

**AUDITORIA ENERGETICA DEL BLOQUE 13 DE LA INSTITUCION  
UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO UTILIZANDO MEDICION IOT DE AIRES  
ACONDICIONADOS, EQUIPOS DE INFORMATICA Y LABORATORIOS.**

**DAVID GRAJALES MARTINEZ  
JOHNNY ALEJANDRO TORRES VILLADA  
ESTEBAN VELASQUEZ LOPEZ**

**INSTITUCIÓN UNIVERSIARIA PASCUAL BRAVO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
INGENIERIA ELÉCTRICA  
MEDELLÍN  
2023**

**AUDITORIA ENERGETICA DEL BLOQUE 13 DE LA INSTITUCION  
UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO UTILIZANDO MEDICION IOT DE AIRES  
ACONDICIONADOS, EQUIPOS DE INFORMATICA Y LABORATORIOS.**

**DAVID GRAJALES MARTINEZ  
JOHNNY ALEJANDRO TORRES VILLADA  
ESTEBAN VELASQUEZ LOPEZ**

**Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero Electricista**

**Asesor técnico  
Carlos Mario Moreno Paniagua  
Ingeniero eléctrico**

**Asesor metodológico  
José Ricardo Velasco Méndez  
Ph.D en educación**

**INSTITUCIÓN UNIVERSIARIA PASCUAL BRAVO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
INGENIERIA ELÉCTRICA  
MEDELLÍN  
2023**

## Contenido

1.	Planteamiento del problema .....	9
1.1	Descripción.....	9
1.2	Formulación .....	9
2.	Justificación .....	10
3.	Objetivos.....	11
3.1	Objetivo general .....	11
3.2	Objetivos específicos.....	11
4.	Referentes teóricos .....	12
4.1	Calidad de la energía .....	12
4.2	Sistema de distribución .....	12
4.3	Medidor IOT .....	12
4.4	Transformadores de corriente.....	13
4.5	Evaluación de medición .....	13
4.6	Energía eléctrica.....	13
4.7	Analizador de red .....	14
4.8	Sistema de protección.....	14
4.9	Diagramas esquemáticos .....	14
4.10	Control lógico.....	14
4.11	Red de energía y transformador .....	15
4.12	Altos consumos .....	15
4.13	Fluctuación en los picos .....	15
4.14	Descompensación de la red .....	16

4.15	Sobrecostos energéticos .....	16
5.	Metodología.....	17
5.1	Tipo de proyecto.....	17
5.2	Método .....	17
5.3	Instrumentos de recolección de información. ....	19
5.3.3.	Fuentes primarias.....	19
5.3.4.	Fuentes secundarias.....	19
6.	Resultados.....	20
7.	Conclusiones.....	66
8.	Recomendaciones .....	67
9.	Referencias bibliográficas .....	68

## **Resumen**

### **AUDITORIA ENERGETICA DEL BLOQUE 13 DE LA INSTITUCION UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO UTILIZANDO MEDICION IOT DE AIRES ACONDICIONADOS, EQUIPOS DE INFORMATICA Y LABORATORIOS.**

**DAVID GRAJALES MARTINEZ  
JOHNNY ALEJANDRO TORRES VILLADA  
ESTEBAN VELASQUEZ LOPEZ**

La situación que aborda el siguiente proyecto y que a continuación se plantea es la necesidad de un Modelo Didáctico para la comunidad estudiantil de la institución universitaria Pascual Bravo, con el fin de capturar información y variables por medio de módulos programables. Una de las principales necesidades energéticas de la Institución Universitaria Pascual Bravo es la falta de auditoria en el consumo eléctrico, que identifique el impacto económico, ambiental y el eficiente funcionamiento de los equipos anteriormente mencionados. La eficiencia energética se ve afectada directamente por el desconocimiento del consumo energético, se desconocen los funcionamientos de las unidades de aire acondicionado, equipos de cómputo y equipos y máquinas de los laboratorios del bloque 13 de la IUPB, porque no existen modelos para monitorear dichos sistemas para conocer su comportamiento ni su curva de demanda en dicho bloque. Según la distribución de cargas en el bloque 13 se evidencia que la institución opto por tener disponibilidad en la fase C para conectar cargas futuras. Reflexión sobre la viabilidad y beneficios de implementar las recomendaciones. Se evidenció desde el medidor multifuncional que el factor de potencia total fue sumado en lugar de promediarse, como debería estar programado.

*Palabras claves:* Auditoría energética, eficiencia energética, uso racional de la energía.

### **Abstract**

The situation that the following project addresses and that is presented below is the need for a Didactic Model for the student community of the Pascual Bravo university institution, in order to capture information and variables through programmable modules. One of the main energy needs of the Pascual Bravo University Institution is the lack of auditing of electrical consumption, which identifies the economic and environmental impact and the efficient operation of the aforementioned equipment. Energy efficiency is directly affected by the lack of knowledge of energy consumption, the functioning of the air conditioning units, computer equipment and equipment and machines in the laboratories of block 13 of the IUPB are unknown, because there are no models to monitor these systems. . to know its behavior or its demand curve in said block. According to the distribution of loads in block 13, it is evident that the institution chooses to have availability in phase C to connect future loads. Reflection on the feasibility and benefits of implementing the recommendations. It is evident from the multifunctional meter that the total power factor was added instead of averaged, as it should be programmed.

*Keywords:* Energy audit, energy efficiency, rational use of energy.

## Glosario

**Auditoría energética:** inspección y análisis de los flujos de energía ya sea residencial, industrial, comercial, con el objetivo de analizar y entender la eficiencia energética.

**Corriente eléctrica:** flujo de carga eléctrica que recorre un material. También se puede definir como un flujo de partículas cargadas.

**Eficiencia energética:** consiste en utilizar equipos o instalaciones que consuman menos energía para conseguir el mismo rendimiento o realizar la misma función.

**Factor de potencia:** la razón entre la potencia activa,  $P$ , y la potencia aparente,  $S$ .

**Potencia aparente:** la suma vectorial de la potencia activa y reactiva en la corriente alterna.

**Potencia activa:** aquella potencia que es aprovechada por los circuitos para realizar un trabajo, cuando se habla de demanda eléctrica.

**Potencia reactiva:** una potencia que no produce trabajo útil y que se origina en circuitos con bobinas o capacitores.

**Voltaje:** diferencia de potencial eléctrico entre dos puntos, y los tipos que existen: inducido, alterno, directo y continuo.

**Uso racional de la energía:** es un lineamiento de política pública para promover el mejor uso de los recursos energéticos, desde su producción hasta su consumo.

## Introducción

La situación que aborda el siguiente proyecto y que a continuación se plantea es la necesidad de un Modelo Didáctico para la comunidad estudiantil de la institución universitaria Pascual Bravo, con el fin de capturar información y variables por medio de módulos programables.

El objetivo de la automatización es minimizar la intervención de operadores y así aplicar tecnologías teleinformáticas dentro de las actividades y procesos con la aplicación de módulos programables como uso masivo de un microprocesador que controle y organice la información de los consumos de energía de los aires acondicionados, equipos de cómputo y maquinas utilizadas en los laboratorios del bloque 13 de la institución. No obstante, el uso de autómatas obliga a adquirir nuevos conocimientos y se quiere obtener de ellos el máximo partido. Existen, dos aspectos a tener en cuenta. El primero es que el autómata obliga a pensar de forma distinta a la hora de plantear el diseño y el segundo es que el autómata permite disponer de comunicaciones con otros sistemas informáticos más potentes y esto amplía enormemente las prestaciones del servicio.

Por lo anterior se revisa datos de operación de algunos sistemas de aire acondicionado, sistemas de cómputo y algunas máquinas de laboratorios ubicados en el bloque 13 de la institución universitaria Pascual Bravo. Esto con la finalidad de incluir dichos datos y parámetros de funcionamiento en un módulo conectado en línea, para facilitar la integración de diversos factores y así poder dar un valor agregado a el almacenamiento de datos proporcionando funcionalidades tecnológicas para variedad de servicios digitales.

El módulo es realizado para ver en tiempo real como se comportan los equipos y adicional para medir el consumo energético, al analizar los datos que arroje el programa se determina de acuerdo con el uso de los espacios, el uso de energía eléctrica que tan eficiente puede ser un sistema de aire acondicionado, una sala de sistemas y algunas maquinas usadas en laboratorio interconectados a la red y uno convencional.



## **1. Planteamiento del problema**

### **1.1 Descripción**

Una de las principales necesidades energéticas de la Institución Universitaria Pascual Bravo es la falta de auditoria en el consumo eléctrico, que identifique el impacto económico, ambiental y el eficiente funcionamiento de los equipos anteriormente mencionados.

Los datos con los que se cuenta para llevar una trazabilidad del consumo son ocasionados en los medidores de energía, estos datos no son previamente monitoreados con herramientas tecnológicas y equipos estadísticos, por lo cual no hay manera de planificar eventos inesperados que contribuyan a una eficiencia energética. Pero este problema se puede solucionar con los datos recolectados que se generan al monitorear y controlar el funcionamiento eficiente que prestan tanto los aires acondicionados, los equipos de cómputo y las máquinas usadas en los laboratorios ubicados en el bloque 13.

No se tiene un sistema de ahorro energético de los elementos antes mencionados porque se desconoce la demanda eléctrica que requieren cada una de las unidades para mantener las áreas con el confort adecuado, así mismo no se cuentan con módulos didácticos en los cuales los estudiantes de la IUPB puedan fortalecer los conocimientos adquiridos en eficiencias energéticas.

### **1.2 Formulación**

¿Cómo disponer de un sistema IOT que permita la interacción y funcionamiento optimo en tiempo real de los sistemas de aire acondicionado, salas de cómputo, equipos y máquinas de los laboratorios orientado a los procesos formativos e investigativos en el bloque 13 de la Institución Universitaria Pascual Bravo?

## 2. Justificación

La eficiencia energética se ve afectada directamente por el desconocimiento del consumo energético, se desconocen los funcionamientos de las unidades de aire acondicionado, equipos de cómputo y equipos y máquinas de los laboratorios del bloque 13 de la IUPB, porque no existen modelos para monitorear dichos sistemas para conocer su comportamiento ni su curva de demanda en dicho bloque.

Al realizar el modelo simulado y físico obtenemos información que nos permite analizar cuáles serían las posibles soluciones para reducir el consumo de energía y con ello los posibles impactos ambientales asociados al uso de menos recursos energéticos para llevar a cabo una actividad

El monitoreo está dirigido a realizar un diagnóstico con el propósito de verificar todo el consumo energético de los equipos.

Es así como en este proceso se hace necesario la recopilación de datos físicos y la revisión de las placas de los equipos de aire acondicionado y demás aparatos conectados a la red eléctrica para detectar posibles afectaciones en la calidad del servicio y/o desperdicios de energía que afectan la economía de la institución y en medio ambiente. Así mismo, se tendrá que aplicar técnicas de mejora en los procesos para satisfacer las necesidades de la Institución Universitaria Pascual Bravo, y lograr con ello la reducción de fallas, el comportamiento y los resultados en cuanto al consumo energético.

### **3. Objetivos**

#### **3.1 Objetivo general**

Implementar una auditoría energética del bloque 13 de la institución por medio del análisis de los datos obtenidos en tiempo real desde un medidor IoT instalado en el gabinete de distribución determinando así, las mejoras aplicables para el uso eficiente y con calidad de la energía eléctrica.

#### **3.2 Objetivos específicos**

Instalar un tablero conformado por medidor multivariable y Gateway de comunicación que al ser conectados en conjunto a la red de distribución arrojan la información para el análisis del comportamiento del sistema eléctrico del bloque 13.

Determinar de los indicadores claves mediante el análisis y la evaluación de los datos capturados de la red eléctrica con respecto a la simulación del sistema usando el aforo de cargas del bloque, como base del informe final de la auditoría.

Desarrollar un informe o plan de acción de Eficiencia Energética que incluya pasos específicos para implementar dichas mejoras en el bloque 13.

## **4. Referentes teóricos**

### **4.1 Calidad de la energía**

Según (la UNAL ) El desarrollo y utilización masiva de equipo electrónico altamente sensible a perturbaciones electromagnéticas, tales como dispositivos de electrónica de potencia, controladores basados en microprocesadores y en general dispositivos que presentan un comportamiento no lineal ante la señal de tensión, ha incrementado la atención de consumidores y proveedores, en cuanto a cómo es la calidad de las señales de tensión y de corriente, en los puntos de conexión del usuario a la red eléctrica, dado que éstos equipos además de presentar una alta vulnerabilidad, provocan perturbaciones en los sistemas de distribución en detrimento de la calidad de potencia. Este marco de referencia implica que la calidad de energía eléctrica debe ser entendida más allá de la continuidad en el suministro de energía, y debe involucrar otros parámetros como amplitud, frecuencia y forma de onda de las señales de tensión y corriente. (UNAL, 2018)

### **4.2 Sistema de distribución**

Según (la UNAM) un sistema de distribución eléctrico o planta de distribución como comúnmente es conocido, es toda la parte del sistema eléctrico de potencia comprendido entre la planta eléctrica y los apagadores del consumidor. (UNAM, 2020)

### **4.3 Medidor IOT**

La monitorización de la energía con medidores IOT es una tendencia cada vez mas importante en las empresas y hogares, debido a que este tipo de tecnología permite, mediante el uso de dispositivos inalámbricos, controlar los consumos, detectar fugas y evitar pagar facturas elevadas por consumos no realizados, así como identificar posibles puntos de ahorro. (EOS, 2023)

#### **4.4 Transformadores de corriente**

Son transformadores utilizados para aumentar o disminuir una corriente alterna, produce una corriente en el devanado secundario proporcional a la corriente del primario. Los transformadores son un elemento clave en el desarrollo de la industria eléctrica. Gracias a ellos se pudo realizar, de manera práctica y económica el transporte de energía eléctrica a grandes distancias.

Un transformador de corriente es una máquina estática de corriente alterna que permite variar alguna función de la corriente como el voltaje o la intensidad. (ELÉCTRICOS, 2020)

#### **4.5 Evaluación de medición**

La evaluación de los valores medidos no es una cuestión simple. Un valor medido nunca es un valor verdadero, siempre incluye cierta cantidad de error. Como tal, es difícil evaluar la confiabilidad de cualquier medición. Convencionalmente, la confiabilidad se evalúa en base al sesgo del valor medido (error sistémico) y las variaciones (error aleatorio), empleando el valor verdadero como referencia.

