

**AUDITORÍA ENERGÉTICA DEL BLOQUE 10 DE LA I.U PASCUAL BRAVO BAJO
NORMA ISO50002 COMO CASO DE ESTUDIO DE APLICACIÓN DE IA PARA EL
ANÁLISIS DE DATOS ENERGÉTICOS**

**CARLOS ANDRÉS BRICEÑO VÉLEZ
HEVER ENRIQUE OSPINA INFANTE
CRISTIAN DAVID TOBON MARÍN**

**INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO
FACULTAD DE INGENIERÍA
INGENIERÍA ELÉCTRICA
MEDELLÍN
2024**

**AUDITORÍA ENERGÉTICA DEL BLOQUE 10 DE LA I.U PASCUAL BRAVO BAJO
NORMA ISO50002 COMO CASO DE ESTUDIO DE APLICACIÓN DE IA PARA EL
ANÁLISIS DE DATOS ENERGÉTICOS**

**CARLOS ANDRÉS BRICEÑO VÉLEZ
HEVER ENRIQUE OSPINA INFANTE
CRISTIAN DAVID TOBON MARÍN**

Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero Electricista

**Asesor técnico:
Jose Ricardo Velasco
PhD en educación**

**Asesor metodológico:
Carlos Mario Moreno Paniagua
Ingeniero eléctrico**

INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO

FACULTAD DE INGENIERÍA

INGENIERÍA ELÉCTRICA

MEDELLÍN

2024

Contenido

1.	Planteamiento del problema	10
1.1	Descripción.....	10
1.2	Formulación	11
2.	Justificación	12
3.	Objetivos.....	13
3.1	Objetivo general	13
3.2	Objetivos específicos.....	13
4.	Referentes teóricos	14
4.1	Auditoría energética	14
4.2	Armónicos	15
4.3	Factor de potencia	16
4.4	Inteligencia artificial	17
5.	Metodología.....	19
5.1	Tipo de proyecto.....	19
5.2	Método	19
5.3	Instrumentos de recolección de información.	20
5.3.1.	Fuentes primarias.....	20
5.3.2.	Fuentes secundarias	20
6.	Resultados del proyecto.....	21
7.	Conclusiones.....	44
8.	Recomendaciones	45
9.	Referencias bibliográficas	47

Listado de figuras

Figura 1. Onda senoidal limpia.	15
Figura 2. Onda senoidal con armónicos.	16
Figura 3. Triángulo de potencias.	17
Figura 4. Medidor de energía digital multifuncional trifásico.....	23
Figura 5. Transformadores de corriente.	23
Figura 6. Gateway WIFI - MODBUS TCP.	24
Figura 7. Caja para contador antifraude.	24
Figura 8. Tablero para auditoría energética.....	26
Figura 9. Capacitación del personal	27
Figura 10. Gráfica voltaje vs tiempo	29
Figura 11. Gráfica corriente vs tiempo.....	29
Figura 12. Gráfica potencia activa vs tiempo.....	31
Figura 13. Gráfica potencia reactiva vs tiempo.....	31
Figura 14. Gráfica frecuencia vs tiempo	32
Figura 15. Corrección de factor de potencia.....	33
Figura 16. Predicción vs valores reales voltaje fase A.....	38
Figura 17. Predicción vs valores reales voltaje fase B	38
Figura 18. Predicción vs valores reales voltaje fase C	39
Figura 19. Predicción vs valores reales corriente fase A.....	39
Figura 20. Predicción vs valores reales corriente fase B.....	40
Figura 21. Predicción vs valores reales corriente fase C.....	41
Figura 22. Predicción vs valores reales potencia trifásica.....	41

Lista de tablas

	Pág.
Tabla 1	28
Tabla 2	30

Resumen

AUDITORÍA ENERGÉTICA DEL BLOQUE 10 DE LA I.U PASCUAL BRAVO BAJO NORMA ISO50002 COMO CASO DE ESTUDIO DE APLICACIÓN DE IA PARA EL ANÁLISIS DE DATOS ENERGÉTICOS

CARLOS ANDRÉS BRICEÑO VÉLEZ

HEVER ENRIQUE OSPINA INFANTE

CRISTIAN DAVID TOBON MARÍN

Este trabajo de grado presenta una auditoría energética del Bloque 10 de la Institución Universitaria Pascual Bravo, utilizando la norma ISO 50002 como base para la evaluación del desempeño energético. La auditoría tiene como objetivo identificar oportunidades de mejora en la eficiencia energética del edificio, implementando una metodología basada en la recopilación y análisis de datos energéticos.

Se explora la integración de técnicas de inteligencia artificial para el análisis de estos datos, con el fin de optimizar la identificación de patrones de consumo y detectar anomalías que podrían indicar ineficiencias o áreas de mejora. La investigación incluye la implementación de algoritmos de aprendizaje automático y análisis predictivo para mejorar la precisión y eficacia del diagnóstico energético.

Este estudio demuestra que la combinación de auditoría energética tradicional con tecnologías de inteligencia artificial puede ofrecer un enfoque más robusto y eficiente para la gestión energética en edificios institucionales, contribuyendo así a la sostenibilidad y reducción de costos operativos.

Palabras claves: Auditoría energética, analizador de redes, eficiencia energética, ISO50002, inteligencia artificial

Abstract

This thesis presents an energy audit of Block 10 at Institución Universitaria Pascual Bravo, utilizing the ISO 50002 standard as the basis for evaluating energy performance. The audit aims to identify opportunities for improving the building's energy efficiency through a methodology based on the collection and analysis of energy data.

The study explores the integration of artificial intelligence techniques for analyzing these data, with the goal of optimizing the identification of consumption patterns and detecting anomalies that may indicate inefficiencies or areas for improvement. The research includes the implementation of machine learning algorithms and predictive analysis to enhance the accuracy and effectiveness of the energy assessment.

This study demonstrates that combining traditional energy auditing with artificial intelligence technologies can offer a more robust and efficient approach to energy management in institutional buildings, contributing to sustainability and operational cost reduction.

Keywords: Energy Audit, Network Analyzer, Energy Efficiency, ISO 50002, Artificial Intelligence

Glosario

Clustering: Técnica de aprendizaje automático

CREG: Comisión de Regulación de Energía y Gas

FP (Factor de potencia): medida de la eficiencia con la que una instalación eléctrica utiliza la energía eléctrica que se le suministra

Gateway: Dispositivo que conecta y permite la comunicación entre dos redes diferentes, traduciendo protocolos o formatos de datos para asegurar la interoperabilidad.

IoT (Internet of Things): internet de las cosas, es un concepto que hace referencia a la interconexión de objetos físicos a través de Internet

ISO (International Organization for Standardization): Organización Internacional de Normalización es una entidad no gubernamental que se dedica a la creación y promoción de normas internacionales en una amplia variedad de sectores y disciplinas

Machine learning: rama de la inteligencia artificial que permite a los sistemas aprender y mejorar automáticamente a partir de datos, sin ser programados explícitamente para ello.

MODBUS: Protocolo de comunicación simple y ampliamente usado en automatización industrial, que permite el intercambio de datos entre dispositivos electrónicos como PLC's, sensores, medidores.

Introducción

La ejecución de auditorías energéticas emerge como un componente fundamental para instaurar el principio de eficiencia energética en la mayoría de los sectores productivos. Realizar una auditoría energética nos lleva a analizar el estado operativo de nuestro sistema eléctrico con el fin de entender la eficiencia energética, permitiendo identificar posibilidades de mejora, ahorros de energía y detectar la presencia de armónicos.

Realizar una auditoría energética va acompañado del cumplimiento de la resolución CREG 015-2018, la cual penaliza el exceso de la demanda de reactivos a la red.

Dentro del ámbito de la informática, la inteligencia artificial (IA) representa una disciplina y un conjunto de destrezas cognitivas e intelectuales materializadas en sistemas informáticos o en la combinación de algoritmos. Su propósito fundamental radica en la creación de máquinas capaces de imitar la inteligencia humana para llevar a cabo una amplia gama de tareas, y con la capacidad de perfeccionarse mediante el análisis y la asimilación de datos mejorando su desempeño a medida que acumulan información.

En este contexto, se llevará a cabo una auditoría energética en el Bloque 10 de la institución universitaria Pascual Bravo. Este análisis exhaustivo permitirá evaluar el consumo energético de las instalaciones del bloque y proponer estrategias para optimizar el uso de la energía, reducir costos y mejorar la sostenibilidad del campus. La auditoría se enfocará en examinar el rendimiento de los equipos y sistemas eléctricos, así como en identificar oportunidades para la implementación de tecnologías más eficientes y prácticas de conservación energética.

1. Planteamiento del problema

1.1 Descripción

El interés de llevar a cabo auditorías energéticas ha incrementado en los últimos años impulsado por el cambio climático y el continuo calentamiento global. Una auditoría energética en un edificio, casa, o cualquier establecimiento se realiza con el fin de entender en un análisis detallado el comportamiento y el desarrollo energético de su red en aras de lograr un mejor aprovechamiento de la energía, tales como: cargabilidad de la red, presencia de armónicos, desbalance de fases y cantidad de reactiva en la red.

En este contexto, la universidad necesita realizar una auditoría energética para abordar de manera integral su consumo energético. La falta de una auditoría energética puede conducir a una falta de comprensión sobre cómo se utiliza la energía en el campus, lo que dificulta la identificación de áreas donde se pueden implementar mejoras para aumentar la eficiencia energética. Sin una evaluación detallada, se corre el riesgo de no detectar ineficiencias y desperdicios, lo que podría traducirse en costos elevados y un impacto ambiental negativo.

ARTÍCULO 16. TRANSPORTE DE ENERGÍA REACTIVA. <Artículo modificado por el artículo 2 de la Resolución 195 de 2020. El nuevo texto es el siguiente:> Los OR o los usuarios finales pagarán por el transporte de energía reactiva cuando superen los límites establecidos en cada caso, de acuerdo con lo establecido en el capítulo 12. (CREG 015, 2018).

La realización de actividades cotidianas conlleva un consumo de energía eléctrica, la cual no se conoce si no es medida, aún más cuando es incierto si el equipo conectado es eficiente y no contamina la red; por tal razón, es fundamental tener en cuenta la importancia de adoptar un consumo responsable de energía, promoviendo el ahorro energético para así contribuir a la preservación del medio ambiente y al desarrollo sostenible. Una auditoría energética permitirá a la universidad no solo cumplir con las normativas vigentes, sino también optimizar el uso de los recursos, reducir costos operativos y avanzar hacia un campus más verde y eficiente.

1.2 Formulación

¿Cómo realizar una auditoría energética con base a la norma ISO 50002 al bloque 10 de la institución universitaria Pascual Bravo con aplicación de inteligencia artificial?

2. Justificación

La problemática de desconocer el desempeño energético de la red conlleva tener altos costos energéticos; sin una auditoría, la universidad podría estar desperdiciando recursos financieros significativos en energía que podrían destinarse a otras áreas académicas o de infraestructura, además, la falta de medidas para reducir el consumo de energía puede contribuir a un mayor impacto ambiental, incluyendo emisiones de gases de efecto invernadero y otros contaminantes asociados con la generación de energía.

