiler Performance in Two Conventional and Environmentally Controlled Conditions Modern Broiler Houses in Tropics. *Global Journal of Animal Scientific Research*, 2(3), 190-196.
<https://ssrn.com/abstract=2464262>

- Food and Agriculture Organization of the United Nations [FAO]. (2014). *Decision tools for family poultry development*. Rome, Italy: FAO Animal Production and Health Guidelines No. 16. <https://www.fao.org/publications/card/es/c/577e4e7b-3741-572c-a37e-0de393280445>
- Gallard, E., Menichelli, M., Dimasso, R., & Revidatti, F. (2022). Effect of stocking density and shed area on welfare indicators in broiler chickens. *Revista Veterinaria*, 33(2), 230-234. <http://dx.doi.org/10.30972/vet.3326188>
- Guerra, L., Vázquez, R., Ceró, A., & Sánchez, J. (2019). Comportamiento de indicadores productivos en ceba de dos líneas de machos Broilers, en tres densidades diferentes en la zona de Babahoyo. *Revista de producción animal*, 31(3), 1-5. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2224-79202019000300059#t5
- Khan, N., Ali, M., Ahmad, N., Ali, M., & Kusch-Brandt, S. (2022). Technical Efficiency Analysis of Layer and Broiler Poultry Farmers in Pakistan. *Agriculture*, 12(10), 1742. <https://doi.org/10.3390/agriculture12101742>
- Korres, G. M. (2016). *Technical Change and Economic Growth: Inside the Knowledge Based Economy* (2nd ed.). New York, USA: Routledge. https://books.google.com.ar/books?id=HxuoDQAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false
- Mahmoud, A., Mohamed, E., Sarah, I., Ayman, E., Ahmed, A., & Abdel-Moneim, E. (2020). Impact of different rearing systems on growth, carcass traits, oxidative stress biomarkers, and humoral immunity of broilers exposed to heat stress. *Poultry Science*, 99(6), 3070-3078. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2020.03.011>
- Ministerio de Agricultura y Ganadería [MAG]. (2021). *MAG impulsa el consumo de carne de pollo*. MAG. <https://www.agricultura.gob.ec/mag-impulsa-el-consumo-de-carne-de-pollo/#:~:text=Actualmente%2C%20la%20avicultura%20aporta%20el,PIB%20Agropecuario%20es%20del%2023%25.>
- Mortari, A. C., Rosa, A. P., Zanella, I., Neto, C. B., Visentin, P. R., & Brites, L. B. (2002). Desempenho de frangos de corte criados em diferentes densidades populacionais, no inverno, no Sul do Brasil. *Ciência Rura*, 32(3), 493-497. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782002000300020>
- Murillo, G., & Vásquez, S. (2018). *Evaluación del desempeño de líneas genéticas COBB 500 VS. ROSS 308 pollo de engorde*. [Tesis de postgrado, Universidad

Tecnológica Centroamericana UNITEC, Tegucigalpa].

<https://repositorio.unitec.edu/xmlui/handle/123456789/8579>

- Pradhan, N., & Raut, N. (2019). An Estimation of Technical Efficiency of Poultry Farming in Nepal. *Economic Journal of Development Issues*, 27 & 28(1-2), 88-111. <https://doi.org/10.3126/ejdi.v28i1-2.33198>
- Qaid, M., Albatshan, H., Hussein, E., & Al-Garadi, M. (2023). Effect of housing system and housing density on performance, viability, and gastrointestinal tract growth of broiler chicks during the first 2 wk of age. *Poultry Science*, 102(7), 1-9. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2023.102752>
- Ruiz, B. (2021, mayo 12). *Ecuador's poultry sector needs feed market liberalization*. WATTPoultry: <https://www.wattagnet.com/egg/egg-production/article/15533543/ecuadors-poultry-sector-needs-feed-market-liberalization>
- Shynkaruk, T., Long, K., LeBlanc, M., & Schwean-Lardner, K. (2023). Impact of stocking density on the welfare and productivity of broiler chickens reared to 34 d of age. *Journal of Applied Poultry Research*, 32(2), 1-12. <https://doi.org/10.1016/j.japr.2023.100344>
- Škrbić, Z., Pavlovski, Z., & Lukić, M. (2009). Stocking density: Factor of production performance, quality and broiler welfare. *Biotechnology in Animal Husbandry*, 25(5-6), 359-372. <https://dx.doi.org/10.2298/BAH0906359S>
- Tandoğan, M. (2016). Technical Performance and Cost Analysis of Broiler Production in Turkey. *Brazilian Journal of Poultry Science*, 18(1), 169-174. <https://doi.org/10.1590/18069061-2015-0017>
- Tapia, R. (2015). *Estudio de mercado avícola enfocado a la comercialización del pollo en pie, año 2012-2014*. <https://www.scpm.gob.ec/sitio/wp-content/uploads/2019/03/ESTUDIO-AVCOLA-VERSION-PUBLICA.pdf>
- Ullah, I., Ali, S., Ullah Khan, S., & Sajjad, M. (2019). Assessment of technical efficiency of open shed broiler farms: The case study of Khyber Pakhtunkhwa province Pakistan. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 18, 361-366. <https://doi.org/10.1016/j.jssas.2017.12.002>
- Vargas, O. (2016). *Avicultura*. UTMACH "Universidad Técnica de Machala". <http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/6846>
- Yenibehit, N., Murshed, M., & Islam, M. (2019). Assessment of technical efficiency of layer production in Mampong Municipality: Stochastic frontier approach.

Current Research in Agricultural Sciences, 6(1), 20-28.

<https://doi.org/10.18488/journal.68.2019.61.20.28>



El artículo que se publica es de exclusiva responsabilidad de los autores y no necesariamente reflejan el pensamiento de la **Revista Ciencia Digital**.



El artículo queda en propiedad de la revista y, por tanto, su publicación parcial y/o total en otro medio tiene que ser autorizado por el director de la **Revista Ciencia Digital**.



Indexaciones



Desarrollo de una metodología para el cálculo de la confiabilidad en una de las áreas de proceso de la empresa ensambladora de vehículos denominada CIAUTO Cía. Ltda.

Development of a methodology for calculating reliability in one of the process areas of the vehicle assembly company called Ciauto Cía. Ltda.

- ¹ Sergio Raúl Villacrés Parra
Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH)
sergio.villacres@epoch.edu.ec  <https://orcid.org/0000-0002-9497-9795>
- ² Mayte Anabel Zavala León
Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH)
mayte.zavala@epoch.edu.ec  <https://orcid.org/0009-0000-9750-7438>
- ³ Mayra Alexandra Viscaino Cuzco
Universidad Técnica de Ambato
ma.viscaino@uta.edu.ec  <https://orcid.org/0000-0003-4987-7797>



Artículo de Investigación Científica y Tecnológica

Enviado: 09/04/2024

Revisado: 06/05/2024

Aceptado: 10/06/2024

Publicado: 16/08/2024

DOI: <https://doi.org/10.33262/cienciadigital.v8i3.3119>

Cítese:

Villacrés Parra, S. R., Zavala León, M. A., & Viscaino Cuzco, M. A. (2024). Desarrollo de una metodología para el cálculo de la confiabilidad en una de las áreas de proceso de la empresa ensambladora de vehículos denominada CIAUTO Cía. Ltda. *Ciencia Digital*, 8(3), 137-160. <https://doi.org/10.33262/cienciadigital.v8i3.3119>



CIENCIA DIGITAL, es una revista multidisciplinaria, trimestral, que se publicará en soporte electrónico tiene como misión contribuir a la formación de profesionales competentes con visión humanística y crítica que sean capaces de exponer sus resultados investigativos y científicos en la misma medida que se promueva mediante su intervención cambios positivos en la sociedad. <https://cienciadigital.org>

La revista es editada por la Editorial Ciencia Digital (Editorial de prestigio registrada en la Cámara Ecuatoriana de Libro con No de Afiliación 663) www.celibro.org.ec



Esta revista está protegida bajo una licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 International. Copia de la licencia: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/deed.es>

Palabras claves:

Sistema reparable, modelo NHPP, Crow Amsaa, Log-lineal, confiabilidad.

Resumen

El análisis de confiabilidad de los sistemas críticos en el sector industrial es una herramienta de gran utilidad para mejorar la toma de decisiones en el departamento de mantenimiento. Generalmente, los métodos de análisis de confiabilidad tradicionales asumen restauraciones de los equipos a su condición original, pero en la práctica esto no sucede, pues generalmente se realizan intervenciones para corregir únicamente la falla que se presenta en ese momento; por este motivo, la presente investigación tuvo como objetivo el desarrollo de una metodología para conocer la confiabilidad actual de activos reparables en donde se ejecutan reparaciones mínimas, y su predicción a 5 años, con el cálculo de la intensidad de fallas y el tiempo medio entre fallas. La muestra se seleccionó a partir de los registros del historial de falla desde enero de 2022 a mayo de 2024 de la planta de soldadura de una ensambladora de vehículos, se realizó un diagrama Jack Knife para priorizar al análisis de los sistemas que más paradas productivas por reparación hayan generado. Se realizó un test de tendencia para determinar el sesgo que tienen los datos históricos y así poder ajustarlos a procesos estocásticos no-homogéneos de Poisson, se utilizó el modelo Crow Amsaa y Log-lineal para seleccionar aquel que mejor se ajuste a los datos y sea capaz de generar pronósticos con el menor error posible. Del estudio realizado, se determinó que los sistemas que más paradas productivas han ocasionado son las soldadoras SP-43 y SP-16, y el JIG MB-10. Para el sistema SP-43, el modelo que generó el menor error para un pronóstico dentro de 5 años fue Crow Amsaa con una estimación de 48 fallas y una falla cada 233 horas de trabajo, mientras que para los sistemas SP-16 y JIG MB-10, el modelo log-lineal presentó el mejor ajuste, pronosticando 19 fallas, una falla cada 987 horas y 22 fallas, una cada 822 horas de operación respectivamente.

Keywords:

Repairable system, NHPP model, Crow Amsaa, Log-linear, reliability.

Abstract

The reliability analysis of critical systems in the industrial sector is a very useful tool to improve decision making in the maintenance department. Generally, traditional reliability analysis methods assume restorations of the equipment to its original condition, but in practice this does not happen, since

interventions are generally carried out to correct only the failure that occurs at that moment; For this reason, the objective of this research was to develop a methodology to know the current reliability of repairable assets where minimal repairs are carried out, and its prediction for 5 years, with the calculation of the intensity of failures and the average time between failures. The sample was selected from the failure history records from January 2022 to May 2024 of the welding plant of a vehicle assembler, a Jack Knife diagram was made to prioritize the analysis of the systems that cause the most productive stops per repair have generated. A trend test was carried out to determine the bias that the historical data have and thus be able to adjust them to non-homogeneous Poisson stochastic processes, the Crow Amsaa and Log-linear model was used to select the one that best fits the data and is capable of generating forecasts with the lowest possible error. From the study carried out, it was determined that the systems that have caused the most productive stops are the SP-43 and SP-16 welding machines, and the MB-10 JIG. For the SP-43 system, the model that generated the lowest error for a forecast within 5 years was Crow Amsaa with an estimate of 48 failures and one failure every 233 work hours, while for the SP-16 and JIG MB systems -10, the log-linear model presented the best fit, predicting 19 failures, one failure every 987 hours and 22 failures, one every 822 hours of operation respectively.

1. Introducción

La evaluación de la confiabilidad desempeña un papel fundamental en la mejora de la disponibilidad y la productividad en la industria de ensamblaje automotriz, a través de la implementación de un mantenimiento planificado de la manera correcta (Soltanali et al., 2020). La importancia del desarrollo de una metodología para calcular la confiabilidad radica en que sirve para garantizar y mejorar el desempeño de los sistemas, permite evaluar y predecir la probabilidad de que este funcione correctamente durante un período de tiempo dado, proporciona información útil para la toma de decisiones en la gestión y planificación de mantenimiento y es útil al momento de implementar estrategias efectivas que servirán como soporte para futuros planes de mantenimiento de acuerdo a las condiciones actuales de los equipos, optimizando el proceso productivo, aumentando la

rentabilidad y la seguridad de la planta. Por este motivo, la presente investigación no solo estudia el incremento esperado de fallas en sistemas reparables con reparaciones mínimas, sino que también busca resaltar la importancia de proponer estrategias de mantenimiento más efectivas y proactivas para mejorar la situación futura.

El análisis de confiabilidad es usado ampliamente en aplicaciones industriales (Hu et al., 2021) debido a que esta metodología permite determinar y conocer el comportamiento de falla y la posible estimación de un pronóstico del número de eventos de falla, lo que conlleva a identificar cuáles son los equipos en los que se pueden presentar nuevos eventos de falla, así como su comportamiento operativo a largo plazo. El momento exacto en el que un equipo fallará no se puede determinar con certeza, no obstante, se puede usar el comportamiento del histórico de fallas y la ayuda de la estadística para estimar la probabilidad de ocurrencia del evento (Gasca et al., 2017). La validez de los resultados obtenidos depende de la precisión y exactitud de los datos, aunque en varias ocasiones no existen suficientes datos de fallas y no se pueden obtener los intervalos de confianza para los índices de confiabilidad (Carlos R Batista-Rodríguez, 2017).

La confiabilidad, disponibilidad y mantenibilidad en la industria automotriz son un factor crucial, pues las empresas buscan que exista una producción eficiente y continuidad operativa para cumplir con las demandas del mercado, reducir los costos de operación y mantenimiento, y aumentar la competitividad de su organización (Echeverr, 2018), adoptando una cultura de mejora continua (Dias et al., 2019).

Los sistemas se dividen en no reparables y reparables. En donde, si un sistema es no reparable presenta una única falla a lo largo de su vida (Brown et al., 2023), mientras que en un sistema reparable existen varios modos de falla. Los modelos más destacados para el análisis de la confiabilidad de sistemas reparables sujetos a reparaciones mínimas, son los procesos no-homogéneos de Poisson (Slimacek & Lindqvist, 2017) y para dichos sistemas, el cálculo de la confiabilidad involucra el análisis de los tiempos de operación y las tasas de fallas en ciclos de falla-reparación.

El interés por controlar la confiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad en las diferentes industrias surge debido a la necesidad de garantizar operaciones eficientes y con el menor tiempo de inactividad. La confiabilidad es la probabilidad de que un elemento pueda desempeñar su función requerida durante un intervalo de tiempo establecido y bajo condiciones definidas; si no hay fallas, el equipo es totalmente confiable; si la frecuencia de fallas es muy baja, la confiabilidad del equipo es aún aceptable; pero si la frecuencia de fallas es muy alta, el equipo es poco confiable, este análisis es de vital importancia cuando se requiere mantener la productividad. La mantenibilidad juega un papel fundamental ya que permite reparaciones rápidas y efectivas. Mientras que, la disponibilidad se refiere a la capacidad de los equipos para estar en condiciones operativas en un determinado tiempo.

El enfoque de la presente investigación es el desarrollo de una metodología eficiente que sea capaz de mejorar la gestión del mantenimiento y maximizar la confiabilidad de sus equipos, contribuyendo a una mayor eficiencia operativa. En este estudio, se aplicó dos modelos no-homogéneos de Poisson con distinta función de intensidad, el modelo Crow Amsaa y el modelo log-lineal para realizar la estimación o predicción del número de fallas en un periodo de tiempo de 5 años, con el fin de que el área de mantenimiento de la empresa tome decisiones en función de los resultados obtenidos respecto a la tasa de falla de los sistemas y a la reducción del tiempo medio entre fallas; para el cálculo se analizarán las fallas de todos los sistemas de la planta de soldadura de una ensambladora de vehículos según los datos obtenidos desde enero de 2022 a mayo de 2024.

Estado del arte:

En el ámbito de la industria automotriz, un tema de interés creciente es la mejora de la productividad, debido a la necesidad de garantizar la eficiencia y reducir los costos de mantenimiento, por lo que se han adoptado metodologías para optimizar la confiabilidad, disponibilidad y mantenibilidad (Soltanali et al., 2019).

La confiabilidad operacional constituye la capacidad de un sistema para cumplir la función requerida, dentro de un cierto contexto operacional, durante un periodo específico de tiempo (Echeverr, 2018); en términos matemáticos corresponde a la función inversa de la probabilidad de falla (Cruz et al., 2017), y permite mejorar la disponibilidad de los equipos, lo que conlleva un incremento de beneficios económicos en la organización (Montalvo et al., 2022).

La investigación de Orrantia y otros, aborda el desarrollo de una metodología para medir la confiabilidad en líneas de ensamble, dicha metodología consta de cinco etapas que incluyen la identificación del área de estudio, la recolección de información relevante como la hora de inicio y fin de una parada, el motivo y el problema ocurrido; la aplicación del modelo matemático donde las variables calculadas: capacidad de entrega, índice de eficiencia, calidad y disponibilidad, son analizadas mediante distribuciones probabilísticas y es seleccionada la distribución de mejor ajuste, la cual posee el valor más pequeño del estadístico Anderson-Darling; el análisis de resultados, etapa en la que se considera los índices críticos que afectan la confiabilidad; y por último, la propuesta de mejoras (Orrantia Daniel et al., 2022).

Según Zuo y Xiao, en el área de confiabilidad, las investigaciones pasadas suponían que el sistema analizado regresaba a su condición como cuando estaba nuevo, pero estas situaciones no son reales en la práctica, pues cuando el sistema se encuentra en operación, todos los componentes son afectados por el efecto del envejecimiento (Zuo & Xiao, 2022).

Para el análisis de confiabilidad, se identifican los sistemas no reparables y reparables, en donde se pueden realizar reparaciones mínimas, es decir actividades de mantenimiento para reparar únicamente el componente defectuoso, y reparaciones perfectas, en donde el sistema opera de manera tan efectiva como cuando estaba nuevo (Wu et al., 2024).

Mientras que, Mun y Kvam proponen el uso de modelos no homogéneos de Poisson (NHPP) para la modelación de datos de fallas monótonas por reparaciones mínimas en un sistema reparable, en donde se restaura el rendimiento de este precisamente a la misma condición en la que se encontraba antes de fallar, es decir aquel que puede ser recuperado a su condición operativa sin reemplazar necesariamente todos los componentes del sistema después de la reparación. Estos modelos son usados extensamente por ser manejables y flexibles matemáticamente debido a su capacidad para modelar una gran variedad de procesos de reparación reales (Mun et al., 2021). El modelo NHPP se caracteriza por su función de intensidad. EL ROCOF o tasa de ocurrencia de fallas del NHPP es equivalente a la función de riesgo y las formas monótonas para calcularlo son el modelo log-lineal analizado por Cox y Lewis y el modelo de ley de potencia estudiado por Crow (Krivtsov, 2007)

Los modelos de intensidad proporcional basados en NHPP, son log-lineal y Crow Amsaa que es una extensión del modelo de ley de potencia, que se caracterizan por ser capaces para modelar el comportamiento de un sistema en su etapa de vida útil (Bacha & Bellaouar, 2023).

En situaciones en las que se requiere obtener los valores más probables de una distribución se usa el método de máxima verosimilitud para estimar los parámetros de los modelos utilizando métodos numéricos como Newton-Raphson. Este enfoque permite justificar la selección del modelo que mejor se ajusta a los datos (Chávez-Cadena et al., 2020), (Bacha & Bellaouar, 2023).

Respecto al análisis del rendimiento de modelos NHPP, investigaciones con objetivos similares han usado el error cuadrático medio MSE, error absoluto medio MAE, error porcentual absoluto medio MAPE (Kim & Kim, 2016),(Chik et al., 2018), (Alsultan & Sulaiman, 2024)y el cálculo del coeficiente de correlación R^2 (N. K. Srivastava & Mondal, 2014) para determinar el modelo de mejor ajuste a los datos.

Estos estudios establecen un precedente para futuras investigaciones y resaltan la importancia del cálculo de confiabilidad en la industria automotriz para buscar soluciones óptimas, obtener la máxima producción y lograr el éxito empresarial (Paez Advincula, 2022).

Existen metodologías de simulación que permiten predecir y conocer el comportamiento operativo de los equipos, lo que hace posible la estimación de un pronóstico de eventos

de falla. En ocasiones se utilizan estimadores no paramétricos para el cálculo de la confiabilidad, que son útiles cuando se tienen datos censurados, tamaños de muestra pequeños o distribuciones desconocidas (Ramírez Montoya et al., 2022).

