



UNANCHAY

REVISTA CIENTÍFICA

ISSN 2953 6707

05

Educación TECNOLÓGICA

Julio - diciembre 2024

VOLUMEN 03
Nº. 02

Revista Científica Unanchay (ISSN 2953-6707)

Volumen 3. Número 2. Año 2024.

La Revista Científica Unanchay, es un espacio editorializado por el Instituto Superior Tecnológico Tecnoecuatoriano, que tiene el propósito de difundir la producción científica en el área de ciencias de la ingeniería constituyéndose como un espacio de referencia para la socialización de investigaciones y producciones técnicas aplicadas a las líneas de investigación de la revista.

Tabla de Contenidos

Artículos Originales

	pp.
Análisis del factor de potencia y Armónicos con la integración de energía solar Javier Isaías Pérez Mayorga, Franklin Israel Sánchez Gamboa	1-16
Desarrollo de un dispositivo IoT para monitoreo médico continuo mediante adquisición de señales bioeléctricas Ronald Rovira Jurado, Manuel Montaña, Marcia Marisol Bayas Sampedro, Andrés Villón Quimí, Óscar Gómez Morales, Junior Figueroa Olmedo	17-34
Análisis de la infraestructura y sostenibilidad territorial en la parroquia Cutuglagua, Ecuador Dillan Ariel Sánchez Taimal, Lizeth Esther Tipantuña Bautista, Ángel Velásquez-CajasCabrera	35-51
Estrategias metodológicas para la formación técnica y tecnológica José Andrés Beltrán Ruiz ¹ , Sharon Luathani Velasteguí Rubio	52-61
Riesgos laborales del personal de enfermería en el área de cuidados intensivos Vanessa Paola Grijalva Días, Eugenia Cecilia Malquin Vinueza, Richard Andrés Cabrera Armijos	62-75
Consumo y emisiones de un MCI aplicando un proceso de descarbonizado por HHO Abrahan Mesías Jorque Rea, Klever Armando Tumbaco Casa	76-93

Presentación del Dossier Científico: Impacto y Avances Tecnológicos en Diversos Sectores

Sandy Lorena Carapaz¹,

El presente dossier recoge investigaciones innovadoras y relevantes en diversos campos de la ingeniería, la salud, el desarrollo sostenible y la educación. A continuación, se presentan los diferentes estudios, los cuales abordan desde la calidad energética en sistemas fotovoltaicos hasta la mejora en la eficiencia de motores automotrices, pasando por aplicaciones en IoT en el ámbito médico y el análisis del cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). Estos estudios, a través de sus métodos rigurosos y enfoques multidisciplinarios, contribuyen al avance de sus respectivos sectores.

Partiendo del Impacto de la Contaminación Armónica en Sistemas Eléctricos, el cual es un estudio de caso en la planta Provefrut S.A., donde, la contaminación armónica en sistemas eléctricos, particularmente en plantas fotovoltaicas, es una preocupación crítica debido al potencial daño a equipos conectados. En este estudio, se analizó la planta fotovoltaica de 1 MWp instalada por Provefrut S.A., ubicada en Cotopaxi, Ecuador, y se evaluaron las perturbaciones generadas por inversores Kaco Blueplanet 150TL. Los resultados revelaron que la planta fotovoltaica no presentó incidencias armónicas negativas significativas, observándose una mejora en la distorsión armónica total de voltaje en un 12%. El estudio confirma que la instalación cumple con las normativas vigentes, como la RCERNNR-001/2021, y destaca una ligera mejora en la eficiencia energética.

Otro de los puntos tratados en este volumen es la Innovación en la Salud, donde los Dispositivo IoT para el Monitoreo de Variables Bioeléctricas integran tecnologías innovadoras como el Internet de las Cosas (IoT) que ha permitido la creación de dispositivos no invasivos para monitorear condiciones médicas. Este artículo presenta un dispositivo compacto capaz de registrar parámetros vitales, como la frecuencia cardíaca, saturación de oxígeno y temperatura corporal, usando sensores de alta precisión. Los datos son enviados a través de Internet a una plataforma IoT, lo que permite un monitoreo continuo por parte de personal especializado. Este desarrollo responde a la creciente demanda de soluciones accesibles y no invasivas para el seguimiento médico.

El siguiente campo dentro del compendio de investigaciones analiza el Cumplimiento del ODS 11, del Desarrollo Sostenible en la parroquia de Cutuglagua en el sur de Quito, donde, el investigador indaga la importancia de promover ciudades resilientes y sostenibles, partiendo de las problemáticas presentes en la sociedad,

¹ Instituto Superior Tecnológico Tecnoecuatoriano
Correo de contacto: ccarapaz@istte.edu.ec

evidenciando la falta de infraestructura adecuada y la escasez de espacios públicos. A través de entrevistas y técnicas cartográficas, se identificaron los principales desafíos para lograr un desarrollo territorial sostenible. Los resultados indican la necesidad de una mayor acción por parte de las autoridades locales para mejorar la calidad de vida en la parroquia.

A continuación, el artículo sobre las Estrategias Metodológicas en la Educación Técnica y Tecnológica aborda la temática de como este tipo de formación es una opción clave para adquirir las competencias necesarias para que el estudiante pueda integrarse en el mercado laboral. Este estudio analiza cómo las estrategias metodológicas impactan en el desempeño de los estudiantes de educación técnica y tecnológica. Los resultados muestran que las metodologías activas, como el aprendizaje colaborativo, mejoran significativamente los resultados académicos. Los estudiantes que participaron en enfoques centrados en el alumno obtuvieron mejores calificaciones, lo que resalta la importancia de adoptar métodos innovadores para mejorar la motivación y reducir la deserción.

En el texto “Riesgos Laborales en el Personal de Enfermería: Un Estudio en Cuidados Intensivos” aborda los riesgos laborales enfrentados por el personal de enfermería en unidades de cuidados intensivos. Mediante un enfoque cuantitativo y de corte transversal, se identificaron los principales riesgos, siendo las lesiones musculoesqueléticas y el estrés emocional los más prevalentes. A pesar de la capacitación recibida en manejo de riesgos, los problemas persisten, lo que señala la necesidad urgente de implementar medidas integrales para mitigar estos riesgos, garantizar el bienestar de los profesionales y mejorar la calidad del servicio de salud.

El dossier cierra con el artículo “Consumo y emisiones de un MCI aplicando un proceso de descarbonizado por HHO”, el cual, parte de la problemática de las emisiones contaminantes y el consumo de combustible en la industria automotriz sigue siendo un desafío ambiental crucial. Este estudio evalúa el impacto de un equipo generador de Oxihidrógeno (HHO) en la eficiencia del combustible y la reducción de emisiones de un vehículo de 1500 cc. Los resultados muestran una disminución significativa en las emisiones de gases contaminantes y una mejora en la eficiencia del combustible en un 16.13%. Este hallazgo subraya el potencial de la tecnología HHO para mejorar la sostenibilidad en la industria automotriz y contribuir a la lucha contra la contaminación ambiental.

Este dossier refleja cómo los avances en diversos campos pueden contribuir a la mejora de la calidad de vida, la sostenibilidad y la eficiencia tecnológica. Desde la optimización energética hasta la innovación en el ámbito de la salud, estos estudios destacan la importancia de la investigación aplicada para resolver problemas reales en nuestra sociedad. A través de la integración de tecnologías emergentes y un enfoque multidisciplinario, se están dando pasos significativos hacia un futuro más sostenible, inclusivo y eficiente.

Análisis del factor de potencia y Armónicos con la integración de energía solar

Analysis of power factor and harmonics with the integration of solar energy

Javier Isaías Pérez Mayorga¹, Franklin Israel Sánchez Gamboa²

Resumen

La contaminación armónica en un sistema eléctrico puede ocasionar calentamiento y daño en los equipos conectados, por lo que se debe tener un seguimiento para evitar deterioro en los equipos. Provefrut S.A. una empresa ubicada en la provincia de Cotopaxi-Ecuador cuenta con una capacidad eléctrica de 4.5 MW e instaló una planta fotovoltaica de 1 MWp, o 900 kW sin acumuladores, con 2156 paneles solares. La planta se conecta a 13.8 kV y reduce a 440V, 220V y 110V para alimentar equipos de proceso. Este estudio analiza las perturbaciones generadas por seis inversores Kaco Blueplanet 150TL de 150 kW, mediante mediciones antes y después de la instalación, para evaluar el impacto en armónicos y calidad de energía. Los resultados indican que la planta fotovoltaica no genera incidencia armónica negativa significativa; los valores fuera de regulación provienen de cargas no lineales. Se observó una mejora del 12% en la distorsión armónica total de voltaje y una ligera mejora en la distorsión armónica total de corriente. La instalación cumple con la normativa RCERNNR-001/2021 y el factor de potencia disminuyó marginalmente en 0.01, con un valor mínimo de 0.74.

Palabras clave: panel solar, armónico, factor de potencia, energía eléctrica

Abstract:

Provefrut Harmonic contamination in an electrical system can cause overheating and damage to connected equipment, necessitating monitoring to prevent equipment deterioration. Provefrut S.A., a company located in Cotopaxi-Ecuador, has an electrical capacity of 4.5 MW and installed a 1 MWp photovoltaic plant, or 900 kW without batteries, comprising 2,156 solar panels. The plant is connected at 13.8 kV and steps down to 440V, 220V, and 110V to supply power to process equipment. This study analyzes disturbances caused by six Kaco Blueplanet 150TL inverters of 150 kW each, using measurements taken before and after installation to assess the impact on harmonics and power quality. The results indicate that the photovoltaic plant does not generate significant negative harmonic incidence; out-of-regulation values arise from non-linear loads. A 12% improvement in total harmonic distortion (THD) of

¹ Provefrut, Máster en Gestión de Energía, <https://orcid.org/0009-0006-6471-9016>

² Instituto Superior Tecnológico Cotopaxi, Ingeniero en Electromecánica, <https://orcid.org/0000-0001-8390-6200>

voltage. The installation complies with RCERNNR-001/2021 regulations, with a marginal decrease in power factor by 0.01, reaching a minimum value of 0.74.

Keywords: solar panel; harmonics; power factor; electric power.

Introducción

La calidad de la energía eléctrica en sistemas industriales es un aspecto crucial para garantizar la eficiencia y la durabilidad de los equipos. Sin embargo, los armónicos generados por cargas no lineales, como variadores de frecuencia, iluminación LED, y dispositivos electrónicos, representan un problema recurrente. Estos armónicos pueden provocar distorsiones en la señal eléctrica, afectar el desempeño de los equipos y generar sanciones económicas debido al incumplimiento de normativas. En el contexto global, numerosos estudios han analizado los impactos de los armónicos en sistemas eléctricos con generación renovable, evidenciando mejoras en la calidad de energía bajo condiciones específicas de diseño e implementación (Singh et al., 2020; Luo et al., 2019).

A nivel regional, investigaciones recientes en América Latina han abordado la integración de plantas solares fotovoltaicas en sistemas industriales, destacando su potencial para mitigar los efectos negativos de los armónicos. Sin embargo, también se han reportado casos donde estas instalaciones han generado nuevos desafíos técnicos, especialmente en sistemas eléctricos no adaptados a estas tecnologías (Rojas & Martínez, 2021).

En Ecuador, la normativa vigente, como la RCERNNR-001/2021, establece parámetros específicos para garantizar la calidad de la energía en sistemas eléctricos industriales, pero la implementación de plantas fotovoltaicas aún presenta incertidumbres técnicas en cuanto a su impacto en armónicos y factor de potencia.

Razon por la cual, el presente estudio se centra en analizar el caso de Provefrut S.A., una industria ecuatoriana con una capacidad eléctrica instalada de 4.5 MW y una planta fotovoltaica de 1 MWp recientemente integrada. Con el propósito de evaluar cómo esta instalación afecta la calidad de la energía y el factor de potencia, mediante mediciones comparativas antes y después de su puesta en marcha y así, proporcionar una base técnica para garantizar el cumplimiento normativo y optimizar el desempeño energético del sistema eléctrico de la empresa.

La industria Provefrut, dedicada a la producción de vegetales congelados, ha implementado una planta solar fotovoltaica de 1 MW, compuesta por seis inversores Kaco BlueplantTL3 de 150 kW cada uno, que podrían contribuir a la generación de armónicos y afectar la estabilidad de su sistema eléctrico (Moya, 2014, p 50-53). Antes de la instalación de la planta solar, Provefrut operaba con una potencia instalada de 5.4 MW y una capacidad de transformación de 4.5 MW, distribuidos en siete transformadores de 13.8 kV a 440 V, con un consumo anual de 19.366.164 kWh en 2022.(Pérez Javier & Gallardo Molina, 2023) Los motores en la sala de máquinas, algunos de hasta 330 kW, utilizan arrancadores suaves y variadores de frecuencia, que también generan distorsiones armónicas.

Metodología

Para evaluar el impacto de la integración de la planta fotovoltaica de Provefrut S.A. en la calidad de la energía y la generación de armónicos, se realizó un proceso de medición antes y después de la instalación de los paneles solares. El equipo utilizado para estas mediciones fue un analizador de redes eléctricas marca METREL MI 2883, que se ve en la Fig 1 y sus características se detallan en la Tabla 1.

Figura 1

Analizador de redes METREL MI 2883.



Nota. Metrel (2020).

La tabla 1, presenta las especificaciones del equipo utilizado en el estudio y sus rangos de apreciación, tomando en cuenta como puntos importantes la tensión, corriente y potencia.

Tabla 1

Características del equipo utilizado en el trabajo de investigación

Parámetro	Características
Tensión:	TRMS, pico, factor de cresta (3 canales);
Corriente	TRMS, pico, factor de cresta (4 canales);
Potencia	(Activa, reactiva, aparente); Mediciones de potencia de cumplen fielmente con IEEE 1459 (activo, no activo, fundamental, armónico, desequilibrio de la carga); Desequilibrio, medición de parpadeos; Análisis de armónicos e interarmónicos hasta el armónico 50, medición de la THD; Factor de Potencia $\cos \phi$ Energía (activa, reactiva, generada, consumida);

Nota. Metrel (2020)

Se selecciona los puntos de Medición: Se identifica y selecciona los puntos críticos de medición en los transformadores de alimentación de la planta, Dentro de cada transformador seleccionado, se eligieron los puntos de medición más representativos, como las barras de baja tensión y las líneas de alimentación principales. Este enfoque asegura la captura de datos que reflejen tanto las

condiciones generales del sistema como las interacciones específicas entre la planta solar y las cargas existentes. considerando su relevancia para el análisis de armónicos y factor de potencia. Como en el estudio realizado por (Arisyadi et al., 2021) también en el estudio realizado por (Upreti et al., 2023) presenta una metodología similar. El analizador de redes eléctricas METREL MI 2883 fue configurado para registrar parámetros clave como el voltaje, la corriente, el factor de potencia, y la distorsión armónica total (THD) en voltaje y corriente. Los datos recolectados fueron analizados y comparados mediante tablas y graficas con los estándares establecidos en la Tabla 2.

Tabla 2

Normativas utilizadas dentro del trabajo de investigación

Normativa	Descripción	Parámetro evaluado	Valor máximo permitido
IEEE 519-2014	Estándar para límites de armónicos en sistemas eléctricos. (IEEE,2014)	THD de Voltaje	8%
ARCONEL 002/20	Regulación para niveles de calidad de energía en Ecuador. (ARCONEL,2020)	Niveles de Voltaje	Medio voltaje +-6% Bajo voltaje +- 8%
Codificación de reglamentos de tarifas	Normativa para penalización por bajo factor de potencia. (Agencia de regulación de electricidad, 2020)	Factor de Potencia	Inferior a 0.92 será penalizado por la Empresa Eléctrica Distribuidora.
RCERNNR-001/2021	Regulación sobre la integración de energías renovables. (ARCONEL,2021)	Cumplimiento general con la integración de energías renovables.	No aplica

Nota. Autor

En el período de medición previo: Se realizaron mediciones continuas durante un período de 30 días antes de la instalación de la planta solar, asegurando la captura de datos en condiciones normales de operación de la planta. En el periodo de medición posterior tras la instalación y puesta en marcha de la planta fotovoltaica, se reanudaron las mediciones en los mismos puntos durante un período equivalente al previo, garantizando comparabilidad en las condiciones de operación. Finalmente, para el análisis y comparación de datos estos fueron recopilados antes y después de la instalación fueron analizados para identificar cambios en los niveles de THD y factor de potencia, utilizando herramientas de análisis de datos como Matlab.

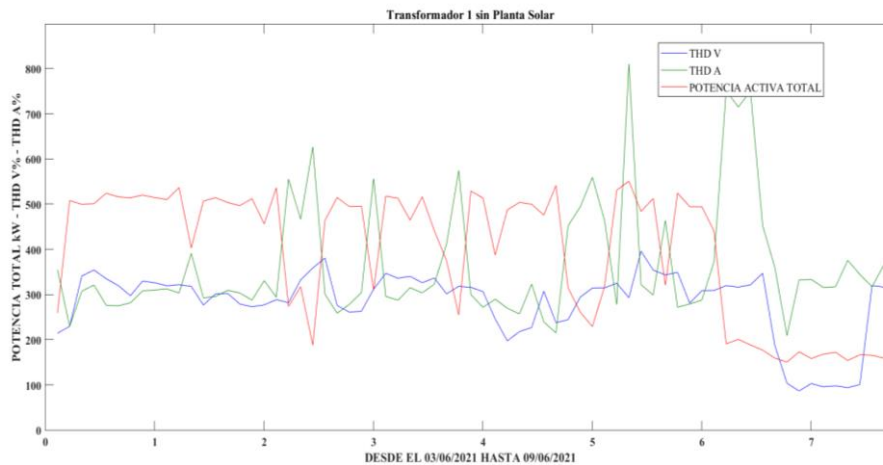
Resultados

Análisis de THD antes de la instalación de los paneles solares Muestreo de los transformadores

En las curvas de potencia activa, se registra una potencia máxima total de 550,66 kW, que se da el día 03 de junio del 2021 a las 11:14 de la mañana. Mediante la curva de potencia activa se puede ver el comportamiento de los transformadores, donde la mayor actividad se en la mañana, registrando una potencia máxima de 611,28 kVA, durante el periodo total de medición, que inicia el día 03 de junio del 2021 a las 11:14 de la mañana. Los resultados de las curvas de comportamiento antes de la instalación de los paneles solares se observan en la Fig. 2-8.

Figura 2

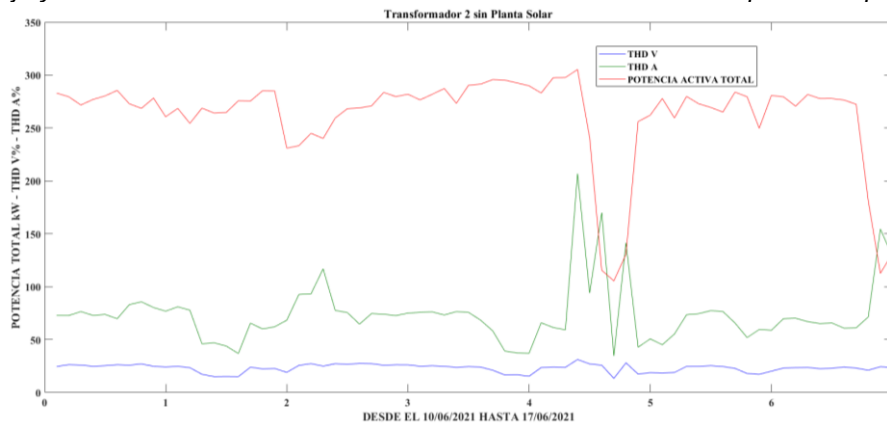
THD de voltaje y corriente del transformador 1 antes de la instalación de la planta de paneles solares.



Nota. Autor

Figura 3

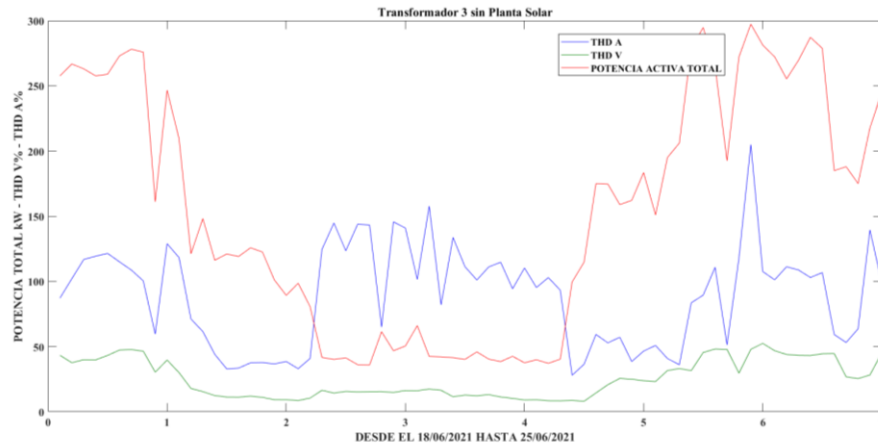
THD de voltaje y corriente del transformador 2 antes de la instalación de la planta de paneles solares



Nota. Autor

Figura 4

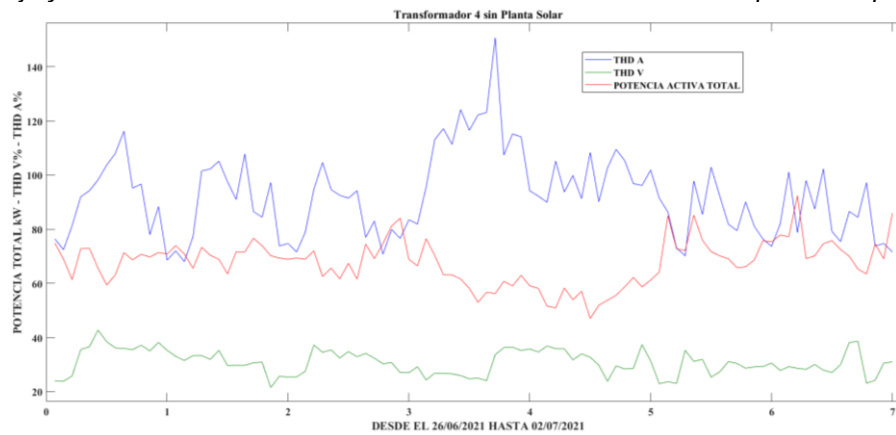
THD de voltaje y corriente del transformador 3 antes de la instalación de la planta de paneles solares



Nota. Autor

Figura 5

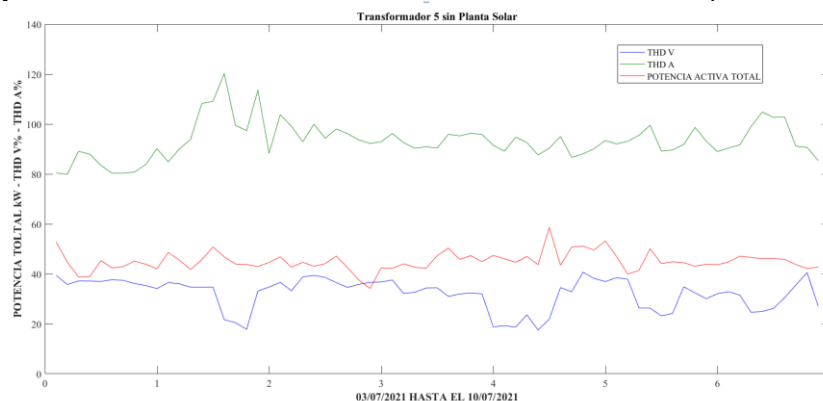
THD de voltaje y corriente del transformador 4 antes de la instalación de la planta de paneles solares



Nota. Autor

Figure 6

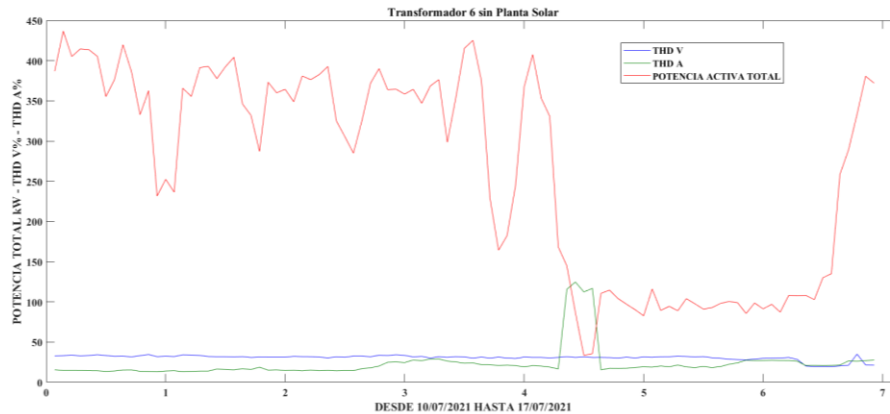
THD de voltaje y corriente del transformador 5 antes de la instalación de la planta de paneles solares



Nota. Autor

Figura 7

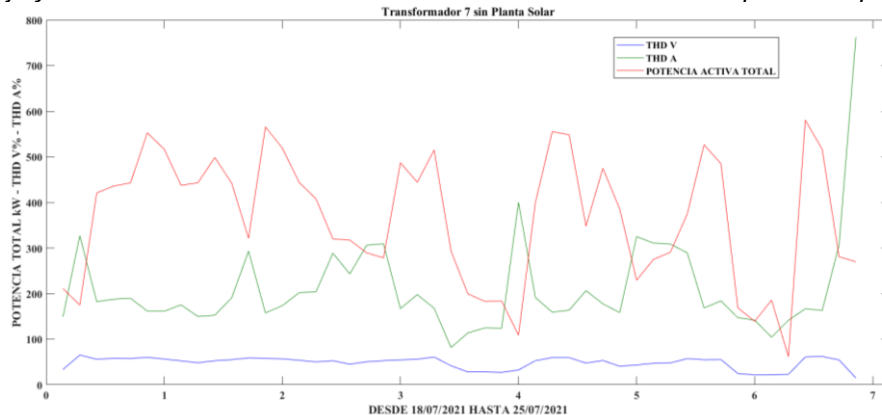
THD de voltaje y corriente del transformador 6 antes de la instalación de la planta de paneles solares.



Nota. Autor

Figure 8

THD de voltaje y corriente del transformador 7 antes de la instalación de la planta de paneles solares.



Nota. Autor

Análisis de THD después de la instalación de los paneles solares

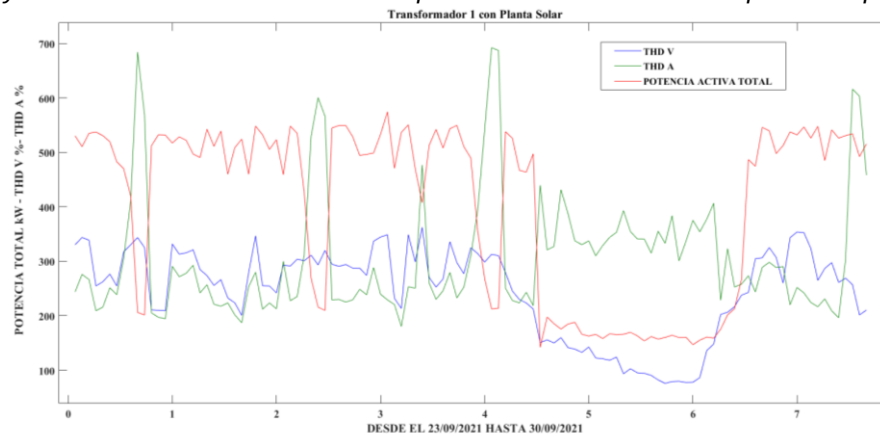
Muestreo de los transformadores

Analizando el transformador luego de la instalación de la planta solar se obtuvieron los siguientes resultados. Se registra una potencia máxima total de 574,60 kW, durante el periodo total de medición, que se da el día 23 de septiembre del 2021 a las 08:36 de la mañana. Mediante la curva de potencia Activa se puede ver el comportamiento de los transformadores, donde la mayor actividad se da a partir de las 08:00 de la mañana. Se registra una potencia máxima total de 641,13 kVA, durante el periodo total de medición, que se da el día 25 de septiembre del 2021 a las 08:36 de la mañana.

Los resultados se las curvas de comportamiento de los transformadores se observan en la Fig. 9-15.

Figura 9

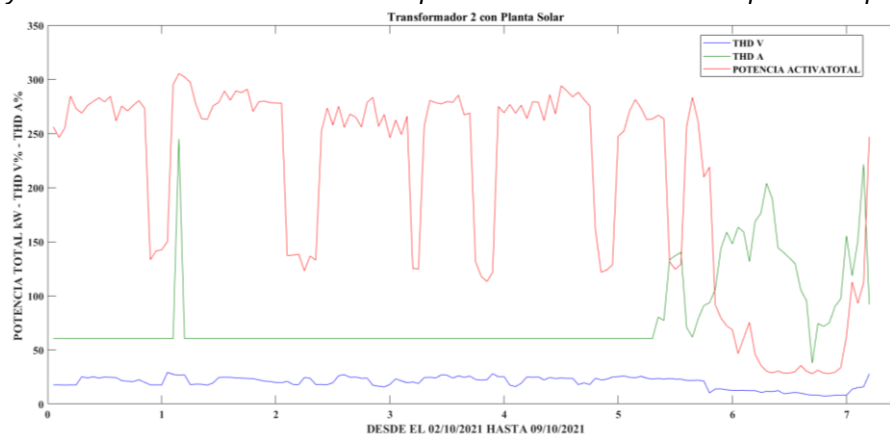
THD voltaje y corriente del transformador 1 después de la instalación de la planta de paneles solares.



Nota. Autor

Figura 10

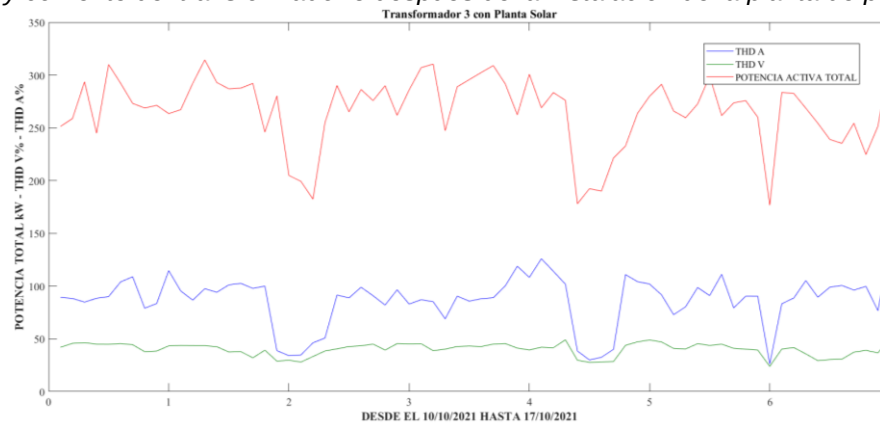
THD voltaje y corriente del transformador 2 después de la instalación de la planta de paneles solares.