La ausencia de una auditoría energética podría dejar a la universidad vulnerable a posibles incumplimientos de normativas ambientales y energéticas, lo que podría resultar en sanciones legales o multas; esto podría ser visto como una falta de compromiso con la eficiencia energética lo cual afectaría negativamente la reputación de la universidad entre la comunidad estudiantil, el personal, los donantes y otras partes interesadas que valoran la sostenibilidad ambiental.

Una auditoría energética permite identificar áreas específicas donde se pueden implementar medidas para reducir el consumo de energía, luego, reducir los costos asociados con el consumo de energía, una auditoría energética puede liberar recursos financieros que pueden ser reinvertidos en otras áreas de la organización, como investigación, infraestructura o programas académicos.

3. Objetivos

3.1 Objetivo general

Llevar a cabo la implementación de una auditoría energética conforme a los lineamientos establecidos en la normativa ISO 50002, enfocada en el consumo energético del bloque 10 de la Institución Universitaria Pascual Bravo como caso de estudio de aplicación de inteligencia artificial para el análisis de datos energéticos.

3.2 Objetivos específicos

Implementar un sistema de recolección IoT de datos de medición de las variables eléctricas del bloque 10, considerando un aforo de cargas del bloque.

Analizar los datos recolectados utilizando herramientas similares a OpenIA para la detección de factores claves de mejoramiento.

Realizar informe de recomendaciones de uso racional de la energía eléctrica bajo ISO50002 desde los resultados de la analítica.

4. Referentes teóricos

4.1 Auditoría energética

Se entiende por auditoría energética a un estudio profundo de una red eléctrica con el fin de examinar el consumo y la eficiencia energética en una casa, edificación o cualquier instalación industrial o entidad y tiene como propósito identificar aspectos de mejora para reducir el consumo energético y su impacto ambiental.

El informe del seminario nacional universidad tecnológica nacional lo define como “Es la aplicación de un conjunto de técnicas que permiten determinar el grado de eficiencia con la que es utilizada la energía”; además explica que “Su aplicación práctica consiste en el desarrollo operativo de la metodología para el análisis de las distintas variables energéticas que entran en juego en los balances de energía, los métodos para su medida, los equipos de análisis necesarios, así como los niveles y rangos en que se mueven estas variables.” (Gómez, López & Fernández, 2012).

Según la empresa INGENIEROS ASESORES de ESPAÑA; la realización de una auditoría energética está conformada por los siguientes seis pasos:

Recopilatorio de información sobre el edificio y planificación de la auditoría.

Visita al inmueble.

Estudio y análisis del comportamiento energético.

Propuestas de mejora.

Estudio de viabilidad económica.

Emisión del informe.

“En el marco de la política energética nacional, el país asumió el compromiso de promover el desarrollo y utilización de fuentes no convencionales de energía (principalmente las de carácter renovable), sistemas de almacenamiento de tales fuentes y gestión eficiente de la energía, que incluye la eficiencia energética”. (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2011)

4.2 Armónicos

“Los armónicos son distorsiones o deformaciones de las ondas senoidales de tensión y/o corriente de los sistemas eléctricos, debidos principalmente al uso de cargas con impedancia no lineal (computadores, televisores, variadores de velocidad, rectificadores, hornos de arco, lámparas fluorescentes, arrancadores electrónicos, etc.)”. (Ríos, 2003)

Para fines demostrativos, en la aplicación online SYMBOLAB, se usa la ecuación $-2 * \sin(3x - \pi)$ para graficar una onda senoidal sin ruido, la cual se puede observar en la figura 1.

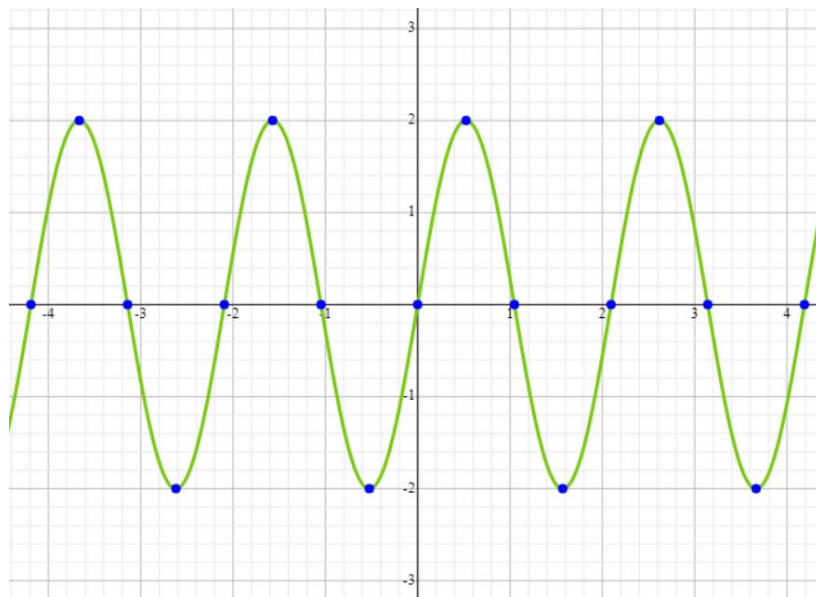


Figura 1. Onda senoidal limpia.

Fuente. Diseño propio.

Para obtener una onda senoidal "limpia" sin armónicos ni distorsiones, es necesario recurrir a fuentes de señales de alta calidad y sistemas eléctricos bien diseñados, tales como, inversores de frecuencia utilizados en sistemas de energía renovable, como la energía solar y eólica, laboratorios de investigación y desarrollo, entre otros.

Los armónicos pueden encontrarse en una variedad de entornos eléctricos y electrónicos donde hay dispositivos no lineales que generan corrientes no sinusoidales; una onda con armónicos tiene un aspecto rizado y esto dependerá de la cantidad de armónicos que existan en la red y el tipo de armónico presente. Véase figura 2.

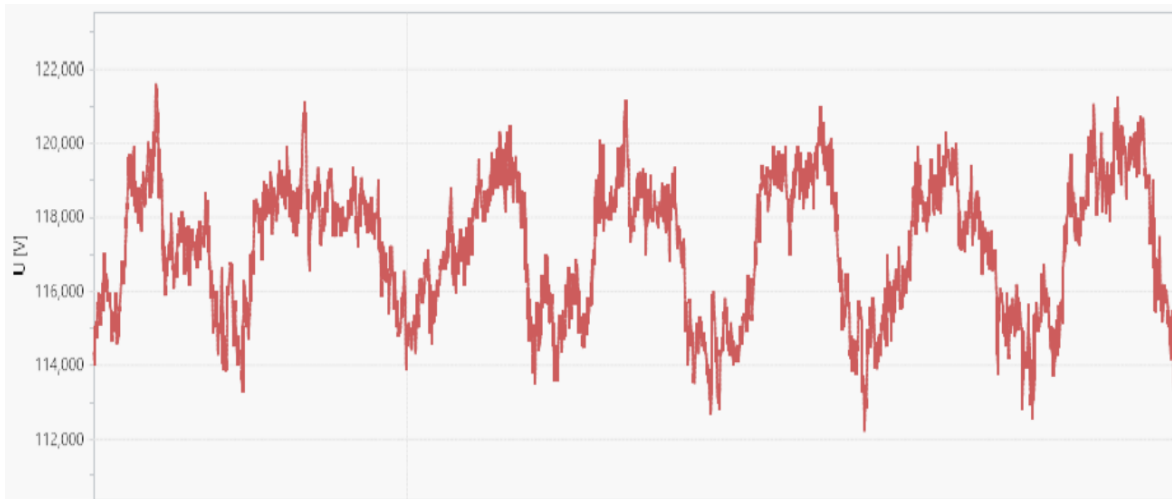


Figura 2. Onda senoidal con armónicos.

Fuente. Auditoría energética realizada en una de las sedes de almacenes Exito.

Las lámparas fluorescentes, LED, variadores de velocidad, equipos soldadores pueden generar armónicos debido a sus componentes electrónicos y lograr verse como en la imagen previamente mostrada, así mismo como tener un impacto negativo en el factor de potencia del sistema; por lo tanto, es importante mitigar la presencia de armónicos y diseñar sistemas eléctricos con consideraciones específicas para mantener un factor de potencia óptimo.

4.3 Factor de potencia

El factor de potencia (FP) es una medida de la eficiencia con la que se utiliza la energía eléctrica en un sistema. Se define como la relación entre la potencia activa (P), que es la potencia real utilizada para realizar trabajo útil, y la potencia aparente (S), que es la combinación de la potencia activa y la potencia reactiva (Q). Matemáticamente, el factor de potencia se expresa como:

$$FP = \frac{\text{Potencia Activa}(P)}{\text{Potencia Aparente}(S)}$$

El valor del factor de potencia oscila entre 0 y 1; siendo 1 el uso más eficiente de la energía eléctrica o un sistema completamente resistivo y 0 indicando una utilización ineficiente de la energía eléctrica ya que toda la potencia aparente se está convirtiendo en energía reactiva.

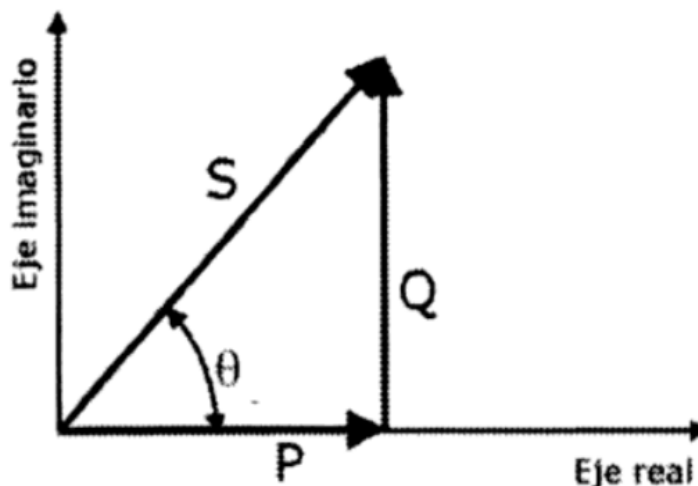


Figura 3. Triángulo de potencias.

Fuente. Análisis de sistemas de energía eléctrica, José Coto Aladro, Universidad De Oviedo.

“La potencia reactiva Q es positiva cuando el ángulo de fase θ entre tensión y corriente es positivo, esto es, la carga es inductiva y la corriente retrasa a la tensión. Q es negativa cuando la carga es capacitiva y la corriente adelanta la tensión”. (Aladro, 2002).

4.4 Inteligencia artificial

Una inteligencia artificial no es más que un conjunto de algoritmos con instrucciones precisas y secuenciales para llevar a cabo una tarea; Según la empresa IBERDROLA, una inteligencia artificial la define como “la combinación de algoritmos planteados con el propósito de crear máquinas que presenten las mismas capacidades que el ser humano” (IBERDROLA, 2024).

Según OpenAI chatGPT, se autodefine como “soy una inteligencia artificial desarrollada por OpenAI, diseñada para comprender y generar texto en respuesta a las consultas y solicitudes de los usuarios. Estoy basada en un modelo de lenguaje llamado GPT (Generative Pre-trained Transformer), específicamente GPT-3.5. Mi objetivo es ayudar a las personas proporcionando información, asistencia y entretenimiento de manera conversacional. Aunque no poseo conciencia ni emociones como los humanos, estoy programada para brindar respuestas útiles y coherentes según el contexto de la conversación. En resumen, soy una herramienta de comunicación impulsada por algoritmos de inteligencia artificial”. (openAI chatGPT, 2024).