2. Materiales y métodos:

El desarrollo de esta metodología consta de cinco etapas, y previo a su desarrollo, se obtuvo los registros de fallas de una ensambladora de vehículos cuyas áreas productivas son: soldadura, pintura y ensamblaje; después de un análisis de la frecuencia de fallas y tiempos de reparación, se seleccionó la planta de soldadura por ser el área más crítica. La información recopilada, comprende los tiempos de reparación de enero de 2022 a mayo de 2024 de todos los sistemas de la planta cuyo tiempo de operación son 2880h anuales y se evaluó los sistemas que ocasionaron la mayor parte de paros de línea.

La etapa 1 consistió en la depuración de la base de datos de historial de mantenimiento de la planta de soldadura, en donde se eliminó registros duplicados, información inconsistente, modos de falla irrelevantes y errores de registro con el fin de garantizar la utilidad de los datos a analizar, este fue un paso crucial pues la cantidad y calidad de información es de gran importancia para minimizar los errores. En esta etapa se realizó una revisión y corrección minuciosa de errores en los registros de manera manual, los cuales se analizaron individualmente.

En la etapa 2 se identificó el área de estudio, en donde se realizó un diagrama Jack Knife para priorizar el análisis de los sistemas agudo-críticos de la planta, priorizando a los que posean el mayor tiempo medio de reparación (MTTR), que se calculó desde la base del histórico de fallas.

La información fue organizada a nivel de sistema como se muestra en la Tabla 1. en donde se capturó la fecha de inicio y fin de cada evento, el modo de falla, el tiempo de reparación (TTR) en horas. Además, se calculó el tiempo hasta la falla (TTF) que proporciona información valiosa para realizar pronósticos a futuro en un cierto intervalo de tiempo dado.

En la etapa 3, se realizó un estudio estadístico direccionado hacia equipos reparables, debido a que su estado operativo puede ser restaurado con una reparación después de la ocurrencia de una falla, puede presentar más de un modo de falla durante su vida útil y la tasa de fallas varía a través del tiempo. Se realizó un análisis gráfico y analítico de la tendencia de los datos del sistema con el fin de detectar si los sistemas poseen una tendencia significativa de disminución del tiempo entre fallas y pueden ser modelados con el proceso No-Homogéneo de Poisson, que es uno de los procesos estocásticos usados en ingeniería de confiabilidad por su capacidad para predecir el número de eventos que

ocurren aleatoriamente en un tiempo t con tasa de eventos variable (Alghamdi & Qurashi, 2023).

La etapa 4, consta de la aplicación del modelo Crow Amsaa y Log-lineal, para el pronóstico del número acumulado de fallas en un tiempo acumulado de operación, así como el MTBF estimado para los próximos cinco años de operación del sistema.

En la etapa final, se evaluó la precisión de los modelos utilizados mediante el cálculo de errores de pronóstico, con el fin de elegir aquel que garantice predicciones confiables.

Diagrama Nelson Aalen:

En la Figura 1. se observa de manera gráfica la tendencia de los datos de tiempo de falla y la degradación de la confiabilidad a lo largo del tiempo para un sistema reparable que ha tenido intervenciones mínimas a lo largo de su vida útil.

Test de tendencia de Laplace

El test de Laplace, es una prueba monótona que permite verificar si los datos siguen un proceso estocástico (Alghamdi & Qurashi, 2023) y se utiliza ampliamente para identificar tendencias en grupos de datos, pues se considera la prueba más apropiada para inferir si el conjunto de datos es de tipo NHPP (Hou et al., 2022).

El test de tendencia de Laplace cuando el sistema ha sido observado hasta t_0 se representa mediante la ecuación (1).

$$U = \frac{\frac{\sum_{i=1}^n t_i}{n} - \frac{t_0}{2}}{t_0 \cdot \sqrt{\frac{1}{12 \cdot n}}}, \quad (1)$$

Donde, t_i son los tiempos acumulados de falla, t_0 es el tiempo de observación de las fallas y n es el número de eventos ocurridos.

Además, facilita reconocer el crecimiento o disminución de la confiabilidad, las hipótesis por comprobar son: Si $U = 0$ el proceso es estacionario, si $U > 0$ existe una tendencia creciente (sistema triste) y si $U < 0$ existe una tendencia decreciente (sistema feliz).

Modelo no-homogéneo de Poisson

Entre las teorías para modelar la confiabilidad de sistemas reparables, se encuentra el proceso no-homogéneo de Poisson, que es robusto y dispone la ventaja de manejar datos discretos tales como, número o tasa de ocurrencia de fallas, por lo que, son aplicados al análisis de fallas y de vida útil de diversos sistemas de ingeniería (Hashimoto & Takizawa, 2021).

Modelo Crow-Amsaa: El modelo Crow AMSAA, también conocido como proceso de ley de potencia (PLP) es usado y estudiado para el análisis de crecimiento de la confiabilidad. (P. W. Srivastava & Jain, 2011)

Al usar la estimación de máxima verosimilitud, los parámetros $\hat{\beta}$ y $\hat{\lambda}$, se puede calcular con las ecuaciones (2) y (3)

$$\hat{\beta} = \frac{n}{\sum_{i=1}^n \ln\left(\frac{t_n}{t_i}\right)}, \quad (2)$$

$$\hat{\lambda} = \frac{n}{t_n^{\hat{\beta}}}, \quad (3)$$

Donde, t_i es el intervalo de tiempo acumulado para cada falla, t_n es el tiempo acumulado hasta la última falla y n es el total del registro de fallas.

Las hipótesis por comprobar son:

Si $\beta > 1$ deterioro de la confiabilidad

Si $\beta < 1$ crecimiento de la confiabilidad

Si $\beta = 1$ tasa de falla es constante.

El incremento o disminución de la confiabilidad puede ser cuantificado al observar aspectos como el MTBF o la tasa de fallo a través del tiempo (P. W. Srivastava & Jain, 2011).

La función de intensidad de fallas $\lambda(t)$ está dada por la ecuación (4).

$$\lambda(t) = \beta \lambda t^{\beta-1}; t \geq 0; \lambda, \beta > 0 \quad (4)$$

Donde, β es el parámetro de forma, que representa la tendencia de la tasa de fallas respecto al tiempo y λ es el parámetro de escala, que evidencia la intensidad de fallas en el sistema.

Mientras que el cálculo del tiempo medio entre fallas (MTBF), está definido por la ecuación (5)

$$MTBF(t) = \frac{1}{\lambda(t)}, \quad (5)$$

Modelo Log-Lineal

El modelo log-lineal es capaz de describir procesos con tendencia monótona durante el tiempo de funcionamiento

La tasa de fallas instantánea está dada por la ecuación (6).

$$\lambda(t) = e^{\alpha_0 + \alpha_1 t}, \quad (6)$$

Donde, α_0 es el parámetro de escala, α_1 es el parámetro de crecimiento que determina la mejora o deterioro del sistema a lo largo del tiempo y t es el tiempo de operación (Hashimoto & Takizawa, 2021).

Los parámetros α_1 y $\hat{\alpha}_0$ están dados por las ecuaciones (7) y (8).

$$\sum_{i=1}^n t_i + \frac{n}{\alpha_1} = \frac{nt_n}{1 - e^{-\alpha_1 t_n}}, \quad (7)$$

$$\hat{\alpha}_0 = \ln\left(\frac{n\hat{\alpha}_1}{e^{\alpha_1 t_n} - 1}\right), \quad (8)$$

El cálculo del número esperado de fallas está definido por la ecuación (9).

$$E(N(t_2) - N(t_1)) = \frac{e^{\alpha_0}}{\alpha_1} (e^{\alpha_1 t_2} - e^{\alpha_1 t_1}), \quad (9)$$

En cambio, el número esperado de fallas durante la vida útil se obtiene con la ecuación (10)

$$n(t) = \frac{e^{\alpha_0}}{\alpha_1} (e^{\alpha_1 t}), \quad (10)$$

El MTBF se calcula con la ecuación (11).

$$MTBF(t_1, t_2) = \frac{\alpha_1(t_2 - t_1)}{e^{\alpha_0}(e^{\alpha_1 t_2} - e^{\alpha_1 t_1})}, \quad (11)$$

Medición del error de los modelos

Existen criterios para la selección del modelo que se ajuste mejor a los datos. El criterio más significativo es el criterio de determinación y criterios de calidad de ajuste como el sesgo, error cuadrático medio (MSE), error medio absoluto (MAE), y el error porcentual absoluto medio (MAPE), además se realizó la medida del coeficiente de determinación R^2 (Alghamdi & Qurashi, 2023). A continuación, se encuentran las expresiones para medir cada error.

Coefficiente de determinación

El valor R es capaz de medir el ajuste exitoso del modelo, desde la varianza de los datos evaluados (Kim & Kim, 2016).

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{t=1}^n (m_t - \hat{m}_t)^2}{\sum_{t=1}^n (m_t - \bar{m})^2}, \quad (12)$$

Donde, m_t son los valores observados de la variable dependiente, \hat{m}_t son las predicciones del modelo y \bar{m} es la media de los valores observados.

El modelo con el R^2 mayor y cercano a 1, se considera el modelo más eficiente (Kim & Kim, 2016).

Error cuadrático medio (MSE)

$$MSE = \frac{\sum_{t=1}^n |m(t) - \hat{m}(t)|^2}{n - k}, \quad (13)$$

Donde, n es el número total de datos observados, m_t son los valores observados, \hat{m}_t son los valores pronosticados por el modelo para cada observación y k es el número de parámetros estimados en el modelo.

Error medio absoluto (MAE)

$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n |m(t) - \hat{m}(t)|, \quad (14)$$

Donde, n es el número total de datos observados, m_t son los valores observados, \hat{m}_t son los valores pronosticados por el modelo.

Error porcentual absoluto medio (MAPE)

Para realizar una comparación de los modelos y determinar cuál es el mejor, se usa también el error porcentual absoluto medio (MAPE), según la siguiente fórmula:

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \frac{|m(t) - \hat{m}(t)|}{m(t)}, \quad (15)$$

Donde $m(t)$ representa el valor real, $\hat{m}(t)$ el valor estimado y n el número de observaciones (Alsultan & Sulaiman, 2024).

En la etapa final, se evaluó la capacidad predictiva de cada modelo y se seleccionó el que muestre la menor tasa de error posible.

3. Resultados y discusión:

En el presente estudio, se analizaron modelos predictivos para analizar sistemas reparables en una planta de soldadura de una ensambladora de vehículos, con el objetivo de evaluar la confiabilidad mediante la predicción del número acumulado de fallas y el tiempo medio entre fallas (MTBF).

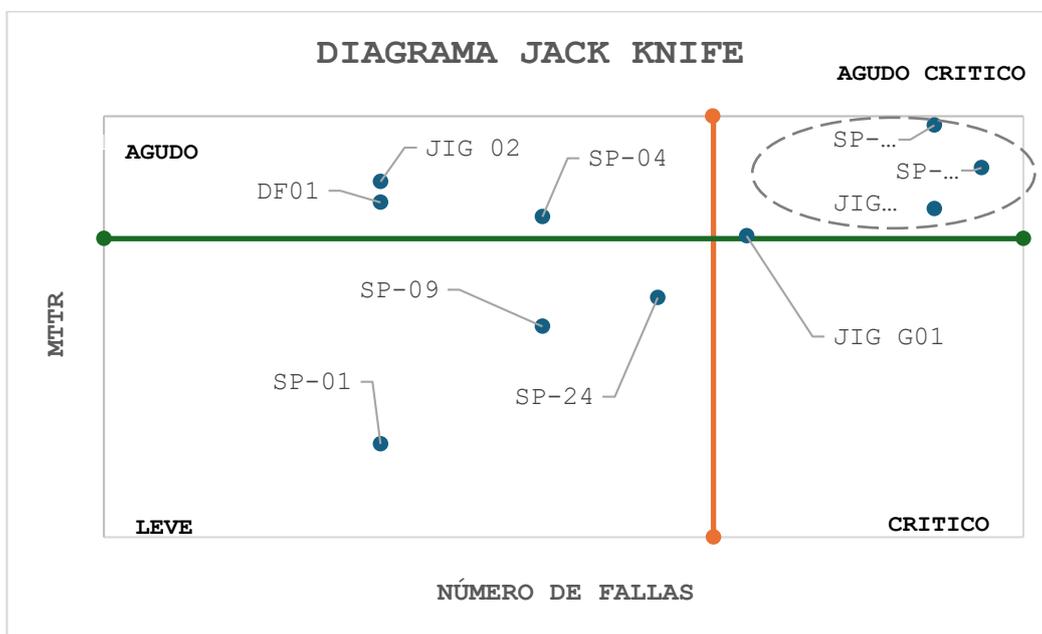
En este apartado, se presentan los resultados obtenidos una vez finalizadas las cinco etapas de la investigación.

En la Figura 1. se muestra un gráfico de dispersión logarítmica, denominado diagrama Jack Knife, usado como método de priorización el cual permite identificar los sistemas que más paros de línea han ocasionado en la planta de soldadura, es decir los que más han afectado a la productividad de la empresa según los registros de 2022 a 2024.

Se logró clasificar los sistemas en diferentes categorías: agudo crítico, crítico, agudo, y leve. El resultado de este método de priorización determinó que los sistemas SP-01, SP-09 y SP-24, forman parte de una zona leve; DF01, JIG 02 y SP-04 son considerados agudos; JIG G01 se encuentra en la zona crítica; mientras que los sistemas SP-43, SP-16 y JIG MB-10 requieren de mayor atención por parte del departamento de mantenimiento, al ser considerados agudo-críticos por ocasionar mayores interrupciones y ocurrir con mayor frecuencia respecto a los demás sistemas de la planta.

Figura 1

Diagrama Jack Knife - Método de priorización



Una vez identificados los sistemas agudo-críticos, se procedió al análisis de los datos y se calculó los tiempos hasta la falla.

Tabla 1*Tiempos de reparación de la soldadora SP-43*

SOLDADORA SP-43					
N°	FECHA INICIO	FECHA FIN	MODO DE FALLA	TTR	TTF
1	04/01/2022 11:48	04/01/2022 12:02	Falla eléctrica de pistola	0,23	
2	03/08/2022 11:46	03/08/2022 12:52	Cable de balancín SP43B roto	1,10	5064,83
3	27/10/2022 8:35	27/10/2022 8:55	Puntas de pistola desalineadas	0,33	2036,05
4	09/12/2022 14:55	09/12/2022 16:47	Falla eléctrica de pistola	1,87	1039,87
5	10/04/2023 8:22	10/04/2023 9:30	Falla eléctrica de pistola	1,13	2920,72
6	12/05/2023 9:45	12/05/2023 10:00	Cable de balancín roto	0,25	768,50
7	22/06/2023 12:00	22/06/2023 13:30	Espiral de soldadora roto	1,50	987,50
8	04/08/2023 12:35	04/08/2023 12:45	Cable secundario roto	0,17	1031,25
9	07/09/2023 7:55	07/09/2023 8:07	Cable primario roto	0,20	811,37

Tabla 2*Tiempos de reparación de la soldadora SP-16*

SOLDADORA SP-16					
N°	FECHA INICIO	FECHA FIN	MODO DE FALLA	TTR	TTF
1	31/10/2022 11:45	31/10/2022 12:20	Falla eléctrica de pistola	0,58	
2	17/01/2023 12:57	17/01/2023 13:11	Falla eléctrica de pistola	0,23	1872,85
3	27/03/2023 9:20	27/03/2023 10:00	Cable de balancín roto	0,67	1652,82
4	09/08/2023 8:27	09/08/2023 8:40	Falla eléctrica de pistola	0,22	3238,66
5	05/09/2023 10:15	05/09/2023 12:15	Falla eléctrica de pistola	2,00	651,58
6	13/10/2023 8:45	13/10/2023 9:00	Cable secundario roto	0,25	908,75
7	15/01/2024 9:55	15/01/2024 13:15	Falla eléctrica de pistola	3,33	2260,25
8	29/05/2024 11:05	29/05/2024 11:25	Cable de balancín roto	0,33	3238,17

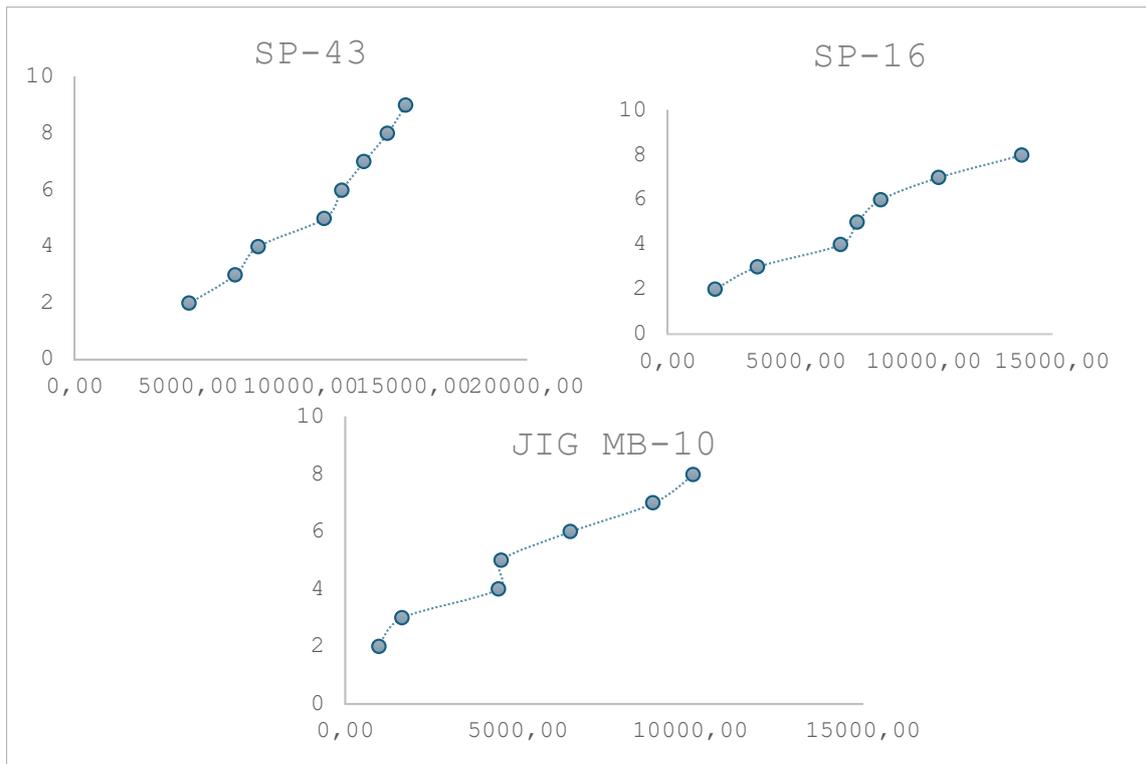
Tabla 3*Tiempos de reparación de equipo de sujeción MB-10*

EQUIPO DE SUJECIÓN MB-10					
N°	FECHA INICIO	FECHA FIN	MODO DE FALLA	TTR	TTF
1	18/01/2022 7:50	18/01/2022 8:30	Pin roto	0,67	
2	28/02/2022 10:35	28/02/2022 10:45	Pin roto	3,22	989,30
3	28/03/2022 8:43	28/03/2022 8:50	Pin roto	0,12	667,03
4	22/07/2022 11:25	22/07/2022 11:45	Kit de pistón roto	0,33	2786,92
5	25/07/2022 14:16	25/07/2022 14:30	Sensor doble señal desregulado	0,23	74,75
6	17/10/2022 7:45	17/10/2022 7:52	Pin roto	0,12	2009,37
7	25/01/2023 9:00	25/01/2023 9:15	Manguera de control rota	0,25	2401,38
8	14/03/2023 10:15	14/03/2023 10:47	Sensor inductivo desregulado	0,53	1153,53

En la Figura 2. se presenta el análisis de supervivencia denominado, diagrama Nelson-Aalen, usado como método gráfico para la visualización de la acumulación de tiempos hasta la falla en un intervalo de tiempo. Se observa una tendencia creciente por lo que se asume que la tasa de falla aumenta con el tiempo y que son sistemas inestables.

Figura 2

Diagrama Nelson-Aalen



Para verificar la hipótesis de que los datos de falla satisfacen las características que posee un NHPP, y verificar si es idóneo, se realizó un test estadístico denominado test de Laplace usando la ecuación (1), con un nivel de significancia de 0,10.

Tabla 4

Test de tendencia

SISTEMA	ESTADÍSTICO U
SP-43	2,16
SP-16	0,37
JIG MB-10	0,24

Todos los valores obtenidos son $U > 0$, por lo que se acepta la hipótesis de la existencia de una tendencia creciente y se asume que se trata de un sistema triste.