Sin embargo, las evaluaciones del valor medido no son uniformes, lo que dificulta la determinación del valor verdadero. Por lo tanto, se diseñó un método para valorar la confiabilidad de los resultados de medición desde una perspectiva estadística. Este es el concepto de "incertidumbre". Se calcula el intervalo en el que existe el valor verdadero, mediante un procesamiento estadístico, para estimar el error. (KEYENCE, 2023)

#### **4.6 Energía eléctrica**

La energía eléctrica es una forma de energía que se deriva de la existencia en la materia de cargas eléctricas positivas y negativas que se neutralizan. La energía eléctrica puede transformarse en muchas otras formas de energía, tales como la energía luminosa, la energía mecánica y la energía térmica, etc.

La electricidad es una de las formas de energía más importantes para el desarrollo tecnológico debido a su facilidad de generación y distribución y a su gran número de aplicaciones. (EPM, 2023)

#### **4.7 Analizador de red**

El analizador de redes eléctricas es un instrumento que permite analizar diferentes propiedades de una instalación, se centra especialmente en los parámetros de dispersión y los datos que arroja permiten llevar un control exacto del consumo de energía eléctrica. (ORS, 2023)

#### **4.8 Sistema de protección**

Un sistema de protección se utiliza para proteger y evitar posibles errores o destrucciones de instalaciones o equipos. Los sistemas de protección aíslan la zona donde se ha originado el fallo con el fin de evitar la expansión del error y la aparición de consecuencias más graves. (PEPEENERGY, 2023)

#### **4.9 Diagramas esquemáticos**

Es una representación sintetizada de un determinado circuito eléctrico. Permite definir la posición relativa de los diferentes elementos que lo forman y la interconexión entre ellos. (LED, 2020)

#### **4.10 Control lógico**

Es una computadora industrial que usa la ingeniería para la automatización de procesos y tiene como finalidad, que las máquinas desarrollan efectivamente todos los sistemas que la componen. Gracias a estas bondades los PLC se han convertido en una herramienta fundamental para el desarrollo tecnológico de las industrias y todo el entorno social. (INDUSTRIAS, 2021)

#### **4.11 Red de energía y transformador**

Al conjunto de líneas y centros de interconexión eléctrica que mantienen conectados entre sí a los centros de producción y de consumo de electricidad de nuestro sistema eléctrico.

Los transformadores son un elemento clave en el desarrollo de la industria eléctrica. Gracias a ellos se pudo realizar, de una manera práctica y económica, el transporte de energía eléctrica a grandes distancias. Un transformador eléctrico es una máquina estática de corriente alterna que permite variar alguna función de la corriente como el voltaje o la intensidad, manteniendo la frecuencia y la potencia, en el caso de un transformador ideal. (ENERGÍA, 2020) (ENDESA, 2023)

#### **4.12 Altos consumos**

Cada día cientos de personas consumen grandes cantidades de energía eléctrica, ya sea para cocinar sus alimentos, trabajar en la computadora o ver su serie favorita en la televisión, y es que sin darnos cuenta este recurso se ha vuelto indispensable en nuestra vida.

Por ello, es que poco a poco los peruanos están comenzando a tomar conciencia sobre la forma adecuada de usar la energía eléctrica en sus hogares, cuidando el medioambiente y generando una mejor economía a través del ahorro en los recibos de luz. Sin embargo, esto se puede tornar un poco complicado cuando nos encontramos frente a viviendas con muchos años de antigüedad, conexiones poco seguras o medidores alterados que, además de estar propensos a ocasionar accidentes, suelen incrementar en gran medida los montos en nuestros recibos.

(CONSTRUCTIVO, 2019)

#### **4.13 Fluctuación en los picos**

Son un fenómeno al que somos susceptibles en todo momento en nuestros hogares y negocios por distintas causas, horario en el que hacemos uso de la electricidad, el lugar donde nos

ubicamos, el tipo de carga que recibimos o las condiciones que la línea eléctrica tiene. (ILUMINACIÓN, 2021)

#### **4.14 Descompensación de la red**

Entre los problemas del suministro eléctrico que afectan con más frecuencia a las plantas industriales se encuentran las caídas y las fluctuaciones de tensión, la generación de armónicos, transitorios y desequilibrios entre la tensión y la corriente.

En un sistema trifásico equilibrado, las tensiones de fase deberían ser iguales o prácticamente iguales. El desequilibrio es la medida de la diferencia entre las tensiones de fase. El desequilibrio de la tensión es la medida de diferencias de tensión entre las fases de un sistema trifásico. Degrada el rendimiento y reduce la vida útil de los motores trifásicos. (FLUKE, 2023)

#### **4.15 Sobrecostos energéticos**

Aunque la atención pública ha estado enfocada en los incrementos de las tarifas cobradas por el suministro de energía eléctrica en la costa, el problema es nacional. En Cali concretamente la tarifa de \$785.17 kW-h que apareció en el recibo de cobro que recibí el mes pasado fue de 37.8% más alta que la del recibo del mismo mes en 2021. Las normas que gobiernan estas alzas y que han permitido este absurdo aumento en los cobros son de carácter nacional. (PAÍS, 2023)



## **5. Metodología**

### **5.1 Tipo de proyecto**

Este proyecto se desarrolla con un método de desarrollo de modelados tanto físicos como en red, con el fin de que los estudiantes, fortalezcan su conocimiento a nivel industrial, haciendo experimentos y/o laboratorios que los acerquen más a la realidad industrial con sus respectivos procesos y más a las nuevas tecnologías que nos ofrece el internet de las cosas y de las automatizaciones industriales 4.0.

### **5.2 Método**

En este proyecto se desarrollarán 14 actividades para alcanzar los objetivos planteados a continuación se describe cada una de ellas:

Inspección detallada de sistemas y equipos conectados al tablero. Se realiza una visita técnica al bloque 13 para verificar tanto el número de elementos (máquinas, aires acondicionados y equipos de cómputo) que se encuentran en uso, y también se hace una verificación con acompañamiento del tablero de distribución.

Montaje del medidor IOT. Cuando tengamos el medidor listo y configurado, se procede a entregarlo al personal encargado de la institución para en compañía de ellos realizar la respectiva conexión en el tablero de distribución del bloque 13, luego de conectado se debe realizar pruebas de conexión tanto a la red eléctrica como a la red inalámbrica wifi de la institución para poder iniciar con la recepción de información.

Medición y registro de datos. Luego de haber verificado y configurado las variables que vamos a analizar, procedemos a recepcionar y analizar la información suministrada por el medidor IOT en tiempo real.

Simulación del sistema usando aforo de cargas. Después de verificar la información arrojada por el medidor IOT, realizamos una serie de simulaciones usando un aforo de cargas del bloque 13, esto con autorización previa del personal encargado.

Comparar medición y registro con datos de simulación. Luego de haber realizado las simulaciones y con los datos arrojados por el medidor, realizamos unos análisis de ambos escenarios para ir teniendo más información relevante del proyecto.

Análisis y evaluación de datos de comparación. Después de tener los resultados de las respectivas comparaciones, se obtendrán unos resultados los cuales se evaluarán para ser finalmente consignados en un informe.

Detección de equipos con más consumo de energía. Con los resultados podemos determinar qué equipos, máquinas o aires acondicionados son los que están generando un mayor consumo de energía.

Evaluación de eficiencia energética. Con toda esta información podremos hacer un análisis de cuales equipos están interfiriendo en una eficiencia energética del bloque 13 de la institución.

Identificación de oportunidades de ahorro energético. Con dicha información se puede identificar un modelo óptimo de ahorro de energía en el bloque 13.

Mejoras y recomendaciones. Con toda esta información podemos estudiar las posibles soluciones para mejorar la eficiencia energética y disminuir los altos consumos energéticos.

Análisis de viabilidad técnica y económica de mejoras. En el análisis de las posibles mejoras, también se debe analizar el tema de costo-beneficio para la institución, y también un análisis técnico.

Elaboración del informe de auditoría. Luego de haber recopilado toda la información, se procederá a realizar el respectivo informe con toda la información obtenida, las posibles soluciones y la conclusión de todos los análisis.

### **5.3 Instrumentos de recolección de información.**

#### **5.3.3. Fuentes primarias.**

Se utilizó un medidor IoT con todos sus respectivos componentes, también se realizó trabajo de campo en la recolección de información concerniente a los equipos eléctricos y electrónicos de cada uno de los pisos del respectivo bloque.

#### **5.3.4. Fuentes secundarias.**

Se utilizó el software PYTHON para procesar dicha información y generar graficas las cuales nos facilita el análisis y conclusiones de dicha auditoria.

## 6. Resultados

El proyecto se basa en la construcción e instalación de un módulo con la finalidad de obtener datos en tiempo real a través de sensores físicos y de procesos eléctricos, extrayendo datos estadísticos para el análisis y mejoramiento del consumo eléctrico del bloque 13 existente en la IUPB. El módulo se debe comunicar directamente con la unidad receptora que para este caso puede ser un teléfono con conexión a internet o un computador, todo esto por medio de una dirección IP a través de una conexión de internet. El módulo didáctico debe llevar una fuente de alimentación, accesorios de cableado y de interconexión.

Este proyecto es innovador, ecológico y es muy útil para toda clase de industria, experimental, y a nivel personal, ya que nos brinda oportunidades en el área profesional. Este trabajo de grado entrega un módulo didáctico en donde se puede analizar cualquier sistema eléctrico para la respectiva simulación de datos, logrando que estudiantes de la Institución Universitaria Pascual bravo realicen sus respectivas prácticas y se obtenga en tiempo real el funcionamiento y consumo óptimo de los equipos, adicional a esto se puede monitorear y modificar variables remotamente de los equipos en cuestión.

Las máquinas de los laboratorios, equipos de cómputo y aires acondicionados ubicados en el bloque 13 de la Institución Universitaria Pascual Bravo son los equipos que se intervienen inicialmente en este proyecto ya que por su ubicación y funcionamiento hace más fácil la obtención de los diferentes datos que se requieren.

Conexión del dispositivo electrónico que utiliza wifi para que se comunique con el módulo ubicado en el bloque 13 de la institución.

Configuración del módulo, siguiendo las respectivas instrucciones del docente asesor que interviene directamente en el proyecto para obtener la información más relevante del proceso de eficiencia energética.

En este proyecto se desarrollarán 14 actividades para alcanzar los objetivos planteados a continuación se describe cada una de ellas:

Instrumentos de recolección de información, inspección detallada de sistemas y equipos conectados al tablero, se realiza una visita técnica al bloque 13 para verificar tanto el número de elementos (maquinas, aires acondicionados y equipos de cómputo) que se encuentran en uso, y también se hace una verificación con acompañamiento del tablero de distribución por tablas establecidas: También se llaman tablas predeterminadas y son aquellas que las electricistas han establecido por electrodoméstico o por equipo eléctrico, se utilizaron donde los equipos eléctricos no contienen tabla de características.

En el modelo matemático para encontrar el consumo de energía eléctrica se utilizaron las fórmulas para el cálculo de potencias

$$P = V * I * \cos(\alpha)$$

$$Q = V * I * \sin(\alpha)$$

P = Potencia activa

Q = Potencia reactiva

V = Voltaje

I = Corriente alterna

En los casos donde no se tenía el factor de potencia del equipo eléctrico se utilizó la siguiente fórmula.

$$FP = \cos(\alpha)$$

FP= factor de potencia

$\alpha$  = ángulo de desfase

Para el cálculo de consumo de energía diario se utiliza la siguiente fórmula:

$$energía = P * H$$

P = potencia activa

H = número de horas que trabaja un equipo eléctrico al día.

**AFORO DE CARGAS DIARIO DEL BLOQUE 13**

Elemento	Cantida d	Tiempo de uso (H)	Voltaje (V)	Corriente (A)	FP	Pot activa (W)	Pot reactiva (VAR)	Energía KW/H
----------	--------------	-------------------------	----------------	------------------	----	----------------------	--------------------------	-----------------

**Piso # 1**

Luminarias	102	5	110	91,2072	0,61	6120	7925,9	30,6
Televisores	6	6	110	8,4848	0,9	840	401,33	5,04
Computadores	18	6	110	109,091	0,9	10800	5160	64,8
Aire acondicionado	2	10	220	12	0,89	2360	1188	23,6
Neveras	4	5	110	27,972	0,65	2000	2215,38	10
Motores	16	1	220	64,6221	0,83	11800	7819,28	11,8
Cafeteras	1	2	110	5,4545	1	600	0	1,2
Sanducheras	1	3	110	9,0909	1	1000	0	3

**Piso # 2**

Luminarias	127	5	110	113,56	0,61	7620	9868,52	38,1
Televisores	18	6	110	25,45	0,9	2520	1204	15,12
Computadores	445	6	110	674,24	0,9	66750	31891,67	400,5
Ventiladores	6	6	110	4,40	0,62	300	372,58	1,8

Neveras	1	4	110	11,19	0,65	800	886,15	3,2
estufa	1	2	110	9,09	1	1000	0	2
Cafeteras	4	2	110	21,82	1	2400	0	4,8
Teléfonos	3	10	110	1,18	0,9	117	55,9	1,17

**Piso # 3**

Luminarias	88	5	110	78,69	0,61	5280	6838,03	26,4
Televisores	14	6	110	19,80	0,9	1960	980,00	11,76
Computadores	85	6	110	515,15	0,9	51000	24366,67	306
Aire acondicionado	4	10	220	24,11	0,89	4720	2386,52	47,2
Ventiladores	4	6	110	2,80	0,65	200	236,92	1,2
Tablet	28	2	110	15,56	0,9	1540	735,78	3,08
Cafeteras	3	2	110	16,36	1	1800	0	3,6
Teléfonos	4	10	110	1,58	0,9	156	74,53	1,56

**Piso # 4**

Luminarias	58	5	110	51,86	0,61	3480	4506,89	17,4
Televisores	7	6	110	9,90	0,9	980	468,22	5,88
Computadores	60	6	110	363,64	0,9	36000	17200,00	216

Aire acondicionado	3	10	220	19,07	0,89	3540	1789,89	35,4
Tablet	48	2	110	26,67	0,9	2640	1437,33	5,28
Ventiladores	3	6	110	2,10	0,65	150	177,69	0,9
Cafeteras	2	2	110	10,91	1	1200	0,00	2,4

Montaje del medidor IOT. Cuando tengamos el medidor listo y configurado, se procede a entregarlo al personal encargado de la institución para en compañía de ellos realizar la respectiva conexión en el tablero de distribución del bloque 13, luego de conectado se debe realizar pruebas de conexión tanto a la red eléctrica como a la red inalámbrica wifi de la institución para poder iniciar con la recepción de información.

para realizar las mediciones se requiere de la utilización de un medidor de energía digital programable, en él se obtiene la información que arroja el circuito eléctrico para el análisis propuesto. también se presentará de manera ordenada y comprensible la información para lograr extraer las conclusiones que estos datos nos generen. En la figura podemos observar los medidores multivariables que se han utilizado, los cuales miden voltaje de fase, voltaje de línea, corriente de línea, factor de potencia, y las 3 potencias (aparente, activa y reactiva).