En la actualidad no solo existen inteligencias artificiales de tipo consulta, también se encuentran de generación de contenido digital, aprendizaje y predicción, conducción autónoma de vehículos, aprendizaje y ejecución de juegos, optimización y planificación, entre otras.

En el constante avance tecnológico se es consciente la ayuda que cada IA puede aportar, pero en esta ocasión es necesario destacar la IA para análisis de datos, ya que puede ofrecer generación de informes y análisis de rendimientos, en este caso de datos energéticos entregando soluciones de mejora energética con base al comportamiento de la red en tiempo real.

5. Metodología

5.1 Tipo de proyecto

La fundamentación de este proyecto se basa en el método de investigación el cual busca identificar estrategias para lograr objetivos de mejora de un sistema. Utilizando los conocimientos adquiridos en la carrera de ingeniería eléctrica, conlleva a identificarlo como un trabajo de investigación aplicada.

5.2 Método

En aras de cumplir con el objetivo final del proyecto se deberá de proceder de manera cronológica en la ejecución de actividades que tengan el lineamiento de desarrollo de una auditoría energética conforme a las investigaciones realizadas.

Planificación y diseño de sistema IoT, considerando factores de conectividad, precisión y compatibilidad.

Instalación y configuración de los dispositivos IoT, con el fin de recopilar y transmitir datos de manera segura, estableciendo los parámetros de muestreo.

Integración de los dispositivos IoT con la infraestructura existente en el bloque 10 y pruebas exhaustivas del sistema para verificar el correcto funcionamiento.

Implementación, puesta en marcha y capacitación del personal relevante sobre el uso y el mantenimiento del sistema.

Preparación, recolección y exploración de datos para identificar patrones y tendencias usando herramientas de análisis exploratorio, como actividad previa a la aplicación de técnicas de análisis avanzado de datos de los sistemas de energía eléctrica, como los es la instalación del bloque 10.

Aplicación de técnicas de análisis avanzado, como modelado predictivo y clustering con la ayuda de herramienta de IA, entrenando modelos de aprendizaje automático para extraer información significativa.

Interpretación de los resultados del análisis en términos de eficiencia energética y comunicar los hallazgos y recomendaciones a las partes interesadas acerca de las acciones a tener en cuenta para optimizar el consumo eléctrico en el bloque 10.

Desarrollo de informe detallado que cumpla con los requisitos de la normativa ISO 50002 donde quede como evidencia los hallazgos del análisis energético, las recomendaciones de mejora y el plan de acción.

5.3 Instrumentos de recolección de información.

5.3.1. Fuentes primarias. Como fuente principal se toman libros de eficiencia energética y libros de análisis de sistemas eléctricos, modelados de sistemas eléctricos con enfoque en armónicos, además de normatividad como la CREG 015 para el lineamiento de energía reactiva y la ISO 50002 como base primordial para el desarrollo de una auditoría energética.

5.3.2. Fuentes secundarias. Informes empresariales con procedimientos de auditorías energéticas, páginas web y foros, recomendación de docentes y personas expertas en el medio, asesorías externas por parte de personal calificado.

6. Resultados del proyecto

El proceso de una auditoría no es tan simple como instalar un medidor para gestión de energía y ver sus parámetros en una pantalla; una auditoría debe de tener un orden cronológico y una serie de pasos donde inicia con recopilación de información, allí, se reunirán todos los datos relevantes sobre el consumo de energía eléctrica y se recopila información sobre el tipo de equipo y sistemas de energía que se utilizan.

Se realizará visita las instalaciones para evaluar el uso actual de la energía, examinando e identificando acometida, puntos de conexión, equipos de iluminación, equipos de cómputo y aire acondicionado para identificar las áreas de mayor consumo y la existencia de malos hábitos de consumo.

En el bloque 10 de la universidad se instalará un gabinete que incluirá un analizador de redes con comunicación, tres transformadores de corriente y un control para el almacenamiento de datos (como parte del entregable para futuras investigaciones). Posteriormente, se utilizará un software especializado o herramientas de análisis para examinar los datos recopilados y encontrar patrones de consumo de energía.

El objetivo es determinar qué tan eficientes son los equipos y sistemas actuales en términos de consumo de energía y comparar estos datos con estándares de eficiencia. Esto permitirá mejorar las prácticas de la universidad en términos de consumo energético. Además, se llevará a cabo la exportación de los datos recolectados a SMARKIA, una inteligencia artificial. SMARKIA será entrenada utilizando estos datos para proporcionar recomendaciones prácticas destinadas a mejorar el consumo energético.

Una vez completado el análisis de los datos, se elaborará un informe detallado que contenga los resultados obtenidos. Este informe proporcionará una visión integral de la eficiencia energética de los equipos y sistemas actuales, así como las áreas de mejora identificadas. Además, incluirá las recomendaciones prácticas generadas por la inteligencia artificial para optimizar el consumo energético en la universidad. Este informe servirá como guía para

implementar acciones concretas orientadas a mejorar la eficiencia energética y reducir el consumo de energía en la institución.

En la planificación y diseño del sistema IoT para la auditoría energética del Bloque 10 de la I.U. Pascual Bravo, se priorizaron varios factores clave. Primero, se definió el alcance del sistema, que incluyó la medición del consumo eléctrico de las oficinas, laboratorios y salas de cómputo.

Se empleará un analizador de redes (Figura 4) para medir y analizar el consumo energético y la calidad de la energía. El analizador será instalado en un punto clave de la infraestructura eléctrica, permitiendo la recolección de datos detallados sobre voltaje, corriente, potencia y armónicos.

El dispositivo estará configurado para registrar datos a intervalos definidos, y se aprovechará su capacidad para el monitoreo en tiempo real. Los datos obtenidos serán analizados utilizando herramientas de análisis avanzadas y algoritmos de inteligencia artificial para identificar patrones, detectar ineficiencias y prever comportamientos futuros.

El analizador de redes cuenta con las siguientes especificaciones técnicas:

Modelo: ZM194-D9Y

Rango de Medición: Hasta 5A

Precisión: $\pm 0,5\%$

Voltaje de Fuente de Alimentación: AC/DC 85 ~ 265V

Configuración de Cableado: Compatible con sistemas 3P4W o 3P3W

Voltaje Nominal: AC 380V

Corriente Nominal: 5A

Frecuencia de Operación: 45 ~ 65Hz

Rango de Trabajo: AC/DC 85V ~ 265V

Consumo Energético: Aproximadamente 4VA

Interfaz de Comunicación: Soporta un circuito de comunicación con protocolo Modbus-RTU, con velocidad de transmisión en baudios de 1200 a 9600 bps, configurado a 9600 bps



Figura 4. Medidor de energía digital multifuncional trifásico.

Fuente. TTAMG

A diferencia de las señales de tensión que se pueden tomar de manera directa del punto de conexión, las señales de corriente deben de tomarse de manera indirecta, para esto se implementará el uso de transformadores de corriente de núcleo abierto para disminuir el impacto en la acometida al momento de conectar; los transformadores de corriente (TC), (Figura 5), son dispositivos esenciales en sistemas eléctricos y de potencia, convierten la corriente alta del circuito primario en una corriente proporcional de menor magnitud en el circuito secundario, que puede ser medida por instrumentos de medición, en este caso, el medidor de energía anteriormente mencionado.



Figura 5. Transformadores de corriente.

Fuente. CNYANNUA

La conectividad del sistema se abordó mediante la implementación de una red Wi-Fi robusta para la transmisión de datos en tiempo real, asegurando una comunicación eficiente y segura. Se

eligieron protocolos de comunicación estándar, como Modbus TCP para facilitar la interoperabilidad entre dispositivos. Ver Figura 6.

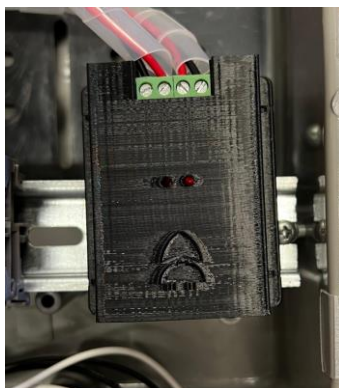


Figura 6. Gateway WIFI - MODBUS TCP.

Fuente. Propia

La planificación y ejecución cuidadosa de la instalación de equipos en la auditoría energética es esencial para asegurar resultados precisos y operativos. El uso de un tablero de control adecuado para alojar el analizador de redes, el Gateway, la fuente de alimentación y otros dispositivos garantiza una operación segura y eficiente, contribuyendo al éxito general del proyecto de auditoría energética; por esta razón los equipos, irán embebidos en un tablero termoplástico (Figura 7) con tapa en policarbonato para la facilidad en el transporte, instalación y visualización del estado de los elementos .



Figura 7. Caja para contador antifraude.

Fuente. Electroservimos

Después de realizar las conexiones entre cada componente y completar la configuración inicial, el equipo completo se traslada al Bloque 10 para su instalación definitiva. Este procedimiento garantiza una integración segura y efectiva, permitiendo que el sistema funcione con precisión y fiabilidad en el entorno operativo.

Luego de la construcción del módulo, se procede a la instalación y configuración de los dispositivos IoT, con el fin de recopilar y transmitir datos de manera segura, estableciendo los parámetros de muestreo.

Una vez que el equipo, incluyendo el analizador de redes, el gateway y otros dispositivos, ha sido trasladado al Bloque 10, se procederá a la instalación y configuración de los dispositivos IoT para garantizar una recopilación y transmisión de datos efectiva y segura.

Los dispositivos se montarán en una ubicación estratégica dentro del Bloque 10, asegurando que estén conectados de manera segura a los puntos de medición correspondientes y que dispongan de un acceso adecuado para el mantenimiento. El montaje se realizará con especial atención a la protección contra condiciones ambientales adversas y posibles interferencias. El dispositivo IoT será configurado según las especificaciones del fabricante para la comunicación entre el Gateway y la aplicación para toma de datos. Finalmente, se realizará una verificación exhaustiva del sistema para confirmar que todos los dispositivos estén operando correctamente y que los datos se recopilen y transmitan de manera precisa. Cualquier ajuste necesario se llevará a cabo para optimizar el rendimiento del sistema.

Integración de los dispositivos IoT con la infraestructura existente en el bloque 10 y pruebas exhaustivas del sistema para verificar el correcto funcionamiento.

Antes de la integración de los dispositivos IoT, se realizó una evaluación de la infraestructura existente en el Bloque 10 de la Institución Universitaria Pascual Bravo. Se instaló un medidor inteligente ZM194-D9Y en la acometida principal del Bloque 10. Este punto fue seleccionado para obtener una visión completa del consumo energético del edificio. El medidor por medio del

Gateway se conectó a la red existente del campus mediante WIFI, aprovechando la infraestructura de red ya presente. El sistema IoT demostró un funcionamiento estable y preciso durante la prueba.



Figura 8. Tablero para auditoría energética
Fuente. Propia

En la Figura 8 se aprecia el equipo cableado antes de su instalación, montado en un probador de medidores multifuncionales, basado en el uso de autotransformadores.