Se estimó los parámetros de los modelos estudiados con las ecuaciones obtenidas con el método de máxima verosimilitud, ecuación (2) y (3) para el modelo Crow Amsaa y (7) y (8) para los parámetros del modelo log-lineal. Para este último modelo se usó el método numérico de Newton-Raphson con la ayuda de la biblioteca scipy en Python.

Tabla 5
Estimación de parámetros de los modelos

MODELO	PARÁMETROS	SP-43	SP-16	JIG MB-10
Crow Amsaa	β	2,611	1,278	1,110
	λ	$1,05 \times 10^{-10}$	$3,05 \times 10^{-5}$	$2,51 \times 10^{-4}$
Log-lineal	α_0	-9,373	-7,842	-7,435
	α_1	0,0002056	$3,54 \times 10^{-5}$	$3,13 \times 10^{-5}$

Una vez calculados los parámetros de los modelos, se los utilizó para la estimación o pronóstico del número de fallas esperado en un periodo de operación t para sistemas reparables, en los cuales se realiza la reparación mínima requerida para poner al equipo en operación nuevamente. El número de fallas pronosticadas para los próximos 5 años con los dos modelos estudiados se muestra en la tabla 3.

Tabla 6
Número estimado de fallas en 5 años

Tiempo acumulado de operación (h)	Número esperado de fallas					
	SP-43		SP-16		JIG MB-10	
	Modelo Crow Amsaa	Modelo Log-lineal	Modelo Crow Amsaa	Modelo Log-lineal	Modelo Crow Amsaa	Modelo Log-lineal
17545,56	13	8	9	9	9	9
20425,56	19	13	11	11	12	12
23305,56	27	23	13	13	14	15
26185,56	36	41	15	16	16	18
29065,56	48	74	17	19	19	22

Las Figuras 3, 4 y 5 corresponden a las gráficas del número acumulado de fallas en un tiempo acumulado de operación de los sistemas SP-43, SP-16 y JIG MB-10 respectivamente. Los primeros puntos comprenden las fallas acumuladas conocidas y tomadas de la base de datos del histórico de mantenimiento, mientras que los siguientes forman parte de una zona de pronóstico y son valores aleatorios creados a partir de la información previa recopilada. Para dichas gráficas, se presenta los pronósticos del modelo Crow Amsaa en el lado izquierdo (a) y del modelo log-lineal en el lado derecho (b).

Figura 3

Número de fallas proyectadas (SP-43)

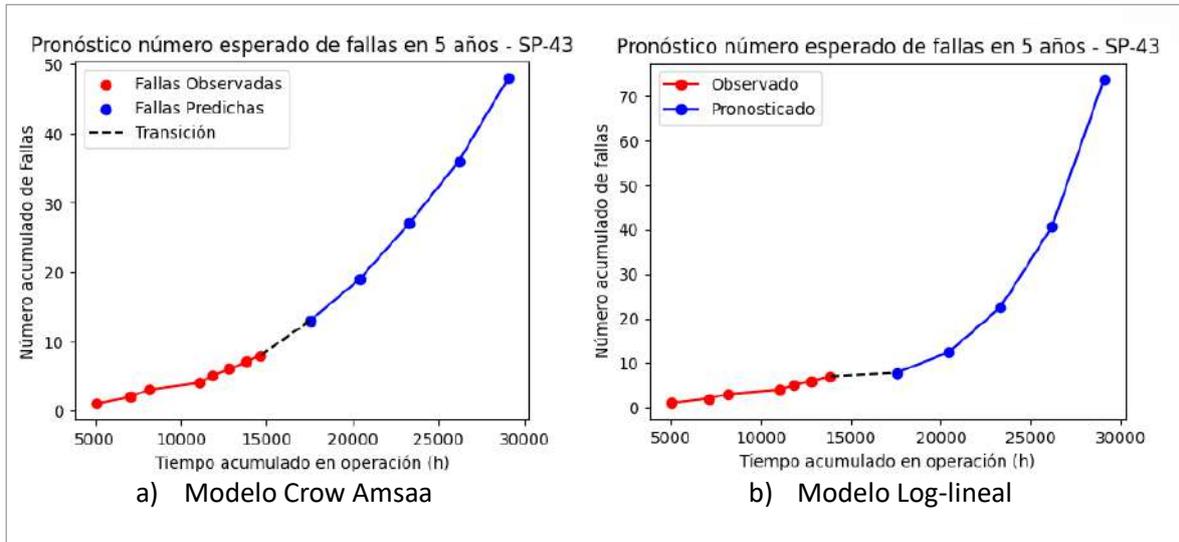


Figura 4

Número de fallas proyectadas (SP-16)

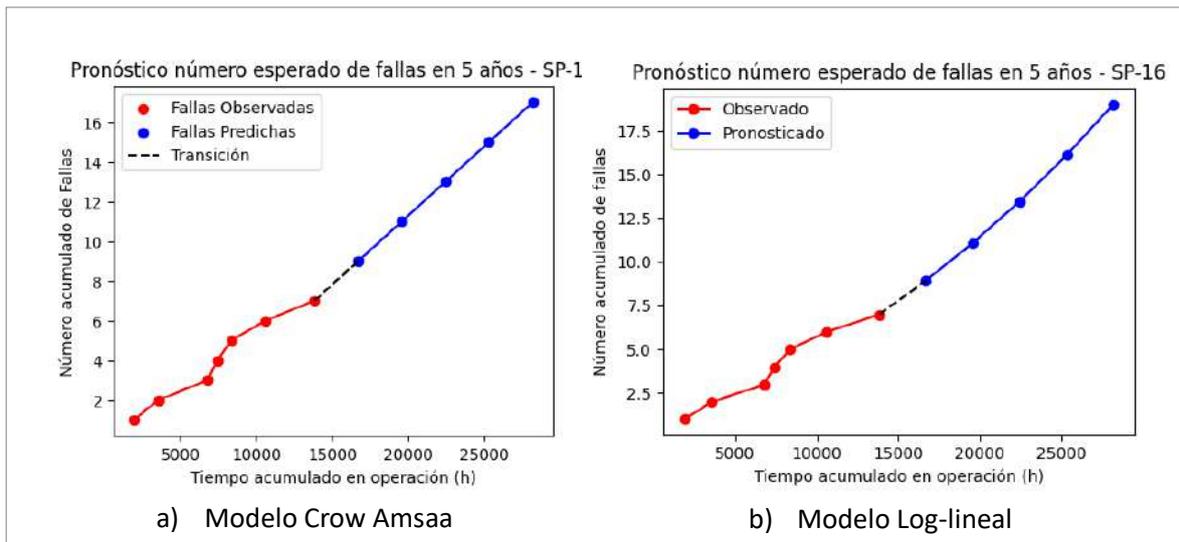
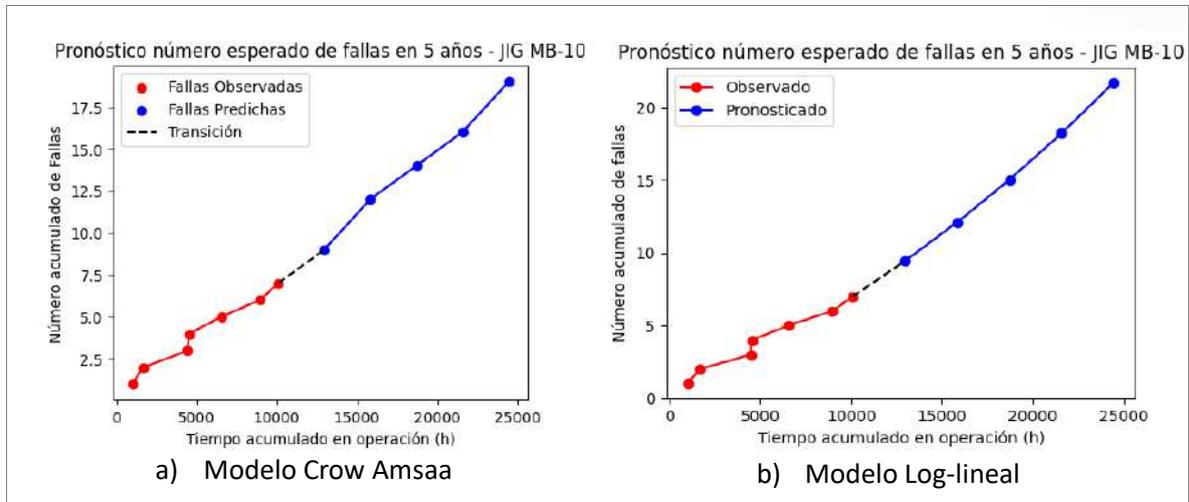


Figura 5

Número de fallas proyectadas (JIG MB-10)



Para el sistema SP-43, el modelo de Crow Amsaa pronosticó 13 fallas en el primer año a partir de la última observación, 19, 27, 36 y 48 para el año dos, tres, cuatro y cinco respectivamente, mientras que el modelo log-lineal 8, 12, 22, 40 y 73 fallas. Para SP-16, el modelo Crow Amsaa estimó 9, 11, 13, 15 y 17 fallas para los próximos 5 años de operación; mientras que el modelo log-lineal 8, 11, 13, 16 y 19 fallas. Para el JIG MB-10, el modelo Crow Amsaa, proyectó 9, 12, 14, 16 y 19 fallas para los siguientes 5 años; por otro lado, el modelo log-lineal 9, 12, 15, 18 y 21 fallas.

Este incremento pronosticado refleja la degradación de los sistemas analizados en su conjunto debido a que únicamente se hacen reparaciones mínimas que pueden acumularse a lo largo del tiempo y generar fallas con mayor frecuencia.

Para el análisis de confiabilidad, se calculó el tiempo medio entre fallas (MTBF), con el fin de conocer el intervalo en horas que puede transcurrir para que ocurra una falla, conocer este tiempo es significativo porque es un indicador del rendimiento esperado del equipo (de Abreu et al., 2018).

Figura 6

Tiempo medio entre fallas proyectadas para los próximos 5 años

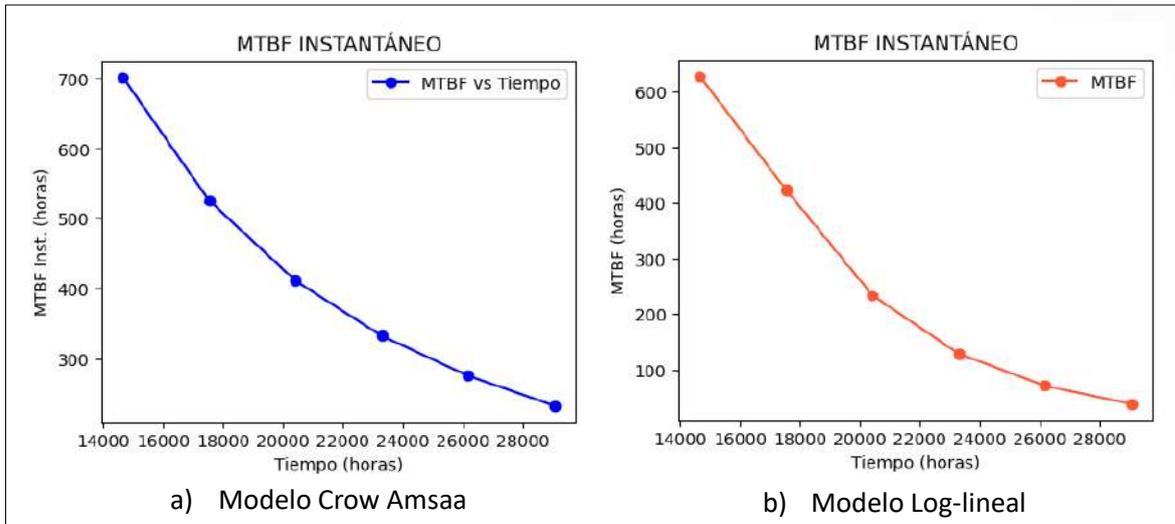


Figura 7

Tiempo medio entre fallas proyectadas para los próximos 5 años

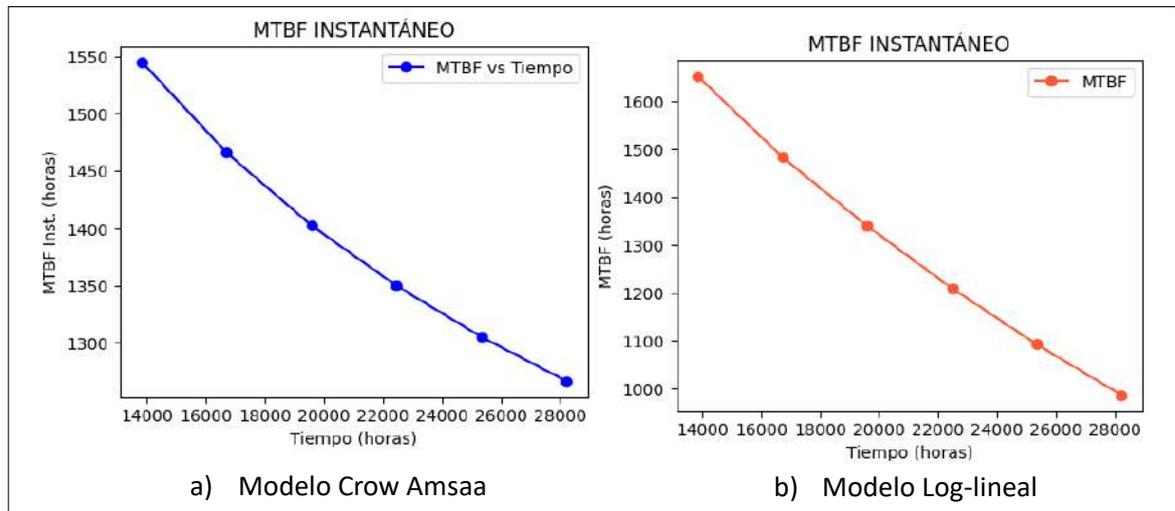
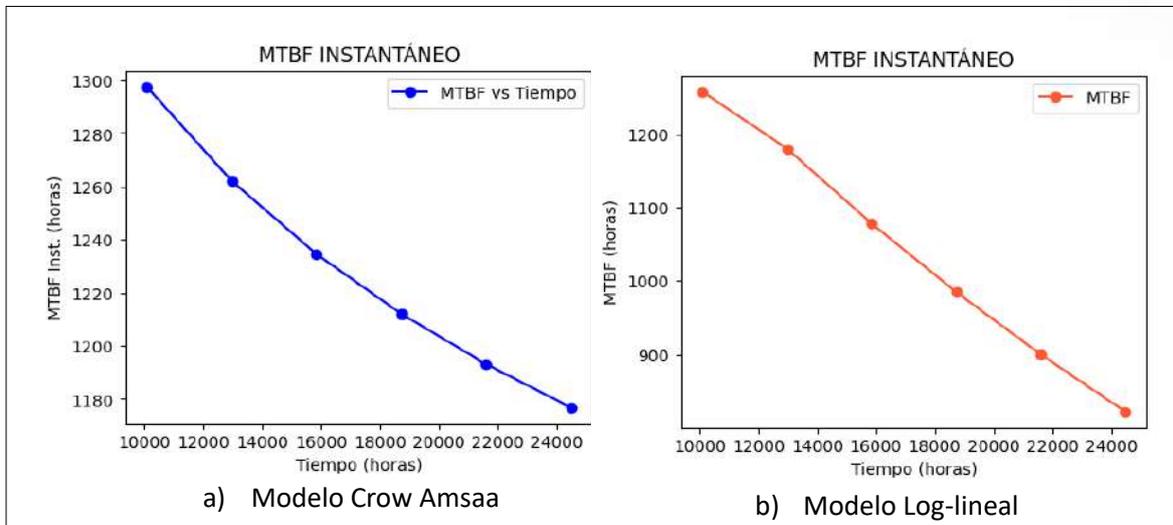


Figura 8

Tiempo medio entre fallas proyectadas para los próximos 5 años



Las Figuras 6, 7 y 8 muestran las gráficas del MTBF en función del tiempo de los sistemas SP-43, SP-16 y JIG MB-10 respectivamente, modelo Crow Amsaa (derecha) y modelo log-lineal (izquierda). En estas gráficas se observa una notable reducción de los tiempos entre fallas, por lo que se deben plantear estrategias de mantenimiento efectivas para optimizar el funcionamiento con el paso del tiempo.

La calidad de las estimaciones calculadas debe ser validada e incurrir en el menor error posible. Se realizó la medición del error para cuantificar la diferencia entre los valores predichos y los valores reales.

El desempeño de los modelos NHPP implementados se evaluó a través de la medida del coeficiente de determinación R^2 , error cuadrático medio (MSE), error medio absoluto (MAE), y el error porcentual absoluto medio (MAPE) para garantizar la precisión del modelo que se plantea en el estudio. Los resultados se muestran en la tabla 7.

Tabla 7

Medición de errores de los modelos

CRITERIOS	SP-43		SP-16		JIG MB-10	
	Crow-AMSAA	Log-Lineal	Crow-AMSAA	Log-Lineal	Crow-AMSAA	Log-Lineal
R^2	0,931	0,080	0,843	0,895	0,889	0,918
MSE	0,359	4,827	0,628	0,304	0,445	0,238
MAE	0,455	1,099	0,661	0,479	0,519	0,458
MAPE	19,11 %	24,24 %	22,26 %	16,22 %	21,35 %	19,79 %

Para la selección del mejor modelo se tomó como criterio principal el valor del error obtenido; el modelo Crow-Amsaa presentó todos los errores evaluados con el menor valor. Además, se determinó un valor del coeficiente de determinación R^2 igual a 0,932, es decir que el 93,2 % de la variabilidad en la variable dependiente, es explicado por el modelo predictivo, por lo que se asume que se trata de un modelo cuyas estimaciones se ajustan adecuadamente a los datos observados del sistema SP-43.

En el caso del sistema SP-16 y JIG MB-10 el modelo de mejor ajuste fue log-lineal según la observación de los errores y el coeficiente R^2 de 0,895 y 0,918 respectivamente.

4. Conclusiones

- En este estudio, se ha explorado dos modelos fundamentales para la evaluación de la confiabilidad de sistemas reparables: Crow-AMSAA y el modelo Log-lineal, los cuales ofrecen herramientas poderosas para analizar y predecir la tasa de fallas, y el tiempo medio entre fallas (MTBF), parámetros esenciales para la efectiva gestión de activos y la planificación del mantenimiento.
- La evaluación comparativa realizada, ha demostrado la capacidad que tienen ambos modelos para pronosticar de manera efectiva el número de fallas y estimar el MTBF. La precisión de estas predicciones se determinó utilizando métricas estándar como el Error Cuadrático Medio (MSE), el Error Absoluto Medio (MAE) y el Error Porcentual Absoluto Medio (MAPE), proporcionando una medida cuantitativa que permita observar el mejor ajuste del modelo con relación a los datos observados, con el fin de seleccionarlo y aplicarlo correctamente. Según la medición de errores se determinó que para el sistema SP-43, el modelo Crow Amsaa tiene mayor capacidad de pronóstico, mientras que para los sistemas SP-16 y JIG MB10 el modelo log-lineal presenta un mejor ajuste; dichos modelos pueden ser usados para monitorear y mejorar la confiabilidad, y optimizar la gestión de mantenimiento de la planta.
- Según el análisis, se observa que la tasa de reparación de los sistemas aumenta con el tiempo, y existe una disminución de los intervalos de tiempo medio entre fallas (MTBF), lo que indica un deterioro de la confiabilidad de estos, por lo que es necesario plantear estrategias de mantenimiento que permitan aumentar el tiempo medio entre fallas, reducir las paradas productivas, y tener una evaluación continua de fallas para la planificación, programación y ejecución de tareas de mantenimiento.

5. Conflicto de intereses

Los autores declaran que no existe conflicto de intereses en relación con el artículo presentado.

6. Declaración de contribución de los autores

Todos los autores contribuyeron significativamente en la elaboración del artículo.

7. Costos de financiamiento

La presente investigación fue financiada en su totalidad con fondos propios de los autores.