*Figura 1. Medidor Multifuncional trifásico Modbus Rs485*  
fuente: Diseño del manual del usuario



El medidor presenta algunas especificaciones cómo son tipo multifuncional, rango de medición 5A, precisión de 0.5, voltaje de la fuente de alimentación es de AC/DC85 de aproximadamente 285V.

Para la transmisión de los datos es necesario disponer de un dispositivo WI FI, al elegir los sistemas de programación y el sistema a conectar, se elige una red wifi qué sea compatible para los sistemas de programación elegidos, con un buen acople y una excelente cobertura qué permita su buen funcionamiento.



*Figura 2. Gateway de Comunicaciones VMT*

*Fuente: Diseño del manual del usuario*

La figura presenta un Gateway de comunicaciones el cual es el enlace wifi Modbus Tcp, el cual es un dispositivo electrónico qué permite realizar enlaces entre autómatas programables, medidores de energía y equipamiento de campo, con servidores tipo bróker MQTT, mediante los protocolos de comunicación Modbus Tcp. El Gateway de enlace wifi Modbus Tcp es un dispositivo microelectrónico orientado a la implementación de múltiples aplicaciones de comunicaciones para dispositivos de medición y control en el ámbito del internet de las cosas IoT. En la siguiente figura podemos observar la conexión de un autómata programable al Gateway VMT el cual tiene las siguientes conexiones.

Power GND: conexión al negativo de la fuente de alimentación externa, la cual puede ser la misma qué alimenta al autómata programable. Power +vd: conexión al terminal positivo de la fuente de alimentación, el voltaje de la fuente debe estar en el rango entre 10 y 30 VDC.

RTX+,A\*terminal positivo del bus de comunicación tipo Modbus RTU. RTX-,B- : terminal negativo del bus de comunicación tipo Modbus RTU. este bus de comunicaciones permite la

conexión de hasta 10 dispositivos de campo en el mismo bus para el enlace con servidores remotos y aplicaciones SCADA.

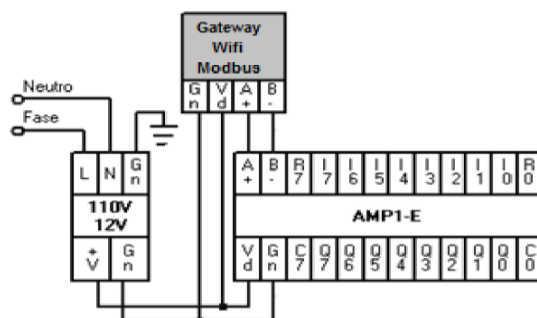


Figura 3. Diagrama de Conexión del Gateway.

Fuente: Diseño el manual de usuario.

Al energizar el Gateway de enlace wifi modbus Tcp, destella un LED ubicado en la parte superior indicando que el dispositivo está correctamente energizado, y buscando una red de área local para conectarse. En el momento en que el dispositivo se conecta a través de una red de área local a un servidor, el LED se queda encendido en forma permanente. Las características del módulo de Gateway son las que se presentan en la figura 4.

Parámetro	Valor	Unidades
Alimentación	10 a 30	Voltios DC
Corriente fuente	0.5	Amperios mín.
Entradas comunica	Diferencial	
Voltaje comunica	5	Voltios DC
Máxima frecuencia	115200	Baud
Comunicación	NRZ	EIA 485 A
Protocolo Bus	Modbus RTU	
Protocolo Red	TCP-IP	
Protocolo servidor	Modbus TCP	
Encriptado	Propietario	Vía driver
Tipo indicaciones	2 LEDS	Red / Bus
Modo configuración	Desde PC	Mgdmod.exe
Conexión a PC	Usb – RS485	CH340
Latencia entre buses	10	milisegundos
Capacidad del Bus	Hasta 10	Dispositivos
Capacidad memoria	3200	Variables
Rango temperaturas	-10 a 80	Grados celcius
Humedad relativa	80%	Máximo
Dimensiones	50 x 30 x 20	mm x mm x mm

Figura 4. Características del Gateway

Fuente: Diseño del manual del usuario

El Gateway se conecta a una red de área local tan pronto como tenga configurado el nombre de la red y la clave de acceso, lo cual se hace con Mgdmod.exe. (herramientas/configurar Gateway). Para conectar el Gateway de enlace wifi Modbus Tcp al PC, se debe utilizar un conversor de RS485 a USB con referencia CH340. Esto con el fin de configurar el dispositivo desde el programa Mgdmod.exe.

En las ayudas del programa se explica la forma de configuración del Gateway seleccionando la opción “configurar Gateway” del menú de herramientas. luego de ser configurado, el Gateway de enlace wifi Modbus Tcp, permitirá la lectura y escritura de las variables de los dispositivos de campo, mediante Modbus RTU y enviará los datos recolectados hacia el servidor remoto, utilizando el protocolo Modbus Tcp.

La figura 5. presenta una guía de detección de fallas del Gateway. Se deben tener en cuenta dichas recomendaciones a la hora de instalar y configurar el Gateway para su operación con el medidor multifuncional.

<b>Falla</b>	<b>Solución</b>
Gateway no energiza	Revisar polaridad de la alimentación
	Revisar voltaje de la fuente
LED no para de destellar.	Revisar que la configuración de red de área local esté correcta.
No comunica con PC	Revisar polaridad de A+ y B-.
	Revisar en el administrador de dispositivos
No realiza barridos	Revisar la configuración de los barridos.
Los dispositivos no responden al barrido	Revisar que la identidad de los dispositivos corresponda a la de la configuración de los barridos
No se conecta con el servidor	Revisar la configuración de dirección IP y puerto TCP.
No se suben datos al servidor.	Revisar la configuración de los tiempos de buffer.

*Figura 5. Guía de Fallas del Gateway*

Fuente: Diseño del manual del usuario

Medición y registro de datos. Luego de haber verificado y configurado las variables que vamos a analizar, procedemos a recepcionar y analizar la información suministrada por el medidor IOT en tiempo real.

*Tabla 1.*

*Datos Suministrados por el Medidor IoT (solo se tomaron algunos datos del archivo con el único objetivo de no saturar mucho el informe, pero al momento de los análisis si se tomaron alrededor de 10 días de datos)*

*Fuente: medidor IoT bloque 13*

Timestamp	volt_A	volt_B	volt_C	I_A	I_B	I_C	P_A	P_B	P_C	P_T	FP_T
23/04/2024 0:09	129,121	128,031	128,332	0,357	0	0	0,043	0	0	0,043	1,954
23/04/2024 0:19	129,108	128,16	128,526	0,359	0	0	0,042	0	0	0,042	1,954
23/04/2024 0:29	129,502	128,408	128,71	0,357	0	0	0,042	0	0	0,042	1,951
23/04/2024 0:39	129,621	128,774	129,531	0,108	0	0	0,007	0	0	0,008	1,792
23/04/2024 0:49	130,037	129,084	129,909	0,108	0	0	0,008	0	0	0,008	1,794
23/04/2024 0:59	129,235	128,351	129,162	0,108	0	0	0,007	0	0	0,008	1,792
23/04/2024 1:09	129,664	128,688	129,394	0,165	0	0	0,017	0	0	0,017	1,91
23/04/2024 1:19	129,774	128,929	129,613	0,108	0	0	0,007	0	0	0,008	1,792
23/04/2024 1:29	129,854	129,011	129,765	0,107	0	0	0,008	0	0	0,008	1,81
23/04/2024 1:39	130,086	129,009	129,474	0,349	0	0	0,042	0	0	0,042	1,964
23/04/2024 1:49	130,052	128,932	129,375	0,35	0	0	0,042	0	0	0,042	1,961
23/04/2024 1:59	130,075	128,931	129,315	0,421	0	0	0,051	0	0	0,052	1,968
23/04/2024 2:09	129,118	128,084	128,313	0,475	0	0	0,051	0	0	0,051	1,855
23/04/2024 2:19	129,007	127,858	128,304	0,354	0	0	0,042	0	0	0,042	1,952
23/04/2024 2:29	129,059	127,979	128,457	0,356	0	0	0,042	0	0	0,042	1,951
23/04/2024 2:39	128,746	127,84	128,632	0,106	0	0	0,007	0	0	0,007	1,786
23/04/2024 2:49	128,922	127,804	128,119	0,433	0	0	0,052	0	0	0,052	1,958
23/04/2024 2:59	128,631	127,777	128,612	0,107	0	0	0,007	0	0	0,007	1,788
23/04/2024 3:09	129,112	127,931	128,257	0,367	0	0	0,043	0	0	0,043	1,947
23/04/2024 3:19	128,735	127,669	128,13	0,345	0	0	0,041	0	0	0,041	1,958
23/04/2024 3:29	129,175	128,015	127,904	0,629	0	0	0,077	0	0	0,077	1,967
23/04/2024 3:39	128,868	127,71	127,829	0,531	0	0	0,059	0	0	0,059	1,878
23/04/2024 3:49	129,287	128,041	128,015	0,636	0	0	0,078	0	0	0,078	1,964
23/04/2024 3:59	129,044	127,93	128,33	0,354	0	0	0,042	0	0	0,042	1,952
23/04/2024 4:09	129,235	127,992	127,963	0,641	0	0	0,078	0	0	0,078	1,962
23/04/2024 4:19	128,889	127,89	128,724	0,106	0	0	0,007	0	0	0,007	1,788
23/04/2024 4:29	129,153	128,039	128,322	0,444	0	0	0,053	0	0	0,053	1,95
23/04/2024 4:39	128,945	127,876	128,802	0,107	0	0	0,007	0	0	0,007	1,788

Simulación del sistema usando aforo de cargas. Después de verificar la información arrojada por el medidor IOT, realizamos una serie de simulaciones usando un aforo de cargas del bloque 13, esto con autorización previa del personal encargado.

Definición de los diagramas de cajas y bigotes Un diagrama de cajas y bigotes es una manera conveniente de mostrar visualmente grupos de datos numéricos a través de sus cuartiles Normalmente utilizado en estadísticas descriptivas, las líneas que se extienden paralelas a las cajas se conocen como «bigotes», y se usan para indicar variabilidad fuera de los cuartiles superior e inferior. Los valores atípicos se representan a veces como puntos individuales que están en línea con los bigotes.

Por medio del software Python se va a realizar un análisis. Se importaron todos los datos obtenidos por el medidor en un archivo consolidado.

```
[ ] ## Lectura del archivo consolidado
df_read=pd.read_excel('Consolidado.xlsx')
```

Figura 6. Código de Python para llamar el archivo que vamos analizar Gateway

Fuente: Diseño propio

Luego de importar el archivo y procesarlo el programa nos arroja una serie de graficas las cuales serán nuestra materia prima para realizar los respectivos análisis. Diagramas de Corrientes de cada una de las fases lo cual nos va a permitir analizar su comportamiento.

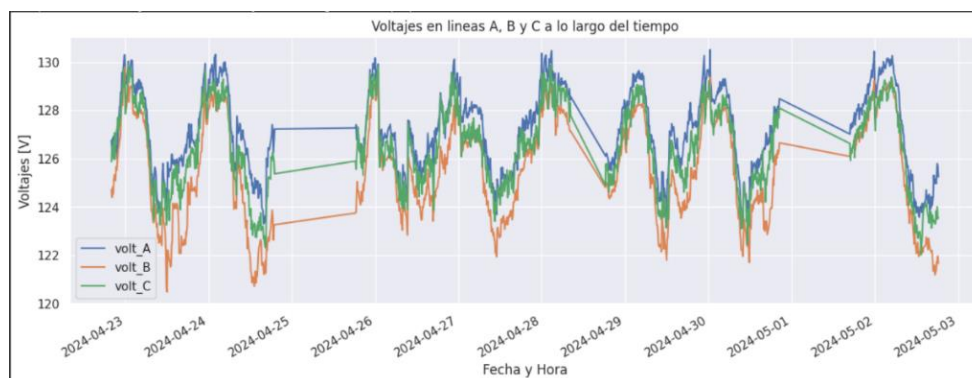


Figura 7. Grafica de Voltajes trifásico por día

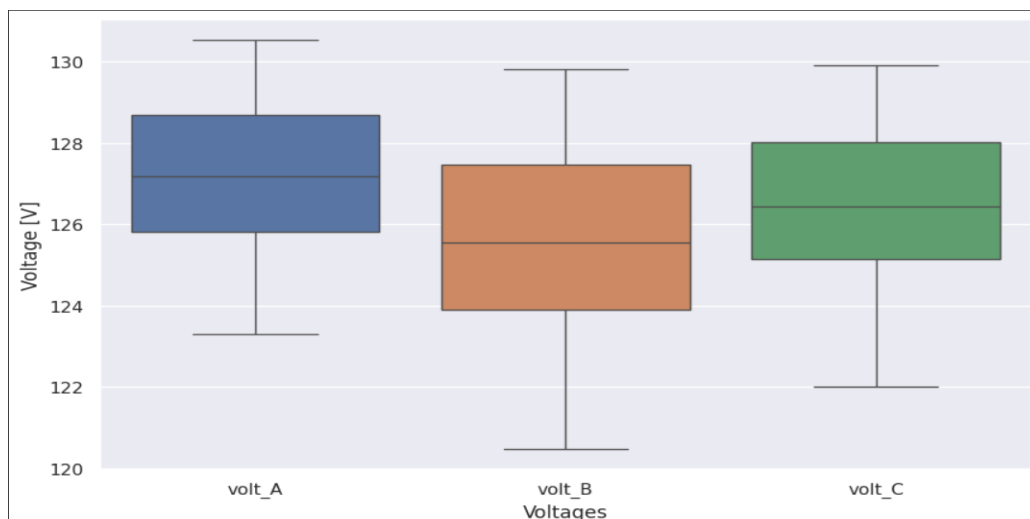
Fuente: Diseño propio

Este gráfico muestra las variaciones en el tiempo de los valores de tensión en tres líneas diferentes: A, B y C. A algunos de los aspectos clave del gráfico son:

**Líneas de Tensión:** Las tres líneas representan los voltajes en las líneas A, B y C. Cada línea tiene su propia trayectoria a lo largo del tiempo, Observa cómo las líneas fluctúan. Puedes ver que los valores de tensión no son constantes y varían en diferentes momentos.

**Eje de las X (Fecha y Hora):** El eje horizontal muestra las fechas y horas en las que se tomaron las mediciones. Comienza desde el 23 de abril de 2024 y llega hasta el 3 de mayo de 2024. Cada punto en las líneas corresponde a un momento específico en el tiempo.

**Eje de las Y (Voltajes [V]):** Eje vertical representa los valores de tensión en voltios (V). Los valores varían entre aproximadamente 110 V y 130 V. Se observa cómo las líneas suben y bajan a lo largo del tiempo.