La implementación del sistema IoT en el Bloque 10 se llevó a cabo durante un periodo de 8 semanas, comenzando el 26 de julio de 2024. La instalación del hardware se completó en la primera semana, seguida por la configuración del software y las pruebas iniciales en las dos semanas siguientes. La última semana se dedicó a ajustes finales y preparación para la capacitación.

Se identificó al personal clave para la capacitación, incluyendo al equipo de laboratorio del bloque, administrador encargado de mantenimiento, docentes y estudiantes que se acercaron con interés a aprender de las auditorías energéticas; ver Figura 9. Se llevaron a cabo tres sesiones de capacitación:

Se realizó una introducción al sistema IoT (2 horas), otra sobre el uso de la interfaz y generación de informes (3 horas) y una del mantenimiento básico y resolución de problemas (2 horas)



Figura 9. Capacitación del personal

Fuente. Propia

Para la preparación, recolección y exploración de datos para identificar patrones y tendencias usando herramientas de análisis exploratorio, se procedió con los datos capturados por el sistema de medición y transmitidos por el Gateway.

En el marco de la auditoría energética del Bloque 10 de la Institución Universitaria Pascual Bravo, bajo la norma ISO 50002, se ha implementado un enfoque innovador mediante el uso de inteligencia artificial para el análisis de datos energéticos. Esta sección se centra en la fase crítica de preparación, recolección y exploración de los datos, con el objetivo de identificar patrones y tendencias que permitan una evaluación más precisa del consumo energético y la eficiencia en el bloque.

La etapa de preparación y recolección de datos ha sido fundamental para garantizar la calidad y precisión de los resultados obtenidos. Para ello, se ha utilizado un analizador de redes, herramienta clave en la recopilación de datos de consumo energético en tiempo real y en la identificación de variables significativas. Este analizador proporciona una visión detallada del

flujo de energía, permitiendo la captura de datos relevantes, tales como consumo eléctrico, demanda de potencia y factores asociados a la eficiencia energética.

En esta sección, se presentarán los datos arrojados por el analizador de redes, así como los resultados preliminares del análisis exploratorio. Estos datos ofrecen una visión integral del comportamiento energético y constituyen la base para la formulación de recomendaciones orientadas a la optimización del consumo y mejora de la eficiencia energética.

La interpretación de estos datos permitirá establecer estrategias basadas en evidencia, contribuyendo a la sostenibilidad y al cumplimiento de los objetivos establecidos por la norma ISO 50002.

A continuación, en la tabla 1 se evidencian los datos arrojados por el analizador de redes desde el 17 de septiembre de 2024 a las 22:49:11 (HH:MM:SS) hasta el 19 de sept. de 2024 a las 21:19:07 (HH:MM:SS)

Tabla 1

Datos de red arrojados por el analizador de redes- voltajes y corrientes

Timestamp	volt_A	volt_B	volt_C	I_A	I_B	I_C
17/09/2024 22:49	128,37	127,38	127,87	0,1	0,04	0,02
17/09/2024 22:59	128,89	127,83	127,91	0,35	0,04	0,02
17/09/2024 23:09	129,44	128,14	127,82	0,65	0,04	0,02
17/09/2024 23:19	129,42	128,27	128,22	0,35	0,04	0,02
17/09/2024 23:29	129,65	128,47	127,96	0,65	0,04	0
17/09/2024 23:39	129,38	128,47	128,88	0,1	0,04	0
17/09/2024 23:49	129,23	128,04	127,95	0,44	0,04	0
17/09/2024 23:59	129,33	128,24	128,57	0,15	0,04	0
18/09/2024 0:09	129,68	128,42	127,84	0,71	0,04	0
18/09/2024 0:19	129,55	128,55	128,51	0,36	0,04	0
18/09/2024 0:29	129,68	128,61	128,47	0,37	0,04	0
18/09/2024 0:39	129,63	128,67	128,99	0,1	0,04	0
18/09/2024 0:49	129,75	128,81	129,12	0,1	0,04	0
18/09/2024 0:59	130,05	128,95	128,95	0,35	0,04	0
18/09/2024 1:09	129,02	128,05	127,96	0,35	0,04	0
18/09/2024 1:19	129,42	128,27	127,8	0,65	0,04	0
18/09/2024 1:29	129,73	128,62	128,57	0,36	0,04	0

Los datos arrojados por el analizador vienen en el formato anteriormente mostrado; la totalidad de los datos se ilustra mediante las siguientes gráficas, donde podremos visualizar la evolución temporal de dos variables clave: voltaje y corriente.

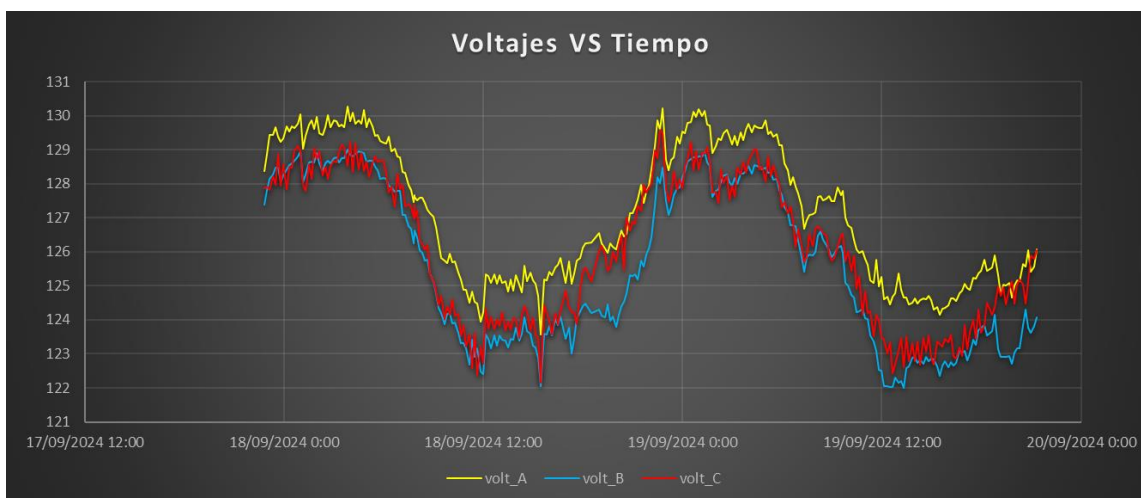


Figura 10. Gráfica voltaje vs tiempo

Fuente. Propia

Este gráfico (Figura 10. Gráfica voltaje vs tiempo) muestra cómo varía el voltaje a lo largo del tiempo en el Bloque 10. La visualización permite observar las fluctuaciones y tendencias en el suministro eléctrico, lo que es crucial para identificar posibles irregularidades o puntos de interés en el sistema energético.

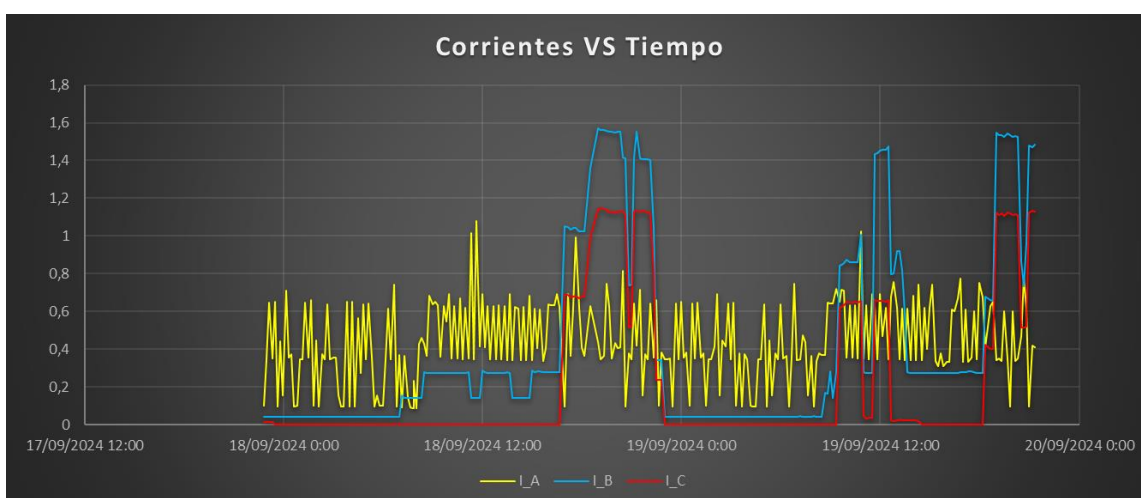


Figura 11. Gráfica corriente vs tiempo

Fuente. Propia

En este gráfico (Gráfica corriente vs tiempo – figura 11), se presenta la variación de la corriente a lo largo del mismo periodo. El análisis de estos datos proporciona información valiosa sobre la demanda de corriente y su estabilidad, lo que puede ayudar a detectar desviaciones que podrían indicar problemas o ineficiencias en el sistema eléctrico.

En este caso, se logra observar como las fases B y C aumentan su valor considerablemente, demostrándonos que el sistema energético en el Bloque 10 de la Institución cuenta un claro desbalance en las fases.

Tabla 2

Datos de red arrojados por el analizador de redes- potencias

Timestamp	P_A	P_B	P_C	P_T	Q_A	Q_B	Q_C	Q_T
17/09/2024 22:49	0,01	0	0	0,01	0,01	0	0	0,01
17/09/2024 22:59	0,04	0	0	0,05	0,01	0	0	0,01
17/09/2024 23:09	0,08	0	0	0,08	0,03	0	0	0,02
17/09/2024 23:19	0,04	0	0	0,05	0,01	0	0	0,01
17/09/2024 23:29	0,08	0	0	0,08	0,03	0	0	0,03
17/09/2024 23:39	0,01	0	0	0,01	0,01	0	0	0,01
17/09/2024 23:49	0,05	0	0	0,06	0,02	0	0	0,02
17/09/2024 23:59	0,02	0	0	0,02	0,01	0	0	0,01
18/09/2024 0:09	0,09	0	0	0,09	0,03	0	0	0,03
18/09/2024 0:19	0,04	0	0	0,05	0,01	0	0	0,01
18/09/2024 0:29	0,04	0	0	0,05	0,02	0	0	0,02
18/09/2024 0:39	0,01	0	0	0,01	0,01	0	0	0,01
18/09/2024 0:49	0,01	0	0	0,01	0,01	0	0	0,01
18/09/2024 0:59	0,04	0	0	0,05	0,01	0	0	0,01
18/09/2024 1:09	0,04	0	0	0,05	0,01	0	0	0,01
18/09/2024 1:19	0,08	0	0	0,08	0,03	0	0	0,03
18/09/2024 1:29	0,04	0	0	0,05	0,01	0	0	0,01

Los datos arrojados por el analizador vienen en el formato anteriormente mostrado; la totalidad de los datos se ilustra mediante las siguientes gráficas, donde podremos visualizar la evolución temporal de dos variables clave: potencia activa y reactiva. La interpretación de estos datos es fundamental para entender el nivel de demanda energética efectiva y evaluar la eficiencia de los equipos.