8. Referencias Bibliográficas

Alghamdi, S. M. A., & Qurashi, M. E. (2023). A comparison between the nonhomogeneous Poisson and α -series processes for estimating the machines' fault time of thermal electricity. *International Journal of Advanced and Applied Sciences*, 10(5), 12–19. <https://doi.org/10.21833/ijaas.2023.05.002>

Alsultan, F. A., & Sulaiman, M. S. (2024). Bayesian Estimation of Power Law Function in Non-homogeneous Poisson Process Applied in Mosul Gas Power Plant - Iraq. *Iraqi Journal of Science*, 65(5), 2596–2604. <https://doi.org/10.24996/ijcs.2024.65.5.20>

Bacha, S., & Bellaouar, A. (2023). Assessment of the Effectiveness of Maintenance Actions and the Influence of Covariates on the Reliability of Gas Turbines using the Extended Generalized Proportional Intensity Model. *International Journal of Performability Engineering*, 19(4), 283–290. <https://doi.org/10.23940/ijpe.23.04.p7.283290>

Brown, B., Liu, B., McIntyre, S., & Revie, M. (2023). Reliability evaluation of repairable systems considering component heterogeneity using frailty model. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part O: Journal of Risk and Reliability*, 237(4), 654–670. <https://doi.org/10.1177/1748006X221109341>

Carlos R Batista-Rodríguez, R. I. U.-S. (2017). Proposal of a bootstrapping methodology to calculate reliability indexes. *Ingeniería y Competitividad*, 19(2), 102–108. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=291354828010>

Chávez-Cadena, M. I., Jiménez-Cargua, J. W., & Cucuri-Pushug, M. I. (2020). Análisis de confiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad (CMD) del sistema de reinyección de agua de formación. *Revista Arbitrada Interdisciplinaria Koinonía*, 5(9), 249. <https://doi.org/10.35381/r.k.v5i9.647>

Chik, L., Albrecht, D., & Kodikara, J. (2018). Modeling Failures in Water Mains Using the Minimum Monthly Antecedent Precipitation Index. *Journal of Water Resources Planning and Management*, 144(4), 1–6. [https://doi.org/10.1061/\(asce\)wr.1943-5452.0000926](https://doi.org/10.1061/(asce)wr.1943-5452.0000926)

- Cruz, P., Echaveguren, T., & González, P. (2017). Estimación del potencial de rollover de vehículos pesados usando principios de confiabilidad. *Revista Ingeniería de Construcción*, 32(1), 5–14. <https://doi.org/10.4067/s0718-50732017000100001>
- de Abreu, M. N. G., Esquerre, K. P. S. O. R., Massa, A. R. C. d. G., & Pessoa, R. W. S. (2018). Reliability analysis associated with maintenance of online analyzers. In *Computer Aided Chemical Engineering* (Vol. 44, Issue 2004). Elsevier Masson SAS. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-64241-7.50220-2>
- Dias, P., Silva, F. J. G., Campilho, R. D. S. G., Ferreira, L. P., & Santos, T. (2019). Analysis and improvement of an assembly line in the automotive industry. *Procedia Manufacturing*, 38(2019), 1444–1452. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.01.143>
- Echeverr, A. (2018). *Análisis bibliográfico de la confiabilidad operacional en sistemas técnicos complejos*. <https://www.redalyc.org/journal/2251/225158799003/html/>
- Gasca, M. C., Camargo, L. L., & Medina, B. (2017). Sistema para Evaluar la Confiabilidad de Equipos Críticos en el Sector Industrial. *Informacion Tecnologica*, 28(4), 111–124. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642017000400014>
- Hashimoto, T., & Takizawa, S. (2021). Prediction of membrane failure in a water purification plant using nonhomogeneous poisson process models. *Membranes*, 11(11). <https://doi.org/10.3390/membranes11110800>
- Hou, Y. F., Huang, C. Y., & Fang, C. C. (2022). Using the Methods of Statistical Data Analysis to Improve the Trustworthiness of Software Reliability Modeling. *IEEE Access*, 10, 25358–25375. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2022.3154103>
- Hu, Z., Mansour, R., Olsson, M., & Du, X. (2021). Second-order reliability methods: a review and comparative study. *Structural and Multidisciplinary Optimization*, 64(6), 3233–3263. <https://doi.org/10.1007/s00158-021-03013-y>
- Kim, K. S., & Kim, H. C. (2016). The performance analysis of the software reliability NHPP log-linear model depend on viewpoint of the learning effects. *Indian Journal of Science and Technology*, 9(37). <https://doi.org/10.17485/ijst/2016/v9i37/101785>
- Krivtsov, V. V. (2007). Practical extensions to NHPP application in repairable system reliability analysis. *Reliability Engineering and System Safety*, 92(5), 560–562. <https://doi.org/10.1016/j.ress.2006.05.002>
- Montalvo, R. B., Villar, L., Armando, L., Concepción, D., Alfonso, A., Ángel, A., Soto, R., & Rodríguez, A. (2022). *Modificación de la metodología 6 Sigma para*

comprobación del rediseño de un filtro rotatorio de un producto biológico. 30, 124–133. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-33052022000100124>

Mun, B. M., Kvam, P. H., & Bae, S. J. (2021). Mixed-Effects Nonhomogeneous Poisson Process Model for Multiple Repairable Systems. *IEEE Access, 9*, 71900–71908. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3077605>

Orrantia Daniel, G., Sánchez Leal, J., De la Riva Rodríguez, J., Reyes Martínez, R. M., & Herrera Ríos, E. B. (2022). Metodología para medir la confiabilidad en líneas de ensamble. *RIDE Revista Iberoamericana Para La Investigación y El Desarrollo Educativo, 12(24)*. <https://doi.org/10.23913/ride.v12i24.1217>

Paez Advincula, R. R. (2022). Importancia de la ingeniería de confiabilidad operacional para el desarrollo empresarial. *Industrial Data, 25(1)*, 137–156. <https://doi.org/10.15381/idata.v25i1.21224>

Ramírez Montoya, J., Ramos Ramírez, E., & Martínez Salazar, J. L. (2022). Estimación de la función de confiabilidad usando remuestreo Jackknife y transformaciones. *Ciencia e Ingeniería Neogranadina, 32(1)*, 71–82. <https://doi.org/10.18359/rcin.5682>

Slimacek, V., & Lindqvist, B. H. (2017). Nonhomogeneous Poisson process with nonparametric frailty and covariates. *Reliability Engineering and System Safety, 167*, 75–83. <https://doi.org/10.1016/j.ress.2017.05.026>

Soltanali, H., Garmabaki, A. H. S., Thaduri, A., Parida, A., Kumar, U., & Rohani, A. (2019). Sustainable production process: An application of reliability, availability, and maintainability methodologies in automotive manufacturing. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part O: Journal of Risk and Reliability, 233(4)*, 682–697. <https://doi.org/10.1177/1748006X18818266>

Soltanali, H., Rohani, A., Tabasizadeh, M., Abbaspour-Fard, M. H., & Parida, A. (2020). Operational reliability evaluation-based maintenance planning for automotive production line. *Quality Technology & Quantitative Management, 17(2)*, 186–202. <https://doi.org/10.1080/16843703.2019.1567664>

Srivastava, N. K., & Mondal, S. (2014). Predictive maintenance using FMECA method and NHPP models. *International Journal of Services and Operations Management, 19(3)*, 319–337. <https://doi.org/10.1504/IJSOM.2014.065367>

Srivastava, P. W., & Jain, N. (2011). Reliability prediction during development phase of a system. *Quality Technology and Quantitative Management, 8(2)*, 111–124. <https://doi.org/10.1080/16843703.2011.11673251>

Wu, J., Dohi, T., & Okamura, H. (2024). A novel lifetime analysis of repairable systems via Daubechies wavelets. *Annals of Operations Research*, 1–4.

<https://doi.org/10.1007/s10479-024-06074-6>

Zuo, K., & Xiao, M. (2022). A repairable multi-state system with a general α -series process and an order-replacement policy. *Communications in Statistics - Theory and Methods*, 51(20), 7021–7037. <https://doi.org/10.1080/03610926.2020.1869991>

El artículo que se publica es de exclusiva responsabilidad de los autores y no necesariamente reflejan el pensamiento de la **Revista Ciencia Digital**.



El artículo queda en propiedad de la revista y, por tanto, su publicación parcial y/o total en otro medio tiene que ser autorizado por el director de la **Revista Ciencia Digital**.



Indexaciones



Herramientas digitales para fortalecer la metodología de enseñanza de los docentes

Digital tools to strengthen teachers teaching methodology

- ¹ Carlos Orlando Acosta Guanoquiza  <https://orcid.org/0009-0008-4338-5525>
Universidad Bolivariana del Ecuador, 092405 Durán, Ecuador.
coacostag@ube.edu.ec
- ² Guadalupe Maribel Mejía Alban  <https://orcid.org/0009-0007-4053-1702>
Universidad Bolivariana del Ecuador, 092405 Durán, Ecuador.
gmejjaa@ube.edu.ec
- ³ César Vicente Ramírez Gutiérrez  <https://orcid.org/0000-0001-9355-9169>
Universidad de Guayaquil, 090514 Guayaquil, Ecuador.
cesar.ramirezg@ug.edu.ec
- ⁴ Alejandro Reigosa Lara  <https://orcid.org/0000-0002-4323-6668>
Universidad Bolivariana del Ecuador, 092405 Durán, Ecuador
areigosal@ube.edu.ec



Artículo de Investigación Científica y Tecnológica

Enviado: 09/02/2024

Revisado: 06/03/2024

Aceptado: 26/04/2024

Publicado: 18/08/2024

DOI: <https://doi.org/10.33262/cienciadigital.v8i3.3144>

Cítese:

Acosta Guanoquiza, C. O., Mejía Alban, G. M., Ramírez Gutiérrez, C. V., & Reigosa Lara, A. (2024). Herramientas digitales para fortalecer la metodología de enseñanza de los docentes. *Ciencia Digital*, 8(3), 161-178. <https://doi.org/10.33262/cienciadigital.v8i3.3144>



CIENCIA DIGITAL, es una revista multidisciplinaria, trimestral, que se publicará en soporte electrónico tiene como misión contribuir a la formación de profesionales competentes con visión humanística y crítica que sean capaces de exponer sus resultados investigativos y científicos en la misma medida que se promueva mediante su intervención cambios positivos en la sociedad. <https://cienciadigital.org>
La revista es editada por la Editorial Ciencia Digital (Editorial de prestigio registrada en la Cámara Ecuatoriana de Libro con No de Afiliación 663) www.celibro.org.ec



Esta revista está protegida bajo una licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional. Copia de la licencia: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/deed.es>

Palabras claves:

Herramientas digitales, E-learning, metodología de enseñanza, capacitación docente.

Keywords:

Digital tools, E-learning, teaching methodology, teacher training

Resumen

Introducción: las herramientas digitales han experimentado una rápida y efectiva integración, desempeñando un papel fundamental en la creación y gestión de entornos educativos. Este artículo abordará herramientas digitales de utilidad para la clase docente dentro de su labor cotidiana y como estas se pueden alinear e implementar de manera coherente dentro de su planificación educativa. **Objetivo:** analizar y promover la integración de herramientas digitales en el ejercicio cotidiano de los docentes de las áreas básicas como una estrategia metodológica que permita enriquecer el proceso educativo. **Metodología:** el tipo de investigación realizado es de naturaleza descriptiva correlacional, ya que este enfoque permite establecer relaciones entre variables mediante la identificación de patrones y tendencias en los datos recopilados. Además, se ha abordado sistemáticamente el problema planteado, teniendo en consideración las características específicas de la comunidad educativa. **Resultados:** muestran la percepción de los docentes respecto al mejoramiento de sus clases tras haberse capacitado en herramientas digitales y haberlas utilizado en sus materias, reconociendo que estas ayudaron a mejorar el proceso de aprendizaje. **Conclusión:** la implementación de herramientas digitales en el proceso de enseñanza puede mejorar significativamente la calidad del proceso de aprendizaje de los estudiantes al proporcionar un entorno más interactivo y práctico; además, la capacitación de los docentes en el uso efectivo de herramientas digitales es crucial para aprovechar al máximo su potencial en el aula y promover un aprendizaje más eficaz. **Área de estudio general:** Educación. **Área de estudio específica:** Capacitación docente.

Abstract

Introduction: digital tools have experienced a rapid and effective integration, playing a fundamental role in the creation and management of educational environments. As a result, the digital tools used by teachers in their daily work can also be aligned and implemented coherently within their educational planning. **Objective:** To analyze and promote the integration of digital tools in the daily work of teachers of basic areas as a methodological strategy to enrich the educational process.

Methodology: The type of research conducted is of a descriptive correlational nature since this approach allows establishing relationships between variables by identifying patterns and trends in the data collected. In addition, the problem posed has been approached systematically, taking into consideration the specific characteristics of the educational community. **Results:** The results reveal the current panorama of the methodology used by teachers in their classes, where most of them recognize the importance of the use of digital tools in accordance with technological advances. However, the research also points out the lack of adequate equipment necessary to implement their proposals and innovations. **Conclusion:** The implementation of digital tools in the teaching process can significantly improve the quality of the learning process of students by providing a more interactive and practical environment; in addition, the training of teachers in the effective use of digital tools is crucial to maximize their potential in the classroom and promote more effective learning. **General area of study:** Education. **Specific area of study:** Teacher training.

1. Introducción

En el actual contexto educativo, las herramientas digitales han experimentado una rápida y efectiva integración, desempeñando un papel fundamental en la creación y gestión de entornos educativos en línea. Este fenómeno ha generado un notable interés en la incorporación de la tecnología en el proceso de enseñanza aprendizaje; como resultado, en la actualidad se busca fusionar las características distintivas de los entornos virtuales con los enfoques educativos contemporáneos.

Dentro de este proceso de integración las herramientas digitales van de la mano con los objetivos actuales de la educación en el país, es así que dentro de la visión de trabajo de la Unidad Educativa Angamarca, la cual busca fomentar una metodología de trabajo con apertura, interactividad, flexibilidad e innovación pretende aprender sobre el uso de herramientas digitales que puedan vincularse al proceso de enseñanza aprendizaje de una manera interactiva.

Es sobre la base de estas aseveraciones, que la literatura nos permite dirigir nuestra atención sobre algunos conceptos que han integrado la educación y la tecnología, como

es el denominado e-learning, el cual presenta una metodología práctica y funcional que brinda al docente y a sus estudiantes un entorno flexible y accesible, permitiéndoles a estos últimos aprender a su propio ritmo, en cualquier momento y lugar; mientras que, para los primeros les permite crear entornos de aprendizaje más flexibles y atractivos, ya que al ser interactivo contiene en el simulaciones, tutoriales, ejercicios prácticos y videos instructivos (Avila-Aguirre, 2023) para los segundos la clase es más atractiva.

Como resultado, las herramientas digitales que utilizan los docentes dentro de su labor cotidiana se pueden también alinear e implementar de manera coherente dentro de su planificación educativa, específicamente en alguna de las actividades dentro de las áreas básicas que manejen los educadores y acorde con las diferentes temáticas que se desarrollan dentro del salón de clase.

En respuesta a este escenario, el objetivo principal de la presente investigación es analizar y promover la integración de herramientas digitales en el ejercicio cotidiano de los docentes de las áreas básicas como una estrategia metodológica que permita enriquecer el proceso educativo.

Para la consecución de este objetivo, se realizó una revisión de literatura científica al respecto con el propósito de identificar las herramientas digitales clave y sus beneficios dentro de la clase; posteriormente, se analizaron los datos obtenidos para identificar patrones de uso y necesidades mediante el diseño y aplicación de un cuestionario detallado a los docentes de las áreas básicas, finalmente y guiándonos en la información recopilada, se determinó que la propuesta de intervención específica a ser implementada por los docentes de la Institución se realice a través del uso de, *Google Classroom*; ya que es la herramienta de mayor acogida y con la mayor disponibilidad acorde con la situación de los usuarios, constituyéndose en la base teórica de nuestra investigación y las cuales también nos permiten integrar otras herramientas como son: *Canva*, *Genially*, *Prezzi*, *Kahoot*, *Educa Play*, *Google Forms*, *Gamma*, *Padle*, *Google Drive*.

Los datos obtenidos también nos permitieron determinar la utilidad e importancia de dichas herramientas y la necesidad de que los docentes se capaciten, busquen y brinden dentro de su enseñanza preceptos actualizados dentro del ámbito virtual; convirtiendo este último en otro de los objetivos que resulta esencial para el trabajo docente y una de sus características más notorias; ya que al estar debidamente capacitado en el uso de herramientas educativas digitales, el profesor tendrá un mejor desenvolvimiento áulico y fomentara una de las competencias laborales más importante de los últimos tiempos.

En última instancia, es fundamental señalar que la incorporación de la tecnología como una herramienta de uso diario dentro del salón de clases va a fortalecer la presentación, trabajo y manejo de los contenidos en la misma expuestos; dejando de lado una simple transferencia de datos del docente al alumno y dando lugar a una participación activa y

una orientación personalizada que permita que la efectividad de los aprendizajes expuestos logre niveles mayores de recepción y permita enriquecer el proceso de enseñanza aprendizaje.

Siguiendo nuestro hilo de ideas, la base teórica que fundamenta la presente investigación es detallada de manera condensada a continuación:

Metodología de la enseñanza

Para Lores & Matos (2017), la metodología de la enseñanza se define como el conjunto cohesionado de técnicas y actividades que un profesor emplea con el propósito de alcanzar uno o varios objetivos educativos. Este conjunto tiene coherencia interna, posee significado integral y se identifica mediante una denominación reconocida y compartida por la comunidad científica (p. 28).

Los métodos de enseñanza enfocados al e-learning son estrategias pedagógicas diseñadas específicamente para facilitar el aprendizaje a través de entornos virtuales utilizando tecnologías de la información y la comunicación, puesto que estos métodos aprovechan plataformas y herramientas digitales como *Google Classroom* y *Google Drive* para ofrecer experiencias de aprendizaje interactivas, colaborativas y personalizadas.

Cuando se combinan estos métodos de enseñanza con herramientas como *Google Classroom* y *Google Drive*, mismas que permiten integrarse con herramientas de presentaciones multimedia y trabajo interactivo, es así como se crea un entorno educativo digital altamente interactivo y dinámico. Los estudiantes pueden acceder a materiales de aprendizaje desde cualquier lugar y en cualquier momento, colaborar con compañeros de clase en proyectos en línea y recibir retroalimentación rápida y personalizada de los educadores (Espinosa-Izquierdo et al., 2015).

Se puede mencionar entonces que estos métodos de enseñanza, combinados con herramientas digitales como *Google Classroom* y *Google Drive*, representan una poderosa combinación para la educación en el siglo XXI, ofreciendo experiencias de aprendizaje innovadoras y efectivas que se adaptan a las necesidades y demandas del mundo actual.

Nuevos métodos de enseñanza: E-learning

El e-learning, también conocido como aprendizaje en línea, se refiere al proceso de enseñanza y aprendizaje que se lleva a cabo a través de medios electrónicos, especialmente utilizando tecnologías de la información y la comunicación (TIC) (Salvat, 2018). Es decir, esta modalidad educativa permite a los estudiantes acceder a contenidos de aprendizaje, participar en actividades interactivas y recibir retroalimentación a través de plataformas digitales.

El e-learning posibilita la interacción entre los participantes del proceso educativo superando limitaciones temporales y geográficas; además, facilita la enseñanza autorregulada y crea espacios para la interacción, el trabajo colaborativo, el trabajo cooperativo y la reflexión conjunta sobre temas de interés, involucrando la participación de estudiantes y docentes, incluso cuando se encuentran físicamente separados.

En el contexto de las materias básicas, el e-learning juega un rol importante, pues proporciona a los estudiantes la oportunidad de adquirir conocimientos de manera interactiva mediante herramientas digitales que incluyen presentaciones multimedia atractivas realizadas en *Canva*, *Prezzi*, *Geanilly*, o a través de actividades interactivas que nos proporciona *Educaplay*, *Kahhot*, entre otras, en el entorno actual usar herramientas digitales es necesario para despertar el interés del estudiante por el aprendizaje de una manera más atrayente.

Un estudio realizado por García-Peñalvo & Seoane (2015), aborda la importancia que tiene el e-learning en la enseñanza de las materias básicas, ya que esta puede mejorar la eficacia del aprendizaje al proporcionar un entorno interactivo y práctico que permite a los estudiantes desarrollar habilidades prácticas de manera efectiva, es decir e-learning promueve la autonomía del estudiante al ofrecerle control sobre su propio proceso de aprendizaje.

Herramientas educativas digitales

Las herramientas digitales representan un sistema tecnológico utilizado para recibir, manipular y procesar información. Según Pérez et al. (2019), estas herramientas desempeñan un papel fundamental al facilitar la adquisición de nuevos conocimientos a través de estrategias innovadoras, convirtiéndose en recursos relevantes para la sociedad en su conjunto.