Nota. Autor

Figura 11

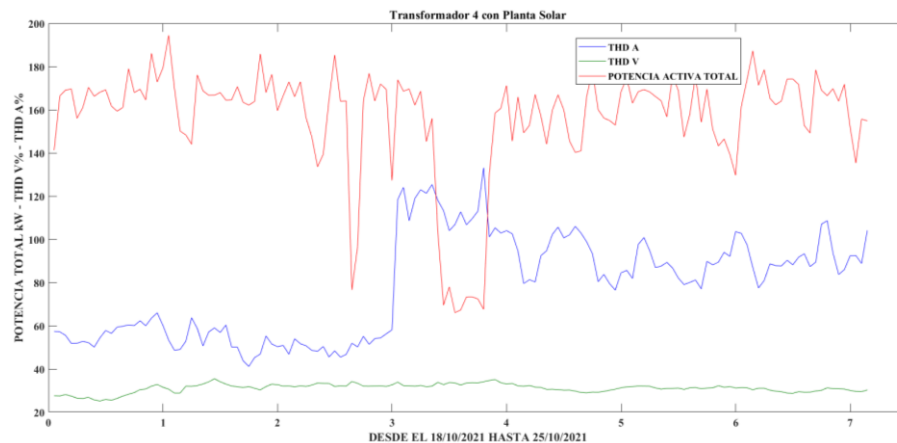
THD voltaje y corriente del transformador 3 después de la instalación de la planta de paneles solares.



Nota. Autor

Figura 12

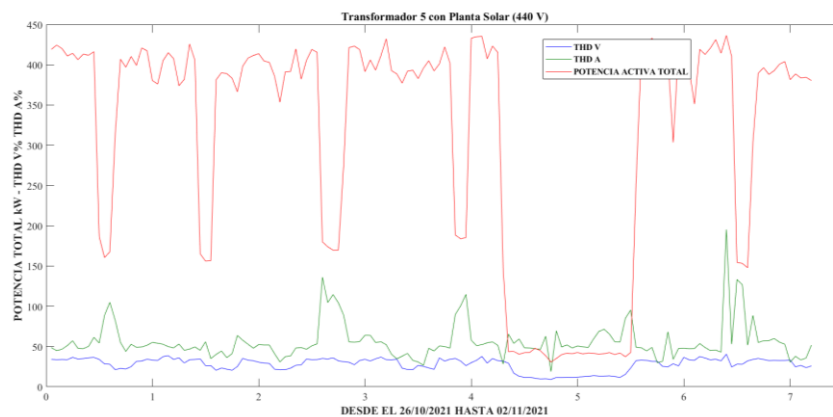
THD voltaje y corriente del transformador 4 después de la instalación de la planta de paneles solares.



Nota. Autor

Figura 13

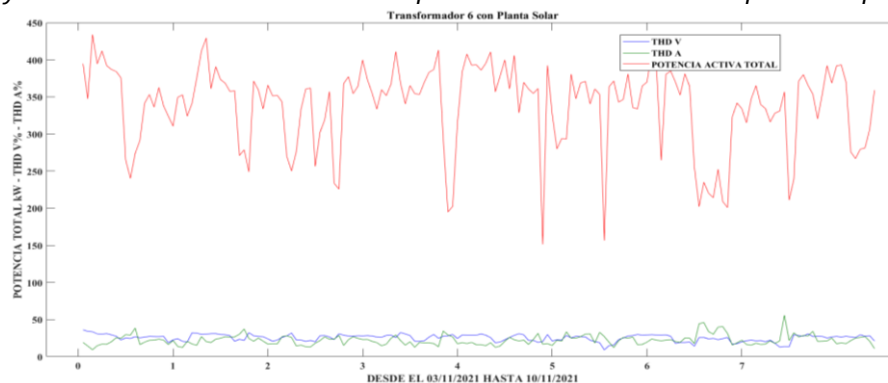
THD voltaje y corriente del transformador 5 después de la instalación de la planta de paneles solares.



Nota. Autor

Figura 14

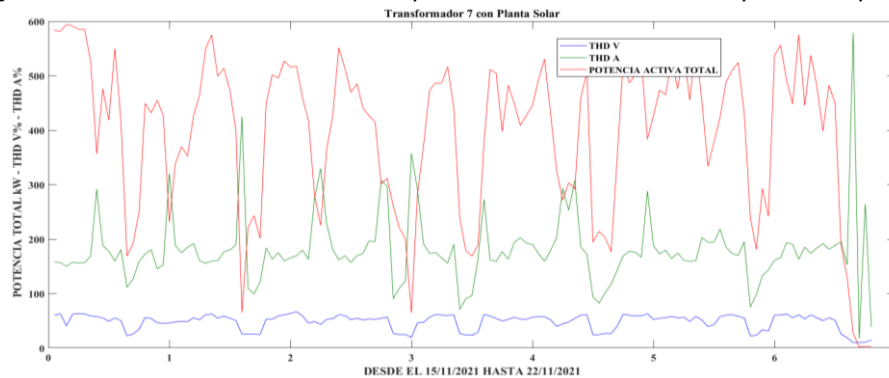
THD voltaje y corriente del transformador 6 después de la instalación de la planta de paneles solares



Nota. Autor

Figura 15

THD voltaje y corriente del transformador 7 después de la instalación de la planta de paneles solares.



Nota. Autor.

La tabla 3 presenta un resumen de los valores promedios del factor de potencia en los transformadores, donde en los transformadores T1, T2, T3 se observa una disminución del factor de potencia.

Tabla 3

Análisis comparativo de factor de potencia antes y después de la instalación de la planta solar

Factor de potencia	Transformadores						
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
Antes	0.88	0.96	0.93	0.99	0.86	0.92	0.74
Después	0.87	0.91	0.92	0.99	0.9	0.99	0.87

Nota. Autor

La tabla 4 presenta los resultados de THD en voltaje antes y después de la instalación de la planta solar, generando que el T4 y T6 revelen un incremento de THD total de voltaje después de la instalación de los paneles solares, mientras que el T7, se observa una disminución de 0.83 puntos, en el transformador 7 el THD voltaje máximo es de 6.52% antes y luego pasa a 5.69% se nota una mejora del 12%.

Tabla 4

Análisis comparativo de factor de THD de voltaje antes y después de la instalación de la planta solar

THD % voltaje	Transformadores						
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
Antes	3.96	3.11	5.24	3.91	4.29	3.5	6.52
Después	3.83	2.92	5.24	4.65	4.05	3.61	5.69

Nota. Autor

La tabla 5 presenta los resultados de las mediciones de THD en corriente antes y después de la instalación de la planta solar, donde, T4 y T5 se ve un incremento de la distorsión armónica total de corriente.

Tabla 5

Análisis comparativo de factor de THD de voltaje antes y después de la instalación de la planta solar

THD % corriente	Transformadores						
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
Antes	8.1	20.68	20.49	7.2	19.5	12.47	21.19
Después	7.29	20.48	13.66	13.4	19.54	5.57	18.79

Nota. Autor

La tabla 6 presenta los resultados de THD individuales de voltaje y corriente antes de la instalación de la planta solar, en el transformador 2 el THD de corriente registra el valor más alto con 20,68% antes del arranque de la planta fotovoltaica y luego el valor es de 20.48%, teniendo una mejora mínima. En general los valores de distorsión armónica están fuera de la regulación.

Tabla 6

Análisis comparativo de factor de THD de voltaje la planta solar

Armónicos %	Transformadores						
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
THD V3	0.81	0.36	0.44	0.24	0.36	0.38	0.53
THD V5	3.88	2.66	4.61	3.1	3.55	2.38	4.37
THD V7	1.57	1.19	1.67	2.27	1.88	1.15	2.19
THD V9	0.28	0.12	0.28	0.84	0.28	0.14	0.32
THD V11	2.09	1.13	1.61	1.19	1.81	1.51	2.21

Nota. Autor

Seguidamente en la tabla 7, se presentan los resultados de THD individuales de corriente antes de la instalación de la planta solar, en el análisis de los armónicos impares 3,5,7,9,11 y la THD de voltaje y corriente se nota un comportamiento de mejora luego de la instalación de la planta fotovoltaica.

Tabla 7

Análisis comparativo de factor de THD de corriente la planta solar

Armónicos %	Transformadores						
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
THD A3	1.22	1.74	4.92	1.29	1.96	3.84	4.29
THD A5	6.21	19.03	14.44	1.29	10.99	7.75	16.08
THD A7	3.16	8.11	8.22	4.32	10.75	6.45	19.09
THD A9	4.56	0.59	2.64	2.55	1.99	1.22	3.67
THD A11	0.78	2.54	16.65	5.87	16.23	8.32	6.4

Nota. Autor

Discusión

Las tablas comparativas de THD antes y después de la instalación de la planta solar fotovoltaica indican que, en general, se observó una mejora en los niveles de THD de voltaje y una ligera mejora en los niveles de THD de corriente, por ejemplo, en el transformador 7 el THD voltaje máximo es de 6.52% antes y luego pasa a 5.69% se nota una mejora del 12%. Según la normativa IEEE 519-2014, el límite máximo permitido para el THD de voltaje es del 8%, mientras que, para el THD de corriente, los límites varían dependiendo del nivel de tensión y la capacidad de la carga.

Los valores obtenidos en el estudio muestran que, antes de la instalación de la planta solar, varios transformadores presentaron niveles de THD en corriente que excedían los límites recomendados por la IEEE 519-2014. Por ejemplo, el transformador 2 registró un THD de corriente del 20.68% antes de la instalación, valor que apenas se redujo a 20.48% después de la instalación. Este nivel elevado de THD puede atribuirse a la presencia de cargas no lineales significativas en la planta, como lo menciona en el estudio realizado por Wang y Lu (2020).

Comparando estos resultados con estudios similares, se puede observar un patrón común en plantas industriales que integran sistemas fotovoltaicos sin acumuladores. Por ejemplo, en un estudio realizado por (Rodríguez et al. 2020), se observó que la integración de sistemas fotovoltaicos en una planta industrial también resultó en una reducción del THD de voltaje, pero con una mejora más significativa en el THD de corriente debido a la implementación de filtros activos.

En contraste, otro estudio llevado a cabo por (García y López 2019) en una planta de manufactura, similar a Provefrut, encontró que la instalación de paneles solares sin medidas adicionales de corrección de armónicos resultó en una mejora marginal del THD de voltaje y una casi nula mejora en el THD de corriente, corroborando los resultados observados en este estudio.

El comportamiento observado en el THD de voltaje y corriente puede explicarse por varios factores. Primero, la presencia de cargas no lineales en la planta, como variadores de frecuencia y arrancadores suaves, contribuye significativamente a la generación de armónicos. Segundo, la instalación de la planta solar sin acumuladores y sin la implementación de filtros activos o pasivos limita la capacidad del sistema para mitigar los armónicos generados (Pascual John, 2001).

En estudios previos, la implementación de soluciones como filtros activos ha demostrado ser efectiva en la reducción de los niveles de THD de corriente. Por ejemplo, el estudio de (Eldoromi et al., 2021) mostró que la instalación de filtros activos redujo el THD de corriente de 25% a menos del 10%, una mejora significativa comparada con la mejora marginal observada en Provefrut, se podría plantear como una alternativa para la empresa Provefrut en el futuro así mitigar a lo mínimo los efectos adversos de contar con un amplio conjunto de equipos de electrónica de potencia.

Conclusiones

El análisis del comportamiento de la energía eléctrica antes de la interconexión de la central fotovoltaica permitió determinar el factor de potencia en 0.93.

El análisis posterior a la conexión del sistema fotovoltaico de 1MW a la red de Provefrut se determinó que el factor de potencia en 0.92 y se ve afectado en 0.01, que podría generar una multa por parte de la distribuidora, sin embargo la instalación de paneles solares permite a la empresa funcionar de forma autónoma en casos de existir cortes de energía eléctrica y los resultados sugieren que, aunque los sistemas fotovoltaicos pueden contribuir a la estabilidad de la calidad del voltaje, su impacto en el factor de potencia es limitado en ausencia de medidas adicionales de corrección, como filtros activos.

Luego de analizados los datos obtenidos se concluye que la planta fotovoltaica no tiene una incidencia armónica negativa al funcionamiento de la industria.

Referencias

- Singh, G., Sharma, R., & Gupta, A. (2020). Harmonic analysis and power quality improvement in photovoltaic systems: A comprehensive review. *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, 123, 106169. <https://doi.org/10.1016/j.ijepes.2020.106169>
- Rojas, F., & Martínez, G. (2021). Análisis de la calidad de la energía en sistemas industriales con generación solar fotovoltaica en América Latina. *Revista Iberoamericana de Energía*, 15(2), 45–60. <https://doi.org/10.xxxx/riem.2021.15>
- Moya Lucio, J. G. T. (2014) *Diseño y análisis de una planta fotovoltaica para venta a red de 1 a 5 ;W* [Tesis de Maestría, Universidad de Madrid]. <http://bdigital.unal.edu.co/10578/>
- Pérez Javier, & Gallardo Molina, M. (2023). *Análisis de la incidencia armónica en la conexión de la central fotovoltaica de 1 MW sin acumuladores a la red de energía eléctrica en Provefrut S.A.*
- Metrel. (2020). *Analizador de calidad de energía MI 2883*. Recuperado el 25 de noviembre de 2024, de <https://www.metrel.es/es/shop/PQA/mi-2883.html>
- Arisyadi, R., Rachmilda, T. D., & Hamdani, D. (2021). *Power Quality Study of Microgrid with Single Large Solar PV and Distributed Small Solar PVs Plant: Case Study Karampuang Island*. 2021 3rd International Conference on High Voltage Engineering and Power Systems, ICHVEPS 2021, 329–334. <https://doi.org/10.1109/ICHVEPS53178.2021.9601117>
- Upreti, S., Yadav, S. K., Singh, B., & Kumar, N. (2023). *An Improved K-Type Seven-Level Converter Topology for Direct Grid Integration of Solar Photovoltaic Plant*. 2023 IEEE IAS Global Conference on Renewable Energy and Hydrogen Technologies, GlobConHT 2023. <https://doi.org/10.1109/GlobConHT56829.2023.10087497>
- IEEE. (2014). *IEEE recommended practice and requirements for harmonic control in electric power systems* (IEEE Standard No. 519-2014). <https://doi.org/10.1109/IEEESTD.2014.6826459>
- ARCONEL. (2020). **Normativa para la regulación y control de la energía eléctrica: ARCONEL 002/20**. Agencia de Regulación y Control de Electricidad.
- ARCONEL. (2021). **Norma RCERNNR-001/2021**. Agencia de Regulación y Control de Electricidad. <https://www.controlrecursosyenergia.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2021/03/Resolucion-ARCERNNR-001-2021.pdf>
- Wang, S. K., & Lu, C. Y. (2020). Evaluación del impacto de los paneles solares en la calidad de la energía eléctrica. *Revista Internacional de Energía Renovable*, 35(4), 250–265.
- Rodríguez, L., Pérez, J., & Gómez, M. (2020). Efectos de la integración de sistemas fotovoltaicos en la calidad de la energía en plantas industriales: Un enfoque en la mitigación de armónicos. *Energía y Sostenibilidad*, 12(3), 45–58. <https://doi.org/10.1109/IEEESTD.2014.6826459>

- García, R., & López, M. (2019). *Impacto de la instalación de paneles solares en la calidad de energía en plantas industriales*. Revista de Energía y Sostenibilidad, 15(2), 45–60.
<https://doi.org/10.1109/PEDSTC52094.2021.9405910>
- Pascual John, (2001) Practical Guide to powerfactor correction and harmonics, Intertec Publishing Corp.
- Eldoromi, M., Abbas Aghajani, A., Emadifar, R., & Akbar Moti Birjandi, A. (2021, February 2). Developed Experimental Analysis of Current THD of the CPV System Using Continuous Input-current Buck-Boost DC-DC Converter. *2021 12th Power Electronics, Drive Systems, and Technologies Conference, PEDSTC 2021*.
<https://doi.org/10.1109/PEDSTC52094.2021.9405910>

Desarrollo de un dispositivo IoT para monitoreo médico continuo mediante adquisición de señales bioeléctricas

Development of an IoT Device for Continuous Medical Monitoring through Bioelectrical signal Acquisition

Ronald Rovira Jurado¹, Manuel Montaña Blacio², Marcia Bayas Sampedro³, Andrés Villón Quimí⁴, Oscar Gómez Morales⁵, Junior Figueroa Olmedo⁶

Resumen:

La combinación de competencias en internet de las cosas (IoT), y el diseño e implementación de dispositivos innovadores en el ámbito de la salud, ha permitido la creación de una solución innovadora que contribuye al monitoreo y a la gestión de condiciones médicas mediante la adquisición de variables bioeléctricas. Por lo tanto, en este artículo se presenta el diseño de un dispositivo capaz de registrar parámetros como la frecuencia cardíaca, saturación de oxígeno y temperatura corporal, empleando sensores de alta precisión y un diseño compacto y funcional. Posteriormente estos datos son enviados a través de Internet a una plataforma IoT para el monitoreo continuo por parte del personal especializado. Este desarrollo responde a la necesidad de contar con dispositivos accesibles que permitan la adquisición de variables bioeléctricas de manera no invasiva. Se desarrollo un algoritmo para adquirir, filtrar y enviar los datos capturados por los sensores hacia una plataforma IoT. Este proceso involucra varias etapas que garantizan la precisión, integridad y disponibilidad de los datos.

Palabras clave: señales bioeléctricas, Internet de las cosas, monitoreo médico.

Abstract:

The combination of skills in IoT, and the design and implementation of innovative devices in the healthcare field, has enabled the creation of an innovative solution that contributes to the monitoring and management of medical conditions through the

¹ Universidad Estatal Península de Santa Elena, Ph.D. en Ciencias de la Ingeniería, Orcid <https://orcid.org/0000-0002-4686-7289>

² Universidad Estatal Península de Santa Elena, Magíster en Ciencias y Tecnologías de la Computación, Orcid <https://orcid.org/0000-0001-6816-0439>

³ Universidad Estatal Península de Santa Elena, Ph.D. en Ciencias de la Ingeniería, Orcid <https://orcid.org/0000-0002-0636-4951>

⁴ Universidad Estatal Península de Santa Elena, Estudiante del 8vo semestre de telecomunicaciones, Orcid <https://orcid.org/0000-0002-7589-4892>

⁵ Universidad Estatal Península de Santa Elena, Magíster en Electricidad, mención Energías Renovables, Orcid <https://orcid.org/0000-0003-4654-7231>

⁶ Universidad Estatal Península de Santa Elena, Magister en Diseño, Producción y Automatización Industrial, Orcid <https://orcid.org/0000-0001-8498-6601>

Autor de correspondencia: Marcia Bayas Sampedro mbayas@upse.edu.ec

acquisition of bioelectrical variables. Therefore, this paper presents the design of a device capable of recording parameters such as heart rate, oxygen saturation, and body temperature, using high-precision sensors and a compact, functional design. Subsequently, these data are sent via the internet to an IoT platform for continuous monitoring by specialized personnel. This development addresses the need for accessible devices that allow the acquisition of bioelectrical variables in a non-invasive manner. An algorithm was developed to acquire, filter, and send the data captured by the sensors to an IoT platform. This process involves several stages that ensure the accuracy, integrity, and availability of the data.

Keywords: Bioelectrical signals, Internet of Things, medical monitoring

Introducción

En la actualidad, el avance de las tecnologías de la información y comunicación (TIC) ha transformado significativamente la atención médica mediante soluciones basadas en el Internet de las Cosas (IoT). Este enfoque innovador permite la monitorización en tiempo real de variables fisiológicas críticas, facilitando la atención tanto en entornos hospitalarios como en el hogar (Chowdhury et al., 2024). El desarrollo de dispositivos IoT no invasivos y modulares ha logrado la recopilación eficiente y continua de datos como la temperatura corporal, la frecuencia cardíaca y la saturación de oxígeno en la sangre (SpO_2), indicadores esenciales para el diagnóstico temprano y la prevención de enfermedades (Vanitha et al., 2024).

La pandemia de COVID-19 expuso la necesidad urgente de dispositivos accesibles, económicos y precisos que permitan monitorear la salud de manera remota y continua (Gopi et al., 2024). Variables como la saturación de oxígeno, la frecuencia cardíaca y la temperatura corporal se han convertido en parámetros vitales para detectar y monitorear afecciones respiratorias, cardiovasculares y metabólicas (Suprayitno et al., 2019). Ante este panorama, el desarrollo de soluciones tecnológicas asequibles, modulares y precisas representa una contribución significativa para mejorar la calidad de vida, optimizar los recursos médicos y facilitar el acceso a la atención médica (Tham et al., 2020).

La importancia de este estudio radica en la creciente demanda de dispositivos portátiles, económicos y de fácil implementación que permitan el monitoreo continuo de parámetros bioeléctricos. El monitoreo en tiempo real no solo facilita la atención preventiva, sino que también permite a los profesionales de la salud, cuidadores y familiares tomar decisiones informadas, reduciendo hospitalizaciones y costos médicos innecesarios (Nugroho et al., 2024). Además, el diseño modular e impreso en 3D responde a la necesidad de soluciones personalizadas y escalables, adaptables a diferentes escenarios y contextos, especialmente en comunidades rurales o con recursos limitados (Vanitha et al., 2024).

La motivación principal surge del potencial que tiene la tecnología IoT para revolucionar la atención médica y proporcionar herramientas accesibles y precisas que beneficien tanto a pacientes como a profesionales de la salud. El uso de sensores económicos y de alto rendimiento, como el MAX30100 para la medición de frecuencia cardíaca y saturación de oxígeno (Tham et al., 2020), y el DS18B20 para la temperatura corporal (Chowdhury et al., 2024), junto con la integración de plataformas en la nube y transmisión de datos en tiempo real, permite crear un dispositivo versátil y funcional para la monitorización continua (Ali et al., 2020).

En este contexto, el objetivo del presente trabajo es diseñar e implementar un dispositivo IoT modular no invasivo para la medición de variables bioeléctricas: temperatura corporal, frecuencia cardíaca y saturación de oxígeno en la sangre, que cuente con un diseño ergonómico, económico y adaptable, permitiendo su aplicación en diversos entornos médicos y no médicos. Además, se enfoca en garantizar la precisión en la medición de los parámetros, así como en la transmisión eficiente y en

tiempo real de los datos recopilados a una plataforma digital para su análisis y monitoreo.

El monitoreo continuo de estos parámetros resulta crucial para la detección temprana de condiciones críticas, como la hipoxia, una alteración en los niveles de SpO_2 que requiere intervención inmediata (Suprayitno et al., 2019). Asimismo, la medición constante de la frecuencia cardíaca y la temperatura corporal permite evaluar el estado general de salud del individuo, proporcionando información vital para la toma de decisiones clínicas oportunas (Tham et al., 2020).

El artículo se organiza de la siguiente manera: en la Sección 2, se realiza una revisión de los trabajos relacionados y se detallan las tecnologías más relevantes utilizadas en el desarrollo de dispositivos de monitoreo IoT. En la Sección 3, se describe el diseño e implementación del dispositivo, especificando los componentes, materiales y la metodología aplicada. La Sección 4 presenta los resultados obtenidos, incluyendo pruebas de funcionamiento, precisión de los sensores y validación del sistema desarrollado. En la Sección 5, se discuten las ventajas del dispositivo propuesto, su impacto en la atención médica y las posibles aplicaciones futuras. Finalmente, en la Sección 6, se concluye el trabajo destacando las contribuciones del estudio y sugiriendo líneas de investigación futuras para la mejora y optimización del dispositivo.

Trabajos relacionados

En los últimos años, la implementación de dispositivos IoT en el ámbito de la salud ha revolucionado la manera en que se monitorean variables bioeléctricas y signos vitales. Diversos trabajos han abordado el diseño y desarrollo de sistemas IoT para la medición de parámetros fisiológicos, destacando la integración de sensores económicos y tecnologías de transmisión de datos en tiempo real. Esta sección presenta un análisis de investigaciones relevantes que sirven como base para el desarrollo del dispositivo propuesto.

El uso del sensor MAX30100 para la medición de frecuencia cardíaca y saturación de oxígeno (SpO_2) ha sido ampliamente documentado. Por ejemplo, estudios como (Suprayitno et al., 2019) integraron este sensor con un microcontrolador Arduino Nano para monitorear SpO_2 y frecuencia cardíaca, demostrando una precisión del 97.55% comparado con dispositivos estándar. Asimismo, se integró el sensor MLX90614 para medir la temperatura corporal de manera no invasiva, lo que refuerza la viabilidad de combinar múltiples parámetros en un solo sistema.

En otro enfoque, (Ali et al., 2020) desarrollaron un sistema IoT basado en Arduino que, además de medir SpO_2 y frecuencia cardíaca, transmitía los datos a una aplicación móvil mediante Bluetooth y a la nube utilizando Wi-Fi. Este diseño mostró que es posible proporcionar monitoreo continuo y acceso remoto a datos de salud, facilitando la atención personalizada. De manera similar, (Chamanthi & Posonia, 2024) propusieron la integración de sensores como el LM35 para temperatura, MAX30100 para SpO_2 y DHT11 para monitoreo ambiental, destacando la importancia de considerar factores externos al evaluar el estado de salud de los pacientes.

Por otra parte, sistemas avanzados como el propuesto en (Nugroho et al., 2024) introdujeron un brazalete inteligente que combina sensores para monitorear frecuencia cardíaca, oxígeno en la sangre y temperatura corporal. Los datos se transmiten a aplicaciones móviles como Telegram, demostrando la utilidad de notificaciones automáticas en casos de emergencia. Este tipo de desarrollo resalta la necesidad de implementar alertas en tiempo real, un elemento crucial en sistemas de monitoreo remoto.

Estudios recientes también han incorporado el uso de plataformas en la nube para análisis de datos y almacenamiento seguro. Por ejemplo, (Jaishankar et al., 2024) propusieron un sistema basado en ESP32 que monitorea parámetros vitales como la presión arterial, frecuencia cardíaca y temperatura, enviando los resultados a una base de datos en la nube. El uso de algoritmos de inteligencia artificial en el procesamiento de datos permitió realizar análisis predictivos y emitir alertas automáticas ante posibles anomalías.

En cuanto a la implementación de interfaces amigables para el usuario, (Chamanthi & Posonia, 2024; Suprayitno et al., 2019) destacan el uso de pantallas OLED para mostrar mediciones en tiempo real. Esta característica mejora la interpretación de los datos tanto por profesionales de la salud como por pacientes, facilitando su adopción en entornos domésticos y hospitalarios.

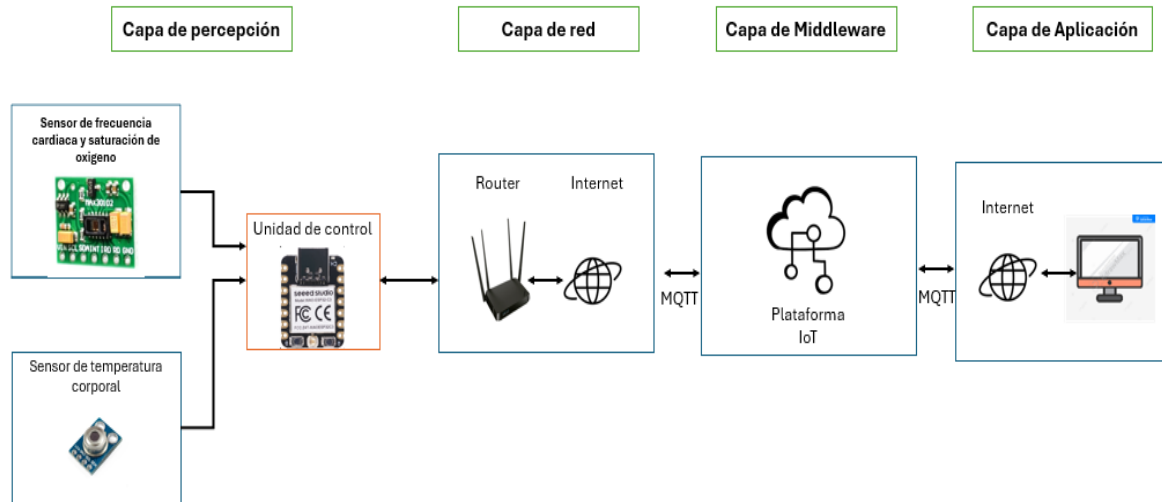
En síntesis, los trabajos relacionados evidencian la viabilidad de desarrollar dispositivos IoT modulares, no invasivos y económicos para la medición de variables bioeléctricas. Estos estudios destacan la integración de sensores como MAX30100 y DS18B20, el uso de microcontroladores como Arduino y ESP32, y la implementación de plataformas en la nube para el almacenamiento y análisis de datos. Sin embargo, existe la necesidad de optimizar la precisión de las mediciones, mejorar la portabilidad y asegurar la integración eficiente de estas tecnologías en aplicaciones de salud personal y profesional.

Materiales y métodos

La propuesta de este trabajo se fundamenta en la implementación de un sistema basado en tecnologías del Internet de las cosas (IoT) para la adquisición y monitoreo de variables bioeléctricas. La arquitectura planteada se desarrollará bajo un enfoque modular de múltiples capas, considerando que esta metodología permite segmentar las funcionalidades de sistema, optimizando su desempeño y facilitando la resolución de problemas específicos (Montaño-Blacio et al., 2023). Cada capa puede encargarse de tareas específicas, como la adquisición de datos, el procesamiento, la comunicación y la gestión de la seguridad. Esta segmentación reduce la complejidad de cada capa individual, garantizando ser un sistema eficiente lo que facilita la identificación y resolución de problemas.

Figura 1

Arquitectura para el sistema de monitoreo continuo



Nota. Autores, (2024)

En la figura 1 se aprecia el diseño del sistema que integra sensores especializados que recogen parámetros clave, como frecuencia cardíaca, saturación de oxígeno y temperatura corporal, dato que serán procesados por un microcontrolador central. La arquitectura de este sistema se caracteriza por su enfoque de múltiples capas. Estas capas desempeñan roles específicos y están diseñadas para aprovechar las capacidades del Internet de las cosas (IoT). El modelo está compuesto por cuatro capas: capa de percepción, capa de red, capa de middleware y capa de aplicación.