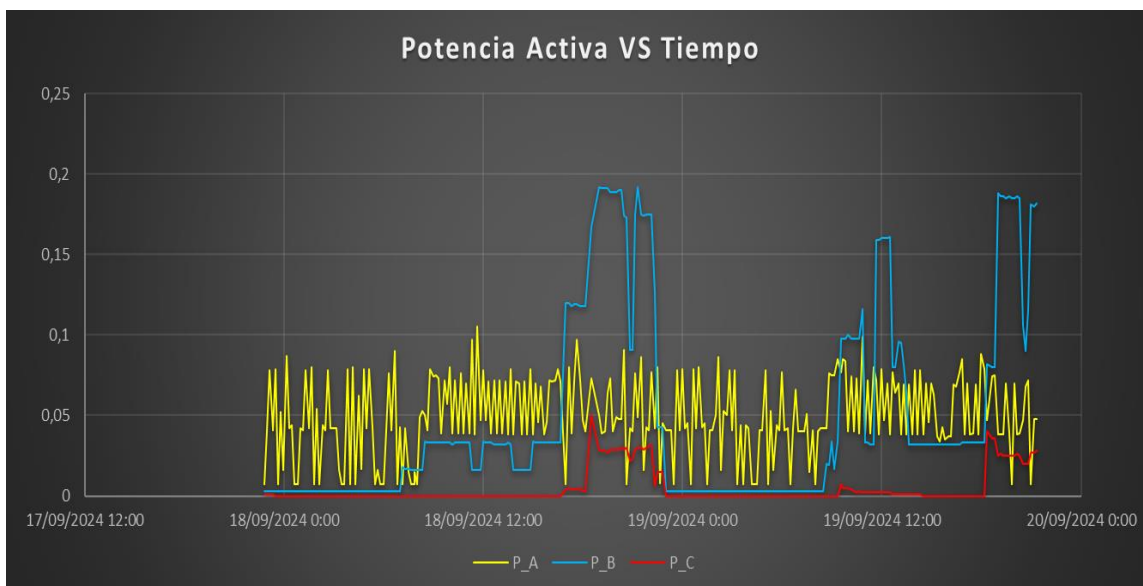


Figura 12. Gráfica potencia activa vs tiempo

Fuente. Propia

La potencia activa, medida en vatios (W), representa la cantidad de energía que realmente se convierte en trabajo útil dentro del sistema. Este gráfico (Gráfica potencia activa vs tiempo) muestra la variación de la potencia activa a lo largo del tiempo, ofreciendo una visión detallada de cómo se utiliza la energía en el Bloque 10.

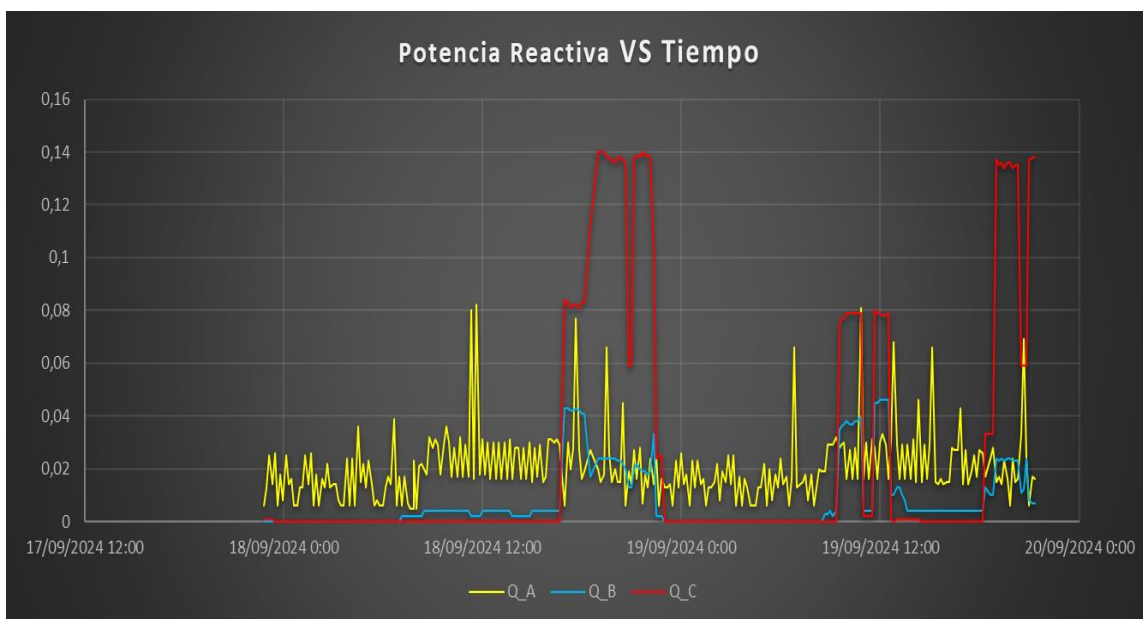


Figura 13. Gráfica potencia reactiva vs tiempo

Fuente. Propia

La potencia reactiva, medida en voltio amperios reactivos (VAR), se refiere a la energía que oscila entre la fuente y los dispositivos, sin realizar trabajo útil pero necesaria para mantener el voltaje en el sistema. El gráfico de potencia reactiva muestra su variación temporal para cada fase, lo cual es crucial para identificar posibles desajustes en el sistema que pueden afectar la eficiencia energética y la calidad del suministro eléctrico. La gestión adecuada de la potencia reactiva es esencial para optimizar el rendimiento del sistema y minimizar las pérdidas asociadas.

El analizador de redes también tomó registro de la frecuencia en el mismo rango de tiempo de las gráficas anteriores; en condiciones normales de operación, la frecuencia debe mantenerse entre 59,8 y 60,5 Hz, según la Resolución CREG 070 de 1998 y la Norma NTC 1340 de 2004. En situaciones de emergencia o fallas, la frecuencia puede oscilar entre 57,5 y 60,3 Hz por un máximo de 15 segundos.

El valor mínimo registrado por analizador fue de 59.91 Hz y el valor máximo fue de 60.064 Hz con un promedio de oscilación de 59.988Hz; a continuación, se puede ver gráficamente el comportamiento de la frecuencia moviéndose entre el mínimo y máximo indicado previamente.

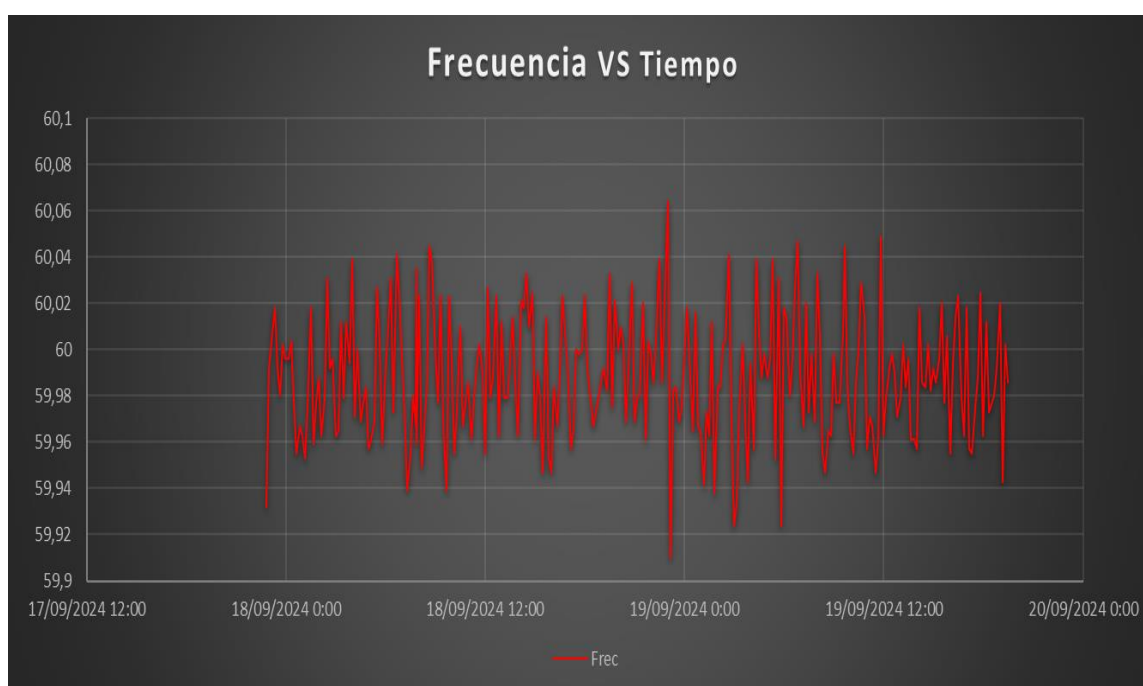


Figura 14. Gráfica frecuencia vs tiempo
Fuente. Propia

Un análisis de esta gráfica permite identificar si el sistema del Bloque 10 se mantuvo estable o presentó inestabilidades que podrían señalar problemas en el suministro eléctrico. Según la gráfica y los valores mínimo y máximo arrojados en el estudio energético, la frecuencia se encuentra dentro de los límites recomendados por la norma.

La resolución CREG-015 de 2018 establece que el factor de potencia inductivo (coseno phi inductivo) en las instalaciones debe ser igual o superior a 0.90. En este caso, las mediciones realizadas arrojaron un valor mínimo de 0.72, con un valor promedio de 0.94, lo que evidencia la necesidad de compensar adecuadamente este factor de potencia en los puntos por debajo de lo indicado por la norma para evitar cargos adicionales en la factura de energía. Por lo tanto, se entiende que el factor de potencia no cumple con los valores exigidos por la normativa.

Conforme a los datos del factor de potencia, se tiene la gráfica en la figura 14, para visualizar los momentos con el factor de potencia es muy bajo y la solución para corregir esta problemática.