*Figura 8. Grafica de Voltajes cajas y bigotes*

Fuente: Diseño propio

Estos tipos de gráficos son útiles para visualizar la distribución de datos y detectar valores atípicos o extremos.

**Eje Y (Vertical):** Representa los valores de voltaje en voltios (V). El rango va desde 120 V hasta 130 V.

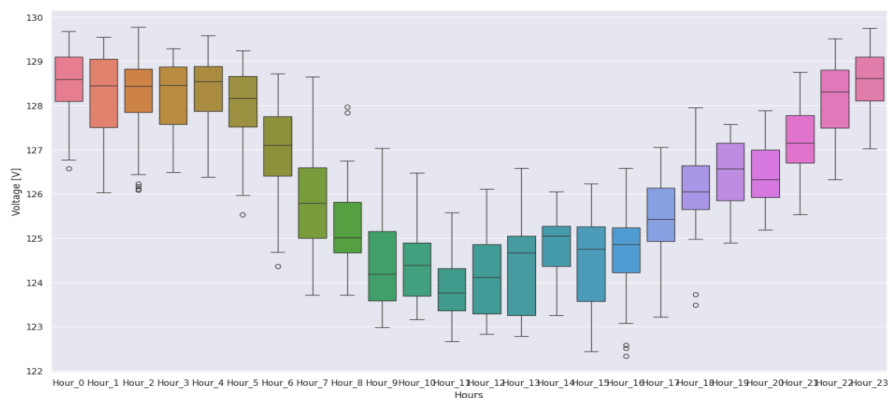
### Tres Categorías de Voltaje:

Volt A: La mediana de este conjunto de datos está alrededor de 127,2 kV. Los valores de los cuartiles están dentro del rango de 126 V a 128,4 V. No hay valores atípicos.

Volt B: La mediana de este conjunto de datos es aproximadamente 125,3V. Los valores de los cuartiles están entre 124 V y 126,7 V. No hay valores atípicos.

Volt C: La mediana de este conjunto de datos está cerca de 126,5 kV. Los valores de los cuartiles están en el rango de 125 V a 128 V. No hay valores atípicos.

Se observa que la distribución de los datos de voltajes de la línea B es menor a los valores de las líneas A y C, en general esto está asociado a una mayor demanda de corriente en la línea B.



*Figura 9. Grafica de Voltajes cajas y bigotes*

Fuente: Diseño propio

El gráfico representa la distribución de voltaje a lo largo de un período de 24 horas. Cada box plot corresponde a una hora específica del día y nos permite observar cómo varían los voltajes en diferentes momentos.

Aquí están los detalles clave del gráfico:

Eje vertical (Y): Representa los valores de voltaje (rango de 120 a 130 V).

Eje horizontal (X): Indica las horas del día, desde “Hora 0” hasta “Hora 23”.

**Variabilidad:** Los boxplots muestran la variabilidad del voltaje durante el día. Cada caja representa el rango intercuartílico (25% al 75%) de los datos, con la línea central indicando la mediana (50%). Los bigotes (líneas que se extienden desde las cajas) representan el rango completo de los datos, excluyendo los valores atípicos.

**Horas destacadas:** Las horas con cajas más grandes (mayor rango intercuartílico) indican una mayor variabilidad en los voltajes.

Las horas con cajas más pequeñas (menor rango intercuartílico) sugieren una menor variabilidad. **Outliers (valores atípicos):** Algunas horas tienen puntos individuales fuera de las cajas. Estos valores atípicos pueden ser importantes para comprender las fluctuaciones extremas en los voltajes.

En resumen, la imagen 4. nos muestra cómo cambian el voltaje a lo largo del día y nos permite identificar patrones o tendencias.

	Voltaje línea A	Voltaje línea B	Voltaje línea C
<b>count</b>	1,116.000	1,116.000	1,116.000
<b>mean</b>	127.188	125.539	126.457
<b>std</b>	1.726	2.144	1.762
<b>min</b>	123.295	120.478	122.009
<b>25%</b>	125.826	123.906	125.145
<b>50%</b>	127.174	125.550	126.441
<b>75%</b>	128.683	127.465	128.014
<b>max</b>	130.526	129.802	129.909

*Figura 10. Tabla de tensiones promediadas en diferentes parámetros.*

Fuente: diseño sacado de Python

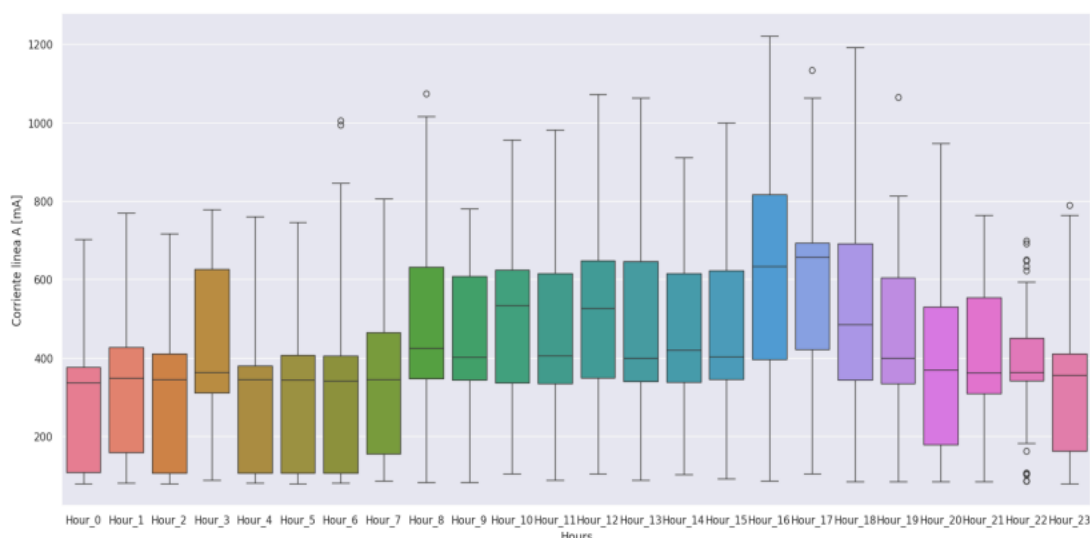
Se observa que la línea B tiene el valor medio más bajo (125.539) y la mayor desviación estándar (2.144), lo que sugiere una mayor variabilidad en los valores de voltaje en comparación con las otras líneas. La línea A tiene el valor medio más alto (127.188) y la menor desviación



estándar (1.726). La línea C se encuentra en un punto intermedio en términos de media y desviación estándar.

Para determinar la causa de estas diferencias, sería útil considerar factores como la longitud de las líneas, la carga conectada y el calibre del conductor.

Para analizar el comportamiento de las corrientes se recurre a diagramas de cajas y bigotes por corriente. Corriente línea A



*Figura 11. Grafica de Corrientes*

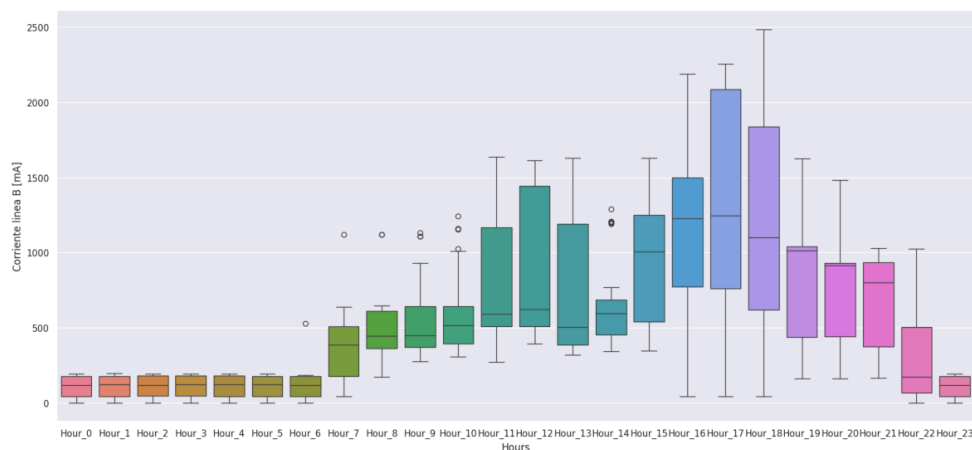
Fuente: diseño propio

Del gráfico anterior, se puede observar una tendencia a un mayor consumo de corriente entre las 8 am y las 8 pm. Las horas con mayor consumo de corriente en el gráfico son las siguientes:

**Hora 12 PM:** Esta hora muestra un consumo de corriente significativamente más alto en comparación con otras horas. El diagrama de caja correspondiente tiene una mediana y un tercer cuartil (Q3) más elevados. **Hora 4 PM:** la hora 4 PM también presenta un consumo de corriente considerablemente alto. El diagrama de caja para esta hora tiene valores superiores notables.

**Hora 5 PM:** Durante la hora 5PM, nuevamente se registra un pico en el consumo de corriente. El diagrama de caja para esta hora muestra valores más altos. Se puede observar, además, que hay cargas conectadas a esta línea que están trabajando 24 horas.

## Corriente línea B

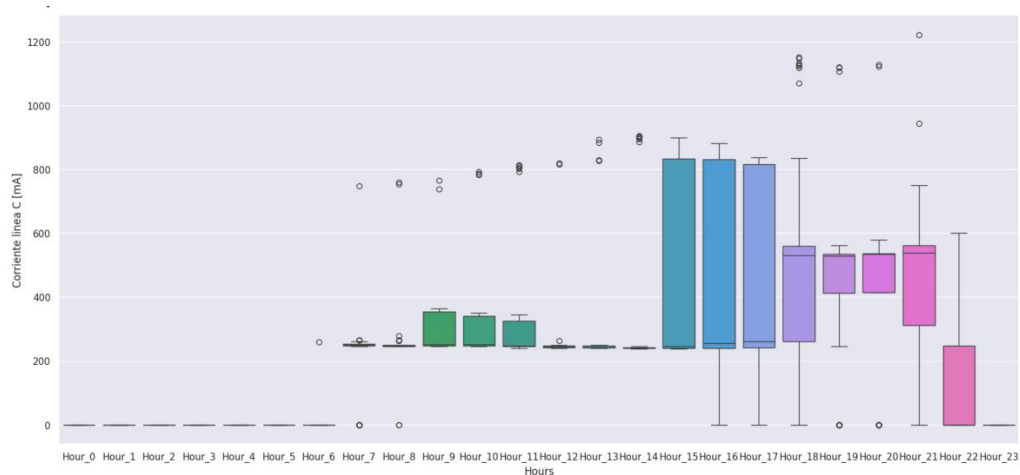


*Figura 12 Grafica de Corrientes*

Fuente: diseño propio

Para identificar las horas con mayor consumo de corriente en el gráfico, debemos observar las medianas y los cuartiles superiores de las cajas. En este caso, desde la Hora 11 hasta la Hora 22 (de 11 a. m. a 10 p. m.), hay medianas más altas y cuartiles superiores mayores en comparación con otras horas. Esto sugiere que estas son las horas con mayor consumo de electricidad, las mayores demandas establecidas entre las 5 y 6 pm, presentándose picos máximos de corriente a las 6 pm. También se observa que la corriente consumida entre las 0 y las 6 am es baja en comparación con la demanda de las demás horas del día.

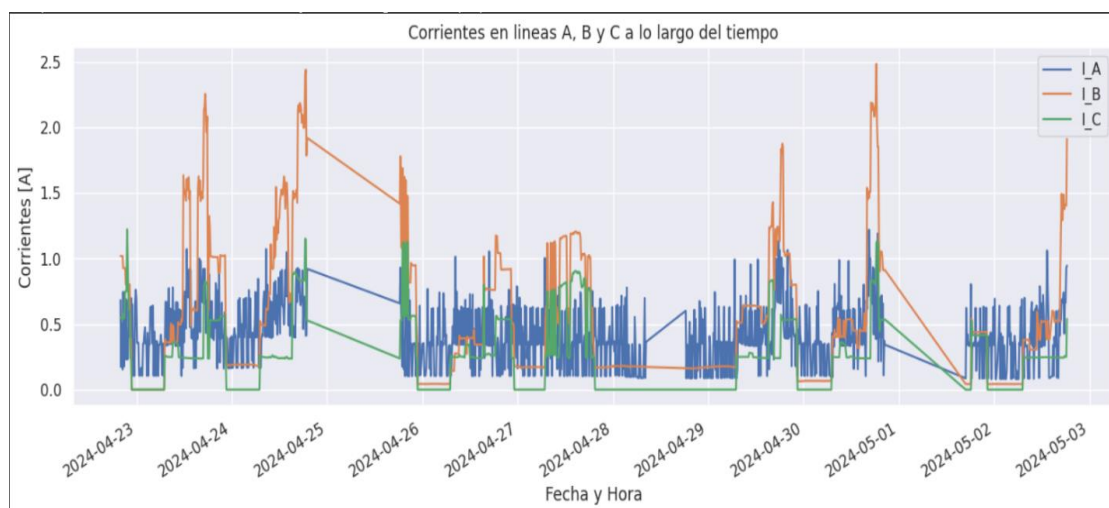
## Corriente línea C



*Figura 13. Grafica de Corrientes*

Fuente: diseño propio

De la imagen 7 anterior, se puede observar una tendencia a un mayor consumo de corriente entre las 7 am y las 9 pm, también al igual que en la línea B, pero, se presenta una mayor demanda de corriente entre las 3 pm y las 6 pm. También se observa que los equipos o cargas conectadas a esta línea no trabajan de manera continua.



*Figura 14. Grafica de Corrientes Trifásica*

Fuente: diseño propio

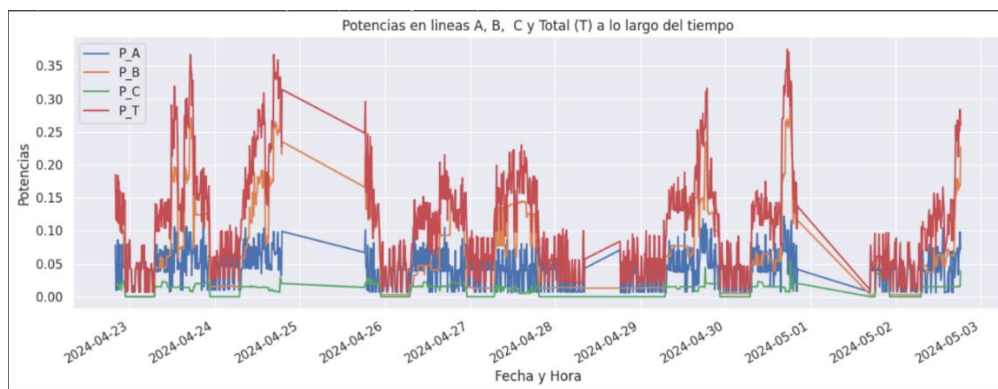
El gráfico muestra fluctuaciones en el consumo de corriente durante un período de once días, esto podría ser relevante para analizar la gestión de carga eléctrica o identificar patrones de uso.