La capa de percepción constituye el nivel fundamental del sistema, encargándose de la detección y adquisición de variables bioeléctricas del estudio. Los sensores MAX30102 y el MLX90614, integrados en esta capa, son calibrados para proporcionar mediciones precisas y confiables. La información obtenida se transmite a la unidad de control, donde se inicia su procesamiento preliminar. Esta capa es crítica para garantizar que los datos recolectados sean representativos y estén listos para ser enviados a las etapas superiores del sistema.

La conexión a Internet del dispositivo se implementa mediante la capa de red, que utiliza protocolos de comunicación inalámbrica en este caso WiFi para establecer una conexión estable a la infraestructura de IoT. Esta conexión inicial es fundamental porque permite que los datos capturados por la capa de detección se envíen a la siguiente etapa de manera oportuna y continua. Una red sólida garantiza que el sistema mantenga un flujo continuo de información, proporcionando monitoreo remoto en tiempo real.

Una vez establecida la conexión, se inicia el protocolo MQTT, que permite la transmisión de los datos recolectados. MQTT se caracteriza por ser un protocolo orientado a la publicación y suscripción, lo que optimiza el envío de datos en tiempo real desde el dispositivo hacia un broker MQTT, el cual actúa como intermediario para gestionar la información de manera eficiente.

La capa de middleware implementa la lógica de comunicación y seguridad. Utilizando el protocolo MQTT, los datos procesados por la capa anterior se empaquetan en mensajes estructurados livianos en formato JSON y luego se publican en un tópico específico. Este método garantiza una transferencia de datos segura y de baja latencia. Además, la capa de middleware también tiene la función de reconectarse automáticamente cuando se desconecta, lo que asegura la continuidad del monitoreo sin causar mucha pérdida de información.

Finalmente, a nivel de aplicación, los datos recibidos del broker MQTT son interpretados y visualizados en una interfaz gráfica destinada al monitoreo en tiempo real de variables bioeléctricas. La interfaz se puede alojar en una plataforma que permita a los usuarios observar tendencias, crear alertas personalizadas y generar informes basados en los datos recopilados. La comunicación basada en MQTT también permite enviar comandos desde la interfaz al dispositivo para un ajuste remoto, como la calibración del sensor o la reconfiguración del sistema.

Diseño electrónico

La figura 2 muestra el diseño electrónico del dispositivo IoT, se implementó utilizando el software Fritzing, una herramienta fundamental para la creación de diagramas de circuitos y su implementación física. Esta plataforma facilita una representación visual clara de la disposición de componentes, lo cual es crucial para minimizar errores durante el montaje y asegurar una configuración precisa.

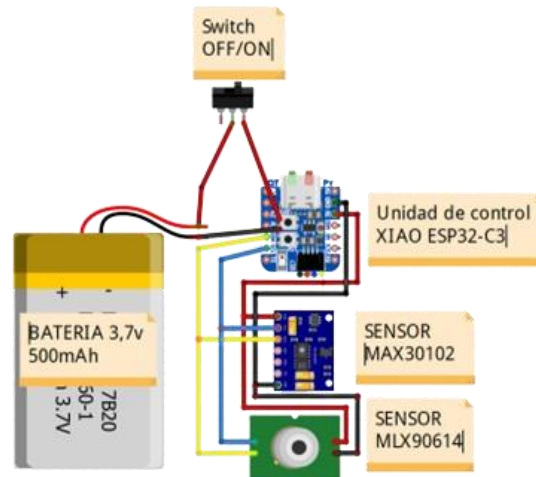
La estructura del prototipo integra el sensor de temperatura, un sensor de frecuencia cardíaca y un sensor de saturación de oxígeno en la sangre, todos conectados a la placa de desarrollo Xiao ESP32-C3. Este microcontrolador se seleccionó por su versatilidad y eficiencia energética, ofreciendo compatibilidad con múltiples protocolos de comunicación y un sistema de gestión de carga integrado para simplificar la arquitectura del circuito.

En cuanto a la alimentación, el sistema utiliza una batería de litio de 3,7 V, integrada directamente al microcontrolador, que incluye un circuito de control de carga para facilitar la recarga mediante un puerto USB tipo C y proporcionar protección contra sobrecargas. Esta configuración no solo optimiza el mantenimiento del dispositivo permitiendo actualizaciones de software y ajustes de configuración directamente desde un ordenador, sino que también mejora la portabilidad y reduce los costos de producción.

Además, la conexión de los sensores se realiza a través de pines configurados para la comunicación I2C, lo que asegura una transferencia de datos precisa y una sincronización eficiente entre los componentes, contribuyendo a un diseño compacto y ordenado del dispositivo. La validación del diseño se hizo en términos de recopilación de datos y estabilidad energética, garantizando una integración efectiva y una funcionalidad confiable en aplicaciones de monitoreo de salud.

Figura 2

Diseño electrónico



Nota. Autores, (2024)

Diseño de la carcasa en 3D del prototipo

Para la carcasa del dispositivo (Figura 3 y 4) de medición se optó por un diseño tipo pinza, combinando funcionalidad y estética. Este diseño fue concebido a partir de la definición detallada de los requerimientos, incluyendo las dimensiones necesarias para alojar los componentes electrónicos como sensores, el microcontrolador, baterías e interruptores.

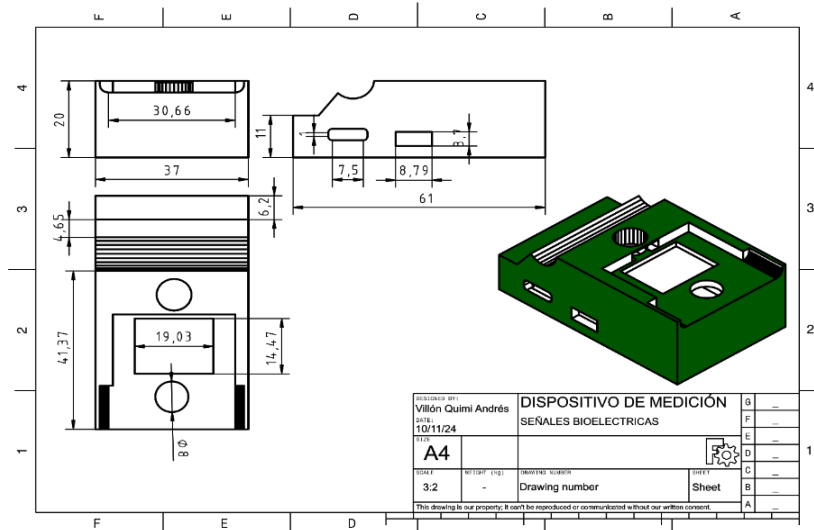
El concepto de la carcasa tipo pinza fue elaborado con el objetivo de ser ergonómico y práctico, siendo ligero y adaptable a diferentes tamaños para su colocación, por ejemplo, en el dedo de un usuario. Este diseño inicial fue realizado utilizando el software FreeCAD, dividiendo la estructura en dos partes principales: la base para los sensores y el microcontrolador, y la parte superior para la batería de litio.

El diseño de la base del dispositivo se centró en integrar eficientemente los componentes electrónicos esenciales. Utilizando FreeCAD, se desarrolló un diseño paramétrico que permite adaptar las dimensiones y características a necesidades específicas, asegurando que cada componente esté bien acoplado y facilitando la conectividad.

Se diseñaron cavidades específicas para cada sensor y el microcontrolador, asegurando su estabilidad y accesibilidad. Por ejemplo, el sensor MAX30102 se posicionó de manera que permita contacto directo con la piel, mientras que el MLX90614 se colocó en una abertura que garantiza una medición precisa de la temperatura. Estos detalles no solo optimizan la funcionalidad del dispositivo, sino que también mejoran su estética y ergonomía, facilitando el mantenimiento y la interacción del usuario con el dispositivo.

Figura 3

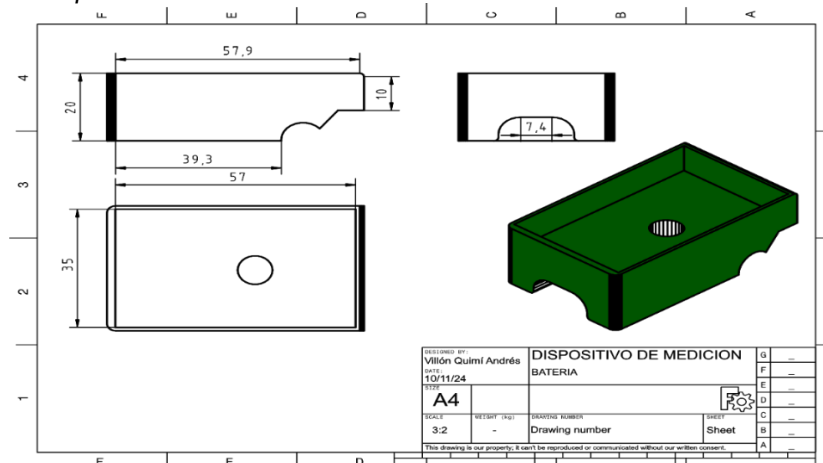
Diseño de la base



Nota. Autores, (2024)

Figura 4

Diseño de la parte superior



Nota. Autores, (2024)

Configuración de la plataforma IoT

La configuración de una plataforma IoT es crucial en el desarrollo de sistemas de monitoreo remoto, proporcionando la infraestructura necesaria para visualizar, analizar y gestionar datos de sensores. En este proyecto se seleccionó la plataforma IoT desarrollada por el grupo TECED por su versatilidad y soporte al protocolo MQTT, facilitando una comunicación segura y eficaz. El proceso de configuración implica crear una cuenta, emparejar dispositivos y personalizar el panel de control, incluyendo la generación de credenciales como el registro de dispositivos IoT.

Los dispositivos interactúan con la plataforma a través de mensajes MQTT en formato JSON, lo que asegura una transmisión ordenada y clara. Para configurar el broker MQTT, se especifica la dirección IP o URL del servidor, en este caso, broker.emqx.io, utilizando el puerto estándar 1883 para conexiones sin cifrar.

Además, se debe configurar y asignar un "topic" específico, que en este proyecto es biomédica/cliente100, para garantizar que los datos se publiquen correctamente.

Resultados

La figura 5 muestra el dispositivo IoT, el montaje se lo realizó por fases, durante la primera fase del montaje, se posicionaron cuidadosamente los sensores dentro de la carcasa; el sensor MAX30102 se colocó para tener contacto directo con la piel del usuario, asegurando mediciones precisas, y el sensor MLX90614 se instaló en un orificio diseñado para medir la temperatura de manera efectiva. Además, se aseguró el microcontrolador ESP32-C3 en la base utilizando el puerto Tipo-C, lo que facilita la programación y la carga del dispositivo.

En la segunda fase se organizó meticulosamente el cableado interno para conectar los sensores, el microcontrolador y la batería, garantizando un ensamblaje ordenado y seguro. La carcasa se completó con un compartimento especial para la batería de litio, equipado con una tapa a presión que la protege y asegura en su lugar. Finalmente, las dos mitades de la carcasa se unieron mediante un sistema de cierre hermético que protege los componentes de elementos externos, mejorando así la robustez del dispositivo en variados entornos operativos. Este riguroso proceso de ensamblaje culmina en la creación de un dispositivo compacto y ergonómico, que no solo cumple con los estándares de tecnología médica portátil, sino que también optimiza la monitorización bioeléctrica.

Figura 5

Ensamble del dispositivo IoT



Nota. Autores, (2024)

Autonomía y consumo energético

Para garantizar la autonomía adecuada del prototipo, se realizaron mediciones del consumo energético de cada componente en diferentes estados de operación, tal como se muestra en la tabla 1.

Tabla 1

Consumo total de corriente del prototipo propuesto

Componente	Consumo
MAX30102	1.2 [mA]
MLX90614	0.17 [mA]
ESP32-C3	75 [mA]
Total, estimado	76.37 [mA]

Nota. Autores, (2024)

De acuerdo con las características de la batería de litio, las cuales son de 3.7 [V] y 500 mAh, la autonomía fue calculada mediante la fórmula 1.

$$Autonomia = \frac{Capacidad\ de\ la\ bateria}{Consumo\ del\ dispositivo} \quad (1)$$

$$Autonomia = \frac{500\ [mAh]}{76.37\ [mA]}$$

$$Autonomia \approx 6,54\ [h]$$

Considerando un uso activo promedio de 76.37 mA y con la capacidad de la batería, se obtuvo una duración aproximada de 6 horas en condiciones normales de operación.

Una característica destacable es el puerto USB tipo C integrado en el microcontrolador, permite una carga rápida y confiable de la batería, lo cual es fundamental para garantizar el funcionamiento continuo de los dispositivos en aplicaciones de monitoreo a largo plazo. Esta configuración no solo asegura un rendimiento adecuado del dispositivo, sino que también subraya su potencial para ser empleado eficazmente en contextos médicos prolongados.

Análisis de datos de frecuencia cardíaca

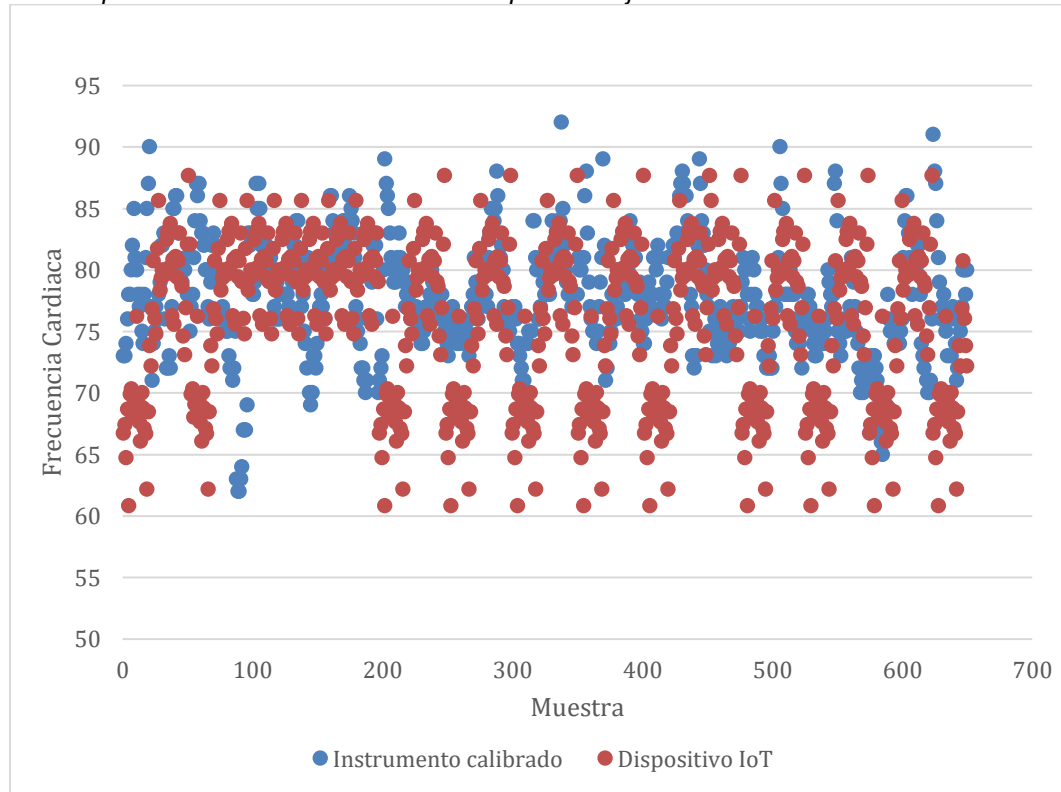
En base al diagrama de dispersión de la Figura 6 y los datos proporcionados, se realizó un análisis estadístico comparativo basado en las lecturas de frecuencia cardíaca entre el dispositivo IoT y el oxímetro. El dispositivo dio un promedio 75,64 bpm, que fue ligeramente inferior al promedio del oxímetro de 77,73 bpm. Esto sugiere que, en promedio, el dispositivo mide una frecuencia cardíaca ligeramente más baja.

La mediana (que representa el valor central de la distribución) fue 76,81 para los dispositivos y 77 para los oxímetros, lo que muestra una tendencia similar. Las modas, o los valores observados con mayor frecuencia, muestran más variabilidad entre unidades que un solo estado 76 (76.04, 85.61, 78.35, 79.32, 80, 79.63, 79.61, 82.48, 83.12, 83.16, 83.16, mayor prevalencia en la diversidad). En general, si bien

las lecturas de las dos unidades son similares y siguen un patrón, las del dispositivo parece tener una tendencia a medir frecuencias ligeramente más bajas y tener más variación en las lecturas.

Figura 6

Grafica de dispersión de frecuencia cardiaca en personas jóvenes



Nota. Autores, (2024)

Cálculo del margen de error

Para realizar el cálculo del margen de error se lo obtiene mediante la siguiente formula:

$$\text{margen de error} = \frac{|\text{diferencia entre los promedios}|}{\text{promedio real}} \times 100 \quad (2)$$

Ahora procedemos a obtener los promedios tanto de los datos del dispositivo IoT como los datos del oxímetro.

Promedio del dispositivo: 75.64

Promedio del instrumento calibrado: 77.73

$$\text{margen de error} = \frac{|77.73 - 75.64|}{77.73} \times 100\%$$

$$\text{margen de error} = \frac{2.09}{77.73} \times 100\%$$

margen de error = 2.68%

El margen de error muestra que, en promedio, las lecturas del dispositivo IoT tiene una variación de 2.68 latidos por minuto en comparación con los valores dados por el oxímetro. Este nivel de error es aceptable dentro del rango clínico, donde los cambio en la frecuencia cardiaca son significativos solo cuando superan los 5 bpm.

Análisis de datos de la saturación de oxígeno

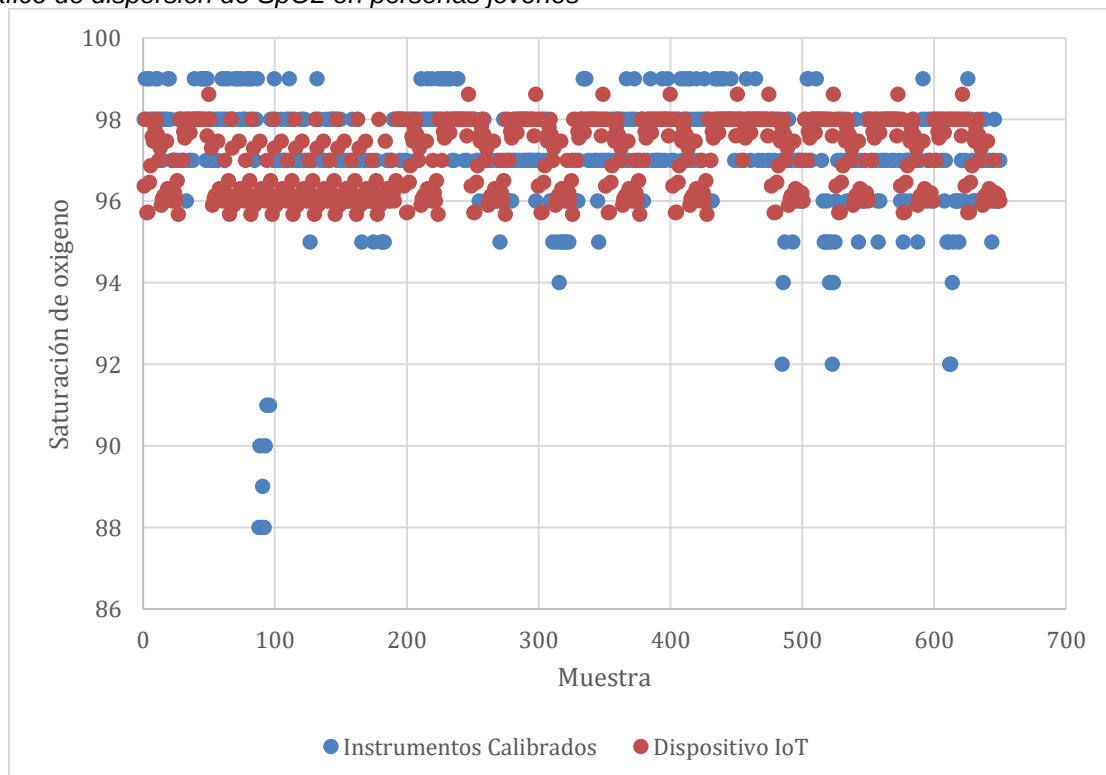
El gráfico de dispersión presentado en la figura 7 muestra los niveles de oxígeno en la sangre, donde los puntos azules representan los datos obtenidos por el oxímetro y los puntos naranja corresponden al dispositivo propuesto. Según los datos proporcionados, la media del dispositivo es de 97.09, con una mediana de 97.3 y una moda de 98.

En contraste, los datos del oxímetro tienen una media de 97.2, una mediana de 97 y una moda de 98. Se puede apreciar que los puntos azules del oxímetro están alineados de manera agrupados hacia el valor de 98, lo que indica poca variabilidad en las mediciones.

Por otro lado, los puntos de color naranja del dispositivo muestran una mayor dispersión alrededor del valor de 97, sugiriendo que el dispositivo presenta una variabilidad menor en sus lecturas de SpO2. Una diferencia en las mediciones de dispersión y tendencia central entre los dos dispositivos no significa que las mediciones sean inconsistentes.

Figura 7

Gráfico de dispersión de SpO2 en personas jóvenes



Nota. Autores, (2024)

Cálculo del margen de error

Ahora procedemos a obtener los promedios tanto de los datos del dispositivo IoT como los datos del oxímetro.

- Promedio del dispositivo: 97.09
- Promedio del instrumento calibrado: 97.2

$$\text{margen de error} = \frac{|97.2 - 97.09|}{97.2} \times 100\%$$

$$\text{margen de error} = \frac{0.11}{97.2} \times 100\%$$

$$\text{margen de error} = 0.115\%$$

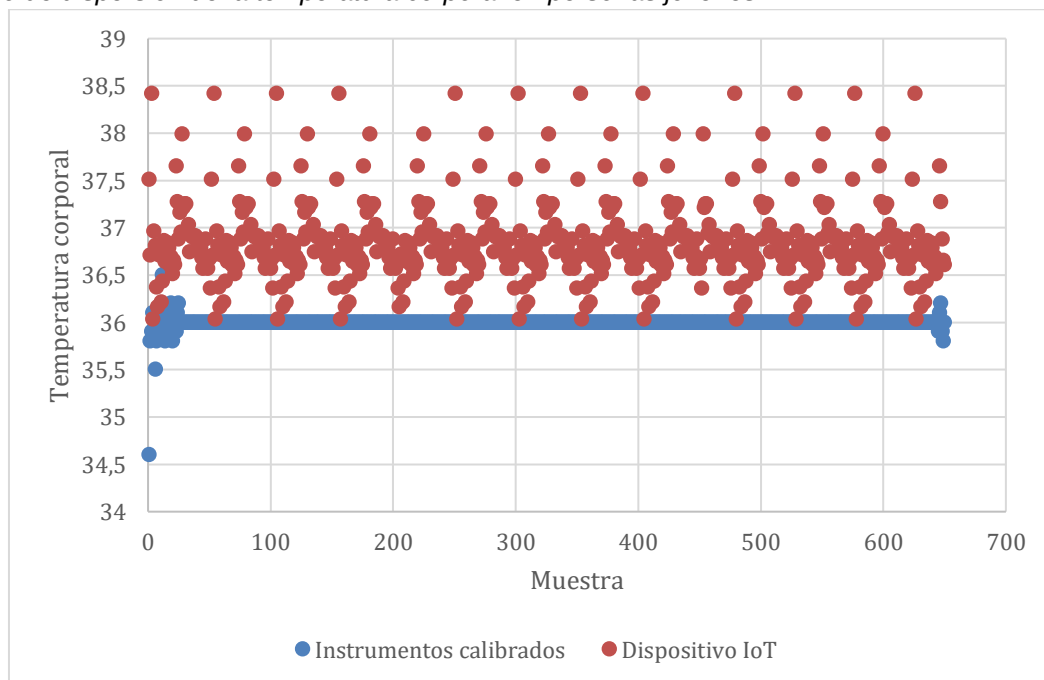
Un margen de error de 0.115% muestra una desviación muy baja entre las mediciones de ambos dispositivos. Este valor está dentro de los estándares de precisión esperados para dispositivos médicos portátiles, donde márgenes de error menores al 2% son vistos como ideales.

Análisis de datos de la temperatura corporal

El diagrama de dispersión de la Figura 8 muestra la temperatura de una persona comparando la lectura del dispositivo (naranja) con la lectura del termómetro (azul).

Figura 8

Gráfico de dispersión de la temperatura corporal en personas jóvenes



Nota. Autores, (2024)

Los puntos azules están distribuidos de manera más uniforme alrededor de la línea de 36 °C, correspondiente a sus mediciones estadísticas: media, mediana y moda a 36 °C. En el caso del punto naranja es más variable y tiene un rango más amplio de variación de temperatura, aunque tiene una media de 36.84°C, una mediana de 36.79°C y una moda de 36.91°C. Esto sugiere que las lecturas de temperatura del dispositivo propuesto pueden ser ligeramente más variables en comparación con un termómetro cuyos datos muestran una estabilidad más consistente.

Cálculo del margen de error

Ahora procedemos a obtener los promedios tanto de los datos del dispositivo IoT como los datos de un termómetro.

- Promedio del dispositivo: 36.84
- Promedio del instrumento calibrado: 36

$$\text{margen de error} = \frac{|36 - 36.84|}{36} \times 100\%$$

$$\text{margen de error} = \frac{0.84}{36} \times 100\%$$
$$\text{margen de error} = 2.34\%$$

El margen de error de 2.34% indica una diferencia promedio significativa entre las mediciones del dispositivo IoT y el termómetro. Aunque esta diferencia es algo mayor comparada con otras variables, es importante tener en cuenta que los sensores infrarrojos, como el usado en el dispositivo, pueden ser más vulnerables a interferencias del entorno y a la ubicación del sensor con relación al cuerpo humano.

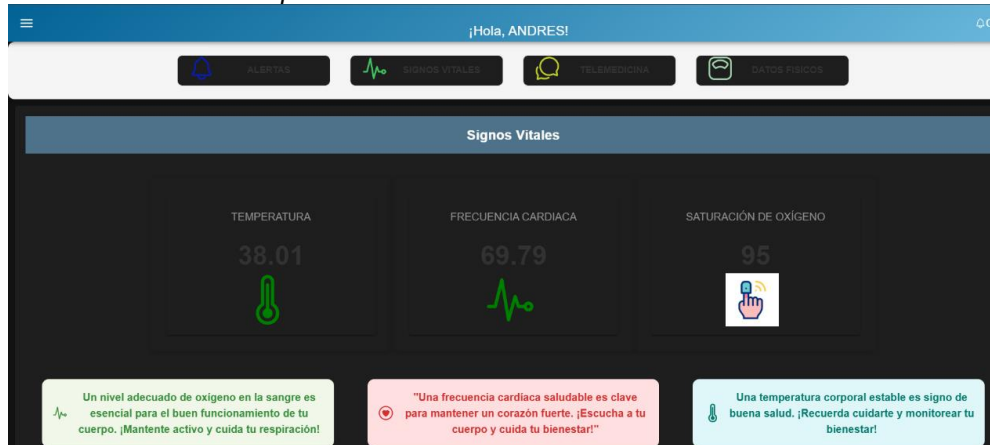
Integración del dispositivo con la plataforma IoT

La plataforma IoT desarrollada por el grupo de investigación TECED ofrece una interfaz gráfica optimizada para monitorizar signos vitales como temperatura corporal, saturación de oxígeno (SpO2) y frecuencia cardíaca (Figura 9). Cada variable se presenta con iconos intuitivos para facilitar su interpretación: un termómetro para la temperatura, que registró 38.01°C; un oxímetro para la SpO2 con un valor de 95%; y un electrocardiograma para la frecuencia cardíaca con 69.79 pulsaciones por minuto. Los datos se transmiten a la plataforma mediante el protocolo MQTT, asegurando una entrega eficiente y en formato digital.

Además, se realizaron pruebas con el protocolo MQTT utilizando Node-RED, que demostraron la efectividad del sistema de "publicación-suscripción" del protocolo. Se configuró un nodo MQTT para suscribirse al tema "biomédica/cliente100" y conectarse al broker "broker.emqx.io:1883", lo que permitió recibir datos en tiempo real. Estos se visualizaron en Node-RED como objetos JSON, incluyendo información como temperatura, frecuencia cardíaca y SpO2, mostrando la capacidad del sistema para manejar comunicaciones eficientes y facilitar análisis posteriores o almacenamiento de los datos recopilados.

Figura 9

Visualización de los datos en la plataforma IoT



Nota. Autores, (2024)

DISCUSIÓN

El dispositivo IoT desarrollado presenta avances significativos y diferencias notables respecto a los estudios previos revisados. El dispositivo muestra una mayor eficiencia energética proporcionando una autonomía de 6.54 horas en comparación con la solución propuesta en (Ali et al., 2020), donde si bien se desarrolló un sistema para monitorear SpO2, frecuencia cardíaca y temperatura, no se hace énfasis en la optimización del consumo de energía, no priorizan en la eficiencia del diseño y emplean múltiples dispositivos electrónicos, aumentando el consumo energético. Así mismo, utilizan dos tecnologías de comunicación Bluetooth para conexiones locales y Wi-Fi para comunicaciones externas, aumentando así el gasto energético.

Nuestra propuesta aborda de manera integral la portabilidad, gestión de datos y eficiencia energética. Esto no solo mejora la portabilidad y la usabilidad del dispositivo, sino que también reduce significativamente la necesidad de recargas frecuentes, un aspecto crítico para dispositivos portátiles destinados al monitoreo continuo de la salud.

Conjuntamente, en términos de gestión y conexión de datos, el dispositivo supera lo observado en (Suprayitno et al., 2019), que aunque integra mediciones de SpO2, frecuencia cardíaca y temperatura en un solo instrumento, no muestra una integración avanzada con plataformas IoT que permitan una gestión efectiva de los datos recolectados.

El dispositivo, por otro lado, se integra de manera efectiva con una plataforma IoT avanzada, permitiendo no solo la visualización en tiempo real de los datos sino también su análisis y almacenamiento en la nube, lo cual facilita la monitorización a distancia y la toma de decisiones médicas basada en datos actualizados y precisos.