En el ámbito educativo, el empleo de herramientas digitales adquiere una importancia crucial para la enseñanza; ya que su implementación genera en los estudiantes habilidades y competencias, permitiéndoles sumergirse en el vasto mundo del aprendizaje interactivo. Según Pira et al. (2019), el manejo y uso de la tecnología en la educación proporciona conocimientos y habilidades informáticas fundamentales, sirviendo como base para una educación técnica adecuada.

La integración de herramientas digitales en la educación es dirigida por el docente, quien analiza estas herramientas con el objetivo de lograr un impacto significativo en la implementación académica de los estudiantes. El educador, según lo señalado por Sánchez (2019), tiene la capacidad de transformar una clase tradicional en un entorno tecnológico.

Todos estamos familiarizados con la referencia a Google, la empresa líder en el ámbito de internet a nivel mundial. Aunque su navegador web es su característica más destacada, Google proporciona una extensa gama de servicios, entre los cuales se incluyen diversas aplicaciones; estas aplicaciones son comúnmente reconocidas como las herramientas que pueden ser incluidas al ámbito educativo; por lo cual, poseer un sólido dominio de las herramientas de Google es esencial, tanto para creadores de contenido como para cualquier individuo que lleve a cabo diversas tareas en un entorno informático.

Google Classroom

Google Classroom, como plataforma LMS, permite a los docentes crear y programar clases o sesiones mediante *Google Meet*, ofreciendo una notable ventaja al posibilitar videoconferencias en tiempo real, con los estudiantes (Larkin et al., 2021) Además, la plataforma permite la creación de lecciones interactivas mediante el uso de YouTube o presentaciones interactivas, las cuales quedan grabadas.

Estas funcionalidades permiten a los estudiantes revisar y repasar las clases tantas veces como sea necesario, adaptando así su aprendizaje a su propio ritmo y necesidades, permiten una colaboración eficiente y fluida entre usuarios y facilitan la creación, edición y gestión conjunta de documentos; promoviendo así la productividad y el intercambio de información de manera sincrónica, rápida y eficaz (Dabbagh & Kitsantas, 2021).

Google Drive

Arroyo et al. (2021), menciona que *Google Drive* es una plataforma de almacenamiento en la nube que facilita la creación y edición colaborativa de documentos, hojas de cálculo y presentaciones, promoviendo la accesibilidad y el aprendizaje colaborativo, por otro lado Gómez (2020), habla sobre *Google Classroom* como una plataforma de gestión del aprendizaje que simplifica la creación, distribución y evaluación de tareas en entornos educativos, fomentando una comunicación fluida entre estudiantes y docentes, así como una retroalimentación personalizada.

De ello se puede decir que tanto *Google Drive* como *Google Classroom* son herramientas poderosas que han revolucionado la educación al ofrecer funcionalidades que fomentan la colaboración, la accesibilidad y la eficiencia en el proceso de enseñanza y aprendizaje

Nuestro enfoque centra su atención en estas herramientas; la primera brinda al usuario la capacidad de crear y modificar documentos en tiempo real, así como compartir y acceder a archivos y carpetas de manera colaborativa, representa una funcionalidad esencial en el entorno digital contemporáneo, mientras que la segunda permite facilitar la gestión colaborativa de un aula a través de Internet, presentándose como una plataforma para la administración del aprendizaje, o *Learning Management System (LMS)*, es esencial en el contexto educativo actual.

Herramientas digitales integradas

La siguiente tabla proporciona una comparación detallada de diversas herramientas educativas en línea que pueden enlazarse al *Google Classroom*, lo cual constituye una gran utilidad para educadores, estudiantes y de manera general para todos los profesionales del aprendizaje interesados crear clases en línea de manera interactiva o mantenerlas como portafolios digitales donde los estudiantes pueden tener acceso y aprender de una manera más interactiva. Debemos tener también presente que al conectar herramientas digitales como son las plataformas educativas con *Google Drive* y *Google Classroom*, se amplían las posibilidades de integración y colaboración en entornos educativos digitales. A continuación, se describe de manera detallada las herramientas digitales de las cuales se ha capacitado los docentes en la presente investigación:

Tabla 1

Herramientas digitales que se integran a Google Classroom

Herramientas digitales para presentación teórica				
Aplicación	Descripción	Características	Ventajas	Desventajas
	Canva es una herramienta de diseño gráfico en línea que permite a los usuarios crear una variedad de diseños, desde publicaciones en redes sociales hasta presentaciones y logotipos (Noor et al., 2023)	<ul style="list-style-type: none"> - Amplia gama de plantillas y elementos gráficos. - Funciones de arrastrar y soltar fáciles de usar. - Colaboración en tiempo real con otros usuarios. 	<ul style="list-style-type: none"> - Interfaz intuitiva y fácil de aprender. - Opciones de diseño flexibles para usuarios principiantes y avanzados. 	<ul style="list-style-type: none"> - Algunas características avanzadas pueden requerir una suscripción paga. - La exportación de archivos de alta calidad puede ser limitada en la versión gratuita.
	Genially es una plataforma en línea para crear presentaciones interactivas, infografías y otros contenidos visuales.	<ul style="list-style-type: none"> - Amplia variedad de plantillas y recursos interactivos. - Integración de elementos multimedia como videos y sonidos. - Posibilidad de compartir y colaborar en tiempo real. 	<ul style="list-style-type: none"> - Diseños atractivos y dinámicos que captan la atención del público. - Funcionalidad de interactividad que mejora la participación del espectador (Albert, 2018) 	<ul style="list-style-type: none"> - Algunas funciones avanzadas están restringidas a planes de pago. - La curva de aprendizaje puede ser pronunciada para usuarios nuevos en diseño interactivo.

Tabla 1
Herramientas digitales que se integran a Google Classroom (continuación)

Aplicación	Descripción	Características	Ventajas	Desventajas
 Prezi	Prezi es una herramienta de presentación en línea que utiliza un enfoque no lineal, permitiendo a los usuarios crear presentaciones dinámicas y visuales (Kim, 2017).	<ul style="list-style-type: none"> - Estructura de presentación no lineal que permite zoom y navegación fluida. - Integración de elementos multimedia como imágenes y videos. - Colaboración en tiempo real con otros usuarios. 	<ul style="list-style-type: none"> - Presentaciones visualmente impactantes que rompen con el formato tradicional de diapositivas. - Funcionalidad de zoom que permite enfocarse en detalles específicos. 	<ul style="list-style-type: none"> - La creación de presentaciones puede ser más compleja que con herramientas tradicionales. - Algunas características avanzadas están disponibles solo en planes de pago.
Herramientas digitales para práctica lúdica y evaluativa				
 Kahoot	Kahoot es una plataforma de aprendizaje en línea que permite a los usuarios crear y participar en cuestionarios interactivos, encuestas y juegos educativos (Soong et al., 2019).	<ul style="list-style-type: none"> - Creación sencilla de cuestionarios y juegos educativos. - Posibilidad de jugar en tiempo real con múltiples jugadores. - Integración de música y sonidos para hacer los juegos más divertidos. 	<ul style="list-style-type: none"> - Promueve la participación y la interacción en el aula o en entornos virtuales. - Facilita la evaluación formativa y el seguimiento del progreso del estudiante. 	<ul style="list-style-type: none"> - La versión gratuita puede tener limitaciones en cuanto a funciones y cantidad de jugadores. - Algunos usuarios pueden encontrar que la interfaz es demasiado simplista para necesidades educativas más avanzadas.
 Educa Play	Educa Play es una plataforma en línea que ofrece una variedad de recursos educativos, como cuestionarios, juegos y <i>flashcards</i> , para el aprendizaje interactivo (Zaff et al., 2018).	<ul style="list-style-type: none"> - Amplia biblioteca de contenido educativo en varios idiomas y temas. - Personalización de actividades según las necesidades del usuario. - Seguimiento del progreso del estudiante y generación de informes. 	<ul style="list-style-type: none"> - Ofrece una variedad de herramientas y recursos para adaptarse a diferentes estilos de aprendizaje. - Facilita la autoevaluación y la práctica de habilidades específicas. 	<ul style="list-style-type: none"> - Algunas funciones avanzadas pueden requerir una suscripción paga. - La calidad del contenido puede variar según la contribución de los usuarios.

Tabla 1*Herramientas digitales que se integran a Google Classroom (continuación)*

Aplicación	Descripción	Características	Ventajas	Desventajas
 <p>Google Forms</p>	<p><i>Google Forms</i> es una herramienta gratuita de Google que permite crear encuestas y formularios en línea de manera rápida y sencilla (Bartlett et al., 2001).</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Creación sencilla de encuestas y formularios con una variedad de tipos de preguntas. - Integración con otras herramientas de Google, como <i>Google Sheets</i> para análisis de datos. - Posibilidad de personalizar el diseño y las opciones de respuesta. 	<ul style="list-style-type: none"> - Acceso gratuito para usuarios con una cuenta de Google. - Facilidad de uso y compatibilidad con dispositivos móviles. 	<ul style="list-style-type: none"> - Algunas características avanzadas pueden estar limitadas en comparación con herramientas especializadas de encuestas. - La personalización del diseño puede ser limitada en comparación con otras herramientas de diseño.
 <p>Gamma</p>	<p>Gamma es una plataforma de colaboración en línea que permite a los usuarios trabajar juntos en proyectos y documentos en tiempo real (Hsu et al., 2014).</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Edición colaborativa en tiempo real de documentos, hojas de cálculo y presentaciones. - Comentarios y chat integrados para facilitar la comunicación entre los colaboradores. - Control de versiones para rastrear cambios y revertir a versiones anteriores si es necesario. 	<ul style="list-style-type: none"> - Mejora la productividad al permitir la colaboración eficiente en proyectos. - Facilita el trabajo remoto al proporcionar una plataforma centralizada para compartir y editar documentos. 	<ul style="list-style-type: none"> - Algunas funciones avanzadas pueden requerir una suscripción paga. - La interfaz puede resultar abrumadora para usuarios nuevos en herramientas de colaboración en línea.

Tabla 1*Herramientas digitales que se integran a Google Classroom (continuación)*

Aplicación	Descripción	Características	Ventajas	Desventajas
 padlet	Padlet es una herramienta en línea que permite crear tableros virtuales donde los usuarios pueden agregar y organizar contenido multimedia como notas, imágenes y videos (Sarsar et al., 2020)	<ul style="list-style-type: none"> - Interfaz intuitiva con funciones de arrastrar y soltar. - Personalización de tableros con una variedad de diseños y fondos. - Colaboración en tiempo real con otros usuarios. 	<ul style="list-style-type: none"> - Flexibilidad para utilizar Padlet en una variedad de entornos, desde aulas hasta entornos empresariales. - Facilita la organización y el intercambio de ideas en formato visual. 	<ul style="list-style-type: none"> - Algunas características avanzadas están restringidas a planes de pago. - La cantidad de contenido que se puede agregar puede estar limitada en la versión gratuita.

2. Metodología

La presente investigación adopta un enfoque cuantitativo, basado en un esquema deductivo y lógico, según lo propuesto por Hernández-Sampieri & Mendoza-Torres (2018), donde este enfoque se selecciona debido a su capacidad para formular preguntas de investigación e hipótesis, mismas que posteriormente se someten a pruebas rigurosas para su validación. Este paradigma proporciona una estructura sólida para analizar y comprender fenómenos a través de la recopilación y el análisis de datos numéricos.

El diseño de la investigación se caracteriza por ser no experimental, lo que implica que no se manipulan variables independientes, sino que se observan y analizan fenómenos tal como se presentan en su entorno natural. Este enfoque resulta adecuado para estudiar fenómenos complejos dentro de su contexto real, como es el caso de la percepción y el uso de herramientas digitales en el ámbito educativo.

Para recopilar datos, se emplearon métodos descriptivos y bibliográficos. Los métodos descriptivos permitirán caracterizar y analizar el problema de investigación, mientras que los métodos bibliográficos proporcionarán un marco teórico sólido y actualizado sobre el tema de estudio. Además, se llevó a cabo una revisión exhaustiva de la literatura pertinente para contextualizar el estudio y fundamentarlo teóricamente.

El tipo de investigación realizado es de naturaleza descriptiva correlacional, ya que este enfoque permite establecer relaciones entre variables mediante la identificación de patrones y tendencias en los datos recopilados. Además, se ha abordado sistemáticamente el problema planteado, teniendo en consideración las características específicas de la comunidad educativa.

La población estará compuesta por 22 docentes que pertenecen a la UE Angamarca. El instrumento principal utilizado para la recolección de datos será un cuestionario estructurado en dos momentos, primero que recoja la percepción respecto al interés de capacitarse en herramientas digitales, luego establecer la especialidad sobre las herramientas que desean que se centre la capacitación, y en un segundo momento tras la capacitación y que los docentes hayan tenido de la oportunidad de haber aplicado estos conocimientos evidenciar la percepción del mejoramiento del proceso de enseñanza aprendizaje al haber utilizado las herramientas digitales y que herramienta fue utilizada más al momento de impartir sus materias.

Todo este proceso metodológico permitió establecer la importancia de las herramientas digitales dentro del proceso de enseñanza aprendizaje y como el *Google Drive* y *Classroom* enlazándose a otras plataformas educativas como el Educa Play permiten integrar y mejorar el proceso de enseñanza aprendizaje, así como también dinamizar los procesos de aprendizaje en cada una de las materias básicas como lengua y literatura, matemática, ciencias sociales y ciencias naturales de la UE Angamarca.

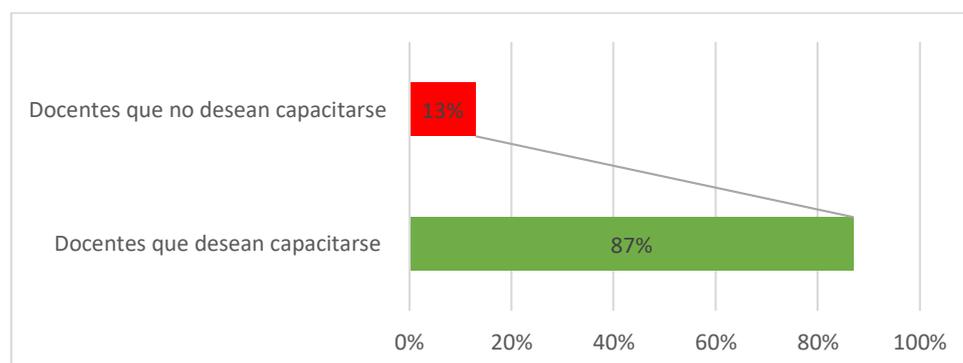
3. Resultados

Después de haber realizado la encuesta a la población docente de la UE Angamarca, se pudieron obtener resultados respecto al interés sobre capacitarse sobre herramientas digitales, estableciendo además en cuáles están interesadas y cuáles de ellas les han servido dentro de su proceso de formación. Estos resultados han permitido evidenciar que a pesar de existir interés de capacitarse y conocer sobre nuevas herramientas que ayuden a mejorar el proceso de enseñanza, siempre nos encontraremos con reticencias respecto a ciertos docentes que no ven como necesario conocer respecto a las TICs.

¿Cómo docente estaría dispuesto a capacitarse sobre el uso de herramientas digitales para mejorar el proceso de enseñanza – aprendizaje en su materia?

Figura 1

Percepción docente respecto al interés en capacitación sobre herramientas digitales

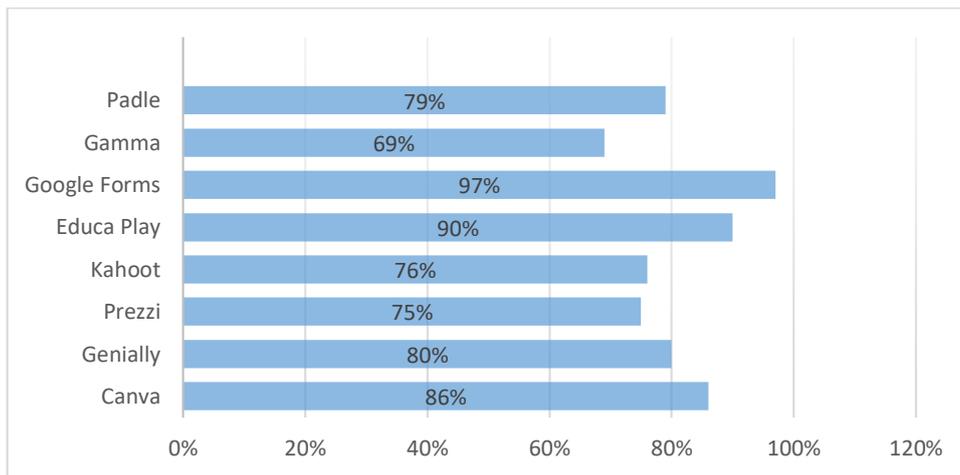


Esta pregunta permitió evidenciar que el 87% está dispuesto a recibir una capacitación sobre herramientas versus un 13% que aún es resistente al cambio de prácticas innovadoras que fortalezcan el proceso de enseñanza.

¿Sobre qué herramientas digitales le gustaría recibir la capacitación?

Figura 2

Herramientas digitales en las que desean capacitarse

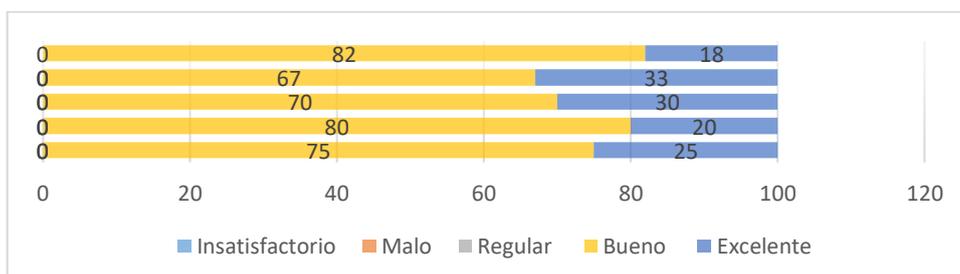


Entre las diversas opciones planteadas se analiza que los docentes sienten interés en un 97% en recibir capacitación sobre el funcionamiento del *Google Forms*, en un 90% sobre la herramienta *Educa Play*, en un 86% *Canva* para presentaciones multimedia, así como también *Genially* en un 80%, estos datos que nos permiten establecer las herramientas principales en las que se centraran nuestra capacitación.

Además, se debe considerar que las otras herramientas con menor porcentaje también pueden darse en capacitaciones futuras, buscando seguir mejorando con el proceso de integración de herramientas digitales al proceso de aprendizaje e implementación y mejoramiento de sus clases.

Figura 3

Percepción de mejoramiento del proceso de enseñanza-aprendizaje después de capacitación

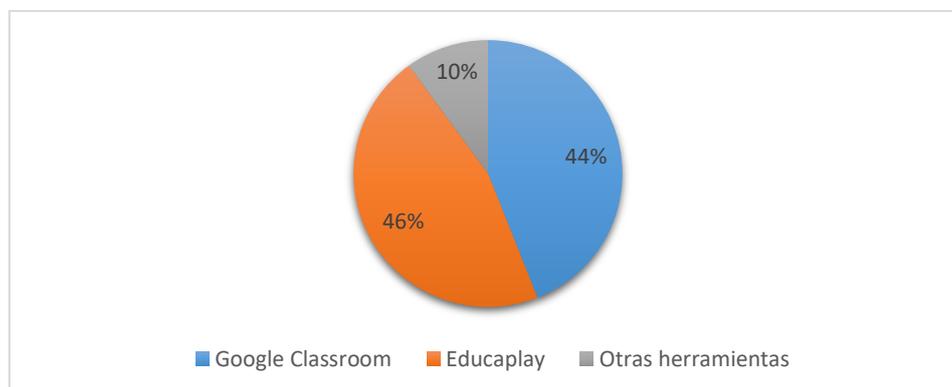


Estos datos reflejan una percepción positiva tanto por parte de los docentes como de los estudiantes sobre el impacto de la capacitación en herramientas digitales en el proceso de enseñanza-aprendizaje; ya que, la mayoría de los docentes han reconocido mejoras en su práctica docente, mientras que la mayoría de los estudiantes han experimentado beneficios en su experiencia de aprendizaje; sin embargo, es importante mantener un enfoque en la mejora continua y en el desarrollo profesional continuo de los docentes para garantizar que todos los estudiantes puedan beneficiarse plenamente de las oportunidades que ofrece la tecnología en el aula.