La línea B presenta un mayor consumo de corriente con respecto a las líneas A y C con valores pico en la mayoría de los días que se realizó la medición.

Línea C en la mayoría de los días presenta un consumo de corriente cercanos a ceros, significa que en esta línea está conectadas las cargas que generalmente no se usan a menudo.

En la línea A en ningún momento presenta valores de consumo de corriente iguales a cero debido a que en esta línea están conectadas las cargas que trabajan las 24 horas al día.

Diagrama de Potencia el cual nos muestra cada una de las fases expresadas en las horas del día durante varios días.

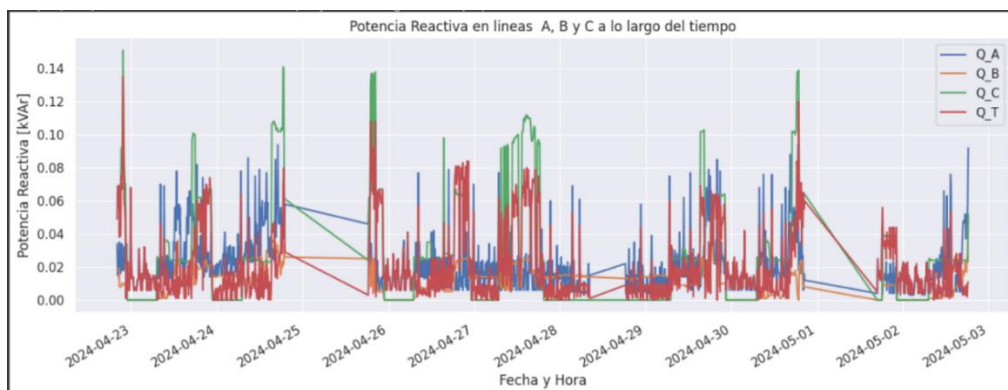


*Figura 15. Grafica de Potencia Activa*

Fuente: diseño propio

Este gráfico proporciona información sobre el consumo de energía en diferentes líneas y su variación a lo largo del tiempo. Se observan picos significativos en todas las potencias alrededor del 25 de febrero de 2024 y entre el 30 de abril y el 1 de mayo de 2024. El gráfico muestra que la fase B tiene una predominancia de valores más altos en la potencia activa de 0,26 KW, lo que indica un consumo mayor en esa fase en comparación con las fases A y C.

La fase C exhibe valores cercanos a cero lo que indica un menor consumo de potencia activa en esta fase. El día 28/04/2024 se observa que las fases B y C presentan consumos mínimos debido a que es domingo y la mayoría de los equipos conectados a la red eléctrica están apagados. En la fase A están conectados los equipos que tienen consumo de 24 horas (neveras, cámaras, ups, medidores) y consumos mínimos de equipos que no se desconectan de la red cuando se apagan.



*Figura 16. grafica de potencia reactiva*

Fuente: diseño propio

El anterior gráfico muestra una potencia reactiva con picos altos que fluctúan en tiempos determinados, con valores máximos presentados en los días 24, 26 y 28 de abril del 2024. La fase C tiene conectada la mayor carga de los motores de los laboratorios, por lo cual la línea C tiene una mayor carga de potencia reactiva que las líneas A y B. Las cargas que generan potencia reactiva trabajan muy pocas horas en la semana, debido a que en muchos periodos de tiempo las cargas reactivas en todas las líneas están con valores cercanos a 0 KVAR

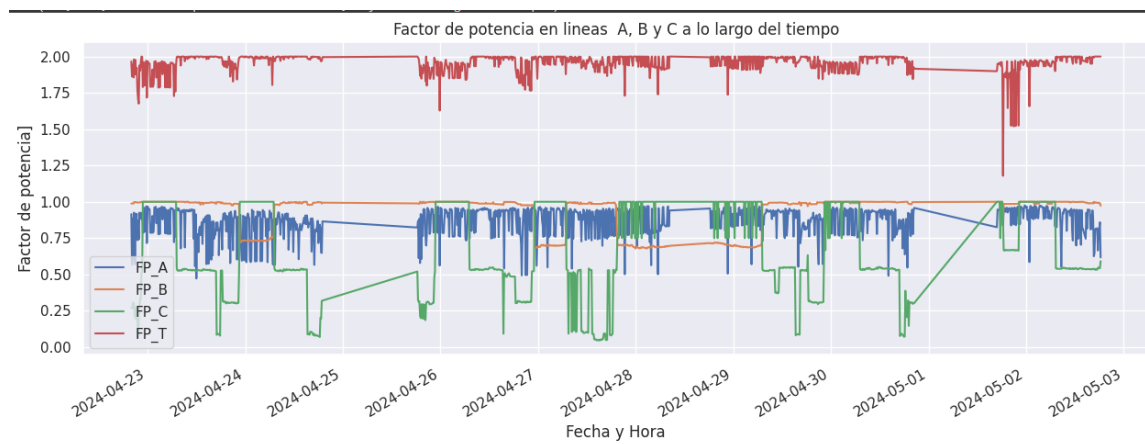


Figura 17. grafica factor de potencia

Fuente: diseño propio

El gráfico muestra tres líneas etiquetadas como A, B y C, que representan el comportamiento del factor de potencia a lo largo del tiempo.

Observamos que las líneas A, B y C tienen fluctuaciones notables a lo largo del tiempo. Los picos agudos, especialmente en la línea roja (C), podrían indicar eventos específicos o cambios en la red eléctrica.

Línea C (en verde): Tiene una variabilidad significativa y muestra los mayores picos, tiene un factor de potencia demasiado bajo, alcanzando en varias ocasiones valores por debajo de 0.25. Una de las posibles causas de que en esta de línea este el factor de potencia tan bajo es que están conectadas las cargas inductivas de todos los laboratorios del bloque 13, equipos como motores eléctricos, transformadores, bobinas y reactores generan campos magnéticos que causan un desfase entre la corriente y la tensión, lo que reduce el factor de potencia.

Línea A (en azul): Similar a la línea C, pero con patrones diferentes y picos menos pronunciados con valores más admisibles, se evidencia que en esta línea están conectados equipos que trabajan por periodos de tiempos en el día debido a que la interferencia sube y baja constantemente en la mayoría de los días alcanzando siempre valores máximos y mínimos muy parecidos, basados en esta información se puede afirmar que en esta línea hay conectados equipos como neveras, refrigeradores y aires acondicionados.

Línea B (en naranja): No presenta variabilidades significativas, en la mayoría de los días presento valores cercanos a 1 debido a que en ella hay conectadas cargas con predominancia resistiva, esto tipo de carga consumen muy poca potencia reactiva evitando el desfase entre el voltaje y la corriente.

Al comparar medición y registro con datos de simulación, luego de haber realizado las simulaciones y con los datos arrojados por el medidor, realizamos unos análisis de ambos escenarios para ir teniendo más información relevante del proyecto.

Se podemos pudo analizar en la imagen 4, se presentaron unos movimientos muy constantes de las 3 líneas, pero si analizamos entre los días 25 y 26 se presenta una leve estabilidad de las 3 líneas, pero ya esta vez en diferentes valores lo que nos podría dar a entender de que no en todo momento las líneas manejan los mismos valores de carga y por ende se presenta un desbalance del sistema en algunos momentos del día debido a que no todas las líneas alimentan los mismos elementos.

Para la imagen 5 podemos decir que el voltaje estadísticamente hablando es igual en las 3 líneas, el cual oscila entre 125 y 127 voltios. La imagen 6 nos muestra que estadísticamente podríamos decir que las líneas A y C se comportan de una manera muy similar, mientras que la línea B si presenta algunas variaciones en sus picos.

La imagen 7 nos muestra unos picos muy pronunciados de la línea B los cuales podrían ser generados por ciertos equipos en ciertas horas, principalmente en las horas de la noche, lo que nos podría dar a entender de que esta línea maneja una carga de iluminación y otros equipos os

cuales al ser usados en conjunto generan una alta carga a la línea, por el contrario la línea C presenta muchos momentos de consumo nulo, con valor cero, lo cual indica que en algunas horas no hay consumo de energía, esto se debería analizar más a fondo desde el medidor ya las otras dos líneas si presentan consumos.

La grafica 8 al ser de potencia nos presenta casi que los mismos valores de la corriente, por lo que podríamos decir de que la potencia activa de un sistema se comporta casi de la mismos manera que la corriente.

En la imagen 9 podrías decir que se presentan unos picos leves de reactiva más que todo en horas de la noche, esto nos podría llevar a analizar qué tipo de elementos son los que al ser utilizados nos están generando esas cargas de reactiva al sistema, cabe aclarar de que son en cortos lapsos de tiempo, pero aun así generan unos picos realmente considerables.

Para la gráfica 10 se podría decir que se maneja un factor de potencia bueno, teniendo en cuenta que el FP en C presenta unas caídas demasiado considerables y esto de alguna manera también afecta el buen funcionamiento del sistema ya que produce una mayor circulación de corriente y esto podría generar daños en equipos por temas de sobrecarga.

Para el análisis y evaluación de datos de comparación, después de tener los resultados de las respectivas comparaciones, se obtendrán unos resultados los cuales se evaluarán para ser finalmente consignados en un informe.

El análisis técnico eléctrico es fundamental para comprender el comportamiento de los sistemas eléctricos y tomar decisiones de mejoras energéticas, este contexto está relacionado con la construcción de un diagrama de cargas, la mediciones en un analizador de redes y simulaciones de los datos obtenidos Por medio del software Python, estas simulaciones pueden ofrecer información relevante sobre el análisis del comportamiento de la red eléctrica en cuanto a la carga eléctrica que tiene cada uno de los circuitos conectados a la red eléctrica.

Analizando los datos de Tensión: Las tres líneas representan los voltajes en las líneas A, B y C. Cada línea tiene su propia trayectoria a lo largo del tiempo. Se observa en las gráficas de

voltaje cómo las líneas fluctúan y se puede ver que los valores de tensión no son constantes y varían en diferentes momentos, aproximadamente entre 110 V y 130 V, los valores de voltaje suben y bajan a lo largo del tiempo.

A que se deben estas variaciones Temporales de voltaje: Cuando los dispositivos eléctricos dentro de una instalación eléctrica se encienden o apagan, pueden generar variaciones en la demanda de energía. Por ejemplo, cuando un motor arranca, requiere más corriente eléctrica, lo que puede afectar el voltaje en la red interna. Los electrodomésticos como refrigeradores y aires acondicionados también pueden causar fluctuaciones al encenderse o detenerse.

Si un dispositivo conectado al circuito tiene un problema interno, como un condensador defectuoso o un regulador de voltaje averiado, puede afectar la estabilidad del voltaje. Un cableado deficiente o conexiones sueltas pueden provocar fluctuaciones en el voltaje. Si la carga eléctrica es demasiado alta para la capacidad de la instalación, puede haber variaciones en el voltaje.

Si el proveedor de la red eléctrica presenta problemas de picos de voltaje, esto se ve reflejado en los circuitos eléctricos conectados a la red.

Se observa que los valores de voltaje en la línea B son menores que los de las líneas A y C, lo que significa que hay una mayor demanda de corriente en la línea B. Esto podría deberse a varios factores, como la longitud de la línea, la resistencia del conductor o la carga conectada a esa línea específica.

Longitud de la línea: Si la línea B es más larga que las líneas A y C, las pérdidas por resistencia aumentan con la longitud del cable, lo que podría explicar la diferencia en los voltajes.

Carga conectada: Si la línea B alimenta una carga más grande o más pequeña en comparación con las otras líneas, requerirá más corriente y por lo tanto podría afectar el voltaje.

Calibre del conductor: Si el calibre del conductor en la línea B es diferente al de las otras líneas, un conductor más delgado (mayor resistencia) podría resultar en una caída de voltaje más pronunciada.



Analizando los datos de corriente: El objetivo del análisis de consumo de corriente es comprender cómo se utiliza la energía eléctrica en un circuito específico y poder identificar algunos aspectos como: identificar grandes consumidores de Energía, optimizar el uso de energía, dimensionar componentes, detectar anomalías o problemas en los equipos, evaluar costos y eficiencia.

Los rangos de medición de consumo de corriente, en algunas horas muestran rangos amplios con medianas más altas, lo que sugiere una mayor variabilidad y un consumo generalmente más alto durante algunos períodos.

Como se había estimado anteriormente la línea B tiene una carga mas grande conectada que las líneas A y C, se evidencia en esta línea un mayor consumo de corriente con respecto a las demás, con esta información podemos afirmar que los circuitos eléctricos del bloque 13 de la institución universitaria Pascual Bravo no están balanceados.

Un circuito eléctrico desbalanceado puede ocasionar varios problemas, tanto en equipos conectados como en la red eléctrica en general:

**Sobrecarga en una fase:** Si una fase está llevando más carga que las otras, puede sobrecargarse, lo que aumenta el riesgo de sobrecalentamiento y falla del equipo conectado a esa fase.

**Voltaje desigual:** Un circuito desequilibrado puede resultar en voltajes desiguales entre fases, lo que puede afectar el rendimiento de los equipos eléctricos, especialmente los motores, que pueden funcionar de manera menos eficiente o sobrecalentarse.

**Aumento de pérdidas:** Cuando hay desequilibrio en el circuito, se pueden experimentar mayores pérdidas de energía debido a corrientes de retorno no deseadas, lo que puede resultar en facturas de energía más altas.

**Problemas de calidad de energía:** Un circuito desequilibrado puede causar fluctuaciones de voltaje y corriente en la red eléctrica, lo que podría afectar negativamente a otros equipos conectados, causando interferencias o mal funcionamiento.

**Sobrecarga en neutro:** Si hay un desequilibrio significativo entre las fases, el conductor neutro podría experimentar una carga desigual, lo que podría llevar a una sobrecarga y posiblemente a daños en el equipo o riesgos de seguridad

Para evitar estos problemas, es importante mantener un equilibrio adecuado entre las fases del circuito, distribuyendo uniformemente la carga entre ellas y asegurándose de que el sistema esté diseñado para manejar las demandas de manera equitativa

Con el diagrama de cargas que se construyó se logra identificar los grupos de equipos con más consumo de energía. Generalmente estos equipos funcionan en las horas donde más alto están los picos de consumo de corriente, con lo que podemos concluir que el diagrama de cargas va de la mano con los datos que nos arroja el analizador de redes y con esta información hacer un análisis más profundo sobre cómo mejorar el consumo de corriente en el bloque 13 de la institución universitaria Pascual Bravo.