En comparación con el sistema presentado en (Tham et al., 2020), que también utiliza MCU para la transmisión de datos pero se limita a un análisis básico de SpO2 y frecuencia cardíaca, el dispositivo ofrece un enfoque más holístico. Integra medidas

adicionales como la temperatura corporal y utiliza algoritmos avanzados para mejorar la precisión de las lecturas, asegurando que los datos sean no solo recopilados sino también filtrados y procesados para eliminar cualquier posible error o valor atípico, lo que garantiza una mayor fiabilidad en los resultados finales.

Esta combinación de eficiencia energética mejorada, integración avanzada con plataformas IoT y un enfoque más completo en el procesamiento de datos posiciona la propuesta como una solución superior dentro del campo emergente de la tecnología médica IoT.

Estos aspectos no solo mejoran la usabilidad y aplicabilidad del dispositivo en entornos reales, sino que también abren nuevas posibilidades para su implementación en escenarios clínicos y domésticos, donde la continuidad y la precisión del monitoreo son esenciales.

CONCLUSIONES

El desarrollo del dispositivo IoT para monitoreo de signos vitales destaca su éxito en integrar tecnologías avanzadas para mejorar la eficiencia energética, la precisión en la medición de datos críticos como la temperatura corporal, la saturación de oxígeno y la frecuencia cardíaca, y la efectividad en la transmisión y gestión de datos a través de una robusta plataforma IoT. Este dispositivo no solo cumple con los estándares clínicos requeridos para dispositivos médicos portátiles, sino que también supera las limitaciones de modelos anteriores al ofrecer un sistema más integrado y fácil de usar.

La capacidad del dispositivo para operar con una eficiencia energética optimizada y su integración con tecnologías de comunicación modernas facilitan su aplicación en una variedad de entornos, tanto médicos como domésticos, asegurando que es una solución viable para la monitorización continua y remota. La precisión y confiabilidad de las mediciones, junto con la interfaz intuitiva de la plataforma IoT, contribuyen a su potencial para mejorar la gestión del cuidado de la salud, permitiendo intervenciones oportunas y mejorando los resultados del tratamiento.

Un desarrollo futuro prometedor para el dispositivo IoT podría ser la integración de algoritmos de aprendizaje automático (ML) para la predicción de enfermedades. Utilizando la capacidad del dispositivo para recoger datos continuos sobre signos vitales, se podrían desarrollar modelos predictivos que identifiquen patrones indicativos de condiciones médicas emergentes. Esto permitiría anticipar problemas de salud antes de que se manifiesten, mejorando la prevención y gestión de enfermedades, y potenciando la medicina personalizada mediante el ajuste de los modelos a las condiciones individuales de cada paciente.

REFERENCIAS

- Ali, M. M., Haxha, S., Alam, M. M., Nwibor, C., & Sakel, M. (2020). Design of internet of things (IoT) and android based low cost health monitoring embedded system wearable sensor for measuring SpO₂, heart rate and body temperature simultaneously. *Wireless Personal Communications*, 111, 2449–2463.
- Chamanthi, R., & Posonia, M. (2024). VitalLink: NodeMCU IoT Solution for Vital Signs Surveillance. *2024 International Conference on Inventive Computation Technologies (ICICT)*, 1709–1714.
- Chowdhury, S., Rahman, M. M., Dristy, A. R., Yeara, R. S., Uddin, M. F., Hasan, M., & Uddin, M. R. (2024). An IoT-Based Wearable Healthcare Monitoring Device and Medical Emergency Response System. *2024 IEEE Students Conference on Engineering and Systems (SCES)*, 1–5.
- Gopi, R. S., Suganthi, R., Hephzipah, J. J., Amirthayogam, G., Sundararajan, P. N., & Pushparaj, T. (2024). Elderly People Health Care Monitoring System Using Internet of Things (IOT) For Exploratory Data Analysis. *Babylonian Journal of Artificial Intelligence*, 2024, 54–63.
- Jaishankar, B., Poornesh, M., Kishorekumar, M., Prasad, K., & Namadeep, P. (2024). IoT Based Health Risk Monitoring System. *2024 Ninth International Conference on Science Technology Engineering and Mathematics (ICONSTEM)*, 1–6.
- Montaño-Blacio, M., González-Escarabay, J., Jiménez-Sarango, Ó., Mingo-Morocho, L., & Carrión-Aguirre, C. (2023). DISEÑO Y DESPLIEGUE DE UN SISTEMA DE MONITOREO BASADO EN IOT PARA CULTIVOS HIDROPÓNICOS. *Ingenius. Revista de Ciencia y Tecnología*, 30, 9–18.
- Nugroho, E. A., Herlambang, R., Juhaeriyah, J., & Wulandari, R. (2024). Design and Development of Smart Bracelet System for Heart Health Monitoring Based on Internet of Things (IoT). *Malaysian Journal of Science and Advanced Technology*, 217–221.
- Suprayitno, E. A., Marlianto, M. R., & Mauliana, M. I. (2019). Measurement device for detecting oxygen saturation in blood, heart rate, and temperature of human body. *Journal of Physics: Conference Series*, 1402(3), 33110.
- Tham, O. Y., Markom, M. A., Bakar, A. H. A., Tan, E. S. M. M., & Markom, A. M. (2020). IoT health monitoring device of oxygen saturation (SpO₂) and heart rate level. *2020 1st International Conference on Information Technology, Advanced Mechanical and Electrical Engineering (ICITAMEE)*, 128–133.
- Vanitha, L., Fathima, R. W., Shrija, K., Vinothini, B., Kavitha, S., & Snegapriya, V. (2024). Remote Monitoring System using IoT for Healthcare Applications. *2024 10th International Conference on Communication and Signal Processing (ICCSP)*, 1063–1067.

Análisis de la infraestructura y sostenibilidad territorial en la parroquia Cutuglagua, Ecuador

Analysis of infrastructure and territorial sustainability in the Cutuglagua county, Ecuador

Dillan Ariel Sánchez Taimal¹, Lizeth Esther Tipantuña Bautista², Ángel Patricio Velásquez Cajas³.

Resumen:

Los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de la UNESCO se establecieron con el propósito de abordar la necesidad de un progreso global que encamine a la sociedad hacia un desarrollo sostenible en todos los ámbitos. De esta manera, el análisis sobre el cumplimiento del ODS 11 es fundamental para impulsar un desarrollo inclusivo, sostenible y resiliente, mejorando así la calidad de vida de los habitantes. El objetivo principal de la investigación fue analizar el cumplimiento del ODS 11 en la parroquia de Cutuglagua en el sur de Quito. Este estudio propuso analizar el desarrollo territorial sostenible en esta parroquia, situación influenciada por diversos factores, muchos de estos aspectos se relacionan con la falta de infraestructura y de espacios verdes, lo cual dificulta la construcción de una ciudad resiliente. Para esto, se diseñó y aplicó una entrevista al presidente del Gobierno Autónomo Descentralizado (GAD) parroquial, además del empleo de técnicas cartográficas. Así mismo, se identificaron los principales problemas de la parroquia, como en deficiente estado de las vías, las debilidades en la distribución del territorio y la escasez de asentamientos humanos resilientes. Finalmente, se evidenció la escasez de espacios públicos, lo que afecta el desarrollo territorial sostenible en Cutuglagua y exige una mayor acción por parte de la administración parroquial.

Palabras clave: Objetivos de Desarrollo Sostenible, Gobierno Autónomo Descentralizado, desarrollo territorial sostenible.

Abstract:

The Sustainable Development Goals (SDGs) established by UNESCO aim to address the need for global progress, steering society toward sustainable development across all dimensions. In this context, the analysis of compliance with SDG 11 is essential to promote inclusive, sustainable, and resilient growth, thereby enhancing the quality of

¹ Instituto Superior Universitario Cotopaxi-Ecuador, Tecnólogo en Gestión Territorial del Cambio Climático, <https://orcid.org/0009-0000-2521-6893>.

² Instituto Superior Universitario Cotopaxi-Ecuador, Ingeniera Geógrafa, <https://orcid.org/0009-0005-9925-9884>

³ Instituto Superior Universitario Cotopaxi-Ecuador, Máster en Creación de Guiones Audiovisuales, <https://orcid.org/0000-0002-1814-1691>

Autor de correspondencia: apvelasquezc@istx.edu.ec

life for inhabitants. The primary objective of this research was to evaluate the fulfillment of SDG 11 in the county of Cutuglagua, located in southern Quito. This study focused on analyzing sustainable territorial development in the parish, a situation influenced by various factors, many of which are associated with a lack of infrastructure and green spaces, hindering the construction of a resilient city. To achieve this, an interview was designed and conducted with the president of the local Decentralized Autonomous Government (GAD), complemented by cartographic techniques. Additionally, the study identified key issues in the county, including the poor condition of roads, weaknesses in territorial planning, and the scarcity of resilient human settlements. Finally, the research highlighted the lack of public spaces, which negatively impacts sustainable territorial development in Cutuglagua and calls for greater action by the county administration.

Keywords: Sustainable Development Goals, Decentralized Autonomous Government, sustainable territorial development

Introducción

La parroquia rural de Cutuglagua fue establecida el 16 de febrero de 1950 y tiene una superficie de 32,26 kilómetros cuadrados ubicada al pie del volcán Atacazo. En su idioma nativo, su etimología es "una olla grande y brillante para todos", con *cu* como grande, *tug* como todos, *la* cómo brillante y *hua* como ollita. El gran crecimiento de esta parroquia muestra la fuerza y la habilidad laboral de sus habitantes que llegaron a esta localidad por diversas razones y se establecieron allí. Al principio, Cutuglagua formaba parte de Uyumbicho, donde la mayoría de las tierras eran grandes fincas con alta producción agrícola y ganadera (Prefectura de Pichincha, 2024).

Así mismo, Cutuglagua, como muchas otras zonas rurales periféricas de Quito, fue conocida como "el granero de Quito", ya que su producción abastecía de alimentos a la ciudad, con el predominio de cultivos de maíz, trigo y cebada, además de la cría de animales, especialmente, de ganado lechero. En la actualidad, la parroquia de Cutuglagua es una zona en la que conviven actividades rurales (especialmente agricultura de subsistencia), con actividades de carácter urbano (comercio y actividad industrial en torno a la vía principal) (Prefectura de Pichincha, 2024).

Cutuglagua, al ser una parroquia rural, corresponde a una administración político-administrativa representada por el Gobierno Autónomo Descentralizado (GAD) parroquial. En este sentido, resulta importante analizar cuáles son las funciones de los GAD parroquiales en el país.

Es así que, los gobiernos parroquiales rurales autónomos descentralizados tienen autonomía política, administrativa y financiera. Los órganos mencionados en este código los integrarán para ejecutar sus respectivas competencias. La ordenanza cantonal de creación de la parroquia rural establece que la cabecera parroquial será la sede del gobierno autónomo descentralizado de la parroquia rural. Los gobiernos autónomos pueden establecerse, funcionar y crecer mediante la reorganización y delegación de competencias a las localidades (Cruz-Piza, Montoya-Tello y Quishpi-Rodríguez, 2020, p.272).

En este contexto, en la tabla 1 se detallan las funciones de los GAD, con el propósito de analizar su gestión actual y con base a ello, poner en evidencia las atribuciones y responsabilidades. Entre ellas, promover el desarrollo sustentable de su circunscripción parroquial para garantizar la realización del buen vivir, a través de la implementación de políticas públicas parroquiales. También, en el marco de sus competencias constitucionales y legales, está: diseñar e impulsar políticas de promoción y construcción de equidad e inclusión en su territorio y coordinar con la colaboración de los moradores en mingas su forma de participación social, lo que está relacionado en lo establecido en el ODS 11 (Ver tabla 1).

Tabla 1

Funciones del Gobierno Autónomo Descentralizado parroquial rural.

Funciones del Gobierno Autónomo Descentralizado parroquial rural	
Código Orgánico de Organización Territorial Autónomo Descentralizado, a rtículo 70, literal B	Promover el desarrollo sustentable de su circunscripción territorial parroquial, para garantizar la realización del buen vivir a través de la implementación de políticas públicas parroquiales, en el marco de sus competencias constitucionales y legales.
Código Orgánico de Organización Territorial Autónomo Descentralizado, artículo 64	Diseñar e impulsar políticas de promoción y construcción de equidad e inclusión en su territorio.
Código Orgánico de Organización Territorial Autónomo Descentralizado, artículo 64	Implementar un sistema de participación ciudadana para el ejercicio de los derechos y avanzar en la gestión democrática de la acción parroquial.
Código Orgánico de Organización Territorial Autónomo Descentralizado, artículo 64	Elaborar un plan parroquial rural de desarrollo: el de ordenamiento territorial y las políticas públicas.
Código Orgánico de Organización Territorial Autónomo Descentralizado, artículo 64	Vigilar la ejecución de obras y la calidad de los servicios públicos.
Código Orgánico de Organización Territorial Autónomo Descentralizado, artículo 64	Fomentar la inversión y el desarrollo económico especialmente de la economía popular y solidaria.
Código Orgánico de Organización Territorial Autónomo Descentralizado, artículo 64	Prestación de los servicios públicos que sean delegados.
Código Orgánico de Organización Territorial Autónomo Descentralizado, artículo 64	Coordinar con la colaboración de los moradores en mingas su forma de participación social.
Código Orgánico de Organización Territorial Autónomo Descentralizado, artículo 64	Coordinar con peticiones necesarias lo relacionado con seguridad social.

Nota. Autores (2024)

El insuficiente desarrollo territorial sostenible en la parroquia de Cutuglagua es causado por varios aspectos; muchos de ellos se relacionan con la falta de seguimiento de las metas e indicadores del ODS 11. Entre los problemas más visibles están la rápida expansión, sin una planificación adecuada (expansión desordenada de las ciudades) y la falta de infraestructura resiliente frente a desastres naturales. Además, la falta de participación comunitaria en la toma de decisiones del desarrollo urbano puede resultar en la perpetuación de desigualdades socioeconómicas en las comunidades (GAD Parroquial Cutuglagua, 2023).

En este contexto, la resiliencia de la infraestructura se refiere a la prevención, adaptación, restauración y adaptación oportuna y efectiva de la estructura y funciones básicas de la infraestructura de un país contra amenazas actuales y potenciales futuras. La resiliencia debe implementarse en todas las etapas de la disrupción, a través de una gestión compartida del riesgo y la incertidumbre, evaluaciones de riesgos múltiples y tecnologías apropiadas a la naturaleza de la infraestructura del territorio (Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción de Riesgos de Desastres, 2015-2030, p.18).

Se debe agregar que el difícil acceso a viviendas adecuadas, produce inseguridad habitacional. La insuficiencia de infraestructura básica para agua potable, se vinculan a la pobreza y exclusión social, creando brechas en el desarrollo humano y económico dentro de las comunidades urbanas y rurales. “El derecho a una vivienda adecuada entraña tener seguridad, sin la amenaza del desalojo o la expulsión del hogar o la tierra. Significa vivir en un lugar acorde con la cultura propia y tener acceso a servicios, escuelas y empleo adecuados” (Naciones Unidas, 2024).

El presente estudio buscó proporcionar una comprensión más profunda sobre cómo las ciudades y comunidades están progresando hacia la sostenibilidad urbana. En este sentido, se intentó identificar áreas donde se está logrando avances significativos, así como áreas donde se requiere la aplicación de un mayor mantenimiento de infraestructura pública y recursos económicos y humanos para alcanzar las metas e indicadores establecidos en el ODS 11. Es así que la investigación es coyuntural, pues exploró, desde los grandes desafíos de desarrollo urbano y de sostenibilidad a nivel global hasta la colaboración y la acción hacia un desafío urbano más sostenible y equitativo.

Categorías conceptuales

Los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), también conocidos como Objetivos Globales, fueron adoptados por las Naciones Unidas en 2015, como una necesidad universal para poner fin a la pobreza, proteger el planeta y garantizar que, para el 2030, todas las personas disfruten de paz y prosperidad (Naciones Unidas, 2024). Son 17 ODS que están integrados y reconocen que la acción en un área afectará los resultados en otras áreas y que el desarrollo debe equilibrar la sostenibilidad social, económica y ambiental.

De acuerdo con la Agenda 2030, 193 países a nivel mundial se han comprometido en tomar una medida para el cumplimiento de los 17 ODS. Estos están diseñados para acabar con la pobreza, el hambre, el sida y la discriminación contra mujeres y niñas (Naciones Unidas, 2024).

De esta manera, la Agenda 2030 de las Naciones Unidas cuenta con objetivos enfocados en las ciudades, reconociendo su importancia en la sociedad global. El ODS 11, plantea que “las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, sostenibles y resilientes” (Sagrario-Morán & Díaz-Barrado, 2020). En tal efecto, las personas tienen la responsabilidad de cambiar la cara de las ciudades y subsanar los innumerables defectos y problemas que éstas encierran.

De este modo, “la consecución de una ciudad sostenible, resiliente, requiere la existencia de instrumentos de planificación que focalicen en dar una respuesta satisfactoria a las necesidades de los ciudadanos, generando una gobernanza urbana que convierta al ciudadano en protagonista de cambios necesarios” (Zamorano-Wisnes, 2021, p. 89).

Así mismo, el derecho a la ciudad reivindica una transformación social de la vida urbana que, en términos de sostenibilidad, debe llevarse a cabo a partir de la inclusión, igualdad y diversidad de todos sus habitantes (García-Morales, 2023); tal como se especifica en el ODS 11 que busca promover ciudades y comunidades sostenibles cuyas

metas incluyen: el acceso a servicios básicos y vivienda, transporte seguro y sostenible, planificación urbana participativa, protección del patrimonio cultural y natural, reducción de desastres naturales, mitigación del impacto ambiental urbano, acceso a espacios verdes, desarrollo de capacidades y colaboración entre ciudades.

Es importante destacar que, entre sus indicadores se encuentra la proporción de población con acceso a viviendas seguras, el número de muertes por accidentes de tránsito, la implementación de políticas urbanas integradas, la gestión de desastres y la cantidad de áreas verdes por habitante. Todos estos esfuerzos apuntan a mejorar la calidad de vida y la sostenibilidad en entornos urbanos y rurales (Instituto Danés de Derechos Humanos, 2024).

En consecuencia, es fundamental que la gestión pública tenga un impacto significativo en el desarrollo sostenible; lamentablemente la gestión de una política pública obsoleta, ineficaz, sin estrategias y principalmente corrupta, constituye un obstáculo para la sostenibilidad de las ciudades, lo que retrasa el cumplimiento de los ODS y provoca más pobreza, menos acceso a educación, cultura y acceso inadecuado a servicios básicos (Pérez-García, Conteras-Rivera, Coba-Uriarte, & Fabián-Falcon, 2022).

La gobernanza es el arte del liderazgo público, como su actor principal es el Estado, por lo tanto, corresponde a este el régimen político, la gerencia pública y la capacidad de gobierno como elementos básicos para una buena gestión, enfatizando la necesidad de mecanismos que guíen a la sociedad (Acosta-Corzo, 2022).

Como parte de la revisión documental realizada, se encontró en el Plan Nacional de Desarrollo 2024-2025, la articulación del ODS 11 con la planificación nacional del Ecuador. Esta política fomenta el desarrollo de ciudades y comunidades sostenibles, a través de mejoras en los servicios y las infraestructuras, promoviendo la participación de las personas.

La Tabla 2 expone la relación entre las metas e indicadores del ODS 11, la planificación nacional y la normativa ecuatoriana de ordenamiento territorial en los gobiernos locales y seccionales.

Tabla 2

Articulación del ODS 11 con el Plan Nacional de Desarrollo y las competencias del GAD.

ODS 11: Metas e indicadores	Competencias del GAD Parroquial de Cutuglagua	Eje del Plan Nacional de Desarrollo	Objetivo Nacional de Desarrollo	Política
Meta 11.1: Garantizar el acceso de todas las personas a viviendas y servicios básicos adecuados, seguros y asequibles, y mejorar los barrios marginales.	Planificación y desarrollo urbano para asegurar acceso equitativo a viviendas y servicios básicos.	Social	Garantizar la seguridad integral, la paz ciudadana y transformar el sistema de justicia respetando los derechos humanos.	Impulsar la reducción de riesgo de desastres y atención oportuna a emergencias ante amenazas naturales o antrópicas en todos los
Indicador 11.1.1: Proporción de la población que vive en	Monitoreo y gestión de			

barrios marginales, asentamientos informales o viviendas inadecuadas.	asentamientos informales y mejoramiento de viviendas.			sectores y niveles territoriales.
Meta 11.2: Proporcionar acceso a sistemas de transporte seguros, asequibles, accesibles y sostenibles para todos, mejorar la seguridad vial mediante la ampliación del transporte público.	Gestión del transporte público y planificación de infraestructuras viales seguras.	Social	Garantizar la paz integral, la paz ciudadana y transformar el sistema de justicia respetando los derechos humanos.	Impulsar la reducción de riesgo de desastres y atención oportuna a emergencias ante amenazas naturales o antrópicas en todos los sectores y niveles territoriales.
Indicador 11.2.1: Proporción de la población que tiene acceso a sistemas de transporte público dentro de un kilómetro.	Mejora y expansión de la red de transporte público dentro de la parroquia.			
Meta 11.3: Aumentar la urbanización inclusiva y sostenible y la capacidad para la planificación y la gestión participativa, integrada y sostenibles de los asentamientos humanos en todos los países.	Promoción de procesos participativos de planificación urbana y gestión del territorio.	Infraestructura energía y medio ambiente	Precautelar el uso responsable de los recursos naturales como un entorno ambientalmente sostenible.	Fortalecer la resiliencia de las infraestructuras para garantizar la seguridad de los usuarios ante riesgos y peligros.
Indicador 11.3.1: Proporción de los gobiernos locales que adoptan e implementan políticas y planes locales para mejorar la resiliencia frente a los desastres.	Desarrollo e implementación de planes de gestión del riesgo y resiliencia en la parroquia.			

Nota. Información tomada de Instituto Danés de Derechos Humanos (2024), Secretaría Nacional de Planificación (2024), GAD Parroquial Cutuglagua (2023) y Asamblea Nacional del Ecuador (2019).

La articulación detallada en la Tabla 2, expone la relación entre el ODS 11, las competencias del GAD y el actual Plan Nacional de Desarrollo (PND) de Ecuador. En esta matriz se puede identificar que existe una relación entre los diferentes componentes; para cada meta e indicador del ODS 11 existe una política determinada en el Plan Nacional de Desarrollo. Razón por la cual, se propuso en la presente investigación como objetivo, analizar el cumplimiento del ODS 11 en la parroquia rural

de Cutuglagua, para ello, se diseñó y aplicó una entrevista semiestructurada y técnicas cartográficas, indagando sobre la situación actual del desarrollo territorial sostenible y la calidad de vida.

En este marco, se plantearon los siguientes objetivos específicos: identificar la relación entre el ODS 11 y las competencias administrativas del GAD parroquial de Cutuglagua, a través de una revisión de los documentos normativos correspondientes, localizar áreas que no evidencien el cumplimiento del ODS 11 dentro del territorio mediante un mapa y presentar los resultados de la identificación con sus análisis respectivos.

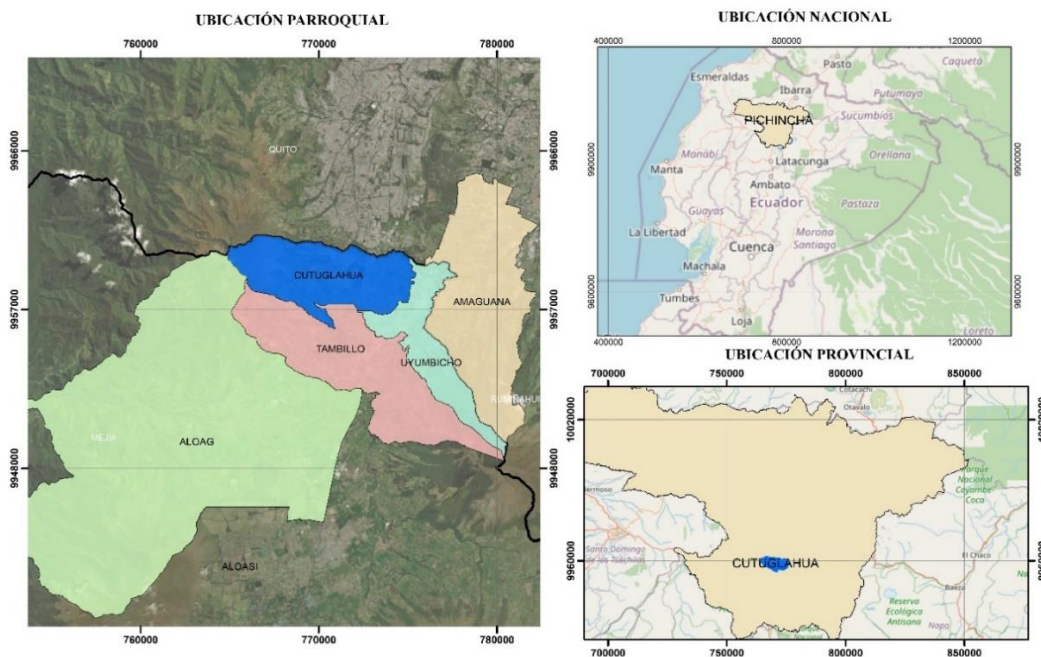
Materiales y Métodos

Zona de estudio

Cutuglagua está situada al norte del cantón Mejía, provincia de Pichincha, a las faldas del volcán Atacazo. Su extensión es de 32,26 Km² y su crecimiento se configura tomando como referencia la carretera Panamericana sur. Sus límites son: al norte, con el Distrito Metropolitano de Quito; al sur y oeste, con la parroquia Tambillo, finalizando al este, con la parroquia Uyumbicho (Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial Cutuglagua, 2023). Las coordenadas para su territorio son: 0°21'58"S 78°33'03"W (Google Earth, 2024).

Figura 1

Mapa de ubicación de la parroquia de Cutuglagua.



Nota. Adaptado de Comité Nacional de Límites Internos, 2024.

Los barrios que conforman la parroquia son los siguientes: 25 de noviembre, Aida Palacios, Alisuco, Aymesa, Central, El Belén, El Manzano, Los Rosarios, El Tejar, Florencia de Carapungo, Génova, La Joya I, La Joya II, La Merced, La

unión, Lourdes, San Alfonso, San Francisco I, San Francisco II, San Francisco III, San Ignacio, San José I, San José II, San José III, San Miguel de Cutuglagua, Santa Catalina, Santa Isabel, Santiago Roldós, Santo Domingo II y III, Santo Domingo de Saguanchi, Tambo I, Tambo II, Tambo III y La Isla (GAD Parroquial Cutuglagua, 2023).

Por consiguiente, la parroquia Cutuglagua cuenta con 25.422 habitantes, según el censo del 2022. Esta cifra refleja un significativo aumento en comparación al censo anterior del 2010 (16.746 habitantes). En este sentido, tomando una relación con el censo del 2010 y el censo del 2022 se evidencia un aumento urbano y migración hacia esta parroquia. La población de Cutuglagua es mayoritariamente mestiza, con presencia de comunidades indígenas y afroecuatorianas (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, 2022).

Metodología

La investigación es de enfoque cualitativo, con diseño observacional, donde se empleó el método inductivo de profundidad experimental. Al ser una investigación en territorio, su tipo es aplicada y de campo. La información se recolecta a través de la técnica de la entrevista a profundidad, empleándose como instrumento un cuestionario abierto, y la cartografía con su instrumento el mapa.

En este contexto, el intercambio de información, opiniones e ideas es el objetivo de todas las entrevistas, aunque existen numerosos tipos. Debido a que se centra en las experiencias personales de la persona que habla, las entrevistas son un método de recolección de datos cualitativos. Los dos actores principales en una entrevista son el entrevistador y el entrevistado. El entrevistado es el individuo que se exponen al interrogatorio del entrevistador, que generalmente realiza de manera voluntaria (Universidad Europea, 2024).

La entrevista semiestructurada aplicada al presidente del GAD parroquial de Cutuglagua contó con seis preguntas abiertas relacionadas al ODS 11, Ciudades y Comunidades Sostenibles. Los principales temas abordados fueron: el acceso a viviendas dignas, mejoras en la infraestructura vial en la parroquia, el involucramiento de la comunidad en la ejecución de proyectos, implementación de proyectos de infraestructura verde, esfuerzos de mejoramiento de espacios públicos y, por último, medidas dispuestas por el GAD para fomentar la gobernanza participativa en la parroquia.

En lo que respecta a la cartografía, la teoría refiere que esta es “la rama de la geografía que se ocupa en la representación gráfica de un área, generalmente en términos convencionales y bidimensionales, se conoce como cartografía. La cartografía es el arte, la ciencia de crear, analizar y comprender diversos mapas” (Editorial Etecé, 2024). Respecto a los mapas estos son: “(...) generalmente representaciones geográficas, geopolíticas o geológicas de la superficie terrestre que buscan tomar nota de los elementos más representativos, interesantes o relevantes para servir de documento a investigadores, exploradores o especialistas” (Editorial Etecé, 2024).

En este sentido, la cartografía se aplicó mediante la recolección de información geoespacial existente en el GAD parroquial de Cutuglahua. Adicionalmente, se levantaron datos en campo, con el software *ODK Collect Qfile* donde, anteriormente, no se tenía nada de información. El tipo de cartografía es temática, donde se analizaron los mapas con través de colorimetría, la que indica índices de vialidad e infraestructura.

Posteriormente, para el tratamiento de los datos se utilizarán los *softwares* especializados ArcGIS y QGIS: “ArcGIS es un completo sistema que permite recopilar, organizar, administrar y compartir información geográfica. ArcGIS es utilizado por personas de todo el mundo para poner el conocimiento geográfico al servicio de los sectores del gobierno, la ciencia, la educación” (ArcGIS Resources, 2024). De igual manera, de acuerdo con la European Business School (2024): “QGIS es un *Sistema de Información Geográfica* profesional que posibilita la creación, visualización, análisis, edición y publicación de información geoespacial, permite la creación de mapas con numerosas capas que pueden ser ensambladas bajo diferentes formatos, dependiendo de la aplicación”.

Resultados

A continuación, se presenta la información de la entrevista con el presidente del GAD Parroquial de Cutuglagua, Carlos Chilingua. Esta información fue contrastada con el Plan de Ordenamiento Territorial (PDOT) de Cutuglagua. De esta manera, se logró evidenciar concordancias y disidencias en torno al cumplimiento de las metas e indicadores del ODS 11 en la parroquia.