Figura 4

Herramienta digital más utilizada al impartir clases

Google Classroom y Educaplay



Los resultados no indican que *Google Classroom* y *Educaplay* son las herramientas digitales más populares entre los docentes debido a su facilidad de uso, amplio abanico de funcionalidades, integración con otros servicios, capacidad de colaboración y comunicación, así como su adaptabilidad y personalización para satisfacer las necesidades individuales de los estudiantes y facilitar el proceso de enseñanza y aprendizaje.

4. Conclusiones

- Existe un conocimiento generalizado sobre las herramientas digitales entre los docentes, pero es fundamental implementarlas de manera efectiva en el desarrollo de las clases para garantizar una enseñanza más dinámica y adaptada a las demandas educativas contemporáneas.
- La implementación de herramientas digitales en el proceso de enseñanza puede mejorar significativamente la calidad del proceso de aprendizaje de los estudiantes al proporcionar un entorno más interactivo y práctico.
- La capacitación de los docentes en el uso efectivo de herramientas digitales como *Google Drive*, *Google Classroom* y plataformas interactivas como *Educa Play*,

ayudan a desarrollar de una manera más dinámica e interactiva el potencial del maestro y estudiantes, promoviendo un aprendizaje significativo.

- La falta de equipamiento adecuado en algunas instituciones educativas puede representar una barrera para la implementación efectiva de herramientas digitales en el aula, lo que resalta la necesidad de invertir en infraestructura tecnológica en el ámbito educativo.
- La integración de habilidades digitales transferibles en el proceso de enseñanza es esencial para preparar a los estudiantes para el mundo laboral actual, donde el dominio de la tecnología de oficina es cada vez más requerido en una variedad de campos profesionales.

5. Conflicto de intereses

Los autores declaran que no existe conflicto de intereses en relación con el artículo presentado.

6. Declaración de contribución de los autores

Todos los autores contribuyeron significativamente en la elaboración del artículo.

7. Costos de financiamiento

La presente investigación fue financiada en su totalidad con fondos propios de los autores.

8. Referencias Bibliográficas

Albert, P. (2018). Genially: Una herramienta para la creación de contenidos digitales interactivos en la educación. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 15(3), 607-614. <https://www.redalyc.org/pdf/920/92020102.pdf>

Arroyo, A. G., Matías, F. M., & Escobar, O. D. (2021). Uso de google drive como estrategia de enseñanza aprendizaje en asignaturas de investigación en alumnos de nutrición. *Revista Educación y Tecnología*, 14(21), 23-46. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7958044>

Avila-Aguirre. (2023). La Educación Virtual Universitaria como medio para mejorar las competencias genéricas y los aprendizajes a través de buenas prácticas docente [Tesis doctoral, Cataluña, España]. <https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/397710/TRADR1de1.pdf>

Bartlett, Kotrlik, & Higgins. (2001). Organizational Research: Determining Appropriate Sample Size in Survey Research. *Information Technology, Learning, and Performance Journal*, 7(10), 43-50. <https://www.scirp.org/reference/ReferencesPapers?ReferenceID=1588649>

- Dabbagh, & Kitsantas. (2021). Personal Learning Environments, social media, and self-regulated learning: A natural formula for connecting formal and informal learning. *The Internet and Higher Education*, 15(1), 3-8.
<https://iastate.pressbooks.pub/onlinelearningtoolbox/chapter/dabbagh-kitsantas-personal-learning-environments-social-media-and-self-regulated-learning-a-natural-formula-for-connecting-formal-and-informal-learning/>
- Espinosa-Izquierdo, J. G., Espinosa-Figueroa, J. A., & Espinosa-Arreaga, G. B. (2015). E-learning una herramienta necesaria para el aprendizaje. *Revista Polo del Conocimiento*, 6(3), 659-669.
<https://polodelconocimiento.com/ojs/index.php/es/article/view/2394>
- García-Peñalvo, F. J., & Seoane Pardo, A. M. (2015). Una revisión actualizada del concepto de eLearning. *Education in the Knowledge Society Journal*, 16(1), 119-144. <https://www.redalyc.org/pdf/5355/535554757008.pdf>
- Gómez, J. M. (2020). Google Classroom: Una herramienta para la gestión pedagógica. *Mamakuna Revista de divulgación de experiencias pedagógicas*(14), 44-54.
<https://revistas.unae.edu.ec/index.php/mamakuna/article/view/340>
- Hernández-Sampieri, R., & Mendoza-Torres, C. P. (2018). *Metodología de la investigación las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. McGraw-Hill Education. <https://repositoriobibliotecas.uv.cl/items/02b0eabb-bbb2-4375-9b5b-9468ee0d8174>
- Hsu, Ching, & Grabowski. (2014). Web 2.0 Applications and Employee Knowledge Sharing: A Social Exchange Perspective. *International Journal of Information Management*, 747-758.
https://www.researchgate.net/publication/281395865_Web_20_Applications_and_Practices_for_Learning_Through_Collaboration
- Kim, C., Kim, M. K., & Lee, C. (2017). Investigating pre-service teachers' perception and use of Prezi. *TechTrends*, 29(1), 393-400.
https://www.researchgate.net/publication/257246060_Teacher_beliefs_and_tech_nology_integration
- Larkin, K., Fauziah, I., & Nurwulan, N. R. (2021). Google Classroom: An Evaluation of Features, Functions, and Usability. *Journal of Educators Online*, 7(1), 11-15.
https://www.researchgate.net/publication/220382286_Functionality_usability_and_user_experience_Three_areas_of_concern

- Lores, D. N., & Matos, M. S. (2017). Redefinición de los conceptos método de enseñanza y método de aprendizaje. *EduSol*, 17(60), 26-33.
<https://www.redalyc.org/journal/4757/475753184013/html/>
- Noor, M., Karan, E., & Ristati. (2023). The Effectiveness of Canva Graphic Design Software for Art and Design Subject in Graphic Design Course. *International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering*, 5(3), 2333-2336.
<https://jonedu.org/index.php/joe/article/download/1826/1502/>
- Pérez, M. A., Vinueza, M. A., Yupangui, H. R., & Parra, A. D. (2019). Las Tecnologías de la Información y de la Comunicación (TIC) como forma investigativa interdisciplinaria con un enfoque intercultural para el proceso de formación estudiantil. (E. d. Universidad de Costa Rica, Ed.) *E-Ciencias de la Información*, 9(1), 44-59. <https://www.redalyc.org/journal/4768/476862662003/html/>
- Pira, L. B., Romero, R. F., & Muñoz, D. P. (2019). Uso de las TIC en preescolar: hacia la integración curricular. *Panorama*, 13(24), 20-32.
https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/8909/Etesis_1.pdf
- Salvat, B. G. (2018). La evolución del e-learning: del aula virtual a la red. *RIED. Revista Iberoamericana de Educación a Distancia*, 21(2), 69-82.
<https://www.redalyc.org/journal/3314/331455826005/html/>
- Sánchez, C. C. (2019). La llegada de las nuevas tecnologías a la educación y sus implicaciones. *International Journal of New Education*, 13(4), 13-32.
<https://revistas.uma.es/index.php/NEIJ/article/view/7449/6962>
- Sarsar, Acartürk, & Ramadania, A. (2020). An examination of students' perceptions regarding learning management systems: a structural equation model approach. *Educational Technology & Society*, 2(2), 36-46.
<https://journal.uhamka.ac.id/index.php/ellter-j/article/view/7589>
- Soong, Chan, Cheers, & Huang. (2020). Impact of gamified quizzes on learning outcomes and motivation: A study of Kahoot. *Interactive Learning Environments*, 68(1), 1875-1901.
<https://link.springer.com/article/10.1007/s11423-020-09807-z>
- Zaff, Dondero, & Wong. (2018). Games and Learning: A Systematic Review. *Review of Educational Research*, 86(1), 79-122.
<https://eric.ed.gov/?q=meta+analysis+study+on+game+based+learning&pr=on&id=EJ1090510>

El artículo que se publica es de exclusiva responsabilidad de los autores y no necesariamente reflejan el pensamiento de la **Revista Ciencia Digital**.



El artículo queda en propiedad de la revista y, por tanto, su publicación parcial y/o total en otro medio tiene que ser autorizado por el director de la **Revista Ciencia Digital**.



Indexaciones



Análisis de falla de los rodillos dentados de una máquina desfibadora de cáscara de coco mediante la simulación de respuesta armónica y estado estructural transitorio aplicando el software Ansys

Failure analysis of the toothed rollers of a coconut shell shredder machine through the simulation of harmonic response and transient structural state applying Ansys software

- ¹ Gustavo Alfredo Barona López  <https://orcid.org/0009-0005-2412-1549>
Magister en Diseño, Producción y Automatización Industrial, EPN, Quito, Ecuador.
barona.gustavo.b@gmail.com
- ² Xavier Oswaldo Macas Valdez  <https://orcid.org/0009-0007-9997-3230>
Magister en Diseño, Producción y Automatización Industrial, EPN, Quito, Ecuador.
menerisocede@gmail.com
- ³ Nataly Cumandá Chanatásig Pichucho  <https://orcid.org/0009-0004-5336-9546>
Magister en Diseño, Producción y Automatización Industrial, EPN, Quito, Ecuador.
cuma_naty@hotmail.com
- ⁴ Álvaro Javier Rosas Huera  <https://orcid.org/0009-0005-1082-5510>
Ingeniero Mecánico, EPN, Quito, Ecuador.
alvaro_rosashj@hotmail.com



Artículo de Investigación Científica y Tecnológica

Enviado: 10/02/2024

Revisado: 07/03/2024

Aceptado: 12/04/2024

Publicado: 10/09/2024

DOI: <https://doi.org/10.33262/cienciadigital.v8i3.3166>

Cítese:

Barona López, G. A., Macas Valdez, X. O., Chanatásig Pichucho, N. C., & Rosas Huera, Álvaro J. (2024). Análisis de falla de los rodillos dentados de una máquina desfibadora de cáscara de coco mediante la simulación de respuesta armónica y estado estructural transitorio aplicando el software Ansys. *Ciencia Digital*, 8(3), 179-199. <https://doi.org/10.33262/cienciadigital.v8i3.3166>



CIENCIA DIGITAL, es una revista multidisciplinaria, trimestral, que se publicará en soporte electrónico tiene como misión contribuir a la formación de profesionales competentes con visión humanística y crítica que sean capaces de exponer sus resultados investigativos y científicos en la misma medida que se promueva mediante su intervención cambios positivos en la sociedad. <https://cienciadigital.org>
La revista es editada por la Editorial Ciencia Digital (Editorial de prestigio registrada en la Cámara Ecuatoriana de Libro con No de Afiliación 663) www.celibro.org.ec



Esta revista está protegida bajo una licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional. Copia de la licencia: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/deed.es>

Palabras claves:

Simulación de respuesta armónica, simulación de estado estructural transitorio, simulación de rodillos desfibreadores con Ansys, rodillos desfibreadores de cáscara de coco, análisis de falla de rodillos dentados.

Resumen

Introducción: en el Ecuador, la producción anual de coco es de 26.000 toneladas. El proceso de desprendimiento de su fibra es empleando machetes de forma rudimentaria, ocasionado que las personas que se dedican a esta actividad tengan accidentes. Por tal peligro, es necesario dotar de máquinas desfibreadoras de tipo rodillos dentados giratorios que pueden solucionar esta problemática, siendo los rodillos el elemento mecánico de mayor grado de importancia para desfibrar la cáscara, esto hace que, para asegurar su diseño y construcción se aplique un determinado análisis de falla. **Objetivo:** el artículo tiene por objetivo realizar un análisis de falla de los rodillos dentados de una máquina desfibreadora de cáscara de coco mediante la simulación de respuesta armónica y estado estructural transitorio aplicando el software Ansys, como un aporte al sector industrial del coco. **Resultados:** el diseño y construcción de la máquina se muestra de forma general, mientras que, para el desarrollo del objetivo de esta investigación se presentó el diseño y el plano de los rodillos dentados. La simulación de los rodillos se lo realizó en el software Ansys, para lo cual; se establecieron parámetros del sistema y para su mallado tamaño de malla de 4, 6 y 10 mm; con el propósito de obtener su frecuencia fundamental natural, respuesta de frecuencia, deformaciones y esfuerzos de von Mises. En el análisis de respuesta armónica y estado estructural transitorio, a medida que disminuye el tamaño de malla los valores de deformación total máxima y esfuerzo von Mises máximo son cada vez más exactos, teniendo exactitud en la malla de 4 mm con valores de 0,07393 mm y 15,86 MPa, respectivamente. **Conclusión:** se concluye que, en la simulación mediante respuesta armónica de los rodillos la frecuencia de 35 Hz alcanza su máxima excitación con un valor de amplitud de $1,039e-10$ mm, no generando daños en los mismos, mientras que, en la simulación mediante estado estructural transitorio de los rodillos se obtuvo un valor de deformación total máximo de 0,07393 mm y un esfuerzo de von Mises máximo de 15,86 MPa, que comparado con la deformación de fluencia de 0,175 mm y la resistencia de fluencia de 250 MPa del acero ASTM A36 utilizado para su fabricación, no se produce falla por rotura. **Área de estudio general:** Ingeniería de falla. **Área de estudio**

específica: Simulación de respuesta armónica y estado estructural transitorio. **Tipo de estudio:** original.

Keywords:

Harmonic response simulation, transient structural state simulation, defibration roller simulation with ansys, coconut shell defibration rollers, toothed roller failure analysis.

Abstract

Introduction: in Ecuador, annual coconut production is 26,000 tons. The process of removing the fiber is done using rudimentary machetes, causing accidents to occur among people who realize in this activity. Due to this danger, it is necessary to equip shredder machines with rotating toothed rollers that can solve this problem, the rollers being the mechanical element of greatest importance for shredding the shell, which means that, to ensure their design and construction, a certain failure analysis is applied. **Objective:** The objective of this article is to perform a failure analysis of the toothed rollers of a coconut shell shredding machine by simulating harmonic response and transient structural state by applying the Ansys software, as a contribution to the coconut industrial sector. **Results:** the design and construction of the machine is shown in a general way, while, for the development of the objective of this research, the design and plan of the toothed rollers were presented. The simulation of the rollers was conducted in the Ansys software, for which; parameters of the system and mesh size of 4, 6 and 10 mm were established; with the purpose of obtaining its natural fundamental frequency, frequency response, deformations, and von Mises stresses. In the analysis of harmonic response and transient structural state, as the mesh size decreases, the values of maximum total strain and maximum von Mises stress are increasingly accurate, having accuracy in the 4 mm mesh with values of 0.07393 mm and 15.86 MPa, respectively. **Conclusion:** It is concluded that, in the simulation by harmonic response of the rollers, the frequency of 35 Hz reaches its maximum excitation with an amplitude value of 1.039e-10 mm, not generating damage in them, while, in the simulation by transient structural state of the rollers, a maximum total deformation value of 0.07393 mm and a maximum von Mises stress of 15.86 MPa were obtained. that compared with the creep deformation of 0.175 mm and the creep strength of 250 MPa of the ASTM A36 steel used for its manufacture, no failure occurs due to breakage.

1. Introducción

El coco es la sexta fruta más cultivada en el mundo, su producción promedio anual en el año 2023 fue de 60.000 millones de cocos lo que generó en el mercado financiero 4.510 millones de USD, y se espera que alcance 7.260 millones de USD para el 2028. Sus partes constitutivas son el exocarpio, mesocarpio (capa gruesa de fibra) y el endocarpio conocido como nuez (internamente esta la pulpa y el agua de coco). En el Ecuador la forma y geometría de un coco es ovoide casco esférico hueco de alrededor de 17 a 25 cm de diámetro y con un mesocarpio entre 3 y 4,5 cm de espesor (Modor Intelligence, 2023; Delgado et al., 2020; Tropicsafe, 2020; Chan & Elevitch, 2006).

En el Ecuador la producción anual de coco es de aproximadamente 26.000 toneladas y su cultivo se da principalmente en las provincias de Esmeraldas, Manabí y Guayas (Delgado et al., 2020; Pressreader, 2021). El proceso que implica su pelado es de forma artesanal y casi rudimentaria, ocasionado que las personas que se dedican a esta actividad tengan un alto riesgo de accidentes. La forma como las personas desprenden la fibra de coco es empleando machetes lo que ha ocasionado accidentes, debido al tipo de herramienta cortante que se emplea, por tal motivo, es necesario dotar de tecnologías que ayuden de forma eficiente y segura el desprendimiento de la fibra, siendo el diseño y construcción de una máquina desfibradora de cáscara de coco una de las soluciones a esta problemática.

Las partes constitutivas del coco tienen diversas aplicaciones industriales. Siendo la separación de su fibra el primer proceso para la obtención de sus partes. En un sistema productivo las partes son obtenidas a través de una máquina desfibradora de coco. Si la máquina es de tipo rodillos dentados giratorios el diseño, construcción y análisis de ingeniería, de este elemento mecánico, tiene el mayor grado de importancia para desfibrar la cáscara y obtener sus partes hasta el nivel del endocarpio.

A través de la historia se han planteado varias teorías de falla estática para materiales dúctiles; actualmente, estas son la teoría del esfuerzo cortante máximo (TECM), la teoría de la energía de la distorsión, la teoría del esfuerzo cortante octaédrico (TECO) y la teoría de Mohr-Coulomb (Budynas & Nisbett, 2018; Vanegas, 2018; Norton, 2011). Sin embargo, la mayoría de los elementos mecánicos se someten a esfuerzos dinámicos los cuales varían con el tiempo. Los esfuerzos variables en un elemento mecánico tienden a producir grietas que crecen a medida que éstos se repiten, hasta que se produce la falla total, para asegurar que la falla no ocurra se puede analizar el elemento mediante un análisis estructural aplicando elementos finitos (Budynas & Nisbett, 2018; Vanegas, 2018; Tickoo, 2022).

El análisis de ingeniería de falla en elementos mecánicos se lo puede realizar mediante algún tipo de análisis estructural. El tipo de análisis estructural es seleccionado de acuerdo con el fenómeno físico al que está expuesto el elemento mecánico. Los varios tipos de

análisis estructural aplican conceptos de análisis de elementos finitos mediante un software de ingeniería especializado, el mismo que calcula los esfuerzo de von Mises y deformaciones para posteriormente realizar un análisis de falla del elemento. A continuación, se describen los tipos de análisis estructural aplicados a elementos mecánicos (Tickoo, 2022; Huei, 2014; Cruz, 2012).

- Análisis estático.
- Análisis dinámico: análisis modal, análisis armónico (análisis de respuesta armónica) y análisis dinámico transitorio.
- Análisis espectral.
- Análisis de pandeo.
- Análisis dinámico explícito.

Los rodillos dentados de la máquina desfibradora de cáscara de coco están sometidos a una carga dinámica que podría causar resonancia lo que originaría grandes deformaciones y esfuerzos, además de elevados valores de ruido. Por tal motivo, se seleccionó un análisis dinámico para el cálculo del esfuerzo de von Mises y deformaciones mediante el software de ingeniería Ansys para posteriormente compararlo con el esfuerzo de fluencia del acero de los rodillos y verificar si no se presenta falla por rotura.

En la presente investigación se realizó el análisis de falla de los rodillos dentados de una máquina desfibradora de cáscara de coco a partir de los resultados del esfuerzo de von Mises y la deformación total máxima, calculados mediante análisis dinámico que consta de un análisis de respuesta armónica y un análisis de estado estructural transitorio simulados en el software de ingeniería Ansys.

En la investigación se presentan aspectos generales del diseño y construcción de la máquina desfibradora, ya que, como se mencionó en el párrafo anterior, su enfoque es para determinar el esfuerzo de von Mises y la deformación total máxima, mediante la simulación en el software de ingeniería Ansys del diseño 3D de los rodillos dentados.

La investigación tiene un enfoque cuantitativo, ya que, por medio del software de ingeniería Ansys se realiza el cálculo del esfuerzo de von Mises y la deformación total máxima de los rodillos dentados de la máquina desfibradora de cáscara de coco. Además, posee un alcance correlacional debido a la comparación de la deformación total máxima y el esfuerzo de von Mises máximo con la deformación de fluencia y el esfuerzo de fluencia del acero ASTM A36 de los rodillos, para el análisis de falla.

1. Máquina desfibradora de cáscara de coco

El diseño y construcción de la máquina se lo realizó como un aporte a las necesidades de la industria del coco ecuatoriana. El diseño y construcción de la máquina se muestra de

forma general, mientras que, para el objetivo de este proyecto de investigación se presentó el diseño y el plano de los rodillos dentados realizado en el software SolidWorks.