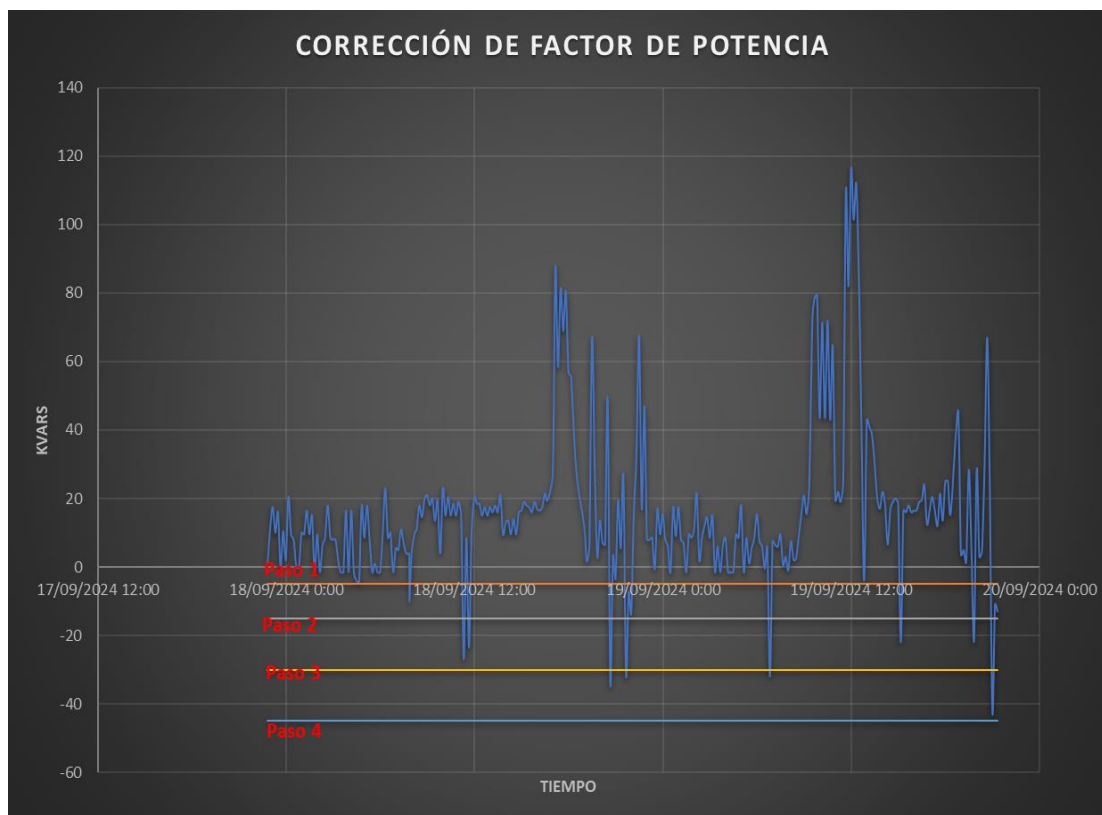


Figura 15. Corrección de factor de potencia
Fuente. Propia

La grafica de la figura 15 representa el comportamiento del factor de potencia mediante la visualización de la potencia reactiva trifásica, indicando que cuando la potencia es negativa es el momento en el cual se está infringiendo en lo indicado por la CREG 015 de 2018. Para esto se señalan 4 líneas marcadas como “pasos” como uso para la corrección del factor de potencia, impactando en estos momentos se puede corregir el factor de potencia cuando la potencia reactiva tienda a negativo.

Con los datos captados y su análisis inicial se procede a la aplicación de técnicas de análisis avanzado, como modelado predictivo y clustering con la ayuda de herramienta de IA, entrenando modelos de aprendizaje automático para extraer información significativa.

El objetivo de aplicar herramientas IA, es predecir el consumo energético en función de variables como la temperatura, la ocupación del edificio, el horario, o la presencia de equipos de alta demanda.

Esto puede ayudar a anticipar picos de consumo y optimizar las estrategias de gestión energética, adicionando clustering para ser utilizado para segmentar los patrones de consumo según diferentes factores, como el tipo de uso del espacio (laboratorio, aula, oficina), el horario de mayor consumo, o la eficiencia de los sistemas en diferentes condiciones.

A través del análisis de los datos, se pueden detectar patrones inusuales de consumo energético que podrían señalar fallos en el sistema, equipos ineficientes o comportamientos fuera de lo común; con el modelado predictivo, se puede anticipar picos de demanda y tomar decisiones proactivas para reducir el consumo, optimizando la operación de los sistemas de climatización, iluminación o equipos de alto consumo.

La identificación de anomalías en los patrones de consumo puede alertar sobre posibles fallos o ineficiencias, facilitando su corrección antes de que se conviertan en problemas costosos.

Mediante el siguiente código podremos cargar los datos arrojados por el analizador de redes, el código puede ser montado directamente en COLAB de GOOGLE:

El siguiente Código de programación realiza la preparación de los datos para el procesamiento orientado a la utilización de IA adicionando clustering el cual fue utilizado para segmentar los patrones de consumo. Fundamentalmente se realizan las importaciones de librerías de las que dispone Google Colab para el procesamiento de los algoritmos de predicción.

```
import pandas as pd
import numpy as np
from sklearn.model_selection import train_test_split
from sklearn.preprocessing import StandardScaler
from sklearn.ensemble import RandomForestRegressor
from google.colab import files
import matplotlib.pyplot as plt
import seaborn as sns
# Aquí se sube archivo
print("datos_energia.xlsx")
uploaded = files.upload()
filename = list(uploaded.keys())[0]
# Aquí se lee de la hoja electrónica
df = pd.read_sheet(filename)
```

El código siguiente contiene la función del de preprocesamiento de los datos, en particular de la transformación de las marcas de tiempo, para llevarlas a un formato de más fácil presentación en las gráficas.

```
def preprocesar_datos(df):
    # Convertir Timestamp a datetime si no lo está ya
    df['Timestamp'] = pd.to_datetime(df['Timestamp'])
    # Creación de las características temporales
    df['hora'] = df['Timestamp'].dt.hour
    df['dia_semana'] = df['Timestamp'].dt.dayofweek
    return df
```

El código siguiente contiene la función para crear features y target para el modelo, en particular para eliminar filas con NaN en las columnas relevantes para el modelo actual y crear características rezagadas.

```
def preparar_datos_modelo(df, variable_objetivo, ventana=24):
    # Crear características rezagadas
    for i in range(1, ventana + 1):
        df[f'{variable_objetivo}_lag_{i}'] = df[variable_objetivo].shift(i)
    # Eliminar filas con NaN en las columnas relevantes para el modelo actual
    # Se utiliza subset para especificar las columnas a considerar
    df = df.dropna(subset=[variable_objetivo] + [f'{variable_objetivo}_lag_{i}' for i in
range(1, ventana + 1)])
    # Separar features y target
    features = [col for i in range(1, ventana + 1) for col in df.columns if
col.endswith(f'lag_{i}')]
    features.extend(['hora', 'dia_semana'])
    X = df[features]
    y = df[variable_objetivo]
    return X, y
```

La parte final del código contiene las instrucciones escritas en Google Colab para procesar datos a partir de los resultados obtenidos del preprocesamiento realizado con anterioridad. Antes de crear la tabla de salida se arma el etiquetado de campos (voltajes, corrientes y potencias), luego se crea el diccionario para almacenar los resultados de los cálculos.

Luego de esto se procede a realizar predicciones para cada variable de los datos procesados mediante las instrucciones anteriores.

Finalmente se procede a visualizar los resultados en una gráfica que permitirá establecer las predicciones del comportamiento del sistema eléctrico del bloque 10 basado en los históricos de consumo obtenidos desde el sistema de medición IoT durante un período de varias semanas

```

# Procesar datos
df_procesado = preprocesar_datos(df)
# Lista de variables para predecir
variables = ['volt_A', 'volt_B', 'volt_C', 'I_A', 'I_B', 'I_C', 'P_A', 'P_B', 'P_C', 'P_T']
# Diccionario para almacenar resultados
resultados = {}
# Realizar predicciones para cada variable
for variable in variables:
    print(f"\nProcesando {variable}...")
    X, y = preparar_datos_modelo(df_procesado.copy(), variable)
    model, y_test, y_pred, scaler = entrenar_predecir(X, y)
    resultados[variable] = {
        'model': model,
        'y_test': y_test,
        'y_pred': y_pred,
        'scaler': scaler
    }
    visualizar_resultados(y_test, y_pred, variable)

```

La interpretación de los resultados del análisis que entrega la IA en términos de eficiencia energética y comunicar los hallazgos y recomendaciones a las partes interesadas acerca de las acciones a tener en cuenta para optimizar el consumo eléctrico en el bloque 10.

El código realiza predicciones de valores futuros para todas las variables eléctricas en tu conjunto de datos, entonces, para cada variable se tiene:

Voltajes (volt_A, volt_B, volt_C)

Corrientes (I_A, I_B, I_C)

Potencias (P_A, P_B, P_C, P_T)

El modelo utiliza un enfoque de "ventana deslizante" (sliding window) donde usa los últimos 24 valores anteriores (ventana = 24 en el código) de cada variable para predecir el siguiente

valor; por ejemplo, usa datos de las últimas 24 horas para predecir la siguiente hora, Así si tienes datos cada minuto, usaría los últimos 24 minutos para predecir el siguiente minuto.

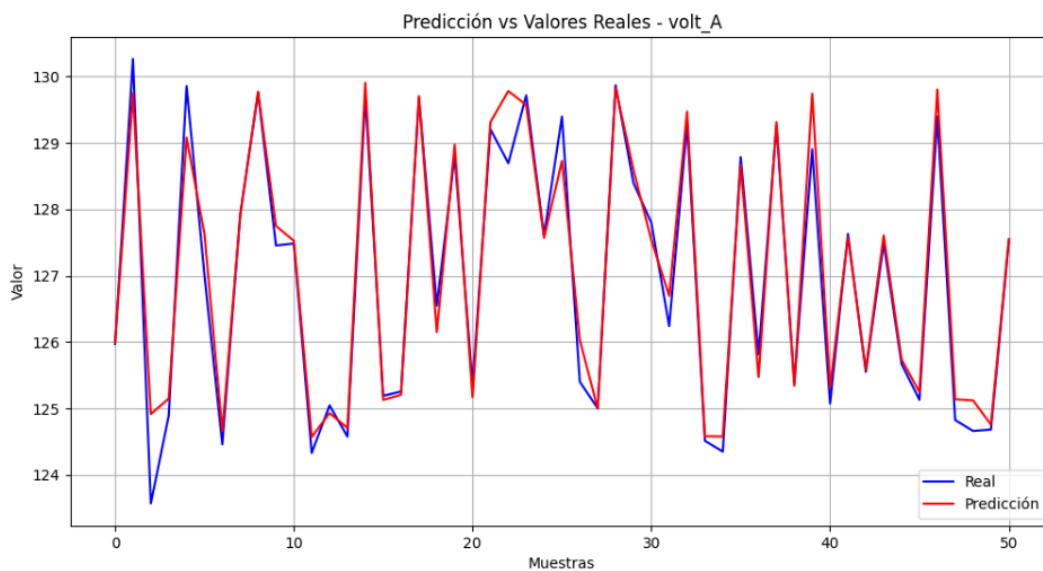


Figura 16. Predicción vs valores reales voltaje fase A

Fuente. Propia

Las curvas de tensión reales (rojas) y las curvas de predicción (azules) muestran un comportamiento muy similar, lo que indica que el modelo de predicción utilizado es bastante preciso en la estimación de los valores de tensión.

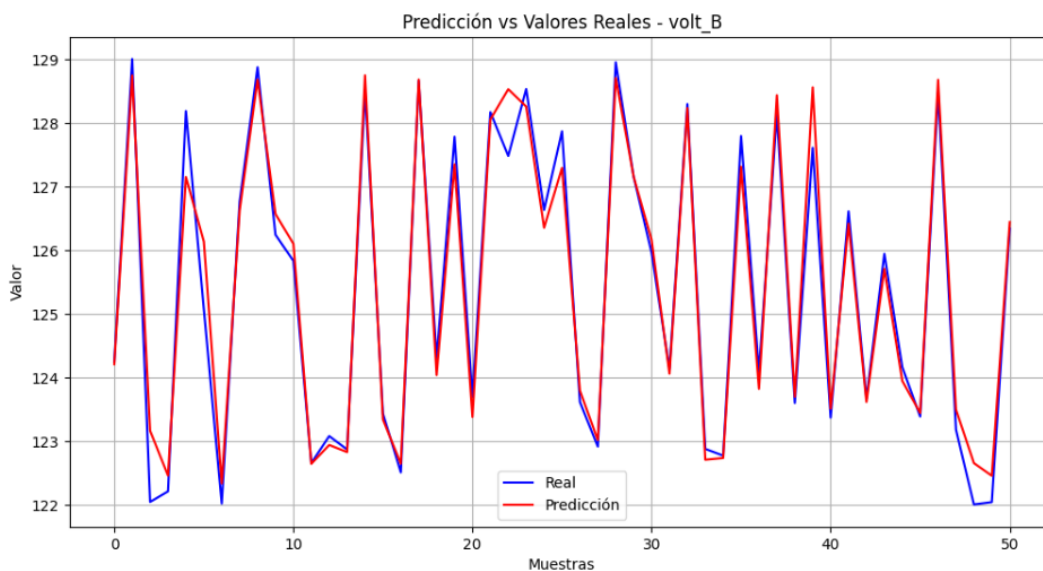


Figura 17. Predicción vs valores reales voltaje fase B

Fuente. Propia

La coincidencia entre las curvas reales y las predicciones demuestra que el modelo es eficaz para replicar las condiciones reales bajo las cuales se mide la tensión. Esto refuerza la validez del modelo para su uso en aplicaciones prácticas, donde se requieren predicciones fiables.