En relación con la primera pregunta sobre el acceso a viviendas dignas, el funcionario manifestó que, el Gobierno Autónomo Descentralizado parroquia no brinda ese servicio a las personas, pero sí actúa como un soporte en el sector social. De acuerdo con el presupuesto que recibe como gobierno parroquial, el 10 % está destinado a la ayuda a personas vulnerables. En este sentido, ha recibido solicitudes de familias de escasos recursos o que, debido a algún desastre natural (deslaves, sismos, lluvias torrenciales), han perdido sus viviendas. El GAD de Cutuglagua ha entregado materiales para que estas familias puedan reparar sus casas o generar una nueva edificación.

Así mismo, en la pregunta sobre la vialidad de la parroquia, el presidente mencionó que existe un trabajo constante en territorio. En conjunto con los dirigentes de los barrios se ha priorizado la ejecución de estas obras. La colaboración ha sido en la prestación de maquinaria para trasladar el material y mejorar la capa de rodadura de las vías. El elemento utilizado para este fin es material pétreo, puesto que si se ubica adoquín o asfalto no se podría a futuro implementar servicio de alcantarillado y la red de agua potable que muchos barrios carecen en la actualidad.

Según el diagnóstico situacional del PDOT actual, el plan anterior, al 2019, se propuso alcanzar metas de mejorar y articular la red vial en un 50%, adecuar en un 40% el sistema de movilidad de Cutuglagua al 2019 e incrementar en un 30% la cobertura de las telecomunicaciones. Al contrastar la información recabada en la

entrevista con estos datos y el análisis cartográfico, se evidenció que existe una gran cantidad de vías en la parroquia (más del 50%) que están en mal estado y necesitan un mejoramiento.

En correspondencia nuevamente con el diagnóstico situacional, el PDOT anterior se proponía cumplir con 300 capacitaciones sobre clasificación y separación de residuos sólidos hasta 2019 y 200 capacitaciones en centros educativos sobre la propagación de especies nativas para la conservación y recuperación de suelos y páramos hasta 2018. En este sentido, sobre participación de la comunidad en la planificación y ejecución de proyectos urbanos, la administración actual trabaja de la mano con los moradores de cada uno de los barrios. Además, los habitantes reciben socializaciones constantes sobre los proyectos ejecutados en su territorio.

En este punto, se demuestra que la población tiene interés sobre una planificación armónica con la naturaleza rural de este entorno. La gente se reconoce parte de la naturaleza que prima en las partes más alejadas de su territorio. De igual forma, en la pregunta sobre los proyectos de infraestructura verde en Cutuglagua, el funcionario afirmó que no disponen de grandes espacios, de áreas verdes como parques, dentro de la parroquia. Sin embargo, se trabaja en proyectos como: reforestación, fortalecimiento de fuentes hídricas y cuidado de los linderos de las quebradas. Como actividad adicional, se da mantenimiento a las áreas verdes de la parroquia. En este contexto, el PDOT anterior, se proponía alcanzar las metas de disminuir la contaminación de los recursos hídricos en un 20% para el año 2019.

En relación con los esfuerzos para incrementar y mejorar los espacios públicos en la parroquia, el presidente Chiliquinga mencionó que se han articulado esfuerzos con institutos superiores tecnológicos y empresas privadas, mediante la realización de convenios. Esto ha permitido el mantenimiento y la recuperación de juegos infantiles y áreas verdes. En este sentido, el presidente insta a la ciudadanía a cuidar y a apropiarse de los espacios para mantenerlos bien cuidados. En contraste a esto, el PDOT anterior consideró el proyecto de mantenimiento de espacios recreativos deportivos con la meta de 100% de los espacios verdes y recreativos atendidos. Sin embargo, al realizar el análisis cartográfico se identificó que existen espacios públicos que necesitan un mantenimiento.

Finalmente, en temas de gobernanza participativa, hay dos aspectos resaltados en la entrevista. El primero, es la organización propia de la ciudadanía. La gente se auto convoca en asambleas, donde se reúnen con dirigentes barriales. De esta manera, conforman sus propias organizaciones a nivel de la parroquia, como grupos de danzas y equipos de fútbol. El Gobierno Autónomo Descentralizado parroquial ha generado comisiones permanentes, entre presidencia y las vocalías. Es así que, en las mencionadas comisiones hay, al menos, un representante de la ciudadanía.

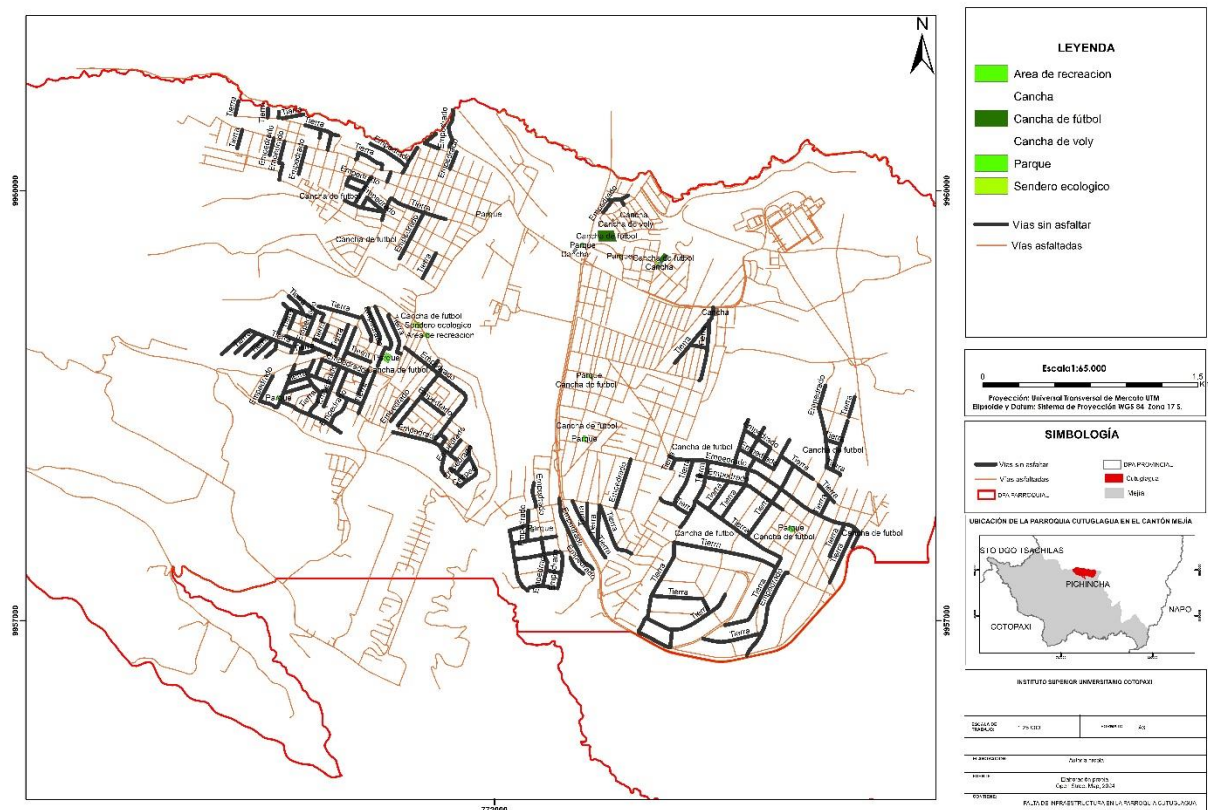
El segundo aspecto se refiere al Consejo de Seguridad parroquial. Este fue creado por ordenanza del Gobierno Autónomo Descentralizado del cantón Mejía. Dicho Consejo está presidido por el presidente del GAD parroquial de Cutuglagua, Carlos Chiliquinga y tiene representación de dos ciudadanos, uno del lado occidental y otro del lado oriental de la parroquia.

A la par, también se maneja el Consejo de Planificación Territorial, integrado por tres miembros del gobierno parroquial y la presencia de tres dirigentes barriales. Mediante este Consejo de Planificación, se organizan varias actividades y se está elaborando el estatuto de participación ciudadana. De esta manera, se da el seguimiento a la ejecución del Plan de Ordenamiento Territorial (PDOT).

Como segunda parte de la aplicación metodológica, se presenta el resultado de la técnica cartográfica. En la Figura 2, se muestra el mapa realizado sobre la infraestructura en Cutuglagua. En este, se visualiza el estado del sistema vial, infraestructura pública y áreas verdes de la parroquia. Estos espacios son de suma importancia para el bienestar de los habitantes. Además, son indicadores para verificar el cumplimiento del ODS 11.

Figura 2

Mapa de escasez de infraestructura pública en Cutuglagua.



Nota. Autor (2024)

En esta visualización, se observa la falta de vías de primer orden en varios lugares de la parroquia. En este sentido, del 100 % de vías que existen en Cutuglagua, solamente el 70 % se encuentran asfaltadas. Consecuentemente, varios lugares de la parroquia presentan dificultades por sus vías en mal estado.

Este es un problema muy significativo, ya que afecta a la movilidad de los habitantes diariamente. La ausencia de una adecuada infraestructura vial dificulta el acceso a servicios básicos como salud y educación, debido a las largas distancias

que existen entre las viviendas y los centros de atención médica e instituciones educativas.

Finalmente, en relación con el aprovechamiento del espacio público, en el mismo mapa, se muestra la escasez de áreas verdes que funcionan como lugares de recreación. Las canchas y parques en la parroquia de Cutuglagua son espacios vitales para el esparcimiento de todos los habitantes.

Estos lugares, no solo ofrecen oportunidades para la práctica de deportes o de actividad física, sino que también son puntos de encuentro comunitario, fortaleciendo y fomentando la convivencia. Sin embargo, muchos de estos espacios (estadio, juegos infantiles, parques) necesitan mejoras y un buen mantenimiento para asegurar su funcionalidad.

Discusión

Los resultados de la investigación exponen el cumplimiento de las metas e indicadores del ODS 11, Ciudades y Comunidades Sostenibles, en la parroquia de Cutuglagua del cantón Mejía, provincia de Pichincha, Ecuador. En este sentido, mediante la entrevista al funcionario del GAD Parroquial y con la ayuda de la representación cartográfica, se levantó información actualizada sobre el estado de la infraestructura vial y los espacios públicos en este territorio.

En este contexto, el ODS 11 busca crear ciudades y asentamientos humanos inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles. Sus metas son garantizar el acceso a hogares y servicios básicos adecuados, mejorar la planificación urbana, proteger el patrimonio cultural y natural, reducir el impacto ambiental de las ciudades y brindar acceso a áreas verdes y espacios públicos seguros (Instituto Danés de Derechos Humanos, 2024).

En este sentido, la investigación demuestra que el cumplimiento de este ODS, en la parroquia de Cutuglagua, es parcial. Tanto en la entrevista como en el mapa, se evidenció que hace falta la inversión de recursos económicos y humanos, así como el compromiso en temas de infraestructura pública. Estos recursos son fundamentales, ya que permitirían un desarrollo óptimo de la infraestructura local. Además, garantizarían la disponibilidad de fondos para asegurar servicios públicos esenciales, como el acceso a agua potable y saneamiento. Asimismo, facilitarían una planificación adecuada y la preparación necesaria para fortalecer la resiliencia frente a desastres naturales. En este contexto, la participación ciudadana se presenta como un aspecto positivo en el territorio, especialmente con la implementación grupos artísticos, deportivos y la realización de trabajos conjuntos en el espacio público (*mingas*).

La información recopilada en territorio concuerda con lo expresado por Freigedo, Milanese y Ferreira (2020), quienes enfatizaron que los gobiernos locales y pequeños sufren a menudo de poca experiencia y escasos recursos dedicados al monitoreo de políticas. Esto, afecta al conocimiento sobre el desempeño respecto a los ODS. Hay que tener presente que los gobiernos subnacionales forman parte de la implementación de la Agenda 2030, por lo que, su administración de servicios y

competencias están ligadas a los aspectos ambientales, urbanos, económicos de sus territorios.

A nivel nacional, en comparación con proyectos gubernamentales anteriores, que se centraron principalmente en el crecimiento económico y la infraestructura, el Plan Nacional de Desarrollo 2024-2025 prioriza la sostenibilidad y la inclusión social, como pilares fundamentales para el crecimiento del país. A través de la promoción de políticas verdes y el uso de energías renovables. Este nuevo enfoque busca equilibrar el desarrollo económico con la protección del medio ambiente. Además, pone un énfasis especial en la equidad social, con medidas específicas para reducir la desigualdad y mejorar la calidad de vida de las poblaciones vulnerables, una diferencia notable respecto a enfoques previos que, con frecuencia, relegaban estos aspectos a un segundo plano. En Cutuglagua, el GAD parroquial cumple su planificación enmarcada en este plan, de acorde a sus competencias, estipuladas en la ley, de “planificación y desarrollo urbano para asegurar acceso equitativo a viviendas y servicios básicos” (Asamblea Nacional del Ecuador, 2019).

Es así que el GAD parroquial de Cutuglagua se enfoca, principalmente, en la gestión de servicios básicos y la ejecución de obras públicas menores, con poca autonomía y una fuerte dependencia del gobierno central para la toma de decisiones y financiamiento. Actualmente, el GAD parroquial de Cutuglagua tiene competencias, como planificar el desarrollo local, fomentar la participación ciudadana, administrar el medio ambiente y llevar a cabo proyectos de desarrollo económico y social. Esto permite responde, de manera más efectiva, a las necesidades y prioridades de la comunidad y desempeñar un papel más activo y relevante en la mejora de la calidad de vida de sus habitantes (GAD Parroquial Cutuglagua, 2023).

Lo anterior contrasta con lo descrito por la *United Cities and Local Governments (UCLG)*, entidad que enfatiza que los gobiernos locales y regionales deben vincular, especialmente en lo que respecta a la prestación de servicios básicos, su relación con los ODS. También, se menciona que, para lograr los objetivos globales, debe haber voluntad política, co-creación de comunidades y soluciones a nivel local. Esto se puede lograr mediante una gobernanza integrada de los niveles gubernamentales, alineado las prioridades locales con los ODS y promoviendo la inclusión y participación de las comunidades (Pérez-Hernández, 2020).

Conclusiones

El análisis realizado revela desatención por parte de la administración parroquial hacia la infraestructura pública en Cutuglagua, una situación que tiene repercusiones significativas y multidimensionales en el desarrollo territorial sostenible de la comunidad, en aspectos como vialidad para un adecuado transporte de personas o la logística y distribución de productos, bienes y servicios. Esta falta de atención no solo afecta la calidad de vida de los habitantes, sino que también limita las oportunidades de crecimiento económico y social en la parroquia. Por lo tanto, esta situación demanda una reevaluación de las políticas y estrategias implementadas por el Gobierno Autónomo Descentralizado (GAD) parroquial, con el objetivo de identificar áreas de mejora y establecer un plan de acción claro y efectivo.

Es imperativo que el GAD priorice, en su planificación operativa anual, la implementación de medidas específicas dirigidas a la mejora de la infraestructura vial y los espacios públicos. Estas acciones son fundamentales, no solo para el cumplimiento del ODS 11, que promueve el desarrollo de ciudades y comunidades sostenibles, sino que también son esenciales para fomentar un entorno urbano más inclusivo, resiliente y accesible para todos los ciudadanos. La creación de espacios públicos bien diseñados puede contribuir a la cohesión social, promoviendo la interacción comunitaria y el bienestar colectivo.

En este mismo contexto, con la mejora del espacio público, se debe fomentar en los habitantes, la construcción de vivienda sostenible y resiliente. Hay varios espacios en la parroquia, donde se carece planificación de construcción, no se respetan las normativas municipales. Esto ocasiona que las casas sean vulnerables a riesgos como deslizamientos e inundaciones.

Además, el uso de técnicas de mapeo territorial ha sido fundamental para identificar las áreas que presentan una infraestructura vial deficiente. Este enfoque permite dirigir los esfuerzos de intervención hacia las zonas más críticas, optimizando así los recursos disponibles y garantizando un desarrollo sostenible más eficaz en la parroquia. La información obtenida, a través del mapeo, proporciona una base sólida para la toma de decisiones informadas y la priorización de proyectos que realmente respondan a las necesidades de la población.

En síntesis, la insuficiencia de infraestructura adecuada está estrechamente al conexas al bienestar de los habitantes de Cutuglagua. Esta relación subraya la urgencia de abordar las deficiencias existentes en la infraestructura pública. Por lo tanto, es crucial que la mejora de la infraestructura vial y los espacios públicos se convierta en una prioridad urgente y estratégica en la agenda del GAD parroquial. Solo así se podrá promover un desarrollo territorial que responda efectivamente a las necesidades actuales y futuras de la comunidad, asegurando un entorno que favorezca el bienestar, la equidad y la sostenibilidad para todos sus habitantes.

Referencias

- Acosta Corzo, Y. I. (2022). *Contribución de la internacionalización de Bogotá para cumplir el Objetivo 11 de Desarrollo Sostenible en 2020-2022*.
- ArcGIS Resources. (6 de junio de 2024). ArcGIS Resources. <https://resources.arcgis.com/>
- Asamblea Nacional del Ecuador. (2019). *Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización*. Asamblea Nacional del Ecuador.
- Cruz Piza, I., Montoya Tello, M., & Quishpi Rodríguez, J. (2020). *Gobiernos autónomos descentralizados del Ecuador*. Ecuador: Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Babahoyo.
- Editorial Etecé. (6 de junio de 2024). *Concepto*. <https://concepto.de/>
- European Business School . (6 de junio de 2024). *CEUPE*. <https://www.ceupe.com/>
- Freigedo , M., Milanesi , A., & Ferreira, C. (2020). RIA: aplicación de una metodología para el seguimiento de la localización de los ODS. *Cuadernos Del Claeh*, 39(112), 119–132.
- GAD Parroquial Cutuglagua. (5 de mayo de 2023). *Cutuglagua GAD Parroquial*. <https://cutuglagua.gob.ec/>
- García Morales, V. Y. (2023). *El reto de la sostenibilidad social*. Barcelona: CIDUI.
- Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial Cutuglagua. (2023). *Cutuglagua, Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial 2020 - 2024*. Equipo Consultor PDyOT.
- Instituto Danés de derechos humanos. (7 de mayo de 2024). *Instituto Danés de derechos humanos*. <https://sdg.humanrights.dk/>
- Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. (30 de mayo de 2024). *INEC*. <https://censoecuador.ecudatanalytics.com/>
- Naciones Unidas. (14 de mayo de 2024). *Naciones Unidas Derechos Humanos*. <https://www.ohchr.org>
- Naciones Unidas. (12 de 8 de 2024). *Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo* . <https://www.undp.org/es/sustainable-development-goals>
- Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción de Riesgos de Desastres . (2015-2030). *Principios para la Infraestructura Resiliente*. Ginebra.
- Pérez García, C. A., Conteras Rivera, R. J., Coba Uriarte, J. L., & Fabián Falcon, C. H. (2022). Gestión pública y desarrollo sostenible: una mirada desde los gobiernos locales. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 6(6), 2427-2446.
- Pérez Hernández, J. L. (2020). *Agenda 2030 en El Salvador, una caracterización sobre las condiciones territoriales de los gobiernos municipales para la localización de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). Periodo 2015 - 2019* .
- Prefectura de Pichincha. (14 de mayo de 2024). *Pichincha es turismo* . <https://pichinchaesturismo.com/>

- Sagrario Morán , B., & Díaz Barrado, C. (2020). *El objetivo de desarrollo sostenible 11 de la Agenda 2030: ciudades y comunidades sostenibles. Metas, desafíos, políticas y logros.*
- Secretaria Nacional de Planificación. (2024). *Plan de Desarrollo para el Nuevo Ecuador 2024-2025.* Gobierno de la República del Ecuador.
- Universidad Europea. (6 de junio de 2024). *Universidad Europea.*
<https://universidadeuropea.com/>
- Zamorano Wisnes , J. (2021). *El derecho a la ciudad sostenible.* REALA.

Estrategias metodológicas para la formación técnica y tecnológica **Methodological strategies for technical and technological training**

José Andrés Beltrán Ruiz¹, Sharon Luathani Velasteguí Rubio ².

Resumen:

La educación es un pilar fundamental para mejorar la calidad de vida de las personas. Sin embargo, en el Ecuador, el acceso a la educación universitaria se ve limitado, lo que ha llevado a la formación técnica y tecnológica a presentarse como una opción viable para adquirir las competencias necesarias para integrarse en el mercado laboral. En este contexto, la presente investigación analizó la aplicación de estrategias metodológicas en la educación técnica y tecnológica. Estos enfoques pueden mejorar la motivación de los estudiantes y ayudar a alcanzar los objetivos curriculares, reduciendo así los índices de deserción. Los resultados indican que las estrategias de enseñanza más utilizadas por los profesores son las clases magistrales (50%) y el trabajo en equipo/aprendizaje colaborativo (30%). El análisis comparativo de los resultados académicos obtenidos con y sin la aplicación de metodologías activas de enseñanza revela un impacto significativo en el desempeño de los estudiantes. Cuando se implementaron enfoques participativos y centrados en el aprendizaje del alumno, la media de calificaciones se situó en 68.67 puntos, con el 40% de las notas alcanzando un rango de 75 a 80 puntos. En contraste, sin el uso de metodologías activas, la media disminuyó a 50.96 puntos, y solo el 15.4% de las calificaciones se ubicaron en ese mismo rango superior. La implementación de estrategias metodológicas innovadoras ha demostrado tener un impacto significativo en el desempeño académico de los estudiantes de educación técnica y tecnológica.

Palabras claves: Educación técnica, estrategias metodológicas, metodología, formación tecnológica, formación técnica

Abstract:

Education is a fundamental pillar for improving people's quality of life. However, in Ecuador, access to university education is limited, leading technical and technological training to emerge as a viable option for acquiring the necessary skills to integrate into the labor market. In this context, the present research analyzed the application of methodological strategies in technical and technological education. These approaches can enhance student motivation and help achieve curricular objectives, thereby reducing dropout rates. The results indicate that the most commonly used teaching strategies by professors are lectures (50%) and teamwork/collaborative learning

¹ Instituto Superior Tecnológico Central Técnico, Orcid. <https://orcid.org/0009-0009-9783-7555>

² Instituto Superior Tecnológico Central Técnico, Orcid <https://orcid.org/0000-0003-1369-6003>

Autor de correspondencia: ibeltran@itsct.edu.ec

(30%). A comparative analysis of academic results obtained with and without the application of active teaching methodologies reveals a significant impact on student performance. When participatory and student-centered learning approaches were implemented, the average grades reached 68.67 points, with 40% of the scores falling within the 75 to 80-point range. In contrast, without the use of active methodologies, the average decreased to 50.96 points, and only 15.4% of the grades were in the same upper range. The implementation of innovative methodological strategies has demonstrated a significant impact on the academic performance of students in technical and technological education.

Keywords: Technical education, methodological strategies, methodology, technological training, technical training

Introducción

Formar el talento humano con las competencias pertinentes y necesarias para una inserción laboral rápida en áreas industriales y de servicio, que reduzca la brecha entre lo que la academia forma y lo que la industria requiera es importante, ajustándose así a la realidad nacional en cuanto a mano de obra calificada, además de que las carreras tecnológicas son de corta duración, misma que oscila entre los 2 y tres años (Solórzano-Palacios et al., 2019).

Al presentar una alternativa educativa que se caracteriza por la aplicación rápida y práctica de las habilidades adquiridas en el aula, además de ser parte del sistema de educación superior, se puede evidenciar que existe un elevado índice de deserción, que principalmente se acentúa en los primeros niveles de la carrera, sin embargo, la deserción que en el 2015 fue de un 26.30% se redujo en el 2023 a un 20,46%, siendo más elevada en hombres con un 21,28% que en mujeres con un 16.02% (Paz-Jiménez, 2023).

Esta deserción puede deberse a problemas económicos, expectativas distintas en la elección de la carrera y también puede deberse a que las estrategias aplicadas en el proceso de enseñanza aprendizaje en la clase no se ajustan a estrategias activas, dónde el estudiante sea el participe de su propio conocimiento, razón por la cual puede darse paso a falta de motivación y baja participación en el aula, desembocando esto a un mal rendimiento académico, principalmente en asignaturas abstractas. Lo que puede producir desmotivación y frustración en los estudiantes, coadyuvando de esta manera en la elevada deserción que se da en los primeros niveles (Verdesoto et al., 2018).

Es importante revisar, valorar y ajustar continuamente las prácticas de enseñanza, según la necesidad del grupo con el que se trabaja, para que esto permita el diseño de estrategias metodológica que integren los estilos de aprendizaje y enseñanza para la formación por competencias laborales en programas técnicos y tecnológicos, sin descuidar metodologías que sean capaces de captar la atención del estudiante y en las que este sea participe activo. Debido a la relevancia de las TIC en la formación tecnológica en el campo de las ciencias de la ingeniería, es muy importante el destacar que la aplicación de Tics es obligatorio en el proceso de enseñanza aprendizaje, además de ser indispensables en el desenvolvimiento laboral (Urgiles-Ortiz, 2021).

Como parte del desarrollo profesional en la carrera de mecánica automotriz es necesario el revisar asignaturas de profesionalización que coadyuvan en alcanzar el perfil de egreso planteado, muchas de estas asignaturas son técnicas y de aplicación práctica, pero otras como mecánica de materiales son asignaturas de aplicación pero con una fuerte base teórica, dónde se utilizan bases matemáticas y físicas en la resolución de problemas de aplicación, razón por la cual se ha podido evidenciar que existe una gran carencia el pensamiento lógico por parte de los estudiantes que cursan la asignatura, también existen problemas de interpretación de los textos en la resolución de problemas, siendo estos puntos falencias que deben solventar. Por lo

tanto, es importante que se empleen estrategias metodológicas que permitan a los estudiantes de mecánica automotriz mejorar sus habilidades en cuanto al pensamiento lógico y razonamiento matemático (Laz et al., 2023).

Las asignaturas complementarias dentro de la formación de tecnólogos permiten cumplir adecuadamente con el perfil de egreso que se necesita en este caso en el campo automotriz, sin embargo, en materias que se requiere de aplicaciones matemáticas o físicas no se logra generar una elevada motivación de los estudiantes, pese a que por ejemplo el estudio de la mecánica de materiales es de gran relevancia en el perfil de egreso de un tecnólogo automotriz (Valero-Ancco et al., 2024).

Asimismo, estas competencias permiten el desempeño profesional eficaz en el diagnóstico y reparación de fallas, garantizando la seguridad y el buen funcionamiento del vehículo, además de habilitarlo para participar en la investigación y desarrollo de nuevos materiales, procesos de fabricación y diseños que contribuyan a la innovación en la industria automotriz (Valero-Ancco et al., 2024). En este sentido, la formación tecnológica en mecánica automotriz requiere el conocimiento, habilidades y destrezas en la fabricación de vehículos, lo que motivó a analizar las estrategias metodológicas durante la formación de tecnólogos en mecánica automotriz del Instituto Superior Universitario Central Técnico.

Metodología

Para llevar a cabo este estudio, se empleó una metodología cuantitativos que permitió obtener una comprensión integral de las estrategias metodológicas utilizadas en la educación técnica y tecnológica de la carrera de mecánica automotriz. El diseño del estudio se estructuró en cuatro fases principales:

1. Revisión Bibliográfica, que se realizó una exhaustiva revisión de la literatura existente para identificar las mejores prácticas y enfoques metodológicos aplicados en la educación técnica y tecnológica. Este análisis bibliográfico permitió establecer un marco teórico sólido y definir las estrategias metodológicas más relevantes para el contexto de estudio de asignaturas técnicas.
2. La recopilación de Datos, se efectuó mediante la aplicación de encuestas a estudiantes y a los docentes de la carrera de mecánica automotriz. El cuestionario incluyó preguntas sobre las estrategias de enseñanza utilizadas por los profesores, la frecuencia de integración de actividades de aprendizaje activo, la aplicación de estrategias de enseñanza diferenciada, la relevancia de la retroalimentación y el seguimiento personalizado, y la capacitación de los docentes en nuevas metodologías de enseñanza.
3. La encuesta fue distribuida electrónicamente a un total de 100 estudiantes, con una técnica de muestreo en cadena, basada en el consentimiento de participación de los encuestados, obteniendo una tasa de respuesta del 98%. Los datos recopilados fueron registrados en un archivo de Excel para su posterior análisis. La encuesta fue administrada en línea durante un período de dos semanas. Se garantizó la confidencialidad de las respuestas y se informó a los participantes sobre los objetivos del estudio.

4. Análisis de Datos obtenidos de las encuestas fueron analizados empleando estadísticas descriptivas para identificar las estrategias de enseñanza más frecuentemente utilizadas y su impacto en el desempeño académico de los estudiantes. Se calcularon medias, porcentajes y frecuencias para interpretar los resultados.

En cuanto al instrumento principal utilizado en este estudio fue un cuestionario, producto de la revisión de literatura y diseñada específicamente para recopilar información sobre las prácticas pedagógicas y la percepción de los estudiantes respecto a las estrategias metodológicas aplicadas por sus profesores. Este instrumento consta de ocho preguntas cerradas con opciones de respuesta según escala de Likert, el cual presento una validación por expertos con una alta confiabilidad según Alfa de Cronbach, como se refleja en la tabla 1.

Tabla 1

Coeficiente Alfa de Cronbach de la investigación

Alfa de Cronbach	N de elementos
0,76	8 ítems del cuestionario de estudiantes
0,92	8 ítems del cuestionario de docentes

Seguidamente, se llevó a cabo un análisis comparativo de los resultados académicos obtenidos con y sin la aplicación de metodologías activas de enseñanza. Este análisis permitió evaluar el impacto de las estrategias participativas y centradas en el aprendizaje del estudiante en las calificaciones promedio y la distribución de las mismas (Flores, 2021).

Resultados

El análisis de las encuestas reveló que las estrategias de enseñanza más frecuentemente empleadas por los profesores en la carrera de mecánica automotriz son las clases magistrales y expositivas (50%) y el trabajo en equipo y colaborativo (30%). Este hallazgo indica una predominancia de métodos tradicionales, aunque una proporción significativa de docentes también integra enfoques colaborativos. La adopción de métodos colaborativos refleja una tendencia hacia prácticas pedagógicas que fomentan la participación activa y el aprendizaje entre pares, esenciales para el desarrollo de competencias prácticas en la formación técnica.

El estudio mostró también que el 70% de los docentes integran regularmente actividades de aprendizaje activo en sus clases, con el 40% de ellos haciéndolo siempre o casi siempre. Asimismo, las estrategias de enseñanza diferenciada, que buscan atender a los diversos estilos de aprendizaje de los estudiantes, son aplicadas siempre por el 35% de los docentes, y en la mayoría de los casos por otro 35%. Estos resultados sugieren un esfuerzo significativo por parte del cuerpo docente para

adaptar sus métodos a las necesidades individuales de los estudiantes, promoviendo un entorno de aprendizaje más inclusivo y efectivo.