1.1. Diseño y construcción de la máquina desfibradora de cáscara de coco

La estructura consta de tubería estructural cuadrada de 2 in x 2 in x 4 mm, sobre esta van montados el resto de componentes de la máquina. Las dimensiones de la estructura son 915 x 1400 x 550 mm. En la parte inferior de la estructura se ha dispuesto de una lámina de tol de 1 mm de espesor sobre la cual descenderá la fibra desprendida del coco.

Sobre la estructura tubular se sueldan las estructuras soportantes de los rodillos dentados, las cuales consisten en ángulos de 1½ in x 3 mm y sobre esta se coloca una cubierta curva a manera de rejilla protectora para evitar lesiones de los operadores del equipo.

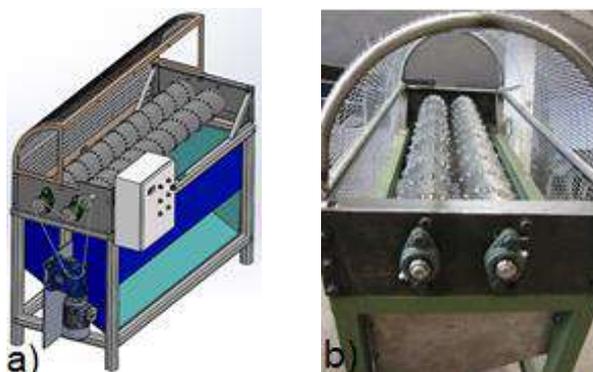
El sistema motriz consta de un motor reductor eléctrico de ¾ Hp, 220 V, 3 Ph y 1700 rpm, cuya caja de reducción tiene una relación $i=30$. Para el giro de los rodillos se estableció 3 piñones de 17 dientes de simple hilera y un piñón de 26 dientes de simple hilera, conectados al motor reductor por medio de una cadena de paso de ½ in.

El sistema de desfibrado está constituido de dos rodillos de igual geometría y dimensiones, 127 x 1200 x 4,76 mm, mientras que los dientes de los rodillos tienen un diseño helicoidal que permiten dar el empuje axial al coco.

El diseño de la máquina se lo realizó en el software SolidWorks y como guía para esto se consultó las investigaciones de *Peterson's Stress Concentration Factors* (Pilkey, 1997), *Fracture Mechanics* (Pérez, 2004), *Diseño en ingeniería mecánica* (Shigley & Mitchell, 1985), *Machine design databook* (Lingaihah, 2003), *SolidWorks Practico I Pieza, ensamblaje y dibujo* (Gómez, 2014a), *SolidWorks Practico II Complementos* (Gómez, 2014b). Tras la etapa de diseño se procedió a la construcción de la máquina que de forma general está compuesta del sistema estructural, sistema de control, sistema de transmisión de potencia y sistema de desfibrado. En la figura 1 se muestra el diseño y construcción de la máquina desfibradora de cáscara de coco donde se tiene a) diseño en el software SolidWorks y b) construcción de la máquina.

Figura 1

Diseño y construcción de la máquina desfibradora de cáscara de coco



Nota: a) diseño en el software SolidWorks y b) construcción de la máquina

La máquina fue diseñada con una capacidad de extracción de la fibra de 4 cocos por minuto y con una eficiencia de desprendimiento del mesocarpio del 82%. La desfibración no produce partiduras o daños considerables en la nuez de manera que el producto es apto para su posterior procesamiento. La máquina es de fácil operación y tiene todas las medidas de seguridad para la prevención de accidentes o lesiones en los operadores. En la tabla 1 se muestran las especificaciones técnicas de la máquina desfibradora de coco.

Tabla 1

Especificaciones técnicas de la máquina desfibradora de coco

Especificaciones	Valores
Capacidad	4 cocos por minuto
Número de operadores	1
Voltaje	220 V, 3Ph
Potencia del motor	0,75 Hp
Peso de la máquina	100 kg
Dimensiones	0,6 x 1,5 x 1,2 m

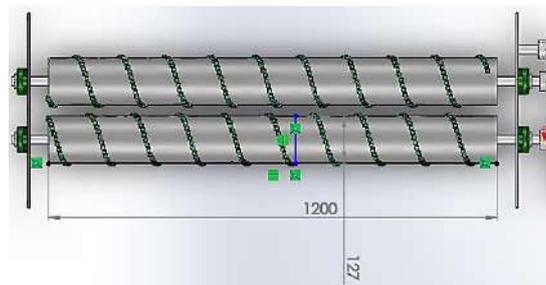
1.2. Diseño de los rodillos dentados de la máquina desfibradora de cáscara de coco

En el diseño de los rodillos, herramienta fundamental de la máquina, se toman en cuenta parámetros de forma y geometría de los cocos a ser extraído su fibra. El arreglo dentado de los rodillos es de tipo helicoidal con el fin de desprender la fibra y proveer el empuje axial a los cocos al momento del giro.

El sistema de desfibrado está constituido de dos rodillos simétricos los mismos que son tubos circulares ambos con dimensiones de 127 x 1200 x 4,76 mm. En cada tubo se soldó 160 dientes triangulares, obtenidos de los eslabones de una cadena de extrusora. Los ejes de los rodillos se soportan en 4 chumaceras tipo FL205 y la distancia entre rodillos se calibrada por medio de unos hoyos guías dispuestos en placas de 8 mm de espesor sobre las cuales se montan las chumaceras. En los extremos de los rodillos se montan los 2 piñones de 17 dientes, y en la placa se monta el piñón loco de 17 dientes el cual permite el giro opuesto de los rodillos. El piñón de 26 dientes conectado al motor reductor permite la transmisión de potencia a los piñones de los rodillos mediante una cadena de paso de 1/2 in. En la figura 2 se muestra el sistema de desfibrado de la cáscara de coco.

Figura 2

Sistema de desfibrado de la cáscara de coco



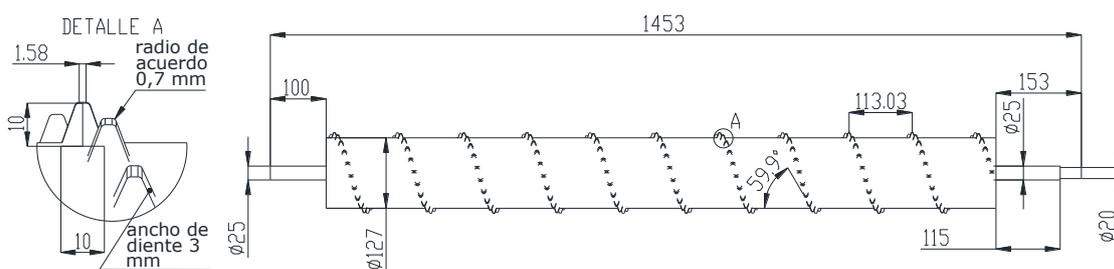
Fuente: basado en SolidWorks (2014)

1.3. Plano de los rodillos dentados de la máquina desfibradora de cáscara de coco

En la figura 3 se presenta el plano del rodillo dentado de la máquina desfibradora de cáscara de coco. En el detalle A se muestran las dimensiones, radio de acuerdo y ancho de diente del rodillo.

Figura 3

Plano del rodillo dentado de la máquina desfibradora de cáscara de coco



Fuente: basado en SolidWorks (2014)

2. Simulación de los rodillos dentados en el software ANSYS

La simulación mediante respuesta armónica y estado estructural transitorio de los rodillos se lo realizó en el software Ansys, para lo cual; se establecieron parámetros de carga, momento, frecuencia fundamental natural, constante de amortiguamiento, coeficiente de rigidez y tiempo de paso del sistema, además, se estableció para el mallado de los rodillos tamaños de malla de 4, 6 y 10 mm; con el propósito de obtener su frecuencia fundamental natural, respuesta de frecuencia, deformaciones y esfuerzos de von Mises.

2.1. Parámetros para la simulación en el software Ansys

Los parámetros y procedimientos para la simulación de los rodillos dentados mediante el software Ansys fueron consultados a partir de investigaciones de simulación con elementos finitos y análisis de vibraciones, siendo estas: *Finite Element Simulations with ANSYS Workbench 15* (Huei, 2014), *Finite Element Modeling and Simulation with ANSYS Workbench* (Chen & Liu, 2015), Criterio de falla mediante la simulación de la respuesta armónica de esfuerzo, vibración de un par de engranes cónicos-espinal de un sistema diferencial automotriz (Flores et al., 2019), Análisis vibrodinámico de motores eléctricos (Torres-Rodríguez & Batista-Rodríguez, 2010) y *Mechanical vibration Methodology for selecting appropriate machinery vibration standards* (ISO, 2013).

En la tabla 2 se presentan los parámetros de carga, momento, frecuencia, constante de amortiguamiento, coeficiente de rigidez y tiempo de paso, para el cálculo del esfuerzo de von Mises y la deformación total máxima de los rodillos dentados mediante la simulación de la respuesta armónica y transitoria en el software Ansys.

Tabla 2

Parámetros para el cálculo del esfuerzo de von Mises y la deformación total máxima

Parámetros	Valores
Carga tangencial sobre los dientes	634,8 N
Momento torsor en piñones	444,4 Nm
Carga debida a cadenas y peso de piñones	431,1 N
Frecuencia fundamental natural del motor	20 Hz
Frecuencia del sistema (engrane del rodillo)	1,41Hz
Constante de amortiguamiento	0,02
Coficiente de rigidez estático / dinámico	0,09/0,009
Tiempo de paso	$1/20f = 1/(20 \times 1,41) = 0,035$

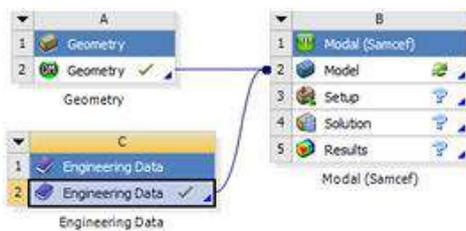
2.2. Simulación mediante respuesta armónica de los rodillos dentados en el software Ansys

En el toolbox de la ventana de Ansys Workbench se selecciona las herramientas *engineering data* y *geometry* para enlazarlos a un análisis modal y comenzar con el análisis de frecuencias naturales de los rodillos dentados. También, se selecciona el

material y se carga la geometría de los rodillos dibujados en 3D. En la figura 4 se muestra la selección inicial de herramientas con la conexión a un análisis modal.

Figura 4

Selección inicial de herramientas con la conexión a un análisis modal



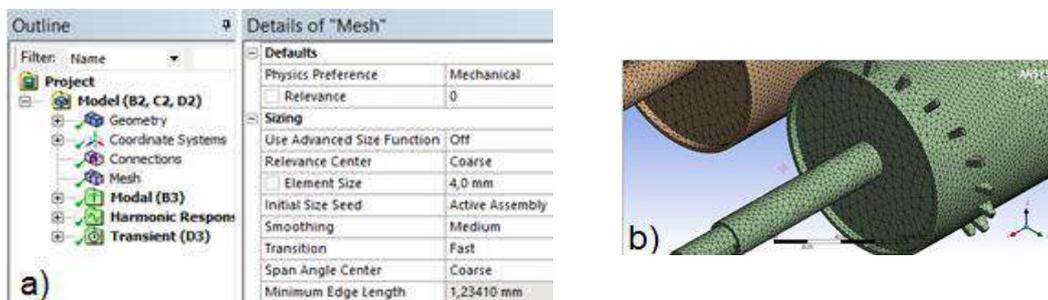
Fuente: basado en (Ansys, 2014)

El material seleccionado en el software Ansys para la simulación es acero ASTM A36 con valores de resistencia de fluencia a la tensión de $2,5e+08$ Pa, deformación de fluencia de 0,175 mm y resistencia última a la tensión de $4,6e+08$ Pa.

En el mallado de los rodillos se realiza tres tipos de malla. La primera, con elementos de 10 mm de tamaño; la segunda, con elementos de 6 mm de tamaño; y la tercera, con elementos de 4 mm de tamaño. La figura 5 muestra el mallado de los rodillos donde: a) se introducen los parámetros de la malla de 4 mm y b) elementos de malla en los rodillos dentados.

Figura 5

Mallado de los rodillos



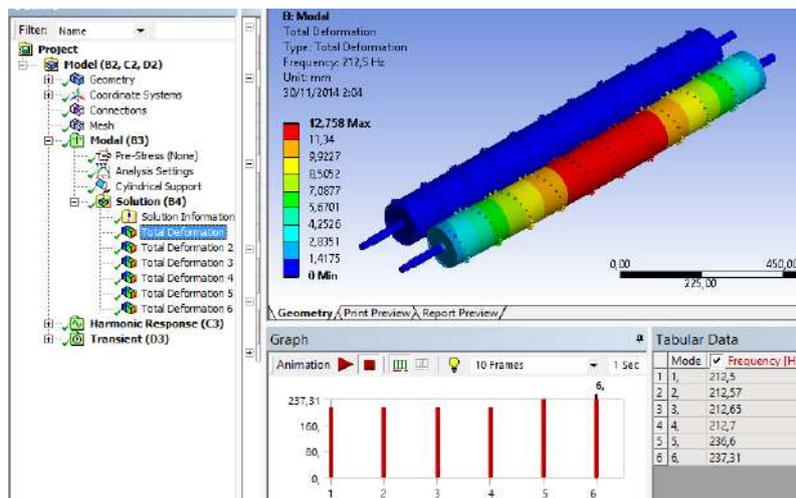
Nota: a) parámetros de la malla y b) elementos de malla en los rodillos. **Fuente:** basado en (Ansys, 2014)

Una vez realizado el mallado de los rodillos se procede a colocar, mediante la interfaz del software Ansys, la restricción de soporte cilíndrico en las superficies de los ejes del rodillo donde interactúa con la chumacera.

A través de la interfaz de *analysis setting* de la función modal se introduce el valor de 6 para obtener seis formas modales (6 frecuencias naturales). Seguidamente, se procede a simular y se obtiene la figura 6, la cual muestra las frecuencias naturales de los rodillos.

Figura 6

Frecuencias naturales de los rodillos

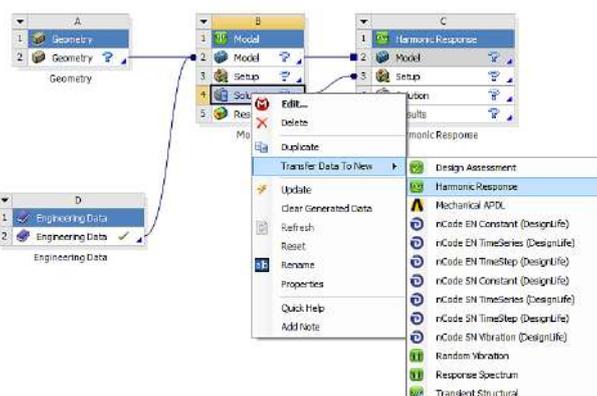


Fuente: basado en Ansys (2014)

Obtenidas las frecuencias naturales se conecta en el análisis modal un análisis de respuesta armónica (Harmonic Response). Con esto, se evalúa la respuesta armónica bajo las cargas que puedan originar resonancia en los rodillos. En la figura 7 se presenta la conexión del análisis armónico.

Figura 7

Conexión del análisis armónico

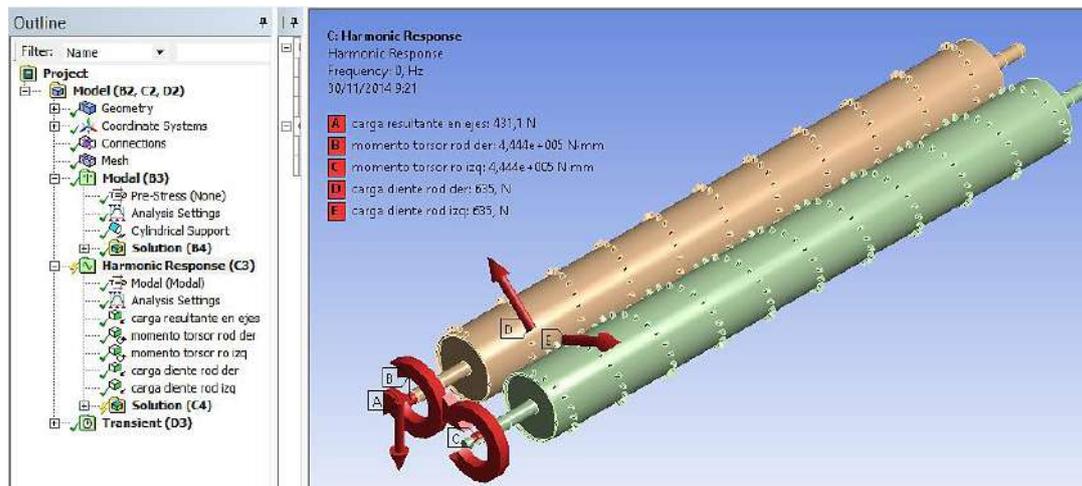


Fuente: basado en Ansys (2014)

En la interfaz *analysis setting de harmonic response* se introduce el rango de frecuencias con un valor mínimo de 0 Hz y un valor máximo de 350 Hz, rango establecido a partir de las seis frecuencias naturales obtenidas del análisis modal. También, se introducen los intervalos de soluciones al rango de frecuencias, a criterio se estableció 10 valores. Se continua con la introducción de la constante de amortiguamiento, el coeficiente de rigidez, la carga tangencial sobre los dientes, momento torsor en piñones y, carga debida a cadenas y peso de piñones. La figura 8 muestra la introducción de cargas y momentos en los rodillos.

Figura 8

Introducción de cargas y momentos en los rodillos

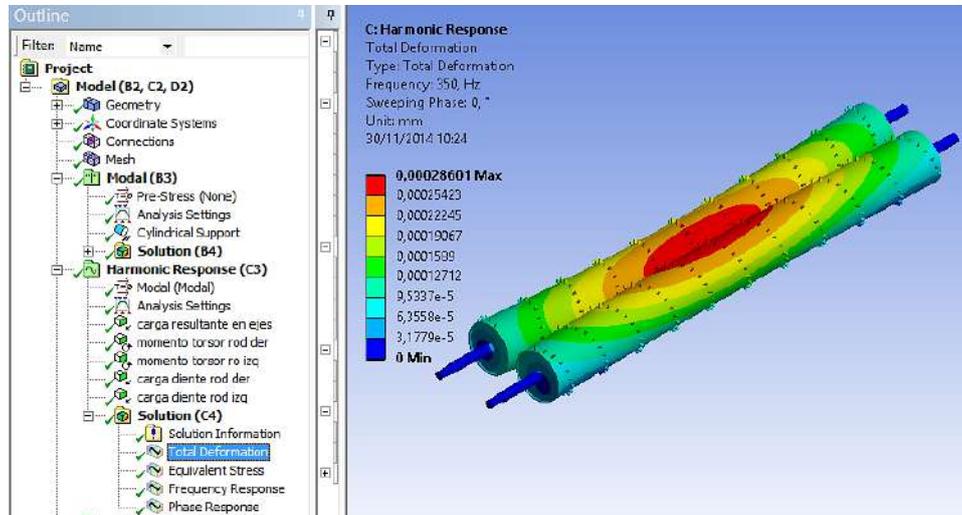


Fuente: basado en Ansys (2014)

Con los parámetros introducidos anteriormente se procede a simular y se obtiene la figura 9, la cual muestra las deformaciones en los rodillos dentados desfibradores a partir del análisis de respuesta armónica.

Figura 9

Deformaciones en los rodillos a partir del análisis de respuesta armónica

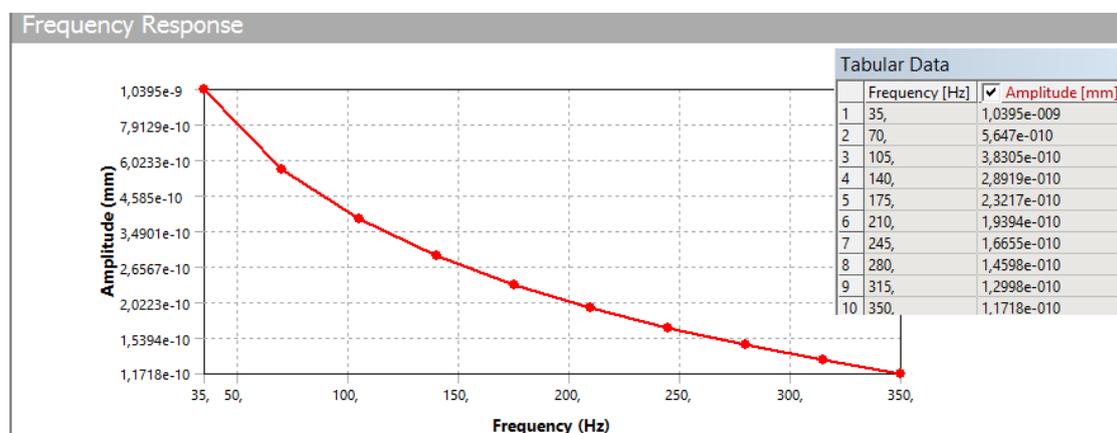


Fuente: basado en Ansys (2014)

En la simulación también se obtiene, como se muestra en la figura 10, la frecuencia vs amplitud a partir del análisis de respuesta armónica. Esta figura 10 permite ver en un rango de frecuencias la o los mayores picos de excitaciones causadas por fuerzas y velocidades de rotación en el tiempo, dichas excitaciones que varían son vibraciones que se representan en desplazamientos llamados amplitudes.