**Analizando los datos de potencias:** El análisis técnico de consumo de potencias es fundamental para comprender y optimizar el uso de la energía eléctrica, proporciona información valiosa para tomar decisiones informadas y mejorar la eficiencia energética.

Se observan picos significativos de consumo de potencia activa, son valores esperados debido a todos los equipos que hay conectados a la red eléctrica y no hay certeza en qué momento del día se estén utilizando como es el caso de los laboratorios.

El gráfico muestra que la fase B tiene una predominancia de valores más altos en la potencia activa de 0,26 KW, lo que indica un consumo mayor en esa fase en comparación con las fases A y C, se debe a que en esta línea hay conectadas cargas que trabajan las 24 horas del día y son cargas con un consumo de potencia reactiva moderado.

La fase C exhibe valores cercanos a cero, presenta un menor consumo de potencia activa en esta fase, pero tiene mayor carga de potencia reactiva que las líneas A y B, lo que indica que en esta línea están conectados las cargas reactivas de los laboratorios.

Las cargas que generan potencia reactiva trabajan muy pocas horas en la semana, debido a que en muchos periodos de tiempo las cargas reactivas en todas las líneas están con valores cercanos a 0 KVAR. En los días donde se presentan consumos mínimos de potencia activa es debido a que es domingo y la mayoría de los equipos conectados a la red eléctrica están apagados. En la fase A están conectados los equipos que tienen consumo de 24 horas (neveras, cámaras, ups, medidores) y consumos mínimos de equipos que no se desconectan de la red cuando se apagan.

Analizando los datos de factor de potencia: El factor de potencia es una medida importante en sistemas eléctricos de corriente alterna (CA). Representa la eficiencia con la que un sistema convierte la energía eléctrica en trabajo útil, un factor de potencia cercano a 1 indica que el sistema está utilizando la energía de manera eficiente y un bajo factor de potencia (menor a 0.9) puede resultar en pérdidas de energía y costos adicionales.

En las mediciones que realizaron con el analizador de se pudo determinar los factores de potencia en cada una de las líneas, una de las líneas tiene un factor de potencia demasiado bajo alcanzando en varias ocasiones valores por debajo de 0.25. Una de las principales causas de que en una de líneas este el factor de potencia tan bajo es que en esta línea están conectadas las cargas inductivas de todos los laboratorios del bloque 13, equipos como motores eléctricos, transformadores, bobinas y reactores generan campos magnéticos que causan un desfase entre la corriente y la tensión, lo que reduce el factor de potencia, un factor de potencia bajo puede ocasionar varios problemas en un sistema eléctrico.

Aumento de Pérdidas de Energía: Cuando el factor de potencia es bajo, la cantidad de potencia reactiva (que no realiza trabajo útil) aumenta. Esto resulta en pérdidas adicionales en los cables, transformadores y otros componentes del sistema eléctrico.

**Sobrecarga de Equipos:** Los equipos eléctricos, como motores y transformadores, pueden sobrecalentarse debido a la mayor corriente necesaria para compensar la potencia reactiva. Esto reduce la vida útil de los equipos y aumenta los costos de mantenimiento.

**Penalizaciones en la Facturación:** Algunas compañías eléctricas aplican tarifas adicionales a los clientes con un factor de potencia bajo. Esto puede resultar en facturas más altas.

**Inestabilidad del Voltaje:** Un factor de potencia bajo puede causar fluctuaciones en el voltaje, lo que afecta la operación de otros equipos conectados al mismo sistema.

**Ineficiencia Energética:** Un sistema con factor de potencia bajo no utiliza la energía de manera eficiente, lo que aumenta el consumo total de energía.

Para mejorar el factor de potencia, se pueden utilizar condensadores (baterías de condensadores estáticos) para compensar la potencia reactiva, la corrección del factor de potencia ayuda a reducir pérdidas y a ahorrar energía.

Para la detección de equipos con más consumo de energía, con los resultados podemos determinar qué equipos, máquinas o aires acondicionados son los que están generando un mayor consumo de energía.

Detectar los equipos con más consumos energéticos nos permite cuantificar la energía demandada por los diferentes sistemas de la instalación. Esta información se convierte en un factor clave para poder evaluar futuras acciones de mejora energética, con el fin de optimizar nuestros consumos, cuantificar los recursos energéticos asociados al servicio, evitar penalizaciones y reducir el importe de la factura eléctrica.

En el piso 1 tenemos una carga energética bastante importante la cual está integrada por iluminación, equipos de cómputo, motores y aires acondicionados los cuales tienen los mayores números en temas de consumo KWH.

Para el piso 2 tenemos luminarias, equipos de cómputo y cafeteras siendo estos los elementos de mayor consumo durante el día.

Para el piso 3 vemos que las luminarias, los equipos de cómputo y los aires acondicionados son los elementos que generan una mayor carga energética al sistema.

Por último, el piso 4 los mismos elementos del piso 3 predominan en los elementos que más generan consumo energético.

Después de analizar todos equipos eléctricos del bloque 13 que están conectados a la red se determina que hay 4 cargas significativas: computadores, luminarias, aires acondicionados y motores, estas 4 cargas son las que están generando un mayor consumo de energía.

Construir un aforo de cargas e instalar un medidor en la red nos proporcionó información en tiempo real tanto de variables energéticas como eléctricas para contabilizar consumos totales y parciales para asegurar el buen funcionamiento de la instalación.

Para la evaluación de eficiencia energética, con toda esta información podremos hacer un análisis de cuales equipos están interfiriendo en una eficiencia energética del bloque 13 de la institución.

La evaluación de la eficiencia energética es un proceso integral que implica analizar y medir el consumo de energía en un sistema o proceso específico, identificar áreas de mejora y tomar medidas para reducir el consumo de energía y aumentar la eficiencia.

Recopilación de datos: Se recopiló datos relevantes sobre el consumo de energía en el bloque 13 de la institución universitaria Pascual Bravo. Esto incluye datos de facturación de energía, registros de consumo, información sobre equipos, información sobre procesos, y datos operativos.

**Análisis de energía:** Una vez que se recopilan los datos, se realiza un análisis detallado para comprender cómo se está utilizando la energía. Se construyó un aforo de cargas con la información de placa de todos los equipos del bloque 13 conectados a la red, se instala un medidor IoT para tomar datos en tiempo real, en el software Python se realizan análisis de los datos suministrados por el medidor durante 10 días. Con estos análisis se identifican patrones de consumo y se determina que las cargas energéticas más grandes son (computadores, luminarias, aires acondicionados y motores).

**Desarrollo de un plan de acción:**

Basados en el análisis de energía, se identifican las áreas donde se pueden realizar mejoras para aumentar la eficiencia energética, esto puede incluir la actualización de equipos obsoletos, la implementación de prácticas de operación más eficientes, la optimización de sistemas de control y la incorporación de tecnologías de ahorro de energía, se deben evaluar los costos y beneficios de las medidas de eficiencia energética propuestas, esto implica calcular el costo de implementación, los ahorros de energía esperados, los periodos de retorno de la inversión y otros indicadores financieros relevantes.

Para la identificación de oportunidades de ahorro energético, con dicha información se puede identificar un modelo óptimo de ahorro de energía en el bloque 13.

Identificar oportunidades de ahorro energético es fundamental para optimizar el consumo y reducir costos, estas son algunas estrategias específicas de oportunidades de ahorro energético para los equipos que se encuentran instalados en el bloque 13.

**Aires acondicionados: Programación inteligente:** Configurar los aires acondicionados para que se apaguen automáticamente durante las horas nocturnas o cuando no haya alumnos en las aulas de clase donde no se requiera aire las 24 horas. Esto evitará un consumo excesivo.

**Mantenimiento regular:** Limpiar los filtros y verificar que los componentes estén en buen estado. Un equipo limpio y bien mantenido consume menos energía.

**Aislamiento térmico:** Verificar si hay fugas de aire en puertas y ventanas, corregirlas adecuadamente para evitar pérdidas de frío al interior de las aulas. **Control de aire natural:** Aprovechar la circulación de aire natural. Abrir las ventanas para que circule el aire natural del ambiente en las aulas sin necesidad de encender aires acondicionados.

**Computadoras:**

**Modo de ahorro de energía:** Configurar las computadoras para que entren en modo de suspensión o hibernación cuando no se utilizan durante un período de tiempo.

**Luminarias:**

**Tecnología LED:** Reemplazar las luminarias incandescentes o fluorescentes por luces LED.

Estas son más eficientes y duraderas.

**Sensores de movimiento:** Instalar sensores de movimiento para que las luces se enciendan solo cuando sea necesario.

**Control de la iluminación natural:** Aprovechar la luz natural durante el día. Abrir ventanas y persianas para iluminar las aulas sin necesidad de encender lámparas.

**Motores:**

**Variadores de velocidad:** Utilizar variadores de velocidad en motores eléctricos. Esto permite ajustar la velocidad según la carga, reduciendo el consumo energético.

**Mantenimiento preventivo:** Realiza mantenimientos regulares para asegurar que los motores funcionen de manera eficiente.

**Electrodomésticos:**

**Etiquetas de eficiencia energética:** Al comprar electrodomésticos nuevos, busca aquellos con etiquetas de eficiencia energética. Estas indican su consumo y te ayudarán a elegir los más eficientes.

Desconexión: Apagar los electrodomésticos cuando no los estés utilizando. Incluso en modo de espera, algunos siguen consumiendo energía.

Para las mejoras y recomendaciones, con toda esta información podemos estudiar las posibles soluciones para mejorar la eficiencia energética y disminuir los altos consumos energéticos.

Cambiar el sistema de iluminación actual a tecnología LED con el fin de reducir los altos consumos de energía, aumentar su vida útil lo que se traduciría en ahorro tanto en equipos como en consumo energético, esto sin mencionar que mejoraría la calidad de la iluminación más que todo en las aulas de clase.

Realizar una revisión completa de los motores tanto monofásicos como trifásicos que se estén usando, esto con el fin de garantizar un excelente desempeño y que no existan pérdidas significativas de energía debido al desgaste de algunos componentes, llevando a cabo tareas de limpieza y mantenimiento predictivo de vibraciones tanto en rodamientos como en las chumaceras de estos.

Se recomienda una revisión completa desde la acometida del gabinete con el fin de determinar si esta es la adecuada para alimentar toda la demanda del bloque 13.

Realizar mantenimiento periódico de los aires acondicionados ya que estos generan un mayor consumo cuando presentan altos niveles de suciedad en los filtros y también un gran deterioro del equipo por una mayor carga de trabajo.

Encender tanto la iluminación como los aires acondicionados solo si es necesario debido a que se evidencia que las aulas de clase presentan unas ventanas de gran tamaño las cuales al abrirlas generan iluminación y ventilación lo cual evitaría el uso constante de estos elementos.

En los baños instalar sensores de movimiento para controlar la iluminación, esto con el fin de que si no hay nadie en el baño la iluminación permanezca apagada.



Hacer un inventario de cuales equipos de cómputo son equipos “parásitos” que solo están consumiendo energía, pero no son útiles para los estudiantes, esto con el objetivo de que los equipos que se encuentran en la sala sean todos funcionales.

Para el análisis de viabilidad técnica y económica de mejoras. En el análisis de las posibles mejoras, también se debe analizar el tema de costo-beneficio para la institución, y también un análisis técnico.

Análisis de viabilidad técnica de las mejoras procediendo a cambiar el sistema de iluminación actual a tecnología LED de alto ahorro energético. Ahorro energético: Las luminarias LED consumen significativamente menos energía en comparación con otros tipos de luminarias tradicionales. En tiempos de crisis, el ahorro energético es una prioridad, y la tecnología LED puede reducir el consumo de energía en un rango del 25% al 50%. Esto no solo disminuiría los costos de electricidad, sino también contribuiría a la sostenibilidad ambiental.

Vida útil prolongada: Las luces LED tienen una vida útil mucho mayor que una luminaria estándar. Mientras que una luminaria estándar dura aproximadamente 10,000 horas, una luminaria LED puede funcionar hasta 50,000 horas. Esto se traduce en un ahorro sustancial en gastos y esfuerzos de mantenimiento a largo plazo.

Respeto al medioambiente: La tecnología LED es más ecológica. A diferencia de las bombillas incandescentes, las luminarias LED no contienen mercurio ni otros materiales tóxicos. Además, cumplen con las normativas europeas de sustancias contaminantes, lo que facilita su reciclaje y reduce el impacto ambiental.

Reducción de emisiones de CO<sub>2</sub>: El bajo consumo de energía de las luminarias LED se traduce en un ahorro importante en las emisiones de CO<sub>2</sub>. Esto contribuye a proteger nuestro ecosistema y a combatir el cambio climático.

Tecnología adaptable: Las luces LED se pueden regular en tono e intensidad, lo que permite adaptar la iluminación a diferentes necesidades. Por ejemplo, se pueden programar para ajustarse

según la luz exterior o las actividades en las aulas de clase, creando entornos de trabajo más confortables y seguros<sup>1</sup>.

**Variedad cromática:** Las luminarias LED ofrecen una amplia gama de colores y tonos, lo que permite crear ambientes personalizados.

**Resistencia a las vibraciones:** Las luces LED son más robustas y resistentes a golpes y vibraciones, lo que las hace ideales para espacios como aulas de clase.

En resumen, cambiar a la iluminación LED de alto rendimiento no solo reduciría los costos de energía y mantenimiento, sino también mejoraría la calidad de la iluminación en las aulas de clase y contribuiría al cuidado del medio ambiente. Es una excelente elección.

**Mantenimiento preventivo y predictivo en motores.** Realizar un análisis técnico exhaustivo de los motores monofásicos y trifásicos es fundamental para garantizar su óptimo rendimiento y prevenir pérdidas de energía debido al desgaste. **Inspección visual y limpieza:** Comienza con una inspección visual detallada de los motores en busca signos de desgaste, daños o acumulación de suciedad, se limpia las partes externas de los motores, como las carcasas y los ventiladores, para mantener una buena disipación de calor.

**Revisión de rodamientos:** Los rodamientos son componentes críticos en los motores. Al realizar una evaluación de su estado, se observa los patrones de desgaste en los rodamientos. Los tipos comunes de desgaste incluyen:

**Desgaste abrasivo:** Causado por partículas extrañas en el lubricante que dañan la superficie del rodamiento.

**Desgaste adhesivo:** Resulta del contacto metal con metal entre el rodamiento y el eje, lo que transfiere material y daña la superficie.

**Desgaste por fatiga:** Ocurre debido a cargas cíclicas repetidas, formando grietas y eventualmente fallas.

**Desgaste corrosivo:** Resulta de reacciones químicas entre el material del rodamiento y el lubricante, degradando la superficie.