Un análisis comparativo de los resultados académicos con y sin la implementación de metodologías activas reveló un impacto notable en el desempeño de los estudiantes. Cuando se aplicaron enfoques participativos y centrados en el alumno, la media de calificaciones se situó en 68.67 puntos, con el 40% de las notas alcanzando un rango de 75 a 80 puntos. En contraste, sin el uso de metodologías activas, la media de calificaciones disminuyó a 50.96 puntos, y solo el 15.4% de las notas se ubicaron en el rango superior de 75 a 80 puntos.

Estos datos demuestran que las metodologías activas no solo mejoran el promedio general de calificaciones, sino que también aumentan la proporción de estudiantes que alcanzan niveles de desempeño académico más altos, en la tabla 2 se puede observar los promedios que se obtuvieron luego de aplicar una evaluación en base estructurada y estandarizada aplicando diferentes estrategias metodológicas.

Tabla 2

Promedio del curso al aplicar estrategias diferenciadas

Promedios			
66,66	78,06	81,46	73,09
Estrategias aplicadas			
Trabajo grupal	Clase expositiva	Aprendizaje activo	Retroalimentación luego de participación

En primer lugar, los resultados muestran una variabilidad considerable en el desempeño de los estudiantes, con promedios que van desde 66.66 hasta 81.46 puntos. Esto sugiere que las diferentes estrategias implementadas han tenido un impacto diferenciado en el aprendizaje de los alumnos, por lo que resulta particularmente destacable el hecho de que la estrategia de aprendizaje activo haya obtenido el promedio más alto, de 81.46 puntos. Esto indica que este enfoque pedagógico ha sido el más efectivo para este grupo de estudiantes, lo cual podría deberse a que fomenta una mayor implicación y participación por parte de los alumnos en su propio proceso de aprendizaje.

Por otro lado, la estrategia de trabajo grupal parece haber sido la menos efectiva especialmente en asignaturas que tienen una fuerte base abstracta, con un promedio de 66.66, el más bajo de los registrados. Esto podría sugerir que, para este grupo en particular, el trabajo en equipo no ha sido la aproximación más adecuada o que quizás requiera de un ajuste o refinamiento para mejorar sus resultados.

Las estrategias de clase expositiva y retroalimentación luego de la participación han obtenido resultados intermedios, con promedios de 78.06 y 73.09 respectivamente. Esto destaca el uso de enfoques eficaces, aunque en menor medida que el aprendizaje activo.

Discusión

El análisis de la literatura revela una amplia diversidad de estrategias metodológicas interactivas utilizadas en la educación superior, lo que indica un esfuerzo por parte de los docentes por adoptar enfoques más participativos y centrados en el estudiante (Jurado-Navas & Muñoz-Luna, 2017). Algunas de las estrategias más destacadas incluyen el role play, los casos de estudio, el aprendizaje personalizado, las discusiones y el e-learning (Lara et al., 2018), lo que sugiere una tendencia hacia metodologías que fomentan la participación activa, el aprendizaje colaborativo y la integración de tecnologías en el proceso de enseñanza-aprendizaje.

Las clases expositivas, aunque efectivas para transmitir conocimientos teóricos, suelen limitar la participación activa de los estudiantes, lo que puede ser un desafío en un campo como la mecánica automotriz, que exige un aprendizaje práctico y contextualizado. Por otro lado, los enfoques colaborativos fomentan habilidades como la resolución de problemas y la comunicación, esenciales para el trabajo en equipo en talleres y proyectos mecánicos reales. Según estudios como el de Cabero-Almenara y Palacios-Rodríguez (2021), sobre aprendizaje activo y colaborativo, estas estrategias pueden mejorar significativamente el rendimiento en entornos técnicos.

La aplicación del aprendizaje activo, como simulaciones, estudios de caso y proyectos prácticos, es especialmente relevante en la mecánica automotriz, donde los estudiantes necesitan conectar la teoría con la práctica. El uso de estrategias diferenciadas muestra una preocupación por atender la diversidad de estilos de aprendizaje, algo que, es crítico para maximizar el potencial de todos los estudiantes en entornos técnicos (Almachi et al., 2024).

Los datos corroboran la efectividad de las metodologías activas en la educación técnica. Al promover la participación y la autonomía del estudiante, estas metodologías no solo mejoran las calificaciones promedio, sino también el porcentaje de estudiantes con un rendimiento sobresaliente. Esto es consistente con investigaciones que destacan cómo el aprendizaje activo impacta en la retención y aplicación de conocimientos en contextos reales (Mayorga-Ases et al., 2024). Asimismo, el éxito del aprendizaje activo puede atribuirse a su capacidad para involucrar a los estudiantes de manera directa en su proceso de aprendizaje, lo que es crucial en un campo que combina teoría y práctica.

Los hallazgos indican que el sistema de educación superior está enfocado en aumentar la atención a la formación efectiva y tecnológica de las competencias profesionales de los estudiantes, lo que supone un cambio en el apoyo pedagógico, alejándose de los métodos tradicionales y centrándose más en estrategias que permitan el desarrollo integral de las competencias requeridas (UNESCO, 2024). La adopción de métodos de enseñanza modernos y enfoques basados en competencias busca preparar mejor a los futuros profesionales para los desafíos del mundo laboral.

Si bien se destacan las estrategias de aprendizaje autónomo y colaborativo, se reconoce la importancia del papel del docente como guía y facilitador del proceso de enseñanza-aprendizaje (Zambrano et al., 2022). La orientación y retroalimentación

personalizada del docente se considera un aspecto clave para el éxito de las metodologías interactivas, lo que sugiere que el docente debe asumir un rol de acompañamiento y apoyo, más allá de ser un mero transmisor de información.

Finalmente, la revisión evidencia la incorporación de herramientas tecnológicas, como plataformas de aprendizaje en línea, simuladores y recursos digitales interactivos, en las estrategias metodológicas, lo que responde a la necesidad de adaptarse a los cambios y demandas del entorno, especialmente en el contexto de la educación durante la pandemia de COVID-19 (Sousa-Ferreira et al., 2021). Esto plantea el reto de que los docentes desarrollen competencias digitales para aprovechar eficazmente las posibilidades que ofrecen las tecnologías en el proceso de enseñanza-aprendizaje.

Conclusiones

Estos resultados evidencian la importancia de las estrategias metodológicas activas y diferenciadas en la educación técnica y tecnológica, destacando su impacto positivo en la motivación, inclusión y rendimiento académico de los estudiantes de mecánica automotriz. La adopción de métodos más participativos y centrados en el alumno es fundamental para mejorar las competencias necesarias para enfrentar los desafíos del mercado laboral.

El análisis de las encuestas reveló que las estrategias de enseñanza más frecuentemente empleadas por los profesores son la enseñanza mediante simulaciones o práctica, el aprendizaje basado en problemas y el trabajo en equipo y colaborativo. Esto indica una tendencia hacia enfoques más participativos y centrados en el estudiante, en lugar de los métodos tradicionales de clases magistrales y expositivas. La adopción de estos métodos más activos refleja un esfuerzo por parte de los docentes por fomentar la participación y el desarrollo de competencias prácticas en la formación técnica.

El estudio mostró que la mayoría de los docentes integran regularmente actividades de aprendizaje activo en sus clases, y que una proporción significativa también utiliza estrategias de enseñanza diferenciada para atender a los diversos estilos de aprendizaje de los estudiantes. Estos resultados sugieren un enfoque pedagógico adaptativo y centrado en las necesidades individuales de los alumnos, lo cual promueve un entorno de aprendizaje más inclusivo y efectivo.

Referencias

- Almachi Oñate, R. R., Mena Villamarin, D. A., Ordoñez Vivero, R. E., & Reigosa Lara, A. (2024). Aplicación del simulador ELECTUDE y el rendimiento académico en la figura profesional electromecánica automotriz. *Tesla Revista Científica*, 4(1), e387. <https://doi.org/10.55204/trc.v4i1.e387>
- Cabero-Almenara, J., & Palacios-Rodríguez, A. (2021). La evaluación de la educación virtual: las e-actividades. *RIED-Revista Iberoamericana de Educación a Distancia*, 24(2), 169–188. <https://doi.org/10.5944/ried.24.2.28994>
- Flores, V. (2021). Aprendizaje significativo con estrategia de enseñanza activa para un curso de proyecto software. Una experiencia en el norte de Chile. *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*, 29(1), 120-128. <https://doi.org/10.4067/S0718-33052021000100120>
- Jurado-Navas, A., & Munoz-Luna, R. (2017). Scrum Methodology in Higher Education: Innovation in Teaching, Learning and Assessment. *International Journal of Higher Education*, 6(6), 1-18.
- Lara, A., Lara, N., Lara, G., & Bonilla, D. (2018). APRENDIZAJE BASADO EN PROBLEMAS COMO ESTRATEGIA SIGNIFICATIVA EN LA FORMACIÓN ACADÉMICA. *Universidad Ciencia y Tecnología*, 1, Article 1.
- Laz Rodríguez, G. L., Durán Pico, M. U. C., & Rodríguez Álava, D. L. A. (2023). El pensamiento lógico matemático: Una estrategia didáctica para su fortalecimiento. *Revista Científica Sinapsis*, 1(22). <https://doi.org/10.37117/s.v1i22.767>.
- Mayorga-Ases, M., Tagua-Moyolema, A., Muyulema-Muyulema, D., & Velastegui-Hernández, R. (2024). Estudio sobre la implementación de metodologías activas en la educación superior: beneficios y desafíos. *593 Digital Publisher CEIT*, 9(4-1), 196-208. <https://doi.org/10.33386/593dp.2024.4-1.2739>
- Sousa-Ferreira, R. ., Campanari-Xavier, R. A. ., & Rodrigues-Ancioto, A. S. . (2021). La realidad virtual como herramienta para la educación básica y profesional. *Revista Científica General José María Córdova*, 19(33), 223–241. <https://doi.org/10.21830/19006586.728>.
- Oviedo, H. C., & Campo-Arias, A. (2005). Aproximación al uso del coeficiente alfa de Cronbach. *Revista Colombiana de Psiquiatría*, 34(4), 572-580.
- Paz Jiménez, V. A. (2023). *Preferencias de carrera y deserción universitaria en Ecuador* [masterThesis, Quito: Universidad de las Américas, 2023]. <http://dspace.udla.edu.ec/handle/33000/15094>
- Solórzano Palacios, L., Meza Cruz, B., Menéndez López, J., Aguayo Macías, Á., Solórzano Palacios, L., Meza Cruz, B., Menéndez López, J., & Aguayo Macías, Á. (2019). La investigación aplicada a la educación técnica y tecnológica superior. *Revista de Ciencias Humanísticas y Sociales (ReHuSo)*, 4(3), 95-103. <https://doi.org/10.33936/rehuso.v4i3.2011>
- UNESCO (2024). Qué necesita saber acerca del aprendizaje digital y la transformación de la educación. <https://www.unesco.org/es/digital-education/need-know>

- Urgiles Ortiz, F. O. (2021). *Mantenimiento de motores en la enseñanza de los estudiantes de la carrera de Mecánica Automotriz* [bachelorThesis, BABAHOYO: UTB, 2021]. <http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/9778>
- Valero-Ancco, V., Pari-Orihuela, M. & Calsin-Chambilla, Y. (2024). Comprensión Lectora en Universitarios Ingresantes . *Revista Tecnológica-Educativa Docentes 2.0*, 17(1), 174-182. <https://doi.org/10.37843/rted.v17i1.453>
- Verdesoto, G. J. Z., Mora, K. G. R., & Torres, L. H. G. (2018). ANÁLISIS DE LA DESERCIÓN ESTUDIANTIL EN LAS UNIVERSIDADES DEL ECUADOR Y AMÉRICA LATINA. *Revista Pertinencia Académica*. ISSN 2588-1019, 8, Article 8.
- Zambrano Briones, María Auxiliadora, Hernández Díaz, Adela, & Mendoza Bravo, Karina Luzdelia. (2022). El aprendizaje basado en proyectos como estrategia didáctica. *Conrado*, 18(84), 172-182. Epub 10 de febrero de 2022. Recuperado en 16 de diciembre de 2024, de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1990-86442022000100172&lng=es&tlng=es.

Riesgos laborales del personal de enfermería en el área de cuidados intensivos

Occupational risks of nursing staff in the intensive care

Vanessa Paola Grijalva Días¹, Eugenia Cecilia Malquin Vinueza², Richard Andrés Cabrera Armijos³.

Resumen:

El objetivo de esta investigación fue identificar los riesgos laborales del personal de enfermería en el área de cuidados intensivos, por lo que la ruta metodológica aplicada implicó un diseño de investigación de campo, enfoque cuantitativo, de corte transversal, La población estuvo conformada por treinta (30) sujetos seleccionados en función de criterios previamente definidos. El principal hallazgo de este estudio ha sido que los riesgos más frecuentes son las lesiones musculoesqueléticas (83%) y el estrés emocional relacionado con el trabajo (77%). A pesar de que el personal de enfermería abordado reporta que recibe capacitación en temas vinculados con los riesgos laborales, como el manejo de sustancias químicas peligrosas (86%) y las técnicas de manejo de carga y ergonomía (86%), sin embargo, siguen verificándose riesgos en el contexto de trabajo abordado. Se ha concluido que el personal de enfermería abordado ha logrado advertir la exposición a riesgos en el contexto laboral, lo que es un paso significativo, pero más allá de ello es necesario que los encargados de estas instituciones de salud conozcan de la existencias de los mismos y emprendan acciones para su abordaje integral y mitigación, considerando que estos riesgos pueden afectar el desempeño del cuerpo de enfermeros y con ello ofrecer un servicio de salud deficiente que atenta contra el derecho a la salud reconocido expresamente en el ordenamiento jurídico vigente en el país

Palabras clave: Riesgo laboral, seguridad, medidas de seguridad, enfermería

Abstract:

The objective of this research was to identify the occupational risks of nursing staff in the intensive care area, so the methodological route applied involved a field research design, quantitative approach, cross-sectional. The population consisted of thirty (30) subjects selected based on previously defined criteria. The main finding of this study was that the most frequent risks are musculoskeletal injuries (83%) and work-related

¹ Universidad Iberoamericana del Ecuador, Magister en Salud y Seguridad Ocupacional, <https://orcid.org/0009-0001-5392-3074>

² Universidad Iberoamericana del Ecuador, Magister en Salud y Seguridad Ocupacional, <https://orcid.org/0009-0009-9597-3465>

³ Universidad Iberoamericana del Ecuador, Magister en Dirección de Operaciones y Seguridad Industrial, <https://orcid.org/0000-0001-9480-885X>
Autor de correspondencia: rcabrera@istte.edu.ec.

emotional stress (77%). Although the nursing staff approached reports that it receives training in topics related to occupational risks, such as the handling of hazardous chemicals (86%) and load handling and ergonomics techniques (86%), however, risks continue to be verified in the context of the work addressed. It has been concluded that the nursing staff approached has managed to warn of exposure to risks in the work context, which is a significant step, but beyond that, it is necessary for those in charge of these health institutions to be aware of the existence of these risks and take actions for their comprehensive approach and mitigation, considering that these risks can affect the performance of the nursing staff and thus offer a deficient health service that violates the right to health expressly recognized in the legal system in force in the country.

Keywords: Occupational risk, safety, security, security measures, nursing

Introducción

En el contexto laboral se suelen dar “un sinfín de actividades que son ejecutadas por un trabajador por cuenta y órdenes de su empleador, y que son efectuadas generalmente dentro de un lugar de trabajo asignado” (Muy, 2021, p. 29). Ahora bien, en el despliegue de las actividades laborales se pueden evidenciar eventos y/o elementos que pueden constituir factores de riesgo, es decir, “circunstancias que pueden quebrar el balance de los estados sociales, físicos y mentales ocasionado por una serie de acontecimientos en el tiempo, que pueden tener consecuencias” (Garay et al., 2020, p. 52) adversas para la masa laboral.

En este sentido, es necesario que se emprendan labores investigativas orientadas a explorar los riesgos laborales existentes en los contextos de trabajo, por tal razón el propósito del presente estudio ha sido el de identificar y documentar los riesgos laborales a los que se enfrenta el personal de enfermería en el área de cuidados intensivos abordados. Esta identificación de riesgos hace posible el diseño e implementación de medidas efectivas para minimizar los peligros existentes en el contexto de trabajo abordado, lo que puede incidir en el incremento de la calidad del servicio brindado en el centro hospitalario.

En este punto, debe advertirse que la importancia de este trabajo reside en el papel crucial que juega el personal de enfermería dentro del sistema de salud pública, especialmente en el área de cuidados intensivos, el cual representa un espacio en el que la carga física y emocional es significativamente alta (Santana et al., 2021), considerando que los enfermeros y enfermeras en estas unidades se encargan de administrar cuidados directos y complejos a pacientes al tiempo que se encargan de gestionar escenarios que les somete a alta presión, lo que puede conducir que se vean expuestos a un desgaste significativo y “promover la protección de SST es una tarea primordial en la adopción de entornos de trabajo seguros y saludables” (Matabanchoy y Díaz, 2021, p. 338) y el contexto hospitalario no es la excepción.

Sobre la base de las ideas expuestas, se entiende que el interés por investigar respecto de los riesgos laborales del personal de enfermería en cuidados intensivos nace de la necesidad apremiante de optimizar las condiciones laborales en una de las áreas más demandantes del sistema de salud. Además de que se parte de la idea de que la alta incidencia de problemas de salud entre estos profesionales no solo afecta su bienestar y rendimiento, sino que también tiene implicaciones directas en la calidad de atención que reciben los pacientes (Lewandowska et al., 2023).

Conviene ahondar en cuanto al conocimiento actual sobre los riesgos laborales en el ámbito de la enfermería para lo cual se ha efectuado una revisión bibliográfica, donde se han identificado los siguientes riesgos:

Tabla 1

Riesgos laborales del personal de enfermería según la literatura actual

Autor (es) - Año	País	Riesgos laborales
Caulfield et al., (2023)	Australia	Riesgos físicos Riesgo psicológico
Al Emam et al., (2023)	Egipto	Riesgo físico (dolor lumbar)
Lewandowska et al., (2023)	Polonia	Riesgo psicosocial (fatiga y sobrecarga)
Castro et al., (2023)	Ecuador	Riesgo biológico (pinchazos, salpicaduras y/o cortes, reacciones alérgicas).
Marín y González (2022)	Argentina	Riesgos ergonómicos (Temperatura, ruido ambiental, iluminación, equipo de protección)
Pessoa y de Lucca (2021)	Brasil	Riesgos psicosociales (Altas exigencias de trabajo cognitivo, estrés, síndrome de Bournot)
Forero et al., (2021)	Colombia	Riesgo ergonómico (fatiga muscular, dolor de espalda, fracturas) Riesgo psicosocial (carga mental) Riesgo mecánico (caídas) Riesgo biológico (contacto con residuos contaminados) Riesgo ambiental (Contacto con ambiente contaminado)
Ramírez et al., (2021)	España	Riesgos físicos (Fatiga por exceso de carga de trabajo) Riesgos psicosociales (Síndrome de Bournot, depresión)
Camacuari (2021)	Perú	Riesgo biológico (pinchazos por objetos punzocortantes, exposición a microorganismos, contacto con fluidos corporales) Riesgo ergonómico (Mobiliario inadecuado, malas posturas, movimientos repetitivos, manipulación de cargas o pacientes).
Figuroa et al., (2021)	Ecuador	Riesgo biológico (amenazas infecciosas) Riesgo psicológico (estrés, ansiedad, depresión, trastornos de sueño, trastornos de conducta alimenticia, consumo de alcohol y drogas, etc) Riesgo social (distanciamiento familiar, pérdida de amistades, problemas conyugales).
Dávila et al., (2020)	México	Riesgo físico (ruido, ventilación inadecuada y radiaciones) Riesgo químico (Manipulación de medicamentos y sustancias químicas) Riesgo biológico (Salpicadura de material biológico-infeccioso) Riesgo ergonómico (levantamiento de cargas y movimientos repetitivos) Riesgo psicosocial (sobre carga de trabajo y poco descanso)

Garay et al., (2020)	Perú	Riesgo físico (radiaciones electromecánicas, temperaturas) Riesgo ergonómico (áreas de trabajo no ergonómicas) Riesgos psicosociales (Estrés, exceso de horas de trabajo) Riesgos químicos (sustancias químicas peligrosas) Riesgos ergonómicos (Sobre carga de trabajo, mala iluminación, ruido, cambios bruscos de temperatura, mala calidad del aire, posturas inadecuadas, espacio laboral restringido). Riesgos psicosociales (estrés, depresión y presión laboral)
Cabanilla et al., (2020)	Ecuador	

Nota: Elaboración propia a partir de los autores referidos.

Con base a los resultados presentados se deduce que los riesgos laborales a los que está expuesto el personal de enfermería en el área de cuidados intensivos confirman la existencia de una amplia gama de peligros que pueden afectar la salud física y psicológica de estos profesionales. Ahora bien, puede aseverarse que, en diferentes países los estudios enlistan seis (6) tipos de riesgos los cuales se sintetizan a continuación:

1. Riesgos físicos, como el dolor lumbar (Al Emam et al., 2023, Egipto) y la fatiga por exceso de carga de trabajo (Ramírez et al., 2021, España);
2. Riesgos psicosociales, entre los que figuran el estrés y el síndrome de burnout (Caulfield et al., 2023, Australia; Pessoa y de Lucca, 2021, Brasil);
3. Riesgos biológicos, incluyendo la exposición a patógenos y fluidos corporales (Castro et al., 2023, Ecuador; Camacuari, 2021, Perú).
4. Riesgos ergonómicos vinculados con malas posturas y condiciones inadecuadas de trabajo (Marín y González, 2022, Argentina; Forero et al., 2021, Colombia)
5. Riesgos químicos que se derivan del manejo de sustancias peligrosas (Dávila-Troncoso et al., 2020, México; Garay et al., 2020, Perú).
6. Riesgos mecánicos como caídas (Forero et al., 2021, Colombia).

Este amplio abanico de riesgos, revela la necesidad de implementar medidas específicas para optimizar las condiciones laborales en las unidades de cuidados intensivos y proteger a quienes se desempeñan en el rol de enfermería en el sistema de salud público, razón por la cual, el desarrollo de esta investigación está dirigida a identificar los riesgos laborales del personal de enfermería en el área de cuidados intensivos, puesto que sus resultados contribuirán poner en práctica intervenciones dirigidas al cuidado de la salud de este grupo de profesionales.

Metodología

El diseño aplicado en el estudio fue la investigación de campo que “consiste en la recolección de datos directamente de los sujetos investigados, y de la realidad donde ocurren los hechos (datos primarios), sin manipular o controlar variable alguna” (Figueroa et al., 2020, p. 312). Particularmente, este estudio abordó al personal de enfermería que labora en la unidad de cuidados intensivos, a quienes se les solicitó información sobre los factores de riesgos a los que está sometido durante su jornada laboral a través de la aplicación de instrumento tipo encuesta, mismo que está conformado por un numero específico de preguntas, con el propósito de recolectar información relacionada al tema objeto de estudio.

Asimismo, se utilizó un enfoque cuantitativo, lo que posibilitó la cuantificación de personas involucradas en la problemática, por tanto, se pudo identificar las dimensiones de la problemática abordada. Conviene indicar que el estudio es de cohorte transversal debido a que busca identificar los riesgos laborales a los cuales se encontraba expuesto el personal de enfermería en un único momento del despliegue investigativo.

En lo relacionado a la población debe indicarse que se han abordado a enfermeros, y, enfermeras del área de cuidados intensivos. Para la selección de la muestra poblacional se aplicaron criterios de inclusión: 1) Personal de enfermería; 2) Ambos sexos; 3) Que laboren en el área de cuidados intensivos; 4) Manifiesten su deseo de participar en la investigación, por lo que la muestra se conformó de treinta (30) sujetos. En cuanto al entorno abordado, se trata del área de cuidados intensivos de un hospital público.

Resultados

Entre los resultados más relevantes se tiene que los riesgos más frecuentes son las lesiones musculoesqueléticas (83%) y el estrés emocional relacionado con el trabajo (77%) lo que se corresponde con la falta de implementación sistemática de medidas preventivas que también han quedado evidenciadas. Aunque el personal de enfermería abordado reporta que recibe capacitación en temas vinculados con los riesgos laborales, como el manejo de sustancias químicas peligrosas (86%) y las técnicas de manejo de carga y ergonomía (86%), sin embargo, siguen verificándose riesgos en el contexto de trabajo abordado.

Por otra parte se ha revelado la falta de apoyo para manejar el estrés laboral (13% manifiesta que nunca lo recibe) y la falta de fomento del trabajo en equipo para abordar los riesgos (solo el 20% reporta que siempre se fomenta) lo que denota la existencia de áreas de mejora en la gestión de riesgos laborales en el área de cuidados intensivos, poniendo de relieve la necesidad de diseñar e implementar medidas efectivas de seguridad laboral para salvaguardar la salud y el bienestar del personal de enfermería en el área de cuidados intensivos. Lo antes puntualizado se puede confirmar con los datos que se reportan a continuación:

Tabla 2

Datos demográficos

1. Género. La mayoría de personal de enfermería en el área de cuidados intensivos es femenino representado por el 77% del total mientras que los hombres constituyen el 23%.

Género	Frecuencia	Porcentaje
Femenino	23	77%
Masculino	7	23%

2. Cargo que ocupan. El 87% del personal encuestado son licenciados en enfermería, mientras que el 13% corresponde a auxiliares de enfermería. No se reportaron técnicos de enfermería en esta muestra.

Cargo que ocupan	Frecuencia	Porcentaje
Lic. En enfermería	26	87%
Auxiliar de enfermería	4	13%
Técnico de enfermería	0	0%

3. Tiempo que trabajan en el hospital. El 50% del personal ha trabajado entre 6 y 10 años en el hospital. Un 20% tiene más de 16 años de experiencia, y solo el 13% tiene menos de 5 años.

Tiempo que trabaja en el hospital	Frecuencia	Porcentaje
0 – 5 Años	4	13%
6 – 10 Años	15	50%
11 – 15 Años	5	17%
16 años o más	6	20%

4. Horas que laboran por turno. La mayoría (60%) trabaja turnos de 12 horas. Solo el 17% trabaja turnos de 6 horas y el 23% tiene turnos de 8 horas. No se reportaron turnos de 24 horas.

Horas que labora por turno	Frecuencia	Porcentaje
6 horas	5	17%
8 horas	7	23%
12 horas	18	60%
24 horas	0	0%

5. Pacientes atendidos por turno. El 60% del personal de enfermería atiende a 5 o más pacientes por turno, mientras que un 23% atiende entre 1 y 2 pacientes.

Pacientes que atienden por turno	Frecuencia	Porcentaje
1 a 2 pacientes	7	23%
3 a 4 pacientes	5	17%
5 o más pacientes	18	60%

Nota. Encuesta aplicada a personal de enfermería del área de cuidados intensivos. Autores (2024)

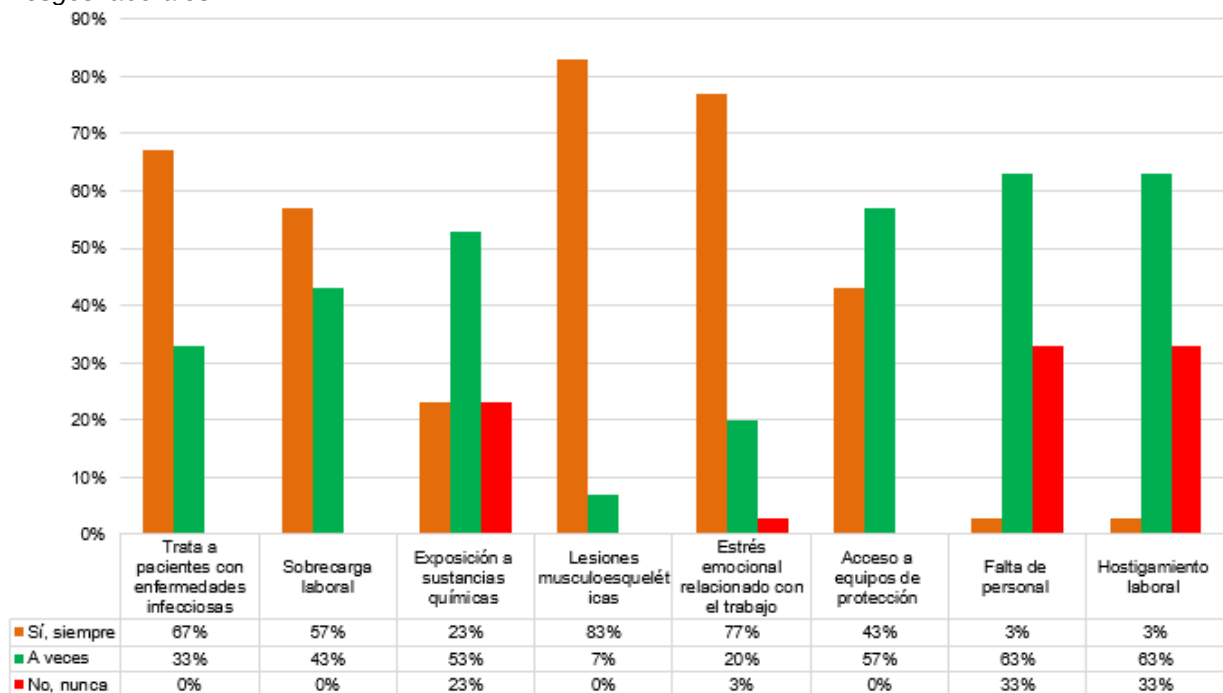
Los datos recolectados reflejan los principales riesgos laborales a los que está expuesto el personal de enfermería del área de cuidados intensivos. El 67% afirma que trata siempre a pacientes con enfermedades infecciosas, mientras que el 33% lo hace solo en algunas ocasiones. En cuanto a la sobrecarga laboral, el 57% la experimenta de forma continua y el 43% indica que ocurre de manera ocasional. Las

lesiones musculoesqueléticas son un problema frecuente en el 83% del personal, mientras que el 17% reporta sufrirlas solo a veces.

El 77% del personal manifiesta que el estrés emocional relacionado con el trabajo es constante, el 20% lo percibe de manera ocasional y solo el 3% asegura no haberlo padecido. En lo que respecta al acceso a equipos de protección, el 43% indica que siempre cuenta con ellos, mientras que el 57% menciona tener acceso solo en ciertas ocasiones. Tanto la falta de personal como el hostigamiento laboral son menos comunes, ya que únicamente el 3% los experimenta de manera constante, el 63% en ocasiones y el 33% asegura no haberlos vivido.