Figura 10

Respuesta de frecuencia de los rodillos

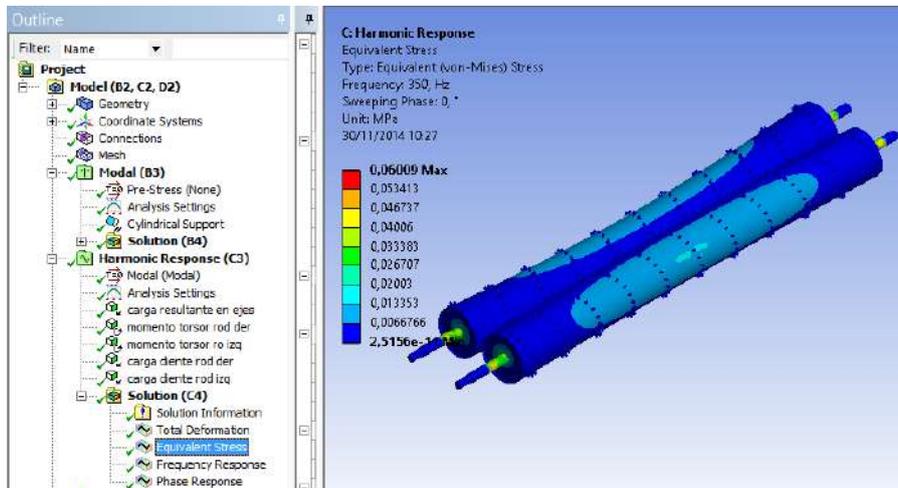


Fuente: basado en Ansys (2014)

La simulación también permite obtener, como se muestra en la figura 11, los esfuerzos de von Mises en los rodillos a partir del análisis de respuesta armónica.

Figura 11

Esfuerzos de Von Mises en los rodillos a partir del análisis de respuesta armónica



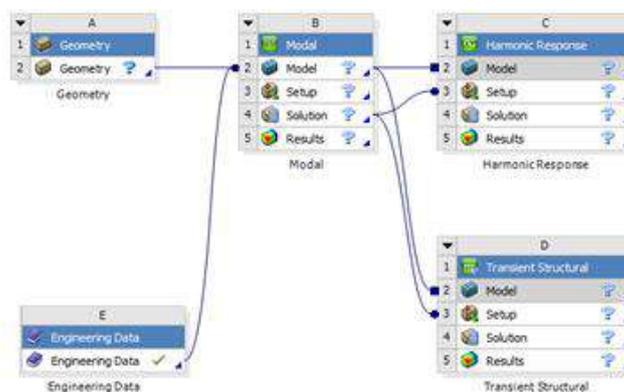
Fuente: basado en Ansys (2014)

2.3. Simulación mediante estado estructural transitorio de los rodillos dentados en el software Ansys

Se procede a conectar en el análisis modal un análisis de estado estructural transitorio (transient structural) con el propósito de evaluar la respuesta dinámica de los rodillos dentados diseñados cuando son sometidos a una carga en el tiempo. En la figura 12 se muestra la conexión del análisis modal con el análisis de estado estructural transitorio.

Figura 12

Conexión del análisis modal con el análisis de estado estructural transitorio



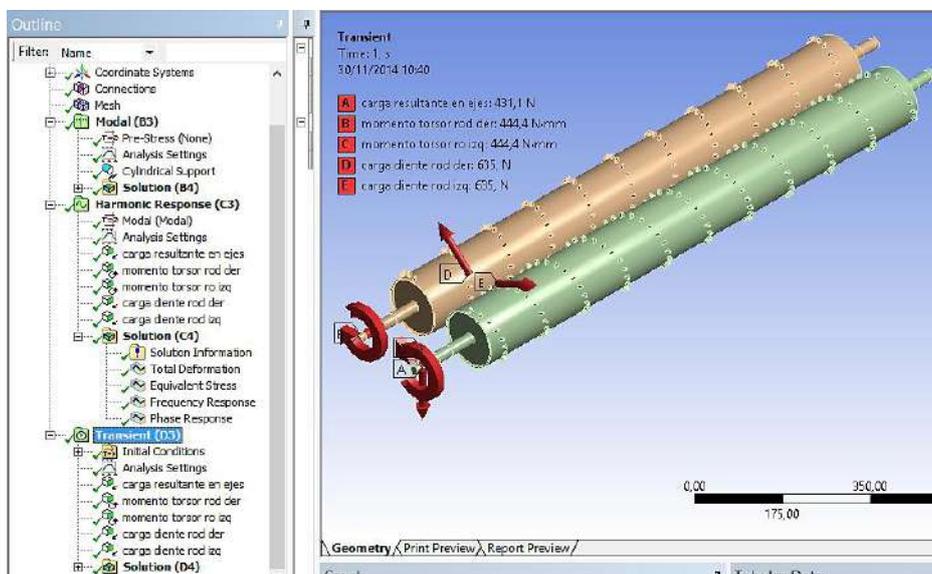
Fuente: basado en Ansys (2014)

En la interfaz *analysis setting de transient structural* se procede a introducir los parámetros de tiempo para el análisis dinámico de los rodillos. Se introduce: número de pasos igual a 1, número de paso actual con un valor de 1 y tiempo de fin de paso igual a 1; valores recomendados por la investigación de Huei (2014). Se introduce el tiempo de paso igual a 0,035, la constante de amortiguamiento con un valor de 0,02 y el coeficiente de rigidez igual a 0,009, valores expuestos en la tabla 2.

Se continua con la introducción de la carga tangencial sobre los dientes, momento torsor en piñones y, carga debida a cadenas y peso de piñones. La figura 13 muestra la introducción de cargas y momentos en los rodillos para la evaluación dinámica.

Figura 13

Introducción de cargas y momentos en los rodillos para la evaluación dinámica

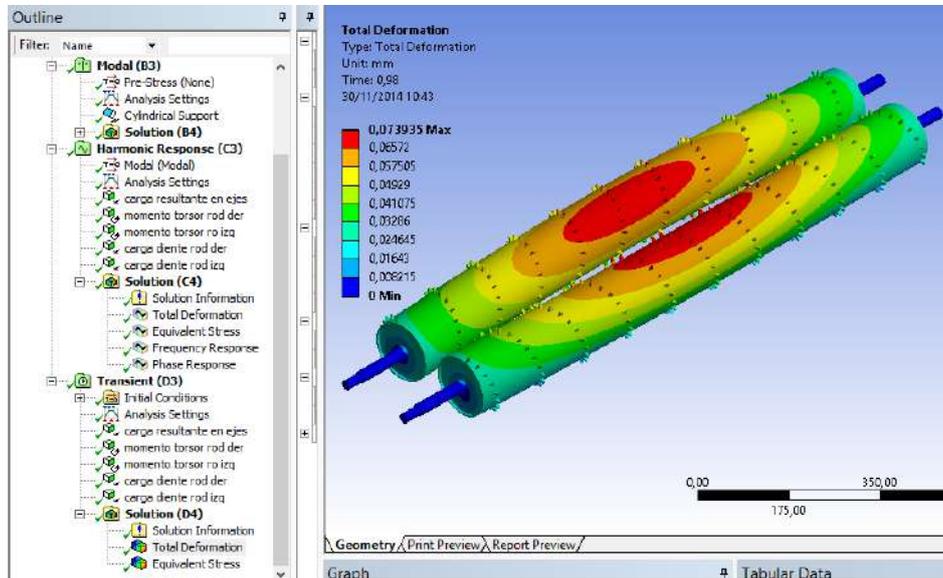


Fuente: basado en Ansys (2014)

Con los parámetros introducidos anteriormente se procede a simular el análisis de estado estructural transitorio en el software y se presentan en la figura 14 las deformaciones en los rodillos dentados desfibradores.

Figura 14

Deformaciones en los rodillos a partir del análisis de estado estructural transitorio

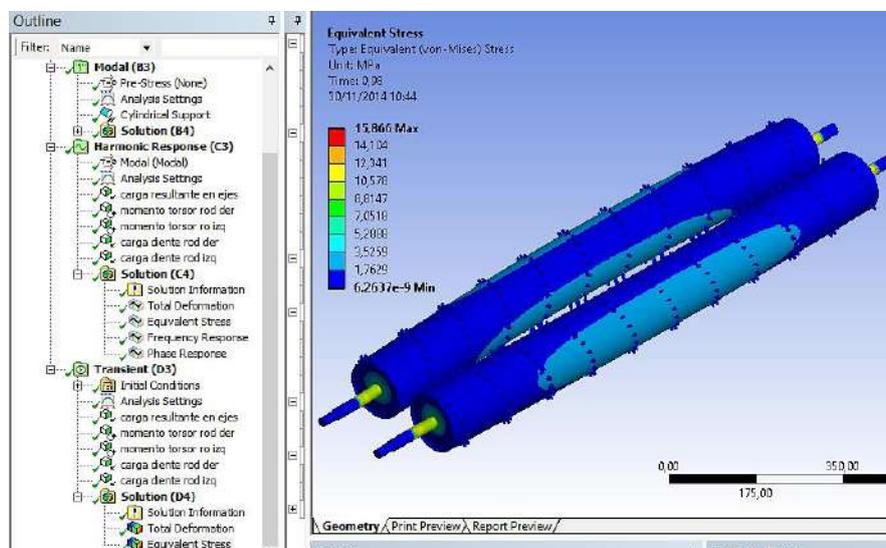


Fuente: basado en Ansys (2014)

En la simulación también se obtiene, como se muestra en la figura 15, los esfuerzos de von Mises en los rodillos dentados a partir del análisis de estado estructural transitorio.

Figura 15

Esfuerzos de von Mises en los rodillos a partir del análisis de estado estructural transitorio



Fuente: basado en Ansys (2014)

El procedimiento anterior se aplicó a los tamaños de malla de 6 y 10 mm. De la misma forma se encontró las deformaciones y los esfuerzos de von Mises en los rodillos dentados a partir de una simulación mediante respuesta armónica y una simulación mediante análisis de estado estructural transitorio en el software de ingeniería Ansys.

2. Resultados

A continuación, para el análisis de resultados se presenta la Tabla 3 que contiene la deformación total máxima y esfuerzo de von Mises máximo de los rodillos dentados, calculados a partir de la simulación de la respuesta armónica y la simulación de estado estructural transitorio mediante la aplicación del software Ansys para tamaños de malla de 4, 6 y 10 mm. La tabla 3 también contiene la deformación de fluencia y el esfuerzo de fluencia del acero con el que están diseñados los rodillos.

Tabla 3

Deformación total máxima y esfuerzo de von Mises máximo

Número de malla	Respuesta armónica		Estado estructural transitorio		Acero ASTM A36	
	Deformación total máxima mm	Esfuerzo de von Mises máximo MPa	Deformación total máxima mm	Esfuerzo de von Mises máximo MPa	Deformación de fluencia δ_y mm	Esfuerzo de fluencia S_y MPa
10	0,00024	0,0346	0,06905	10,72	0,175	250
6	0,000268	0,0467	0,07202	13,07		
4	0,000286	0,06	0,07393	15,866		

En el análisis de respuesta armónica y estado estructural transitorio, a medida que disminuye el tamaño de malla en los rodillos los valores de deformación total máxima y esfuerzo von Mises máximo van siendo cada vez más exactos, teniendo el valor más exacto para la malla de 4 mm con una deformación total máxima de 0,07393 mm y un esfuerzo von Mises máximo de 15,86 MPa.

En el análisis de estado estructural transitorio de los rodillos los valores de deformación total máxima y esfuerzo de Von Mises máximo, a través del tiempo, son menores en comparación con la deformación de fluencia de 0,175 mm y la resistencia de fluencia a la tensión de 250 MPa, por lo tanto, el diseño de los rodillos es óptimo y no presentaría fractura.

La simulación de estado estructural transitorio muestra que la deformación máxima de los rodillos ocurre en su centro el cual tiene un valor máximo de 0,0739 mm, este representa un valor que no originaría una fractura en el material de los rodillos.

La simulación estructural transitoria muestra que el esfuerzo de von Mises máximo de los rodillos ocurre en sus ejes, donde están acopladas las chumaceras, con un valor máximo

de 15,866 MPa. Este representa un valor que no originaría una fractura en el material de los rodillos.

3. Conclusiones

- El análisis modal de los rodillos muestra que su frecuencia fundamental es de 212,5 Hz lo que no origina resonancia en los mismos ya que la frecuencia fundamental del motor reductor que está conectado a los rodillos tiene un valor menor el cual es de 20 Hz.
- La simulación mediante la respuesta armónica de los rodillos muestra que en la frecuencia de 35 Hz se alcanza la máxima excitación con un valor de amplitud de $1,039e-10$ mm siendo un valor que no genera daños en los rodillos.
- En la simulación mediante el análisis de estado estructural transitorio de los rodillos se obtuvo un valor de deformación total máximo de 0,07393 mm y un esfuerzo de von Mises máximo de 15,86 MPa que comparado la deformación de fluencia de 0,175 mm y la resistencia de fluencia a la tensión de 250 MPa del acero ASTM A36 utilizado para el diseño de los rodillos no se produce falla por rotura.

4. Conflicto de intereses

No existe conflicto de intereses en relación con el artículo presentado

5. Declaración de contribución de los autores

Todos los autores contribuyeron significativamente en la elaboración del artículo.

6. Costos de financiamiento

La presente investigación fue financiada en su totalidad con fondos propios de los autores.

7. Referencias Bibliográficas

Ansys Inc., (2014). *Ansys*. USA: Copyright ANSYS. <https://www.ansys.com/>

Budynas, R., & Nisbett, J. K. (2018). *Diseño en ingeniería mecánica de Shigley*.

México: McGraw-Hill

<https://dl.icdst.org/pdfs/files3/ad7608c18e740b0e402c025fa3187de8.pdf>

Chan, E., & Elevitch, C. R. (2006). Cocos nucifera (coconut). *Species profiles for Pacific Island agroforestry*, 2(1), 1-27.

<https://raskisimani.com/wp-content/uploads/2013/01/cocos-nucifera-coconut.pdf>

- Chen, X., & Liu, Yijun. (2015). *Finite Element Modeling and Simulation with ANSYS Workbench*. USA: Taylor & Francis Group.
<https://oss.jishulink.com/upload/202111/72907645fc6a476abaa5f4aea7fd16c2.pdf>
- Cruz, P. (2012). *Caracterización modal de sistemas giroscópicos empleando fuerzas de desbalance* (Tesis Doctoral, CENIDET. México).
<https://www.cenidet.edu.mx/subplan/biblio/seleccion/Tesis/DM%20Pedro%20Cruz%20Alc%E1ntar%202012.pdf>
- Delgado, V. M. R., Zambrano, G. V. R., Cossío, N. S., & Mera, L. B. (2020). Análisis de la cadena agroalimentaria del coco (cocos nucifera) en la provincia de Manabí, Ecuador. *La Técnica*, (24), 43-72.
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8232827>
- Flores, J., Minquíz, G., Perez, R., Garcia, F., Vivaldo, I., & Ambrosio, R. (2019). Criterio de falla mediante la simulación de la respuesta armónica de esfuerzo y vibración de un par de engranes cónicos-espiral de un sistema diferencial automotriz. *Memorias del XXV Congreso Internacional Anual de la SOMIM*, 1-6.
https://somim.org.mx/memorias/memorias2019/articulos/A1_25.pdf
- Gómez, S. (2014a). *SolidWorks Practico I Pieza, ensamblaje y dibujo*. México: Alfaomega. <https://www.udocz.com/apuntes/635655/archivoipdf>
- Gómez, S. (2014b). *SolidWorks Practico II Complementos*. México: Alfaomega. <https://www.udocz.com/apuntes/635655/archivoipdf>
- Huei Huang, Lee. (2014). *Finite Element Simulations with ANSYS Workbench 15*. Taiwan: SDC Publications.
<http://lab.es.ncku.edu.tw/hhlee/Site/ANSYS15.html>
- ISO. (2013). *Mechanical vibration — Methodology for selecting appropriate machinery vibration standards*. Switzerland: ISO.
<https://cdn.standards.iteh.ai/samples/61991/6f2d6d258e2a4b71a92efca792ff1218/ISO-TR-19201-2013.pdf>
- Lingaihah, K. (2003). *Machine design databook*. McGraw-Hill Education.
<https://www.accessengineeringlibrary.com/binary/mheaeworks/565ce4163fbfdc86/8e55f16839c4b696889e68fd040044c9828b69b58658e71aec6a9d7660ad41a6/book-summary.pdf>
- Modor Intelligence. (2023). *Análisis del tamaño y la participación del mercado del coco tendencias y pronósticos de crecimiento (2023 - 2028)*.

<https://www.mordorintelligence.com/es/industry-reports/coconut-products-market>.

Norton Robert, L. (2011). *Diseño de máquinas: Un enfoque integrado*. México: Prentice Hall.

<https://www.udocz.com/apuntes/96659/diseño-de-máquinas-iv-edición-robert-norton-2>

Pérez, N. (2004). *Fracture Mechanics*. USA: Kluwer Academic Publishers.

[http://nguyen.hong.hai.free.fr/EBOOKS/SCIENCE%20AND%20ENGINEERING/MECANIQUE/ENDOMMAGEMENT-RUPTURE/Fracture%20Mechanics_Perez%20\(Kluwer%202004\).pdf](http://nguyen.hong.hai.free.fr/EBOOKS/SCIENCE%20AND%20ENGINEERING/MECANIQUE/ENDOMMAGEMENT-RUPTURE/Fracture%20Mechanics_Perez%20(Kluwer%202004).pdf)

Pilkey, W. (1997). *Peterson's Stress Concentration Factors* Second Edition. USA: John Wiley & Sons, Inc.

https://www.researchgate.net/publication/238059137_Peterson's_Stress_Concentration_Factors_Second_Edition

Pressreader. (2021). *Pandemia golpeó las exportaciones y venta de coco en Ecuador*.

<https://www.pressreader.com/ecuador/el-universo/20210902/281629603374540>

Shigley, J., & Mitchell, L. (1985). *Diseño en ingeniería mecánica*. México: McGraw-Hill.

<https://pdfcoffee.com/diseño-de-la-ingeniería-mecánica-joseph-e-shigley-4-6-pdf-free.html>

SolidWorks Corp. (2014). *SolidWorks*: USA: Dassault Systèmes SolidWorks Corp.

<https://www.solidworks.com/es>

Tickoo, S. (2022). *ANSYS Workbench 2022 R1 A Tutorial Approach*. USA: CADCIM Technologies.

https://books.google.com.ec/books?id=CvOZEAAAQBAJ&printsec=frontcover&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false

Torres-Rodríguez, R. M., & Batista-Rodríguez, C. R. (2010). Análisis vibrodinámico de motores eléctricos. *Ingeniería Mecánica*, 13(1), 9-18.

http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1815-59442010000100002

Tropicsafe. (2020). *Sector del coco: análisis de mercado y aspectos socioeconómicos Marco general sobre el sector del coco en Jamaica, Ghana y México*.

<https://www.tropicsafe.eu/wp-content/uploads/2022/02/Sector-del-coco-an%C3%A1lisis-del-mercado.pdf>

Vanegas Useche, L. V. (2018). *Diseño de elementos de máquinas*. Colombia: Universidad Tecnológica de Pereira.
<https://core.ac.uk/download/pdf/158348444.pdf>

El artículo que se publica es de exclusiva responsabilidad de los autores y no necesariamente reflejan el pensamiento de la **Revista Ciencia Digital**.



El artículo queda en propiedad de la revista y, por tanto, su publicación parcial y/o total en otro medio tiene que ser autorizado por el director de la **Revista Ciencia Digital**.



Indexaciones