**Desgaste erosivo:** Causado por impacto de partículas sólidas o gotas de líquido en la superficie del rodamiento

**Mantenimiento predictivo de vibraciones:** Las vibraciones excesivas pueden indicar problemas en los rodamientos o en otras partes del motor, utilizando herramientas de medición de vibraciones para evaluar su nivel y frecuencia. Si se detectan vibraciones anormales, se debe investigar la causa y toma medidas correctivas.

**Ajuste de conexiones eléctricas:** Se debe verificar que todas las conexiones eléctricas estén seguras y sin daños asegurándose de que los cables estén correctamente apretados.

**Inspección de chumaceras:** Las chumaceras (cojinetes de apoyo) también deben revisarse, verificar su estado y lubricación asegúrese de que no haya desgaste excesivo o daños en las chumaceras, se debe utilizar lubricantes recomendados para los rodamientos y las chumaceras, sigue los intervalos de lubricación especificados por el fabricante.

**Registro y seguimiento:** Documenta todas las acciones realizadas y lleva un registro de mantenimiento, se debe programar inspecciones regulares para mantener el buen estado de los motores.

En resumen, un mantenimiento adecuado de los motores monofásicos y trifásicos incluye inspecciones visuales, revisión de rodamientos, control de vibraciones y cuidado de las chumaceras. Esto garantizará un funcionamiento eficiente y prolongará la vida útil de los motores.

Realizar una revisión completa desde la acometida del gabinete. Realizar una revisión completa desde la acometida del gabinete es esencial para garantizar que la instalación eléctrica sea adecuada para alimentar toda la demanda, los aspectos técnicos que se deben tener en cuenta son:

**Verificación de la acometida:** Comienza por inspeccionar la acometida eléctrica desde el punto de entrada al edificio bloque 13, asegúrate de que la acometida esté en buen estado, sin daños visibles ni conexiones sueltas.

**Capacidad de carga:** Determina la capacidad de carga de la acometida, esto se refiere a la cantidad máxima de energía eléctrica que puede suministrar, comprueba si la capacidad actual es suficiente para alimentar toda la demanda actual y futura, considera factores como: Carga total de los equipos eléctricos (iluminación, electrodomésticos, sistemas de climatización, etc.), Posibles expansiones o adiciones futuras, normativas locales y recomendaciones de seguridad.

**Cálculo de carga:** Realiza un cálculo detallado de la carga eléctrica actual y proyectada. Esto incluye, sumar las cargas de todos los circuitos y dispositivos conectados a la acometida, verificar si la carga actual está dentro de los límites de la capacidad de la acometida, considerar la diversidad de carga (no todos los equipos funcionan al máximo al mismo tiempo).

**Medición de voltaje y corriente:** Utiliza un multímetro para medir el voltaje y la corriente en la acometida, verifica que los valores estén dentro de los rangos aceptables según las especificaciones eléctricas.

**Protecciones y dispositivos de seguridad:** Inspecciona los dispositivos de protección, como los interruptores automáticos y los fusibles, asegúrate de que estén correctamente dimensionados y funcionando correctamente.

**Calidad de la conexión a tierra:** La conexión a tierra es crucial para la seguridad eléctrica. Verifica que esté bien establecida, realiza pruebas de resistencia de tierra si es necesario.

**Documentación y recomendaciones:** Documenta los resultados de la revisión y cualquier recomendación, si encuentras problemas o deficiencias, consulta con un profesional eléctrico para tomar las medidas adecuadas.

en resumen, una revisión completa desde la acometida del gabinete te permitirá evaluar la capacidad de carga, la calidad de la instalación y la seguridad eléctrica. Siempre es recomendable contar con la asesoría de un experto para garantizar un funcionamiento seguro y eficiente.

**Mantenimiento periódico de aires acondicionados.**

El mantenimiento periódico de los aires acondicionados es fundamental para garantizar su eficiencia y prolongar su vida útil estos son los aspectos técnicos más relevantes a tener en cuenta.

**Limpieza de filtros:** Los filtros acumulan polvo y suciedad con el tiempo, lo que afecta la calidad del aire y disminuye la capacidad de enfriamiento del equipo. para evitar esto, limpia los filtros regularmente. Retira los filtros y límpialos con agua y jabón suave, esto ayudará a mantener el flujo de aire óptimo y reducirá el consumo energético.

**Revisión de componentes:** Verifica el estado del compresor, el ventilador y el motor del aire acondicionado, si observas daños o anomalías, contacta a un técnico especializado para realizar las reparaciones necesarias.

**Limpieza de serpentín y evaporador:** El serpentín y el evaporador son componentes críticos que deben limpiarse regularmente, la acumulación de suciedad en estos elementos puede afectar la eficiencia del equipo y en casos extremos, causar daños irreparables. utiliza un cepillo suave y agua.

**Verificación de niveles de refrigerante:** El refrigerante es esencial para enfriar el aire expulsado por el aire acondicionado, verificar regularmente los niveles de refrigerante para detectar fugas o pérdidas que puedan afectar el rendimiento del equipo.

**Mantenimiento eléctrico:** Revisa los cables, la conexión de los terminales y los contactos eléctricos. asegúrate de que el equipo esté desconectado antes de realizar cualquier mantenimiento eléctrico.

En conclusión, mantener limpios los filtros, revisar componentes y verificar niveles de refrigerante son pasos esenciales para mantener tus aires acondicionados en óptimas condiciones garantizando una eficiencia en el consumo de energía eléctrica.

#### Instalación de sensores de movimientos en baños

Instalar sensores de movimiento para controlar la iluminación es una excelente manera de ahorrar energía y mejorar la comodidad en espacios como baños, Los sensores de movimiento son dispositivos que detectan el movimiento humano o de objetos dentro de su alcance y encienden o apagan las luces automáticamente. Funcionan mediante tecnologías como infrarrojos pasivos, ultrasonido o microondas.

#### Tipos de sensores de movimiento.

**Sensores (Infrarrojos Pasivos):** Son los más comunes y detectan el calor corporal emitido por personas y animales. Ideales para aplicaciones interiores y exteriores.

**Sensores de Ultrasonido:** Emiten ondas sonoras de alta frecuencia para detectar objetos. Adecuados para aplicaciones interiores.

**Sensores de Microondas:** Emiten ondas de radio para detectar objetos. Útiles tanto en interiores como exteriores.

Con la instalación de sensores de movimiento se obtiene ahorro de energía, las luces se encienden solo cuando se necesita, evitando el desperdicio de electricidad, mejora de la seguridad, la iluminación automática disuade a posibles intrusos, no es necesario buscar interruptores en la oscuridad.

Colocar el sensor a una altura mínima de 2,5 metros para una detección óptima, considera la temperatura ambiente al elegir el tipo de sensor (PIR, ultrasonido o microondas).

Control de iluminación y aires acondicionados con apertura de ventanas.

Controlar la iluminación y los aires acondicionados de manera eficiente es fundamental para reducir el consumo de energía y promover un entorno más sostenible, lo ideal es instalar sensores que nos ayuden a medir iluminación y temperatura para determinar si es necesario o no encender las luminarias y los aires acondicionados, si no se instalan sensores simplemente abrir las ventanas en las aulas para que circule el aire y la luz a través de los salones.

**Iluminación:** Utiliza sensores de luz ambiental para medir la cantidad de luz natural en el aula, si la luz natural es suficiente (por ejemplo, durante el día), las luces artificiales no se encenderán automáticamente, ajusta la sensibilidad del sensor para evitar que las luces se enciendan innecesariamente en días nublados o al atardecer.

**Aires Acondicionados:** Instala sensores de temperatura y humedad en las aulas, si la temperatura y la humedad están dentro de un rango cómodo, el aire acondicionado no se activará automáticamente, configura umbrales de activación según las necesidades locales (por ejemplo, no encender el aire acondicionado si la temperatura exterior es agradable).

**Educación y Conciencia:** Informar a los usuarios (profesores, estudiantes) sobre la importancia de mantener las ventanas cerradas cuando los sistemas de climatización están activos, fomentar prácticas sostenibles y responsables.

Desde el punto de vista técnico todas las mejoras propuestas son viables porque todas contribuyen a un ahorro energético y a un uso racional de la energía eléctrica, todas estas mejoras apuntan a disminuir el consumo de energía del bloque 13, pero no solo se debe tener en cuenta el aspecto técnico, a continuación, se realizará un análisis de costo de la implementación de todas las mejoras propuestas.

## Análisis de viabilidad económico de la implementación de las mejoras.

### Análisis de costos

#### Costo cambio de tecnología en luminarias

##### luminarias tecnología actual:

Cantidad de luminarias existentes 375

Consumo por luminaria (W) 60

Consumo total (KW) 22,5

tiempo de uso (H) 5

Energía (KW\*H) día 112,5

##### luminaria nueva tecnología:

Cantidad luminarias a comprar 375

Costo de cada luminaria (\$) \$ 61.000

Costo total luminarias (\$) \$ 22.875.000

Consumo por luminaria (W) 38

Consumo total (kW) 14,25

Tiempo de uso (H) 5

Energía (KW\*H) día 71,25

##### tiempo de retorno inversión (luminarias):

Consumo de energía tecnología antigua (KW\*H) mes 3375

Consumo de energía tecnología nueva (KW\*H) mes 2137,5

Ahorro de energía nueva tecnología (KW\*H) mes 1237,5

costo KW\*H (\$) 825

Costo instalación de nuevas luminarias \$ 1.250.000

Ahorro de nueva tecnología (\$) mes \$ 1.020.937,5

Retorno inversión inicial (meses) 24



Costo mantenimiento predictivo motores

Cantidad de motores      16  
costo por cada motor (\$)    \$ 250.000  
costo total (\$)            \$ 4.000.000

Costo revisión completa de acometida

Costo total (\$)            \$ 1.850.000

Costo mantenimiento aire acondicionado

Cantidad de aires acondicionados 9  
costo por cada unidad (\$)    \$ 350.000  
costo total (\$)            \$ 3.150.000

Costo instalación de sensores en baños

Cantidad de sensores      6  
costos por unidad (\$)        \$ 22.700  
costo total de sensores (\$)    \$ 136.200  
costo instalación (\$)        \$ 100.000  
costo total (\$)            \$ 236.200

Costo inventario de equipos de cómputo parásitos

Costo total (\$)            \$ 975.000

Con el análisis de costo se tiene una visión más amplia de los costos que lleva implementar cada una de las mejoras propuestas, se evidencia que la inversión más alta es la del reemplazo de las luminarias actuales por luminarias LED alto rendimiento, se debe tener en cuenta que esta inversión se recupera en el tiempo debido al ahorro energético que genera la iluminación LED del alto rendimiento, los costos del resto de las mejoras propuestas son costos bajos que normalmente hace parte del presupuesto de mantenimiento.

Después de realizar el análisis técnico y el análisis de costos se llega a la conclusión de que son viables las mejoras propuestas en esta auditoría energética porque todas nos llevan a un mejor uso racional de la energía y a un mejor aprovechamiento del recurso energético sin hacer grandes inversiones para su implementación.

Para la elaboración del informe de auditoría, luego de haber recopilado toda la información, se procederá a realizar el respectivo informe con toda la información obtenida, las posibles soluciones y la conclusión de todos los análisis.

### Informe final de la auditoría energética

#### Resumen ejecutivo.

Una auditoría energética es una evaluación exhaustiva de las instalaciones para identificar oportunidades de ahorro y mejorar la eficiencia energética, tiene como objetivo principal analizar y diagnosticar el flujo de energía en el bloque 13 de la institución universitaria Pascual Bravo, a través de este proceso, se determina el consumo energético real y se identifican opciones para reducirlo, lo que conlleva a un ahorro económico y energético.

Las áreas de mayor potencial de ahorro energético son la iluminación y los aires acondicionados, estas dos áreas son dos de las cargas más altas que tiene la instalación eléctrica y es donde más se puede trabajar para bajar el consumo energético.

#### Descripción del objeto de la auditoría.

En este caso es un edificio de 4 pisos destinado para aulas de clase, laboratorios, salas de cómputo, aula de profesores, cafetines y baños, es un edificio relativamente nuevo, cuenta con circuitos eléctricos que alimentan aires acondicionados, motores, iluminación, máquinas de pruebas, salas de cómputo y electrodomésticos en general, la auditoría se centra en evaluar el consumo energético de los sistemas de calefacción, refrigeración, motores, iluminación, salas de cómputo y electrodomésticos.

Se busca identificar oportunidades para mejorar la eficiencia energética y reducir los costos.

#### Metodología utilizada

Los métodos de recolección de datos son un conjunto de herramientas que permiten recopilar información de manera hábil y eficaz con fines de investigación y análisis del consumo energético, estas técnicas son fundamentales para garantizar la validez y confiabilidad de la auditoría energética, el primer método de recolección de datos que se utilizó fue la construcción de un diagrama de cargas con datos de placa de características de todos los elementos conectados a la red eléctrica del bloque 13, esto se logró haciendo un inventario de todos los equipos eléctricos en cada una de las diferentes aulas del bloque 13 de la institución universitaria Pascual Bravo, con la herramienta ofimática Excel se construyó el cuadro de cargas con la información de los consumos de cada uno de los equipos conectados a la red eléctrica, se logró identificar cuáles son los grupos de equipos con más consumo energético.

El segundo método de recolección de información que se utilizó fue la instalación de un analizador de redes en el tablero principal del bloque 13 para obtener datos de medición de consumo en tiempo real cada 5 minutos, se recolectaron datos de mediciones de voltaje, corriente, potencia activa, potencia reactiva, potencia aparente y factor de potencia en tiempo real durante 7 días.

#### -Resultados y análisis:

Con la construcción de un diagrama de cargas se logró agrupar los consumos por piso.

En el piso 1 tenemos una carga energética bastante importante la cual está integrada por iluminación, equipos de cómputo, motores y aires acondicionados los cuales tienen los mayores números en temas de consumo KWH.

Para el piso 2 tenemos luminarias, equipos de cómputo y cafeteras siendo estos los elementos de mayor consumo durante el día.

Para el piso 3 vemos que las luminarias, los equipos de cómputo y los aires acondicionados son los elementos que generan una mayor carga energética al sistema.

Para el piso 4 los mismos elementos del piso 3 predominan en los elementos que más generan consumo energético.

Después de analizar todos equipos eléctricos del bloque 13 que están conectados a la red se determina que hay 4 cargas significativas: computadores, luminarias, aires acondicionados y motores, estas 4 cargas son las que están generando un mayor consumo de energía, en estas áreas nos enfocamos para hacer las respectivas propuestas de mejoras energéticas.