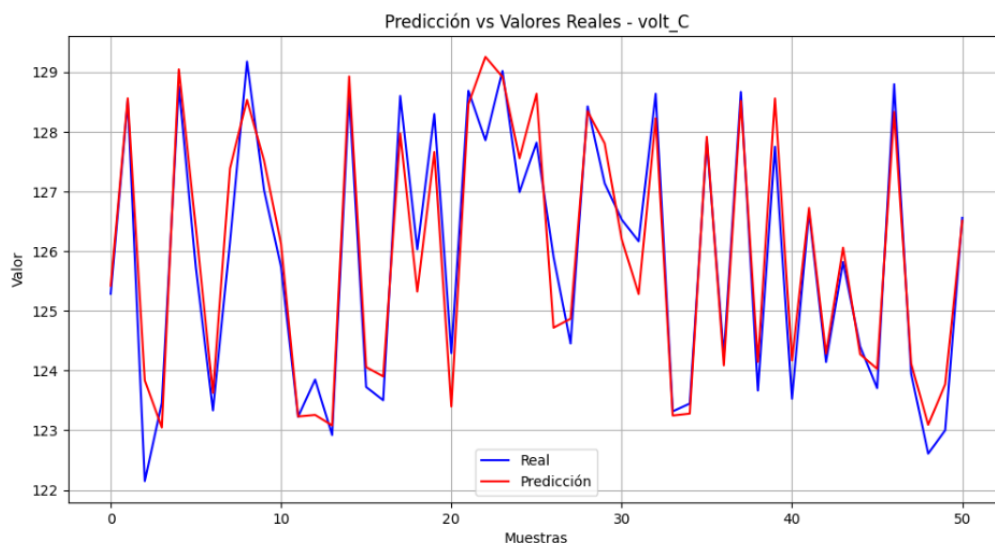


Figura 18. Predicción vs valores reales voltaje fase C

Fuente. Propia

Para las figuras 16, 17 y 18 previamente vistas, observamos que, en ambas curvas, tanto la real como la predicha, siguen tendencias muy similares en términos de picos y valles de la tensión, lo que sugiere que el modelo es capaz de capturar adecuadamente las fluctuaciones o cambios en la tensión a lo largo del tiempo o en las condiciones experimentales

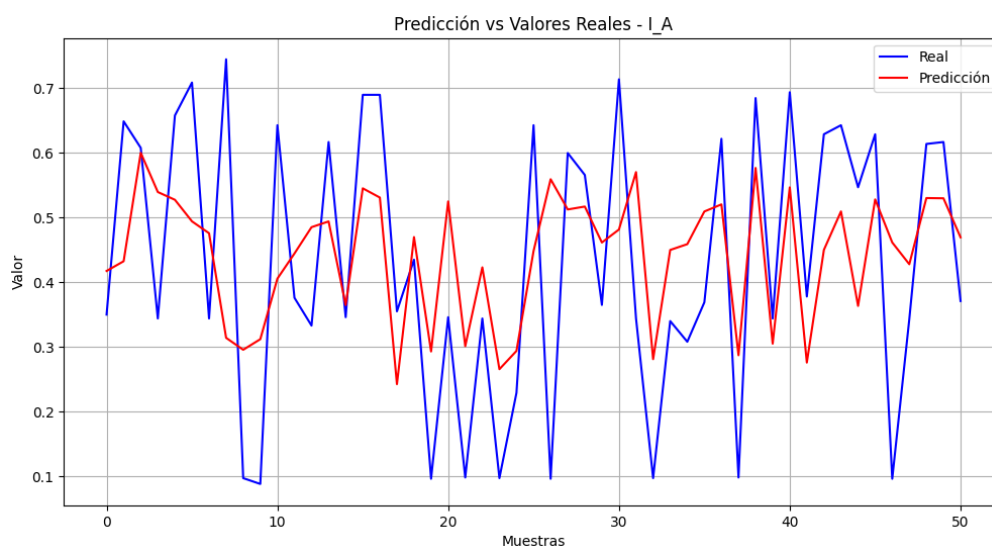


Figura 19. Predicción vs valores reales corriente fase A

Fuente. Propia

En la figura 19. Predicción vs valores reales corriente fase de corriente, las curvas de predicción (azules) no coinciden tan estrechamente con las curvas reales (rojas), lo que sugiere que el modelo no precisamente haya realizado una predicción simplemente errónea, si no que el sistema no se está comportando como normalmente debería ser;

Esto podría deberse a factores no modelados adecuadamente o también a adversidades de la red que deberían ser corregidas mediante compensación de cargas, filtros para corrección del sistema o revisión del uso de la energía.

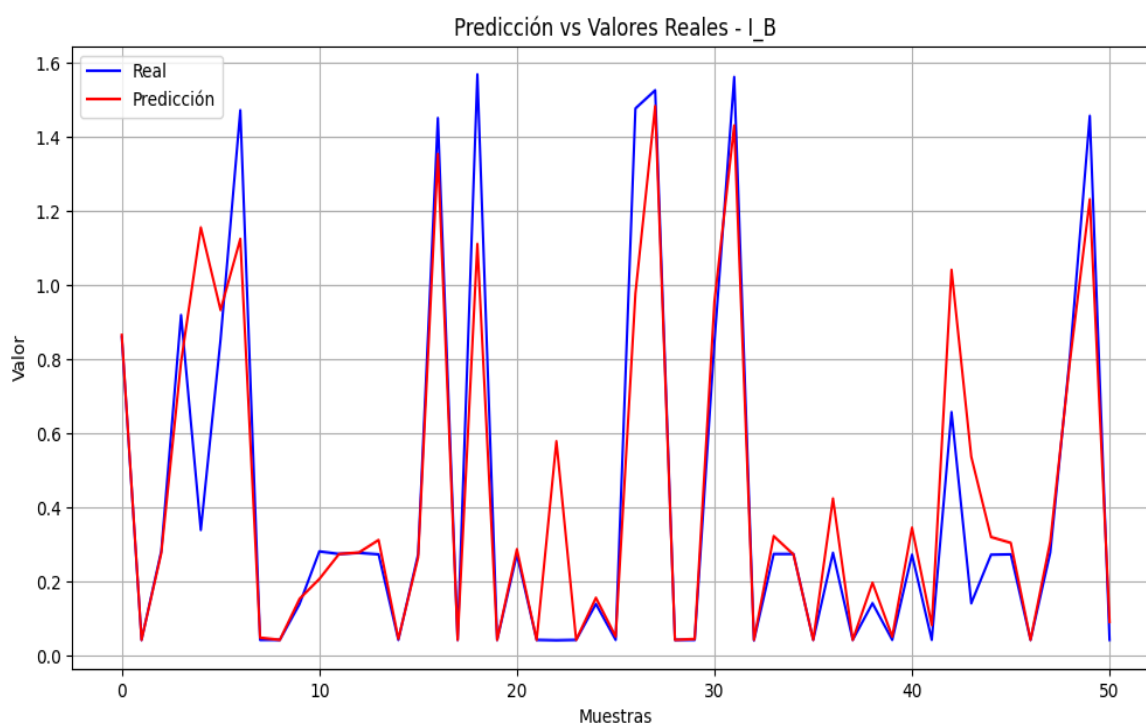


Figura 20. Predicción vs valores reales corriente fase B
Fuente. Propia

El modelo muestra una gran capacidad predictiva en estos casos específicos de corriente, donde las predicciones siguen muy de cerca las lecturas reales.

Esto indica que el modelo es robusto en ciertas condiciones de operación, probablemente donde las variables que afectan la corriente están bien representadas por los parámetros del modelo.

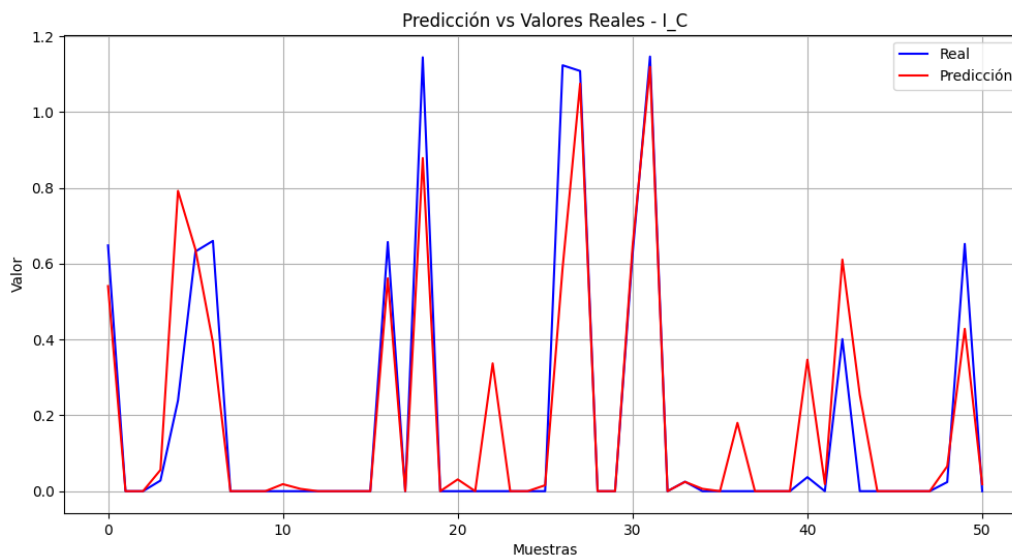


Figura 21. Predicción vs valores reales corriente fase C

Fuente. Propia

En la figura 21, se aprecia que las curvas de predicción coinciden casi perfectamente con las curvas reales, ya que los puntos de desviación entre las dos líneas son muy pocas, lo que indica que el modelo ha logrado replicar con gran éxito el comportamiento dinámico de la corriente. Este ajuste preciso podría ser indicativo de que el modelo está capturando correctamente las fluctuaciones y variaciones en la corriente