Figura 1

Riesgos laborales



Nota. Encuesta aplicada al personal de enfermería del área de cuidados intensivos. Autores (2024)

La Tabla 3 detalla las medidas implementadas para reducir los riesgos laborales en el personal de enfermería del área de cuidados intensivos, presentando las respuestas según tres opciones: Sí, siempre, A veces, y No, nunca. A continuación, se proporciona una descripción de los datos:

En lo referente al uso del equipo de protección personal, 53% de los encuestados afirmó que siempre utiliza este equipo, mientras que 47% indicó que lo utiliza a veces. En cuanto a la capacitación sobre manejo de sustancias químicas peligrosas, se reportó que solo el 3% recibe capacitación de manera constante, mientras que 60% lo hace ocasionalmente y el 37% nunca ha recibido esta formación.

Respecto al entrenamiento en técnicas de manejo de carga y ergonomía, 7% de los encuestados afirmó recibirlo de manera regular, 86% solo ocasionalmente y otro 7% nunca. Sobre si recibe apoyo para manejar el estrés laboral se encontró que

ninguno de los encuestados recibe siempre apoyo para manejar el estrés, 86% señaló que lo recibe a veces y 13% indicó que nunca recibe apoyo.

En cuanto a si se realizan inspecciones regulares de seguridad se evidenció que solo 10% de los encuestados afirmó que estas se realizan siempre, 83% indicó que a veces y 7% mencionó que nunca.

Al explorar sobre si reciben capacitación regular sobre seguridad laboral y procedimientos de emergencia, se encontró que el 13% la recibe constantemente, 84% ocasionalmente, y 3% nunca. Igualmente, al revisar los resultados referidos al fomento del trabajo en equipo para abordar riesgos laborales se encontró que el 20% aseguró que esta práctica se fomenta siempre, 73% señaló que ocurre a veces y 7% indicó que nunca se fomenta.

En cuanto al acceso fácil a los equipos de protección necesarios se detectó que 43% del personal indicó tener siempre acceso fácil, 57% mencionó que a veces y ningún encuestado manifestó no tener acceso.

En lo atinente a la existencia de recursos suficientes para garantizar un entorno de trabajo seguro se demostró que el 13% señaló que siempre hay recursos suficientes, 87% que a veces y ninguno afirmó que nunca se cuentan con ellos. Finalmente se exploró acerca de las medidas consideradas para abordar incidentes reportados, encontrándose que el 27% mencionó que siempre se toman medidas, 73% que a veces y ningún encuestado manifestó que nunca se toman.

Tabla 3.

Medidas para reducir los riesgos laborales

Medidas para reducir riesgos laborales	Alternativas de respuesta					
	Sí, siempre		A veces		No, nunca	
	Frecuencia	Porcentaje	Frecuencia	Porcentaje	Frecuencia	Porcentaje
Recibe y utiliza equipo de protección personal	16	53%	14	47%	0	0%
Capacitación sobre manejo de sustancias químicas peligrosas	1	3%	18	60%	11	37%
Recibe entrenamiento en técnicas de manejo de carga y ergonomía	2	7%	26	86%	2	7%
Recibe apoyo para manejar el estrés laboral	0	0%	26	86%	4	13%
Se realizan inspecciones regulares de seguridad	3	10%	25	83%	2	7%
Recibe capacitación regular sobre seguridad laboral y procedimientos de emergencia	4	13%	15	84%	1	3%
Se fomenta el trabajo en equipo para abordar los riesgos laborales	6	20%	22	73%	2	7%
Acceso fácil a los equipos de protección necesarios	13	43%	17	57%	0	0%
Hay suficientes recursos para garantizar un entorno de trabajo seguro	4	13%	26	87%	0	0%

Se toman medidas para abordar los incidentes reportados	8	27%	22	73%	0	0%
---	---	-----	----	-----	---	----

Nota. Encuesta a personal de enfermería del área de cuidados intensivos. Autores (2024)

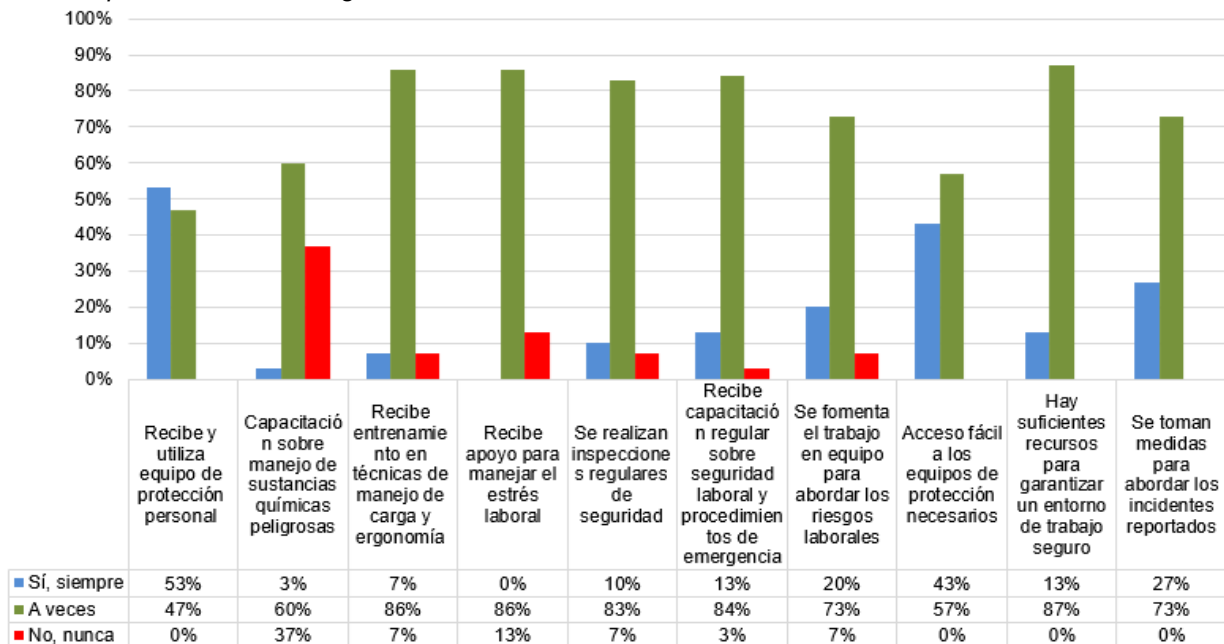
La figura 2, muestra de manera clara el nivel de implementación de cada medida de seguridad, con diferencias notables entre las respuestas para cada categoría. Particularmente en lo que respecta al uso de equipo de protección por parte del personal tiene una alta frecuencia de uso, con un 53% de los encuestados respondiendo "Sí, siempre".

En cuanto a la capacitación sobre manejo de sustancias químicas peligrosas se muestra un bajo porcentaje en "Sí, siempre" (3%) y un porcentaje considerable en "No, nunca" (37%). Seguidamente se presenta que el acceso a equipos de protección necesarios también se reporta con una notable respuesta positiva, ya que el 43% respondió "Sí, siempre", mientras que 57% indicó "A veces", sin respuestas en la categoría "No, nunca"

Este gráfico permite identificar las áreas donde el cumplimiento de medidas de seguridad es constante y aquellas donde podría mejorarse, como en el manejo de estrés laboral o el entrenamiento en técnicas ergonómicas.

Figura 2

Medidas para reducir los riesgos laborales



Nota. Encuesta aplicada al personal de enfermería del área de cuidados intensivos. Autores (2024)

Discusión

La presente investigación puso en evidencia que la sobrecarga laboral y el estrés emocional relacionado con el trabajo que desempeña el personal de enfermería, son riesgos laborales comunes, resultado que se confirma en las investigaciones desarrolladas por Ramírez, et al. (2021) y Pessoa y de Lucca (2021). Situación similar ocurrió en lo referido a las lesiones musculoesqueléticas, las cuales fueron catalogadas un riesgo laboral (83%), esto se confirma con los resultados de las investigaciones realizadas por Forero et al. (2021) y Dávila, et al. (2020) sobre este mismo aspecto.

En lo referente a la exposición del personal de enfermería a sustancias químicas puede aseverar que pesar de haberse obtenido un porcentaje relativamente bajo (23%) en este estudio, se estimó relevante destacar los estudios desarrollados por Dávila et al. (2020) y Garay et al. (2020), quienes expresaron gran preocupación por este tipo de riesgo, especialmente en contextos donde el manejo de medicamentos y sustancias químicas es más frecuente. De igual forma esta investigación menciona que la falta de personal y el hostigamiento laboral se perfilan en riesgos laborales (63%), sin embargo, en la literatura consultada este aspecto, no se encontró referido.

Finalmente se pudo demostrar una convergencia en los riesgos a los que está expuesto el personal de enfermería que labora en la unidad de cuidados intensivos, lo que permite destacar la importancia de considerar las particularidades de cada entorno laboral bajo el marco del diseño de intervenciones enfocadas a la promoción de la seguridad y el bienestar del personal de enfermería.

Conclusiones

La presente investigación evidenció la exposición del personal de enfermería a una multiplicidad de riesgos laborales, tanto físicos como psicosociales. Estos hallazgos subrayan la necesidad urgente de implementar estrategias integrales de prevención y promoción de la salud en los entornos asistenciales, a fin de mejorar las condiciones laborales y, por ende, la calidad de atención al paciente.

El análisis de riesgos laborales en el área de cuidados intensivos del hospital reveló una amplia gama de peligros a los que está expuesto el personal de enfermería, entre los que destacan: la sobrecarga laboral, frecuente contacto con químicos, lesiones musculo esqueléticas y estrés laboral.

Con base a lo planteado, se puede aseverar que el personal de enfermería, ha logrado advertir la existencia de factores de riesgos en el contexto laboral, lo que es considerado un paso significativo, pero más allá de ello, es necesario que quienes dirigen estas instituciones de salud, reconozcan la presencia de los mismos y emprendan acciones integrales que contribuyan a la mitigación de estos, dado que estos riesgos afectan de manera directa la salud del personal de enfermería y por ende su desempeño, lo que hace que el servicio de salud que ofrecen sea deficiente

y que atente contra el derecho a la salud reconocido expresamente en el ordenamiento jurídico vigente en el país.

Se han determinado la frecuencia con la que se aplican las medidas para reducir los riesgos laborales en el hospital público abordado, verificándose que, aunque algunas acciones son aplicadas con cierta frecuencia, otras aún presentan áreas de mejora. En este sentido, debe indicarse que mientras el uso de equipo de protección personal y la capacitación sobre manejo de sustancias químicas peligrosas muestran una aceptable implementación, la atención al estrés laboral y la realización de inspecciones regulares de seguridad requieren mayor atención. Estos resultados denotan la necesidad de fortalecer los programas de seguridad laboral y el apoyo al bienestar del personal, con miras a tutelar el derecho a un entorno laboral más seguro y saludable que asiste a todos los trabajadores del hospital.

En concordancia con las conclusiones expuestas, se presentan las siguientes recomendaciones:

1. Incrementar más personal de género masculino dentro del área para realizar actividades que demandan mayor esfuerzo, lo que ayuda a disminuir problemas musculares por sobrecarga de trabajo, a lo que se suma la complejidad del área como lo es la unidad de cuidados intensivo.
2. Planificar capacitaciones continuas dirigidas al personal de enfermería sobre temas de riesgos laborales, de modo que estos puedan ser identificarlos y prevenir sucesos indeseados. en los cuales los beneficiados serían la institución y el trabajador.
3. Tomar en consideraciones los antecedentes patológicos músculo esqueléticos de los trabajadores del área para evitar agravar su estado actual, además de capacitar continuamente dentro del área sobre la mecánica corporal para emplearlas correctamente.
4. Promover en el personal la utilización adecuada de medidas de bioseguridad para evitar que se expongan a riesgos biológicos potencialmente existentes en el área de cuidados intensivos.

Referencias

- Al Emam, D., El-Gilany, A., & Denewar, K. (2023). Prevalence and occupational risk factors of low back pain among health care workers in operating rooms at Mansoura University Main Hospital. *Egyptian Journal of Community Medicine*, 41(1), 3-10. <https://dx.doi.org/10.21608/ejcm.2022.139768.1222>
- Bernal, C. A. (2010). *Metodología de la investigación. Administración, economía, humanidades y ciencias sociales* (3.^a ed.). Pearson Educación. https://mega.nz/file/BoYHRSBC#OI_DRMmNARiMzW_iY8PfEeWdHh54HriuUXNrli_LCIO
- Cabanilla, E., Jiménez, C., Paz, V., & Acebo, M. (2020). Riesgos ergonómicos del personal de enfermería: Central de esterilización del hospital de especialidades Dr. Abel gilbert pontón, guayaquil 2019. *Más Vida*, 2(2), 9-20. <https://doi.org/10.47606/ACVEN/MV0006>
- Camacuari-Cárdenas, F. (2021). Factores de riesgo laboral y enfermedades ocupacionales en el profesional de enfermería del centro quirúrgico Hospital Nacional Dos De Mayo, 2019. *Revista médica panacea*, 10(2), 89-93. <https://doi.org/10.35563/rmp.v10i2.431>
- Castro-Tigua, J., Pita-Pincay, C., & Durán-Pincay, Y. (2023). Riesgo laboral y bioseguridad aplicado en el personal de salud. *MQRInvestigar*, 7(3), 63-75. <https://doi.org/10.56048/MQR20225.7.3.2023.63-75>
- Caulfield, R., Wiseman, T., Gullick, J., & Ogilvie, R. (2023). Factors preceding occupational distress in emergency nurses: An integrative review. *Journal of clinical nursing*, 32(13-14), 3341-3360. <https://doi.org/10.1111/jocn.16461>
- Dávila-Troncoso, M., Ruiz, D., Almeida, C., & Franco, C. (2020). Factores de riesgo laboral y daños a la salud en las enfermeras del Hospital General Fresnillo. *Ibn Sina*, 11(1), 1-10. <https://doi.org/10.48777/ibnsina.v11i1.766>
- Figuroa, C., Castillo, S., Carranza, F., Cerezo, B., & Montenegro, C. (2021). Riesgos psicosociales ante la amenaza infecciosa en personal de enfermería en un centro de salud de Ecuador 2020. *Boletín de Malariología y Salud Ambiental*, 6(1), 54-61.
- Figuroa-Soledispa, M., Toala-Bozada, S., & Quiñonez-Cercado, M. (2020). El Marketing Mix y su incidencia en el posicionamiento comercial de las Pymes. *Revista Polo del Conocimiento*, 5(12).
- Forero, S., Parra, L., & Monroy, A. (2021). Relevancia de los factores de riesgo laborales en personal de recolección de residuos: Una revisión. *Revista Investigación en Salud Universidad de Boyacá*, 8(1), 136-151. <https://doi.org/10.24267/23897325.564>
- Garay, J., Venturo, C., & Faya, A. (2020). Factores de riesgos y accidentes laborales en empresas de construcción, Lima. *Espíritu emprendedor TES*, 4(1), 50-61. <https://doi.org/10.33970/eetes.v4.n1.2020.191>
- Guamán, K., Hernández, E., & Lloay, S. (2021). El proyecto de investigación: La metodología de la investigación científica o jurídica. *Revista Conrado*, 17(81), 163-168.

- Lewandowska, K., Mędrzycka-Dąbrowska, W., Tomaszek, L., & Wujtewicz, M. (2023). Determining factors of alarm fatigue among nurses in intensive care units—A polish pilot study. *Journal of clinical medicine*, 12(9), 1-12.
<https://doi.org/10.3390/jcm12093120>
- Marín-Vargas, B., & González-Argote, J. (2022). Riesgos ergonómicos y sus efectos sobre la salud en el personal de Enfermería. *Revista información científica*, 101(1), 1-11.
- Matabanchoy-Salazar, J., & Díaz-Bambula, F. (2021). Riesgos laborales en trabajadores latinoamericanos del sector agrícola: Una revisión sistemática. *Universidad y Salud*, 23(3). <https://doi.org/10.22267/rus.212303.248>
- Muy, E. (2021). Los vacíos jurídicos de los riesgos laborales del teletrabajo en Ecuador. *FORO: Revista de Derecho*, 35, 27-46.
<https://doi.org/10.32719/26312484.2021.35.2>
- Pessoa, P., & de Lucca, S. (2021). Psychosocial factors in nursing work and occupational risks: A systematic review. *Revista brasileira de enfermagem*, 74, 1-7. <http://dx.doi.org/10.1590/0034-7167-2020-0198>
- Ramírez-Elvira, S., Romero-Béjar, J., Suleiman-Martos, N., Gómez-Urquiza, J., Monsalve-Reyes, C., Cañadas-De la Fuente, G., & Albendín-García, L. (2021). Prevalence, Risk Factors and Burnout Levels in Intensive Care Unit Nurses: A Systematic Review and Meta-Analysis. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(21), 1-12.
<https://doi.org/10.3390/ijerph182111432>
- Santana, C., Gómez, M., Altamirano, B., & Martínez, M. (2021). Factores de riesgo en el personal de enfermería en un hospital de segundo nivel. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 5(4), 4566-4575.
https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v5i4.640
- Villanueva, F. (2022). *Metodología de la investigación* (1.^a ed.). Klik soluciones educativas, S.A de C.

Consumo y emisión de un MCI aplicando un proceso de descarbonizado por HHO

Consumption and Emissions of an Internal Combustion Engine Using a Decarbonization Process with HHO

Abraham Mesías Jorque Rea¹, Klever Armando Tumbaco Casa²

Resumen:

En esta investigación, se va a evaluar el impacto del uso de un equipo generador de Oxihidrógeno (HHO) en el consumo de combustible y la emisión de gases en un vehículo de encendido provocado (MEP) durante el proceso de descarbonización de la cámara de combustión. El consumo de combustible y las emisiones contaminantes son problemas críticos en la industria automotriz, que afectan la calidad del aire y la salud pública. La acumulación de carbonilla en la cámara de combustión no solo reduce la eficiencia del motor, sino que también incrementa las emisiones de gases nocivos. Para abordar esta problemática, se realizó un análisis en un vehículo de 1500 cc, llevando a cabo pruebas de gases de escape según la normativa NTE INEN 2 204, utilizando el analizador de gases BREAN BREE AGS-800. El equipo de HHO produce una mezcla de hidrógeno y oxígeno a partir de agua mediante un proceso de pirólisis, lo que facilita la eliminación de la carbonilla acumulada. Se empleó el método gravimétrico para medir el consumo de combustible, registrando datos sobre el volumen consumido durante las pruebas. Los resultados indicaron una disminución en las emisiones de gases contaminantes: hidrocarburos (HC) con 19.14 ppm, monóxido de carbono (CO) con 14.28%, dióxido de carbono (CO₂) con 0.06% y oxígeno (O₂) con 24.13%. Además, se observó una mejora significativa del 16.13% en la eficiencia del combustible. Esto demuestra que la limpieza del motor con HHO alarga su vida útil y reduce los gases contaminantes perjudiciales para el medio ambiente.

Palabras claves: HHO, descarbonización, emisiones contaminantes, consumo de combustible

Abstract:

In this research, the impact of the use of an Oxyhydrogen (HHO) generating equipment on fuel consumption and gas emission in a spark ignition vehicle (MEP) during the decarbonization process of the combustion chamber will be evaluated. . . Fuel

¹ Instituto Superior Universitario Central Técnico, Magister en Sistemas Automotrices,
<http://orcid.org/0000-0003-4235-9604>

² Instituto Superior Tecnológico Tecnocuatoriano, Magister en Sistemas Automotrices,
<http://orcid.org/0000-0003-4955-3856>

Autor de correspondencia: ktumbaco@istte.edu.ec



consumption and polluting emissions are critical problems in the automotive industry, affecting air quality and public health. Carbon buildup in the combustion chamber not only reduces engine efficiency but also increases harmful gas emissions. To address this problem, an analysis was carried out on a 1500 cc vehicle, carrying out exhaust gas tests according to the NTE INEN 2 204 regulations, using the BREAN BREE AGS-800 gas analyzer. HHO equipment produces a mixture of hydrogen and oxygen from water through a pyrolysis process, which facilitates the removal of accumulated carbon. The gravimetric method was used to measure fuel consumption, recording data on the volume consumed during the tests. The results indicated a decrease in emissions of polluting gases: hydrocarbons (HC) with 19.14 ppm, carbon monoxide (CO) with 14.28%, carbon dioxide (CO₂) with 0.06% and oxygen (O₂) with 24.13%. Additionally, a significant improvement of 16.13% in fuel efficiency will be observed. This shows that cleaning the engine with HHO extends its useful life and reduces polluting gases that are harmful to the environment.

Keywords: HHO, decarbonisation, pollutant emissions, fuel consumption

Introducción

En la actualidad, la contaminación atmosférica representa uno de los principales desafíos ambientales a nivel mundial, especialmente en áreas urbanas donde la concentración de vehículos es alta. Según el Informe de Calidad de Vida (2022), en 2021, la contaminación vehicular fue identificada como responsable de un 30,1% de los problemas ambientales, siendo estos los que liberan mayor monóxido de carbono (CO) en un 84,5%, según los resultados de la investigación de (Patiño, Parra, & Borge, 2022).

El consumo de combustible y las emisiones de gases contaminantes son dos de los principales desafíos que enfrenta la industria automotriz. Para mitigar los impactos ambientales, entre ellos, la contaminación del aire por óxidos de nitrógeno, monóxido de carbono y partículas perjudiciales para la salud humana (EPA, 2024), se han desarrollado diversas tecnologías y métodos de limpieza para los cilindros y los sistemas involucrados en el proceso de combustión y evacuación. Según explica (Flores, 2018), mantener los cilindros limpios permite una mejor atomización del combustible y una mezcla más homogénea, lo que optimiza la combustión y reduce el consumo de combustible.

En ese sentido uno de estos métodos consiste en utilizar equipos generadores de oxihidrógeno HHO, que limpian la cámara de combustión en vehículos de encendido provocado MEP. El HHO es un gas que se genera a partir de una pirolisis de hidrógeno, oxígeno y que se mezcla con el combustible de manera controlada, que desprende, quema, pulveriza y elimina todos los depósitos de carbonilla acumulados en el motor, como justifica Parra y Sarmiento, (2020) en su investigación.

Además, en el equipo se introduce un agente químico no contaminante, el HHO Carbon Cleaner Agent que, junto a su elevado caudal de oxihidrógeno de 1240 ml/min mejora la limpieza en el sistema de escape, incluido el catalizador, como nos explica (IFEMA, 2017). Esto facilitará el cumplimiento de los valores de conversión, garantizando una eficiencia del catalizador que oscile entre el 60% y el 90%, como concluyen Litardo y López (2023). Este tratamiento puede crear una capa protectora en la superficie de la cámara de combustión, evitando así la formación futura de hollín o carbonilla, factores que contribuyen al aumento del consumo de combustible y a las emisiones contaminantes.

Para evaluar la efectividad de este proceso, se realizarán mediciones de los gases de escape, como monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO₂), hidrocarburos (HC) y oxígeno (O₂), mediante un analizador de gases, tal como se detalla en la investigación de Vintimilla (2015). Esto permitirá determinar si hay una reducción en los gases tras la descarbonización. Además, se empleará un método gravimétrico para registrar el consumo de combustible, utilizando un sistema de alimentación externa para obtener un promedio de la masa o el volumen de combustible consumido en un tiempo determinado, según mencionan Colcha, Palacios, Mero y Guachá (2023). De esta manera, se podrá evaluar la eficacia de la descarbonización.

El objetivo es comparar cómo este proceso influye en la emisión de los gases y el consumo de combustible, antes y después de la descarbonización, teniendo en cuenta las mismas condiciones de funcionamiento del vehículo, tales como: la temperatura del sensor ECT, las revoluciones por minuto (rpm) y la presión atmosférica.

Metodología

La metodología utilizada en esta investigación es de tipo cuasiexperimental, ya que, se evalúa la efectividad de una intervención, en este caso, la limpieza de los cilindros por medio de una máquina generadora de HHO, mediante la recolección y análisis de datos antes y después de dicha intervención. Este proceso implica un diseño controlado, donde se establecen condiciones específicas para medir y comparar los niveles de gases contaminantes, lo que permite inferir relaciones causales y determinar la efectividad de la limpieza en la reducción de emisiones. A continuación, se mencionan los tres procesos principales que se sigue en el desarrollo de este estudio:

Conexión del analizador de gases al tubo de escape

Para la toma de datos de los gases post-combustión, se conectó el analizador al tubo de escape del vehículo, como se observa en la figura 1.

Figura 1

Conexión del analizador de gases y el scanner al vehículo.



Nota. Esquema secuencial de cómo se ejecuta la limpieza en el motor, por medio del uso del Equipo HHO. Autores (2024)

El analizador de gases funciona a través del software Omni-800, donde también podemos visualizar los valores de los gases en función a las r.p.m. y la

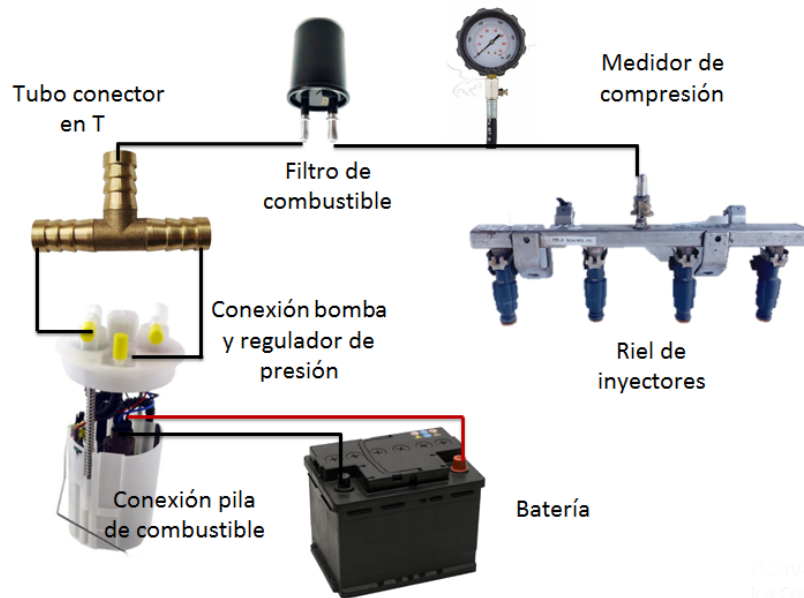
temperatura. Con este equipo se registrarán los niveles de CO, NOx y HC antes y después de la limpieza, operando la máquina en condiciones controladas.

Medición el consumo de combustible

Para la toma de datos del consumo de combustible, se realizó a través del método gravimétrico, que consiste en medir la variación de masa del tanque exterior, para determinar el volumen de combustible consumido durante la prueba, como se muestra en la figura 2, encontrando la cantidad de gasolina que se perdió durante un determinado periodo de tiempo y rpm, cabe mencionar que esta prueba fue ejecutada en cinco repeticiones esto con la finalidad de sacar un promedio de los resultados obtenidos.

Figura 2

Conexión de la bomba de combustible externo hacia el riel de inyectores



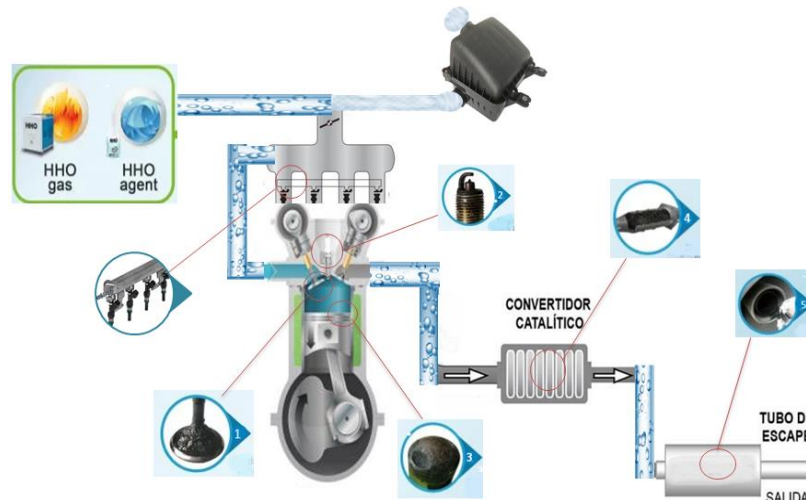
Nota. Esquema de adaptación para la medición de consumo de combustible, por el método gravimétrico. Autores (2024)

Conexión del generador HHO al vehículo

Para la conexión del equipo, primero se agrega el detergente de HHO, 1 envase de 68ml por vehículo, a continuación, se conecta la manguera de gas con el tubo de vacío del motor, como se muestra la figura 3, se configura los parámetros como el tiempo de operación, mismo que, debe ser de 20 minutos con el vehículo a ralentí, por lo que se debe considerar el nivel de combustible, mismo, que debe, ser el suficiente para que el vehículo se mantenga encendido ese tiempo, el ajuste de la salida de gas debe ser hasta que alcance 1000-1200L. Cuando finalice desconecta y se acelera de 3000 hasta 3500 rpm, para que evacuen los desprendimientos de hollín por el tubo de escape.

Figura 3

Conexión del generador HHO al motor.



Nota. Esquema de conexión del equipo HHO. Autores (2024)

Los equipos utilizados para la toma de datos en la investigación se enlistan a continuación:

- Vehículo Sali 1,5lt
- Analizador de gases AGS-688
- Scanner automotriz Launch X-431PRO
- HHO carbon cleaner 6.0

El vehículo en el que realizan las pruebas es un modelo Chevrolet Sail 1.5lt, el cual, presenta las siguientes características, tabla 1.

Tabla 1

Especificaciones técnicas del vehículo

Transmisión	Manual- 5 velocidades
Motor	1.5 DOCH VVT
Potencia	109HP@6000rpm
Torque	141@4000rpm
Sistema de inyección	Multipunto - Indirecta
Numero de cilindros	4
Relación de compresión	10.2:1
Kilometraje	138110 km

Nota. Especificaciones técnicas del vehículo de pruebas. Autores (2024)

El equipo utilizado para el proceso de medición de gases es un modelo BRAIN BEE AGS-688 que trabaja con un software (OMNI-BUS 800) de múltiples funciones y se encuentra calibrado con la norma técnica ecuatoriana NTE INEN 2204:2017, figura 4

Figura 4

Analizador de gases BRAIN BEE AGS-688



Nota. Equipo analizador de gases utilizado para la toma de datos. Globaltech (2023)

Los parámetros de medición con los que cuenta el equipo se encuentran bajo los lineamientos de la revisión técnica vehicular (RTV), los cuales se detallan en la tabla 2

Tabla 2

Características del analizador de Gases AGS-688

Sensor		Sensor O2 (7mV-5mV)
Medición de gases	CO	0- 9.99 %%
	CO2	0-19.9%
	HC	0-20.000 ppm
	O2	0-25%

Nota. Parámetros del equipo de medición de gases. GlobalTech (2023)

El siguiente equipo utilizado es el scanner automotriz Launch X-431 PRO, con el cual, se monitoreó las condiciones de temperatura y las revoluciones por minuto (rpm) del motor, como se observa en la figura 5

Figura 5

Conexión del Scanner al OBD II



Nota. Escáner utilizado en la toma de datos. Autores (2024)

El equipo utilizado para el proceso de la descarbonización es conocido como un generador de HHO que utiliza un aditivo limpiador como se muestra en la figura 6.