Analizando los datos de Tensión:

Las tres líneas representan los voltajes en las líneas A, B y C. Cada línea tiene su propia trayectoria a lo largo del tiempo. Se observa en las gráficas de voltaje cómo las líneas fluctúan y se puede ver que los valores de tensión no son constantes y varían en diferentes momentos, aproximadamente entre 110 V y 130 V, los valores de voltaje suben y bajan a lo largo del tiempo.

A que se deben estas variaciones Temporales de voltaje:

Cuando los dispositivos eléctricos dentro de una instalación eléctrica se encienden o apagan, pueden generar variaciones en la demanda de energía. Por ejemplo, cuando un motor arranca, requiere más corriente eléctrica, lo que puede afectar el voltaje en la red interna.

Los electrodomésticos como refrigeradores y aires acondicionados también pueden causar fluctuaciones al encenderse o detenerse.

Si un dispositivo conectado al circuito tiene un problema interno, como un condensador defectuoso o un regulador de voltaje averiado, puede afectar la estabilidad del voltaje.

Un cableado deficiente o conexiones sueltas pueden provocar fluctuaciones en el voltaje.

Si la carga eléctrica es demasiado alta para la capacidad de la instalación, puede haber variaciones en el voltaje.

Si el proveedor de la red eléctrica presenta problemas de picos de voltaje, esto se ve reflejado en los circuitos eléctricos conectados a la red.

Se observa que los valores de voltaje en la línea B son menores que los de las líneas A y C, lo que significa que hay una mayor demanda de corriente en la línea B. Esto podría deberse a varios factores, como la longitud de la línea, la resistencia del conductor o la carga conectada a esa línea específica.

**Longitud de la línea:** Si la línea B es más larga que las líneas A y C, las pérdidas por resistencia aumentan con la longitud del cable, lo que podría explicar la diferencia en los voltajes.

**Carga conectada:** Si la línea B alimenta una carga más grande o más pequeña en comparación con las otras líneas, requerirá más corriente y por lo tanto podría afectar el voltaje.

**Calibre del conductor:** Si el calibre del conductor en la línea B es diferente al de las otras líneas, un conductor más delgado (mayor resistencia) podría resultar en una caída de voltaje más pronunciada.

Analizando los datos de corriente:

El objetivo del análisis de consumo de corriente es comprender cómo se utiliza la energía eléctrica en un circuito específico y poder identificar algunos aspectos como:

Identificar grandes consumidores de Energía.

Optimizar el uso de energía.

Dimensionar componentes.

Detectar anomalías o problemas en los equipos.

Evaluar costos y eficiencia.

Los rangos de medición de consumo de corriente, en algunas horas muestran rangos amplios con medianas más altas, lo que sugiere una mayor variabilidad y un consumo generalmente más alto durante algunos períodos.

Como se había estimado anteriormente la línea B tiene una carga más grande conectada que las líneas A y C, se evidencia en esta línea un mayor consumo de corriente con respecto a las demás, con esta información podemos afirmar que los circuitos eléctricos del bloque 13 de la institución universitaria Pascual Bravo no están balanceados.

Un circuito eléctrico desbalanceado puede ocasionar varios problemas, tanto en equipos conectados como en la red eléctrica en general:

**Sobrecarga en una fase:** Si una fase está llevando más carga que las otras, puede sobrecargarse, lo que aumenta el riesgo de sobrecalentamiento y falla del equipo conectado a esa fase.

**Voltaje desigual:** Un circuito desequilibrado puede resultar en voltajes desiguales entre fases, lo que puede afectar el rendimiento de los equipos eléctricos, especialmente los motores, que pueden funcionar de manera menos eficiente o sobrecalentarse.

**Aumento de pérdidas:** Cuando hay desequilibrio en el circuito, se pueden experimentar mayores pérdidas de energía debido a corrientes de retorno no deseadas, lo que puede resultar en facturas de energía más altas.

**Problemas de calidad de energía:** Un circuito desequilibrado puede causar fluctuaciones de voltaje y corriente en la red eléctrica, lo que podría afectar negativamente a otros equipos conectados, causando interferencias o mal funcionamiento.

**Sobrecarga en neutro:** Si hay un desequilibrio significativo entre las fases, el conductor neutro podría experimentar una carga desigual, lo que podría llevar a una sobrecarga y posiblemente a daños en el equipo o riesgos de seguridad

Para evitar estos problemas, es importante mantener un equilibrio adecuado entre las fases del circuito, distribuyendo uniformemente la carga entre ellas y asegurándose de que el sistema esté diseñado para manejar las demandas de manera equitativa

Con el diagrama de cargas que se construyó se logra identificar los grupos de equipos con más consumo de energía. Generalmente estos equipos funcionan en las horas donde más alto están los picos de consumo de corriente, con lo que podemos concluir que el diagrama de cargas va de la mano con los datos que nos arroja el analizador de redes y con esta información hacer un análisis más profundo sobre cómo mejorar el consumo de corriente en el boque 13 de la institución universitaria Pascual Bravo.

Analizando los datos de potencias:

El análisis técnico de consumo de potencias es fundamental para comprender y optimizar el uso de la energía eléctrica, proporciona información valiosa para tomar decisiones informadas y mejorar la eficiencia energética.

Se observan picos significativos de consumo de potencia activa, son valores esperados debido a todos los equipos que hay conectados a la red eléctrica y no hay certeza en qué momento del día se estén utilizando como es el caso de los laboratorios.

El gráfico muestra que la fase B tiene una predominancia de valores más altos en la potencia activa de 0,26 KW, lo que indica un consumo mayor en esa fase en comparación con las fases A y C, se debe a que en esta línea hay conectadas cargas que trabajan las 24 horas del día y son cargas con un consumo de potencia reactiva moderado.

La fase C exhibe valores cercanos a cero, presenta un menor consumo de potencia activa en esta fase, pero tiene mayor carga de potencia reactiva que las líneas A y B, lo que indica que en esta línea están conectados las cargas reactivas de los laboratorios.

Las cargas que generan potencia reactiva trabajan muy pocas horas en la semana, debido a que en muchos periodos de tiempo las cargas reactivas en todas las líneas están con valores cercanos a 0 KVAR.

En los días donde se presentan consumos mínimos de potencia activa es debido a que es domingo y la mayoría de los equipos conectados a la red eléctrica están apagados. En la fase A

están conectados los equipos que tienen consumo de 24 horas (neveras, cámaras, ups, medidores) y consumos mínimos de equipos que no se desconectan de la red cuando se apagan.

Analizando los datos de factor de potencia:

El factor de potencia es una medida importante en sistemas eléctricos de corriente alterna (CA). Representa la eficiencia con la que un sistema convierte la energía eléctrica en trabajo útil, un factor de potencia cercano a 1 indica que el sistema está utilizando la energía de manera eficiente y un bajo factor de potencia (menor a 0.9) puede resultar en pérdidas de energía y costos adicionales.

En las mediciones que realizaron con el analizador de se pudo determinar los factores de potencia en cada una de las líneas, una de las líneas tiene un factor de potencia demasiado bajo alcanzando en varias ocasiones valores por debajo de 0.25. Una de las principales causas de que en una de líneas este el factor de potencia tan bajo es que en esta línea están conectadas las cargas inductivas de todos los laboratorios del bloque 13, equipos como motores eléctricos, transformadores, bobinas y reactores generan campos magnéticos que causan un desfase entre la corriente y la tensión, lo que reduce el factor de potencia, un factor de potencia bajo puede ocasionar varios problemas en un sistema eléctrico.

**Aumento de Pérdidas de Energía:** Cuando el factor de potencia es bajo, la cantidad de potencia reactiva (que no realiza trabajo útil) aumenta. Esto resulta en pérdidas adicionales en los cables, transformadores y otros componentes del sistema eléctrico.

**Sobrecarga de Equipos:** Los equipos eléctricos, como motores y transformadores, pueden sobrecalentarse debido a la mayor corriente necesaria para compensar la potencia reactiva. Esto reduce la vida útil de los equipos y aumenta los costos de mantenimiento.

**Penalizaciones en la Facturación:** Algunas compañías eléctricas aplican tarifas adicionales a los clientes con un factor de potencia bajo. Esto puede resultar en facturas más altas.



**Inestabilidad del Voltaje:** Un factor de potencia bajo puede causar fluctuaciones en el voltaje, lo que afecta la operación de otros equipos conectados al mismo sistema.

**Ineficiencia Energética:** Un sistema con factor de potencia bajo no utiliza la energía de manera eficiente, lo que aumenta el consumo total de energía

Para mejorar el factor de potencia, se pueden utilizar condensadores (baterías de condensadores estáticos) para compensar la potencia reactiva, la corrección del factor de potencia ayuda a reducir pérdidas y a ahorrar energía.

## 7. Conclusiones

Teniendo presente el aforo de cargas con respecto la información suministrada del medidor multifuncional Se puede concluir que las cargas conectadas en la fase A y B son alimentaciones principales las cuales están en funcionamiento continuo, especialmente en los siguientes lapsos de tiempo, de 6:30 am a 11:00 am y 6:00 pm a 9:30 pm. (lunes a viernes)

Mientras que las cargas asociadas a la fase C son secundarias o poco esenciales ya que manejan un consumo mínimo.

Según la distribución de cargas en el bloque 13 se evidencia que la institución opto por tener disponibilidad en la fase C para conectar cargas futuras.

Reflexión sobre la viabilidad y beneficios de implementar las recomendaciones.

Se evidenció desde el medidor multifuncional que el factor de potencia total fue sumado en lugar de promediarse, como debería estar programado.

## 8. Recomendaciones

Cambiar el sistema de iluminación actual a tecnología LED con el fin de reducir los altos consumos de energía, aumentar su vida útil lo que se traduciría en ahorro tanto en equipos como en consumo energético, esto sin mencionar que mejoraría la calidad de la iluminación más que todo en las aulas de clase.

Realizar una revisión completa de los motores tanto monofásicos como trifásicos que se estén usando, esto con el fin de garantizar un excelente desempeño y que no existan pérdidas significativas de energía debido al desgaste de algunos componentes, llevando a cabo tareas de limpieza y mantenimiento predictivo de vibraciones tanto en rodamientos como en las chumaceras de estos.

Se recomienda una revisión completa desde la acometida del gabinete con el fin de determinar si esta es la adecuada para alimentar toda la demanda del bloque 13.

Realizar mantenimiento periódico de los aires acondicionados ya que estos generan un mayor consumo cuando presentan altos niveles de suciedad en los filtros y también un gran deterioro del equipo por una mayor carga de trabajo.

Encender tanto la iluminación como los aires acondicionados solo si es necesario debido a que se evidencia que las aulas de clase presentan unas ventanas de gran tamaño las cuales al abrirlas generan iluminación y ventilación lo cual evitaría el uso constante de estos elementos.

En los baños instalar sensores de movimiento para controlar la iluminación, esto con el fin de que si no hay nadie en el baño la iluminación permanezca apagada.

Hacer un inventario de cuales equipos de cómputo son equipos “parásitos” que solo están consumiendo energía, pero no son útiles para los estudiantes, esto con el objetivo de que los equipos que se encuentran en la sala sean todos funcionales.

## 9. Referencias bibliográficas

- CONSTRUCTIVO. (2019). DISTRILUZ, 4 CAUSAS QUE ELEVAN EL CONSUMO DE ENERGIA. <https://constructivo.com/actualidad/distriluz-cuatro-causas-que-elevan-el-consumo-el-electricidad-1550844044>.
- ELECTRICOS, S. D. (2020). TRANSFORMADORES DE CORRIENTE, FUNCIONAMIENTO Y COMPONENTES. <https://jdelectricos.com.co/transformadores-de-corriente-funcionamiento/>.
- ENDESA. (2023). EL TRANSFORMADOR ELECTRICO. <https://www.fundacionendesa.org/es/educacion/endesa-educa/recursos/corrientes-alternas-con-un-transformador-electrico>.
- ENERGIA, D. L. (2020). QUE ES UNA RED ELECTRICA. <https://descubrelaenergia.fundaciondescubre.es/sobre-la-energia/preguntas-y-respuestas/produccion-distribucion-y-consumo-de-energia/que-es-la-red-electrica/>.
- EOS, T. (2023). MONITORIZACION DE LA ENERGIA CON MEDIDORES IOT. <https://teceos.com/monitorizacion-de-la-energia-con-medidores-iot/>.
- EPM, E. G. (2023). QUE ES LA ENERGIA ELECTRICA. <https://www.essa.com.co/site/comunidad/portal-kids/aprende-sobre-la-energia/-que-es-la-energia-electrica>.
- Fitzgerald, A. K. (2003). *Electric Machinery*. Mc.Graw Hill, Internationa.
- FLUKE. (2023). TRANSITORIOS Y DESEQUILIBRIOS DE TENSION. <https://www.fluke.com/es-co/informacion/blog/motores-sistemas-de-impulsion-bombas-compresores/desequilibrio-de-tension>.
- ILUMINACION, D. (2021). FLUCTUACIONES DE TENSION, QUE SON Y COMO EVITAR DAÑOS GRANDES. <https://blog.durotest.com.mx/variaciones-de-voltaje>.
- INDUSTRIAS, G. (2021). QUE ES UN PLC Y COMO FUNCIONA. <https://industriasgsl.com/blogs/automatizacion/que-es-un-plc-y-como-funciona>.
- KEYENCE. (2023). EVALUACION DE MEDICIONES. <https://www.keyence.com.mx/ss/products/measure-sys/measurement-selection/environment/evaluation.jsp>.

LED, E. (2020). QUE ES UN ESQUEMA ELECTRICO.

*<https://www.efectoled.com/blog/es/esquemas-electricos/>*.

ORS, G. (2023). QUE ES UN ANALIZADOR DE REDES ELECTRICAS.

*<https://grupoors.com.mx/2020/08/19/que-es-un-analizador-de-redes-electricas/>*.

PAIS, E. (2023). SOBRECOSTOS ELECTRICOS.

*<https://www.elpais.com.co/opinion/columnistas/emilio-sardi/sobrecostos-electricos.html>*.

PEPEENERGY. (2023). QUE ES UN SISTEMA DE PROTECCION.

*<https://www.pepeenergy.com/blog/glosario/definicion-sistema-de-proteccion/#:~:text=Un%20sistema%20de%20protecci%C3%B3n%20se,aparici%C3%B3n%20de%20consecuencias%20m%C3%A1s%20graves>*.

UNAL. (2018). CALIDAD DE LA ENERGIA ELECTRICA.

*<https://minas.medellin.unal.edu.co/gruposdeinvestigacion/pass-un/investigacion/lineas-de-investigacion/10-investigacion/lineas-de-investigacion/5-calidad-de-la-energia-electrica.html>*.

UNAM. (2020). SISTEMAS DE DISTRIBUCION.

*<http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/784/A4%20SISTEMAS%20DE%20DISTRIBUCION.pdf?sequence=4>*.