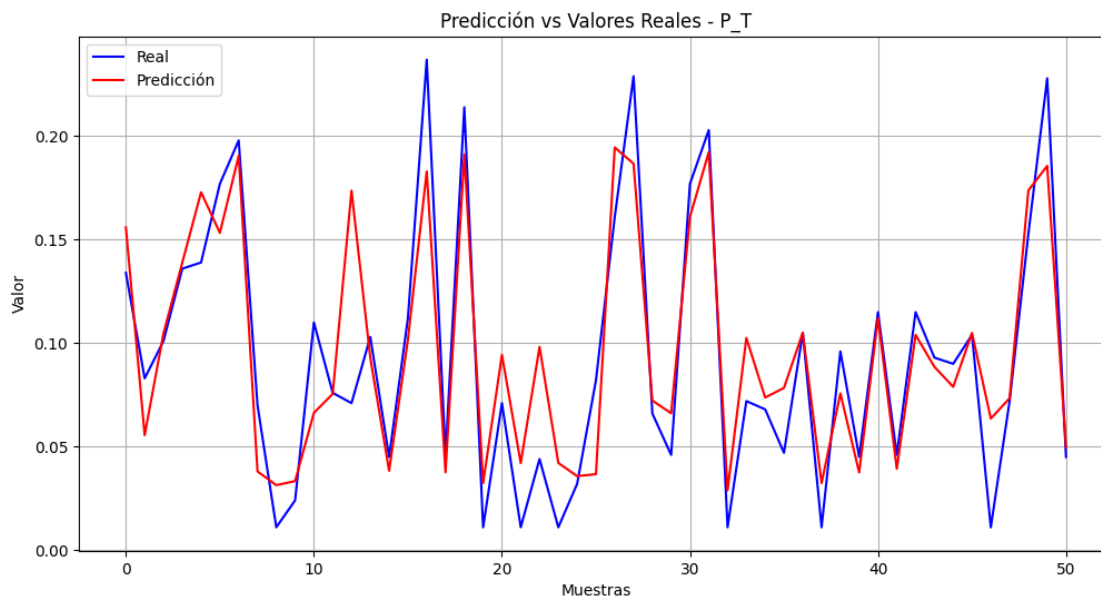


Figura 22. Predicción vs valores reales potencia trifásica

Fuente. Propia

En la gráfica 25- Predicción vs valores reales potencia trifásica, las curvas de predicción (azules) y las reales (rojas) muestran una alta coincidencia, lo que indica que el modelo de predicción está capturando con precisión el comportamiento de la potencia en el sistema.

En cada grafica previamente mostrada se logra ver dos líneas, la línea azul que indica el valor real medido y la línea roja con su dato de predicción, Por lo tanto, la línea de predicción muestra visualmente qué tan cerca las predicciones del modelo coinciden con los valores reales a lo largo del tiempo. Las desviaciones entre las dos líneas indican errores de predicción.

la línea de predicción en las gráficas generadas representa visualmente los valores predichos por el modelo RandomForestRegressor para una variable de energía específica, graficados contra el tiempo junto con los valores reales.

El modelo aprende estas relaciones para predecir cómo evolucionarán las variables en el futuro cercano.

Desarrollo de informe detallado que cumpla con los requisitos de la normativa ISO 50002 donde quede como evidencia los hallazgos del análisis energético, las recomendaciones de mejora y el plan de acción.

La ISO 50002 es una norma internacional que establece los requisitos y directrices para realizar auditorías energéticas. Fue creada por la Organización Internacional de Normalización (ISO) en 2014 como parte del conjunto de normas relacionadas con la gestión energética, complementando la ISO 50001, que se centra en los sistemas de gestión de energía.

“El propósito de esta Norma Internacional es definir el conjunto mínimo de requisitos para identificar las oportunidades de mejora del desempeño energético”. (ISO 50002, 2014)

La norma tiene como propósito proporcionar un marco estandarizado para llevar a cabo auditorías energéticas que permitan a las organizaciones identificar áreas de ineficiencia energética y oportunidades de mejora.

Según la norma ISO 50002, una auditoría energética debe incluir los siguientes componentes clave:

- Alcance y Límites de la Auditoría
- Recopilación de Datos
- Recopilación y Análisis de Datos
- Identificación de Oportunidades de Mejora
- Recomendaciones y Plan de Acción
- Verificación y Seguimiento

En cuanto al informe, debe incluir todos los hallazgos y análisis, junto con las recomendaciones y el plan de acción.

- Introducción.
- Alcance y objetivos.
- Descripción de las instalaciones o procesos auditados.
- Datos energéticos y análisis.
- Oportunidades de mejora.
- Plan de acción y recomendaciones.
- Conclusiones.

En resumen, una auditoría energética bajo la ISO 50002 debe ser un proceso estructurado y bien documentado, que identifique oportunidades para mejorar la eficiencia energética, proporcione recomendaciones claras y permita la implementación de medidas correctivas con un plan de acción detallado. Todos estos aspectos claves generalizados por la ISO 50002 se cumplen en el entregable del informe final “AUDITORÍA ENERGÉTICA DEL BLOQUE 10 DE LA I.U PASCUAL BRAVO BAJO NORMA ISO50002 COMO CASO DE ESTUDIO DE APLICACIÓN DE IA PARA EL ANÁLISIS DE DATOS ENERGÉTICOS”

7. Conclusiones

La implementación de un sistema de recolección de datos IoT para monitorear las variables eléctricas del bloque 10 ha sido exitosa. Este sistema ha permitido obtener mediciones en tiempo real de las principales variables eléctricas, como tensión, corriente, y potencia, dentro del bloque, considerando un aforo de cargas que refleja con precisión las necesidades energéticas del área.

El analizador fue instalado sin inconvenientes, siguiendo las recomendaciones establecidas por la norma en el Punto de Potencia Central (PPC). Durante el proceso, no se registraron accidentes ni se produjeron perturbaciones que comprometieran la seguridad del personal o el correcto funcionamiento de los equipos eléctricos.

A través de algoritmos de aprendizaje automático y modelos predictivos, se han detectado patrones en las variables eléctricas que sugieren oportunidades de mejora, como la optimización de cargas y el ajuste de la distribución de energía.

A partir del análisis de las discrepancias observadas entre las corrientes de las fases A, B y C, se recomienda la implementación de una redistribución de cargas entre las fases con el objetivo de minimizar el desequilibrio y optimizar la eficiencia energética del sistema.

A partir de los resultados obtenidos del análisis de los datos, se ha elaborado el presente informe con recomendaciones para el uso racional de la energía eléctrica en el bloque 10 de la institución universitaria Pascual Bravo, alineadas con los estándares de la ISO 50002. Estas recomendaciones incluyen estrategias de optimización de la carga, mejora del factor de potencia y la implementación de tecnologías más eficientes para mejorar la calidad de la energía en el bloque.

Tener acceso a una gran cantidad de datos a través del sistema IoT permite un análisis más preciso y detallado del consumo energético.

8. Recomendaciones

Con el avance de las industrias cada día se implementan mejores tecnologías que brindan óptimas soluciones para los defectos que se puedan presentar en las redes eléctricas. Para este caso y teniendo en cuenta las condiciones mencionadas a lo largo del informe, se recomienda instalar un filtro activo de 25 kVAr que permitirá compensar los excesos de potencia reactiva inductiva, mejorar el factor de potencia para evitar cobros adicionales mejorar el desbalance de fase y corregir problemas que se puedan presentar en un futuro. Además de esto, brindan una opción de instalación más cómoda al requerir menos espacio y tiempo disponible para su puesta en operación.

Otra solución posible para compensar los excesos de potencia reactiva inductiva y mejorar el factor de potencia es instalar un banco de capacitores automático con una capacidad instalada de 45 kVAr que constará de 4 pasos móviles de: 1 de 5 kVAr, 1 de 10 kVAr y 2 de 15 kVAr para compensar los excesos en todos los escenarios del sistema.

Se recomienda llevar a cabo un mantenimiento preventivo en los puntos principales de conexión de la instalación, que incluya una limpieza general, revisión detallada de las conexiones y evaluación del estado de los equipos, con el fin de prevenir posibles fallas y garantizar el óptimo funcionamiento del sistema a largo plazo.

Con el progreso constante de las industrias, se están incorporando tecnologías más avanzadas que ofrecen soluciones eficaces para corregir posibles fallos en las redes eléctricas. En este contexto, y considerando las condiciones expuestas en el presente informe, se sugiere la instalación de un filtro activo.

Una opción adicional para corregir el exceso de potencia reactiva inductiva y optimizar el factor de potencia es la instalación de un banco de capacitores automático.

Se sugiere realizar un mantenimiento preventivo en los puntos principales de conexión de la instalación. Este mantenimiento debe abarcar la limpieza general, la revisión de los puntos de conexión y la evaluación del estado de los equipos para prevenir posibles fallas a futuro.

Se recomienda realizar mantenimiento al código para llevar a cabo mejoras continuas.

9. Referencias bibliográficas

- Aladro, J. C. (2002). *Analisis De Sistemas De Energía Eléctrica*.
- Amat Rodrigo, J., & Escobar Ortiz, J. (Noviembre de 2024). *Ciencia De Datos*. Obtenido de Predicción (forecasting) de la demanda energética con machine learning: <https://cienciadedatos.net/documentos/py29-forecasting-demanda-energia-electrica-python.html>
- Chapman, S. (2012). *Maquinas Eléctricas Quinta Edicion*.
- CIRCUTOR. (s.f.). Armónicos eléctricos. *Armónicos eléctricos*. España. Obtenido de <https://circuitor.com/soporte/formacion/notebooks/armonicos-electricos/>
- CREG 015. (2018).
- Gómez, López & Fernández. (2012). *METODOLOGIAS PARA AUDITORIAS*.
- IBERDROLA. (2024). *IBERDROLA*. Obtenido de <https://www.iberdrola.com/innovacion/que-es-inteligencia-artificial>
- ISO 50002. (2014).
- Madakam, S., Ramaswamy, R., & Tripathi, S. (2015). Internet of Things (IoT): A Literature Review. *Journal of Computer and Communications*, 164-173.
- Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. (2011). Obtenido de <https://www.minvivienda.gov.co/sites/default/files/documentos/guia-auditorias-vf.pdf>
- MOREIRA, P. R. (2016). *ANÁLISIS E IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE CONDENSADORES PARA LA MEJORA DEL FACTOR DE POTENCIA EN UNA INDUSTRIA DE RECICLAJE DE PLÁSTICOS*. Ecuador: ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL.
- Napoleón Zurita, V. L., Belén Malisani, D., Guidi, C., & López Meyer, J. (2024). *Análisis econométrico de la calidad del servicio eléctrico de distribución: Un enfoque en SAIDI y SAIFI*.
- openAI chatGPT. (2024). Obtenido de <https://chatgpt.com/?oai-dm=1>
- Rey, V. (2006). *Eficiencia Energética En Edificios Certificación y Auditorías Energéticas*.
- Rios Porras, C. A., Naranjo, M. A., & Gallego, R. A. (2003). *ANÁLISIS DE ARMÓNICOS EN SISTEMAS ELÉCTRICOS*.

Ríos, A. E. (2003). *MODELADO DE SISTEMAS ELÉCTRICOS EN PRESENCIA DE ARMÓNICOS*.

Schneider Electric. (01 de Junio de 2015). Filtro activo de armónicos AccuSine. Francia.

Obtenido de <https://www.se.com/co/es/download/document/NHA96841/>

Torres Sánchez, A. S. (2023). *Predicción de la Demanda de Energía Eléctrica Usando Modelos de Inteligencia Artificial*. Medellín. Obtenido de

https://bibliotecadigital.udea.edu.co/bitstream/10495/37564/1/TorresAnderson_2023_PrediccionDemandaEnergiaElectrica.pdf