Figura 6

Equipo generador de HHO y Agente limpiador de carbón



Nota. Equipo descarbonizador. Kingkar Eco-Technologies (2024)

El proceso de descarbonización se desarrolla por medio del alto poder calorífico que genera el gas oxihidrógeno (HHO) que es de $120.00 \frac{MJ}{Kg}$, mucho mayor al poder calorífico de la gasolina que es de $43.44 \frac{MJ}{kg}$, el oxihidrogeno es inyectado en el motor, haciendo que la temperatura de la combustión suba rápidamente y origine una pirolisis controlada capaz de eliminar toda la carbonilla acumulada en la cámara de combustión y en el sistema de gases.

El equipo de HHO inicia su trabajo cuando el motor está en marcha, inyectando el gas directamente en el interior del motor, donde se mezcla con el combustible existente, generando la reacción. Las características de este equipo se muestran en la tabla 3.

Tabla 3

Características del equipo generador HHO Carbon Cleaner 6.0

Proceso de limpieza	Gas
Presión del gas [Mpa]	≤ 0.2
	* <1.6L para 800-1000 L/H
Producción de gas	* 1.6-2.5L para 1000 15000L/H
	* >2.5L para 500-1900L/H
El consumo de agua[L/H]	0.8L/H
Temperatura de trabajo [T]	0-40° C
Tiempos de limpieza	20 min

Nota: La producción de gases se mide en litros/hora dependiendo la cilindrada de vehículo. KingKar Eco Technologies (2019)

Antes de encender el equipo e iniciar con el proceso se aplica un envase de 68 ml del agente líquido, cuyas características se muestran en la tabla 4.

Tabla 4

Características del HHO Carbon Cleaner Agent

Ingrediente	1. Cloruro de sodio.
	2. Bórax
	3. Aminoácidos
	4. Agua
Uso	Mejorar el efecto de limpieza de carbono, proteger las piezas del motor.

Nota. Parámetros del líquido utilizado. Kingkar Eco-Technologies (2024)

Resultados y discusión

Prueba estática de emisiones de gases (Condición 1)

La primera prueba para medir el nivel de emisiones de los gases contaminantes fue llevada a cabo antes de realizar el proceso de descarbonización de la cámara de combustión, el proceso se realizó tomando en consideración la norma técnica ecuatoriana NTE INEN 2349:2003, y se ejecutaron cinco repeticiones para obtener un promedio confiable, obteniendo los resultados que se presentan en la figura 7.

Figura 7

Valores de los gases de escape CC1-3vias



Nota. Datos de la prueba estática en una primera condición. Autores (2024)

Los valores obtenidos de la prueba reflejan que las emisiones de HC a 1500 rpm son de 128 ppm, siendo este valor el pico más elevado a bajas revoluciones, este

índice de emisiones puede tener relación con el estudio realizado por Saeed et al. (2021), en el que menciona que el impacto de los aditivos de combustible y los tratamientos de limpieza en las emisiones de motores de combustión interna, presentan al HC como principal contaminante a bajas revoluciones.

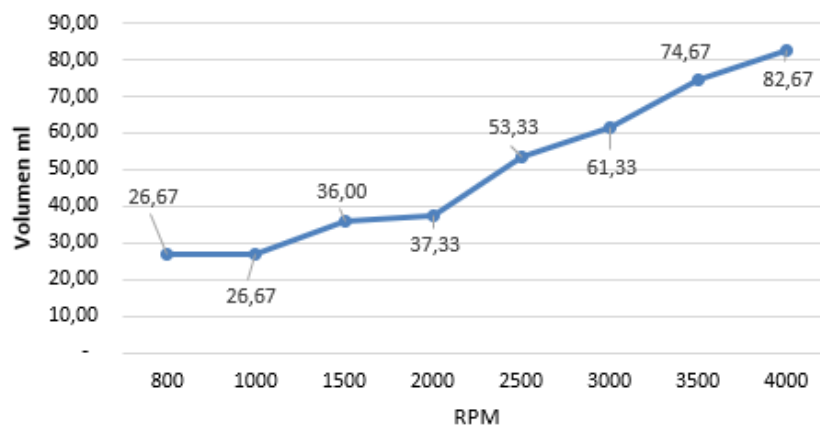
Además, en el mismo estudio los niveles de HC a 1500 rpm también fueron elevados, superando las 100 ppm, lo que refleja una tendencia común en los motores de combustión interna, que da a entender que, a bajas revoluciones, la combustión es menos eficiente, generando mayores cantidades de hidrocarburos no quemados.

Prueba estática del consumo de combustible

Para la toma de datos del consumo de combustible se utilizó una balanza digital, donde tomamos en cuenta el volumen que se consume, en un periodo de 2 minutos cada 500 rpm, como se muestra en la figura 8.

Figura 8

Valores del consumo de combustible - condición 1



Nota. Datos de consumo en la primera condición. Autores, (2024)

Prueba estática de emisiones de gases (Condición 2)

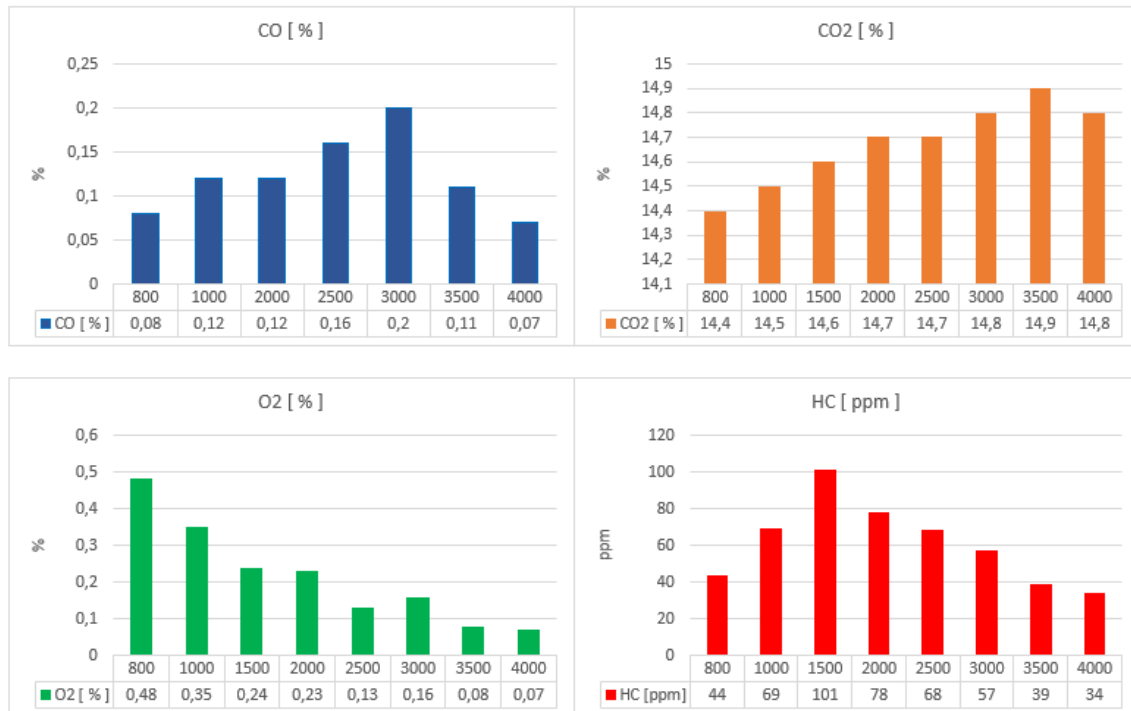
Luego de efectuar el proceso de descarbonización en la cámara de combustión, se hizo la prueba de los gases, bajo las mismas condiciones antes expuestas y con el uso de la normativa técnica ecuatoriana NTE INEN 2349:2003, en esta condición se ejecutó un muestreo de cinco repeticiones y en la figura 9 se muestra el promedio de los valores generados.

Los resultados obtenidos después de la descarbonización con HHO indica parámetros bajos en comparación con los que se obtiene en la figura 7 donde el valor del HC disminuye a 101ppm, en 1500 rpm. Estos resultados son comparables al estudio realizado por Zhao et al. (2024), que investigó la efectividad de la descarbonización con HHO en motores de combustión interna, donde, se observó una reducción significativa de HC después de someter a los motores a tratamientos de descarbonización, especialmente a bajas revoluciones por minuto (rpm), a pesar de que las emisiones de hidrocarburos son más altas debido a la combustión incompleta presente a bajas revoluciones. Los resultados mostraron una reducción de hasta 22% en las emisiones de HC a 1500 rpm después de aplicar el tratamiento de

descarbonización, lo que es consistente con la reducción del 21% observada en este estudio, de 128 ppm a 101 ppm.

Figura 9

Valores de los gases de escape CC2-3 vías



Nota. Datos de la prueba estática en una segunda condición. Autores, (2024)

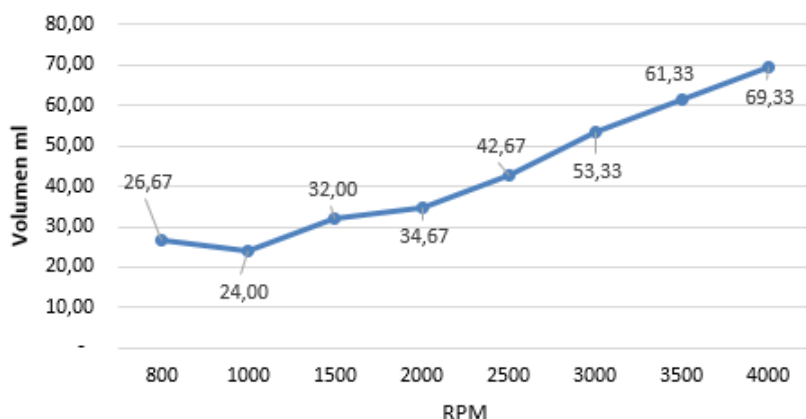
Prueba estática del consumo de combustible

Luego del proceso de descarbonización, se realizó la toma de datos del consumo de combustible. En la figura 10 se observa los valores obtenidos, reflejando que hay un mejor rendimiento de combustible, ya que, la relación volumen/rpm es directamente proporcional, pero, con índices menores al de la condición 1.

Los resultados obtenidos tras las pruebas de los gases de escape, realizadas con el analizador AGS-688, mostraron una disminución en las emisiones después de la descarbonización de la cámara de combustión. Al comparar estos resultados con los límites establecidos en la norma NTE INEN 2204:2017 (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2017) se observa que los valores cumplen con los límites de referencia definidos.

Figura 10

Valores del consumo de combustible.



Nota. Datos de consumo en la segunda condición. Autores, (2024)

Esta norma establece los límites máximos permitidos para diversos gases contaminantes, como los hidrocarburos (HC) y monóxido de carbono (CO) que son 200ppm y 1.0% respectivamente. En la Tabla 5, se observan importantes reducciones en las emisiones de los gases de escape del vehículo tras la descarbonización de la cámara de combustión:

- Hidrocarburos (HC): De 75.75 ppm a 61.25 ppm, con una reducción del 19.3%.
- Monóxido de Carbono (CO): De 0.14% a 0.12%, con una reducción del 14.3%.
- Dióxido de Carbono (CO₂): De 14.69% a 14.68%, con una reducción del 0.07%.

El valor de CO de 0.12% está muy por debajo del límite máximo de 1.0%, establecido por la Norma NTE INEN 2204 para vehículos con motores de combustión interna. Esto indica que el vehículo cumple plenamente con los requisitos normativos para monóxido de carbono.

Los hidrocarburos (HC) presentan un valor de 61.25 ppm, que está por debajo del límite máximo de 100 ppm también establecido por la Norma NTE INEN 2204. Este cumplimiento refleja una mejora en la combustión y una disminución significativa de los contaminantes emitidos por el motor.

En general, los resultados obtenidos tras la descarbonización indican una mejora considerable en la eficiencia de la combustión y en el control de las emisiones del vehículo. El cumplimiento con los límites establecidos por la Norma NTE INEN 2204 para CO y HC, junto con la reducción de CO₂, refleja el impacto positivo de la descarbonización en el desempeño ambiental del vehículo.

Este proceso no solo reduce las emisiones de gases contaminantes, sino que también contribuye a una combustión más eficiente, optimizando el uso del combustible y reduciendo la formación de contaminantes como la carbonilla. En términos generales, la limpieza de la cámara de combustión tiene un efecto directo en la reducción de la contaminación atmosférica, lo que resulta en un beneficio para el medio ambiente y la salud humana.

Tabla 5

Emisiones de gases contaminantes comparados antes y después de la descarbonización

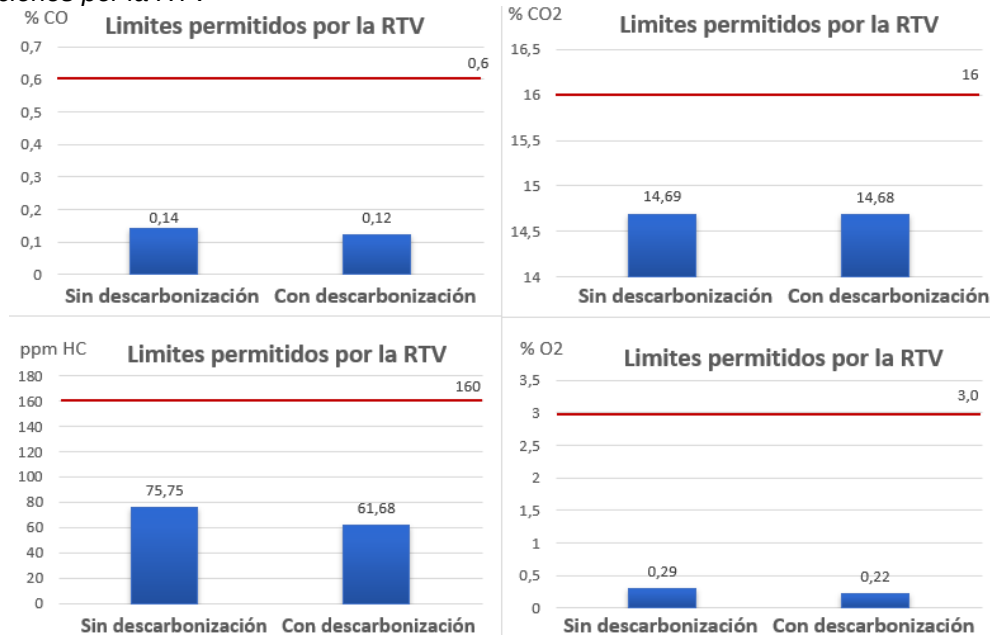
Emisiones de gases contaminantes				
Pruebas	%CO	%CO₂	ppm HC	%O₂
Caso 1	0.14	14.69	75.75	0.29
Caso 2	0.12	14.68	61.25	0.22
Total	-0.02	-0.01	-14.5	-0.07

Nota. Datos obtenidos de las emisiones contaminantes después de la descarbonización. Autores, (2024)

Las reducciones observadas en los gases contaminantes se encuentran por debajo de los límites establecidos, lo que demuestra que el proceso de descarbonización es efectivo en cumplir con los estándares normativos y mejorar la calidad de las emisiones, figura 11

Figura 11

Delimitaciones por la RTV



Nota. Datos comparativos con y sin descarbonización. Autores, (2024)

Estos resultados son consistentes con los hallazgos de Saeed et al. (2021), quienes también estudiaron el impacto de métodos de limpieza en motores de combustión interna. En su investigación, observaron mejoras en la reducción de emisiones, especialmente en hidrocarburos y monóxido de carbono, después de aplicar tratamientos de limpieza, como el uso de aditivos de combustible y dispositivos de limpieza. En particular, Saeed et al. reportaron reducciones de hasta un 21% en las emisiones de HC y 14% en CO, resultados que coinciden bastante con los hallazgos de este estudio, donde los hidrocarburos disminuyen en un 19.3% y el monóxido de carbono en un 14.3%.

Otro de los objetivos de este análisis, fue comprobar si el método de limpieza no invasivo mejora la eficiencia del combustible. Después de realizar las dos pruebas con 7.00 litros de combustible total, los resultados que se obtuvieron en la condición

1 durante aproximadamente 16 minutos, es que, hubo un consumo de 299 ml de combustible, lo que representa el 4.27% del peso inicial. En la condición 2 en el mismo periodo de tiempo, se consumió 258 ml de combustible lo que representa el 3.69% del peso inicial. La comparativa de este consumo se ve representado en la tabla 6.

Los resultados obtenidos en este análisis sobre el método de limpieza no invasivo (reducción del consumo de combustible del 4.27% al 3.69%) son similares en tendencia con los resultados de Khan et al. (2020), que mostraron mejoras en la eficiencia de combustible de hasta un 7%.

Tabla 6

Consumo de combustible antes y después de la descarbonización

Tiempo	RPM	1 prueba	2 prueba
2 min.	800	20 ml	20 ml
2 min	1000	20 ml	18 ml
2 min	1500	27 ml	24 ml
2 min	2000	28 ml	26 ml
2 min	2500	40 ml	32 ml
2 min	3000	46 ml	40 ml
2 min	3500	56 ml	46 ml
2 min	4000	62 ml	50 ml
Total		299 ml	258 ml

Nota. Datos comprados del consumo de combustible antes y después de haber ejecutado la descarbonización con el equipo HHO. Autores (2024)

En la figura 12, se observa que, en la primera condición, el consumo de gasolina es mayor a 2500 rpm, disminuyendo tras la descarbonización de 53,33 ml a 42,67 ml, lo que refleja una reducción notable. Un comportamiento similar se presenta a 4000 rpm, donde se registra una diferencia de 13,34 ml en el consumo. Esto resulta en una mejora total del 16,13% en el rendimiento del combustible.

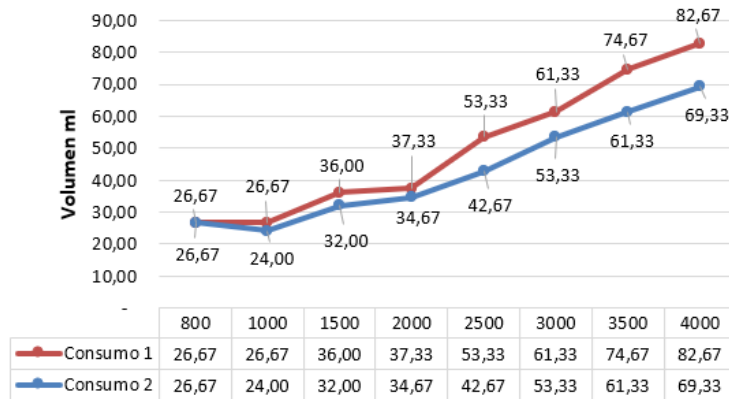
Los resultados obtenidos en este análisis, que muestran una disminución en el consumo de combustible tanto a 2500 rpm como a 4000 rpm después de la descarbonización, son consistentes con los hallazgos de Saeed et al. (2022). En su estudio, donde reportaron mejoras en la eficiencia del combustible que oscilaban entre un 15% y 18% a 2500 rpm, y reducciones significativas en el consumo a rpm más altas (como 4000 rpm).

Estos resultados refuerzan la idea de que el tratamiento de descarbonización no solo optimiza el rendimiento del motor, sino que también contribuye a una reducción del impacto ambiental al mejorar la eficiencia de combustión y disminuir las emisiones contaminantes.

Este análisis sugiere que la descarbonización, al mejorar la eficiencia del motor, puede ser una herramienta valiosa para lograr motores más sostenibles, tanto en términos de rendimiento como de reducción de contaminantes.

Figura 12

Valores de consumo condición 1 y 2

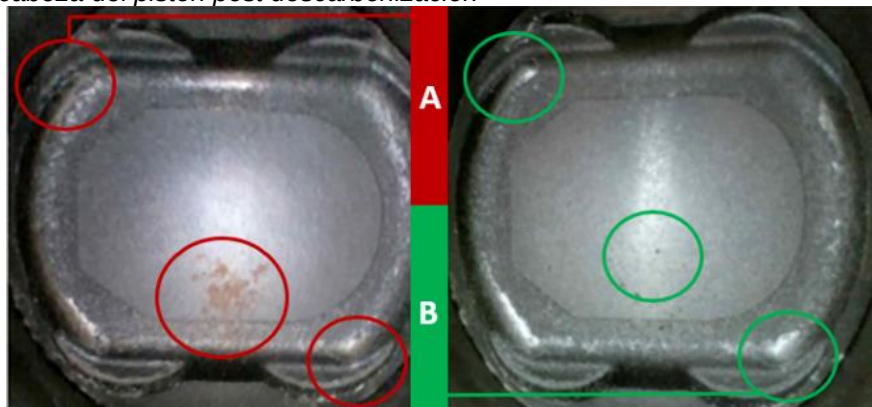


Nota. El consumo de combustible y su variación después de haber realizado la limpieza del motor.
Fuente: Autores, (2024)

La descarbonización de las cámaras de combustión elimina una mayor cantidad de residuos en forma de carbonilla, que podrían afectar al rendimiento del motor, así como pérdidas de combustible innecesarias que afectan no solo al vehículo, sino también a la economía del propietario. Se observa en la figura 13, que la limpieza a través del oxi-hidrógeno, ayudó a eliminar la carbonilla en la cabeza de los pistones. Lo que se traduce en un mejor rendimiento de este.

Figura 13

Estado de la cabeza del pistón post descarbonización



Nota. Imagen que permite visualizar el estado de los pistones antes de después de haber ejecutado la descarbonización. Autores, (2024)

Conclusiones

Los resultados indican que el uso del equipo generador HHO Carbon Cleaner 6.0 durante la descarbonización, contribuye a optimizar el rendimiento del motor, ya que, el hidrógeno que utiliza el equipo actúa como un agente de limpieza, destruyendo los depósitos de carbonilla acumulados. Por otro lado, el oxígeno mejora la eficiencia de la combustión, permitiendo una quema más completa del combustible y reduciendo así las emisiones de gases contaminantes.

En las emisiones contaminantes tenemos una mayor reducción de los HC en un 19.14ppm, luego del CO en un 14.28%, el CO₂ y O₂ con un 0.06% y 24.13% respectivamente, esto se debe a que redujo la carbonilla en las partes que intervienen en la combustión que son: los electrodos de las bujías, asiento de las válvulas, cámara de combustión y la cabeza de los pistones, teniendo así una mejor eficiencia de quemado de combustible dentro de la cámara de combustión. Se evidencia que, gracias al proceso de limpieza no invasivo para el motor, hay un rendimiento apreciable en cuanto al consumo de combustible del 16.13%.

Referencias

- BRAIN BEE Emission. (2019). *Instrumentos para el Control de las Emisiones*. Obtenido de MAHLE: https://www.brainbee.mahle.com/media/brainbee/product-lines/emission/depliant/es_brain-bee-emission-line.pdf
- Colcha, F., Palacios, W., Mero, A., & Guachá, V. (2023). Determinación de un ciclo de conducción eficiente para la ciudad de Esmeraldas. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*. Volumen 7, Número 2., 6-13.
- Flores, J. (10 de septiembre de 2018). *Repositorio ESPE*. Obtenido de "Construcción de un limpiador de inyectores tipo canister y un descarbonizador del sistema de admisión para motores a gasolina, para la unidad de gestión de tecnologías-ESPE": <https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/24485/1/M-ESPEL-MAT-0066.pdf>
- HHO carbon cleaner. (2023). *DESCARBONIZACIÓN*. Obtenido de <https://www.hhocarboncleaner.cl/descarbonizacion.html>
- IFEMA. (14 de febrero de 2017). *HHO Carbon Cleaner 6.0, la descarbonizadora de motor más avanzada del mundo*. Obtenido de <https://www.ifema.es/motortec/noticias/exp/hho-carbon-cleaner-60--la-descarbonizadora-de-motor-mas-avanza>
- Informe de Calidad de Vida. (diciembre de 2022). *Información sobre medio ambiente Quito Cómo Vamos 2022*. Obtenido de https://quitocomovamos.org/wp-content/uploads/2022/12/06Factsheet_MedioAmbiente2022.pdf
- KingKar Eco Technologies. (14 de enero de 2019). *HHO carbon cleaner Double Cleaning, Double Benefits*. Obtenido de https://drive.google.com/drive/folders/136OTgduz_csRS1ZNiKCSC45lcpPB86P6
- LITARDO, K., & LÓPEZ, D. (12 de septiembre de 2023). *Análisis para el reacondicionamiento de catalizadores de 3 vías en los vehículos con motor a gasolina*. Obtenido de Repositorio Institucional de la Universidad Politécnica Salesiana : <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/25852/1/TTS1484.pdf>
- Parra, F., & Sarmiento, S. (22 de julio de 2020). *Evaluación del comportamiento de un motor de combustión con mezcla de hidrógeno en el proceso de admisión de combustible en la ciudad de Bogotá*. Obtenido de Repositorio Universidad Distrital Francisco José de Caldas
- Rerdaccion TLW. (20 de junio de 2023). ¿Cómo afecta la industria automotriz al medio ambiente? Una revisión de los principales desafíos. *The Logistics World*.
- Vintimilla, P. (febreo de 2015). *Análisis de resultados de la medición de emisiones de gases contaminantes de fuentes móviles a partir de la implementación de la*

- revisión técnica vehicular en el cantón Cuenca*. Obtenido de Repositorio Universidad Politécnica Salesiana
- Patiño, M., Parra, A. & Borge, R. (28 de julio 2022). *On-road vehicle emission inventory and spatial and temporal distribution in the city of Guayaquil, Ecuador*. Elsevier. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.157664>.
- United States Environmental Protection Agency [EPA], (2024). *Emisiones de gases de efecto invernadero de un vehículo de pasajeros típico*. Obtenido de <https://www.epa.gov/greenvehicles/greenhouse-gas-emissions-typical-passenger-vehicle>
- Organismo de Normas Técnicas del Ecuador. (2017). NTE INEN 2204:2017 - Vehículos automotores con motor de combustión interna - Límites de emisiones contaminantes de los gases de escape. Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN).
- Khan, M. S., Ali, S., & Zaman, M. (2020). Fuel efficiency improvement in internal combustion engines using hydrogen cleaning devices. *International Journal of Hydrogen Energy*, 45(25), 13913-13922. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2020.04.199>.
- Saeed, M., Khan, M. S., & Ali, S. (2022). Impact of Engine Carbon Cleaning on Fuel Efficiency and Emissions in Spark Ignition Engines. *Journal of Cleaner Production*, 331, 129988. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.129988>.
- Zhao, X., Liu, H., & Zhang, Y. (2024). Effectiveness of HHO decarbonization treatments in internal combustion engines for reducing hydrocarbon emissions and improving fuel efficiency. *Journal of Energy and Environmental Technology*, 56(2), 132-145. <https://doi.org/10.1016/j.jeet.2024.03.005>
- Saeed, M. S., Khan, M. S., & Zaman, M. (2021). Impact of fuel additives and cleaning treatments on emissions of an internal combustion engine. *Energy Reports*, 7, 455–464. <https://doi.org/10.1016/j.egyr.2021.01.080>
- Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN). (2003). NTE INEN 2349:2003: Emisiones de gases contaminantes de los vehículos automotores con motores de combustión interna. Métodos de prueba. INEN.

Revista Científica Unanchay

Equipo editorial

Directora de la revista

PhD. Ana Teresa Berrios Rivas - Doctorado en Educación: Tecnología Instruccional y Educación a Distancia

<https://orcid.org/0000-0002-0101-176X>

Editor

MSc. Christian Patricio Cabascango Camuendo - Magíster en Diseño Mecánico con Mención en Fabricación de Autopartes

<https://orcid.org/0000-0002-4927-0832>

Administrador Tecnológico

Ing. Christian David Moscoso G. -Ingeniero en Sistemas de la Información.

<https://orcid.org/0000-0003-1557-400X>

Diseñadora Gráfica

Tloga. Sandy Carapaz Chicaiza - Tecnóloga en Diseño Gráfico.

<https://orcid.org/0000-0001-9948-3898>

COMITÉ EDITORIAL

- PhD. Jose Andres Castillo Reyes. Doctor en Educación Superior. Quito, Ecuador.
- PhD. Raúl Gutiérrez Alvarez. PhD en Ingeniería Energética, Química y Ambiental. Riobamba, Ecuador.
- MSc. Johnny Marcelo Pancha Ramos. Magister en Sistemas Automotrices. Quito, Ecuador.
- M.Ed. Alirio Antonio Mejía Marín. Magister en Investigación Educacional. Barquisimeto, Venezuela.
- MSc. Juan Fernando Iñiguez Izquierdo. Magister Gerencia y Liderazgo Educacional. Quito, Ecuador.
- Msc. María Mercedes Cambil Caruci. Magister Scientiarium en Sistemas de Información. Barquisimeto, Venezuela
- MSc. Franz Paul Guzmán Galarza. Magister en Seguridad salud y Ambiente. Quito, Ecuador.



UNANCHAY
REVISTA CIENTÍFICA
ISSN 2953 6707

Contacto:
infounanchay@istte.edu.ec

<https://tecnoecuatoriano.edu.ec/revistaunanchay/index.php/RCU/index>



TECNOECUATORIANO
INSTITUTO SUPERIOR TECNOLÓGICO

Matriz La Magdalena:
Calle Jambelí Oe3-158
y La Unión.

Campus Eloy Alfaro:
José Barreiro y Av. Eloy
Alfaro N52-85, Sector Solca.

Campus Calderón:
Calle Los Cipreses N6-99
y Giovanni Calles.

Campus Pifo:
Ignacio Fernández Salvador
Oe2-439 y Pasaje Baldeón.

Sede Santa Elena:
La Libertad, barrio 25 de
Septiembre, Av. 25 y calle 28.

Sede Guayaquil:
Calle 6 de Marzo y Rosendo
Avilés, Barrio del Centenario.