

**EVALUACIÓN DE LOS MODELOS SIMULADO Y FÍSICO DE TRES SISTEMAS DE
AIRE ACONDICIONADO MEDIANTE LA RECEPCIÓN DE DATOS DE PLACA Y
DATOS DE OPERACIÓN**

**DIEGO ALEJANDRO GOMEZ JIMENEZ
JAVIER ALONSO RIOS LONDOÑO
OSCAR MANUEL ZAPATA GUAJE**

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

**EVALUACIÓN DE LOS MODELOS SIMULADO Y FÍSICO DE TRES SISTEMAS DE
AIRE ACONDICIONADO MEDIANTE LA RECEPCIÓN DE DATOS DE PLACA Y
DATOS DE OPERACIÓN**

DIEGO ALEJANDRO GOMEZ JIMENEZ

JAVIER ALONSO RIOS LONDOÑO

OSCAR MANUEL ZAPATA GUAJE

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

INGENIERÍA ELÉCTRICA

MEDELLÍN

2023

Contenido

1.	Planteamiento del problema	2
1.1	Descripción	2
1.2	Formulación	2
2.	Justificación	3
3.	Objetivos.....	4
3.1	Objetivo general.....	4
3.2	Objetivos específicos	4
4.	Referentes teóricos	5
4.1	Consumo energético.....	5
4.2	Norma ISO 50001	5
4.3	Planificación de eficiencia energética.....	6
4.4	RETIQ en aire acondicionado.....	6
4.5	Conceptos fundamentales en aire acondicionado y refrigeración.....	7
4.6	Analizador de redes.....	8
4.7	Autómatas programables	9
4.8	Control lógico programable	10
4.9	Fuentes de energía.....	10
4.10	Sistemas de comunicación	11
4.11	Automatización industrial	12
4.12	Buses industriales	12
4.13	Control remoto de variables	13
4.14	Computación en la web y Scada web.....	13
5.	Metodología.....	15
5.1	Tipo de proyecto	15

5.2	Método	15
5.3	Instrumentos de recolección de información.	16
5.3.1.	Fuentes primarias.....	16
5.3.2.	Fuentes secundarias	16
6.	Resultados.....	17
7.	Conclusiones.....	29
8.	Recomendaciones	30
9.	Referencias bibliográficas	31

Lista de figuras

	Pág.
Figura 1. Sistema de refrigeración.....	7
Figura 2. Otras cargas en un sistema de refrigeración.....	9
Figura 3. Diagrama del controlador programable.	10
Figura 4. Diagrama de bloques de una fuente de alimentación.....	11
Figura 6. Elementos de sistemas de comunicación.	11
Figura 6. Diagrama básico del bus de campo.....	13
Figura 7. Primera unidad compresora.....	19
Figura 8. Segunda unidad compresora.	19
Figura 9. Los analizadores de red – medidores multivariable.....	20
Figura 10. Gateway de comunicación.	22
Figura 11. Diagrama de interconexión del gateway.....	23
Figura 12. Interconexión del sistema de monitoreo.	24
Figura 13. Interfaz de usuario del aplicativo de configuración del Gateway.....	24
Figura 14. Datos capturados con el sistema de medición remota.....	27

Lista de tablas

	Pág.
Tabla 1.....	18

Resumen

EVALUACIÓN DE LOS MODELOS SIMULADO Y FÍSICO DE TRES SISTEMAS DE AIRE ACONDICIONADO MEDIANTE LA RECEPCIÓN DE DATOS DE PLACA Y DATOS DE OPERACIÓN

DIEGO ALEJANDRO GOMEZ JIMENEZ

JAVIER ALONSO RIOS LONDOÑO

OSCAR MANUEL ZAPATA GUAJE

En el proyecto se revisan los datos de placa y datos de operación de tres sistemas de aire acondicionado ubicados en los bloques 23, 24 y 25 de la institución universitaria Pascual Bravo, 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. Así se construyó un módulo didáctico de medición remota de las variables eléctricas de los sistemas de aire acondicionado, compuesto por un medidor de variables eléctricas con protocolo Modbus, un Gateway de comunicación wifi y un aplicativo construido en una hoja electrónica en la nube. Se determinó que el análisis de los datos obtenidos permite proyectar aplicaciones con analítica de datos para encontrar indicadores claves que permitan determinar estrategias de eficiencia energética en los sistemas de aire acondicionado.

Palabras claves: Aire acondicionado, medidor multivariable, voltaje, corriente, potencia.

Abstract

In the project, the plate data and operating data of three air conditioning systems located in blocks 23, 24 and 25 of the Pascual Bravo university institution are reviewed, with the purpose of including said data and operating parameters in a connected module. online, to facilitate the integration of various factors and thus be able to give added value to data storage by providing technological functionalities for a variety of digital services. Thus, a didactic module for remote measurement of the electrical variables of air conditioning systems was built, composed of an electrical variable meter with Modbus protocol, a Wi-Fi communication gateway and an application built on an electronic sheet in the cloud. It was determined that the analysis of the data obtained allows us to project applications with data analytics to find key indicators that allow us to determine energy efficiency strategies in air conditioning systems.

Keywords: Air conditioning, multivariable meter, voltage, current, power.

Glosario

Aire acondicionado: Conjunto de componentes electromecánicos de carácter térmico que se destina para controlar la temperatura y humedad en recintos cerrados.

Analizador de redes: el analizador de redes eléctricas es un instrumento de mesa que mide la potencia efectiva, la potencia aparente, el factor de potencia, el consumo energético, la corriente y la tensión alterna, la corriente y la tensión continua, la resistencia y la frecuencia.

Gateway: Dispositivo de comunicación que permite interconectar subredes de diferente nivel entre ellas.

JavaScript: Conjunto de instrucciones del lenguaje Java utilizadas para programar aplicaciones web.

Transformador de corriente TC: Los transformadores de corriente (TC o CT por sus siglas en inglés) son transformadores utilizados para aumentar o disminuir una corriente alterna (AC). Produce una corriente en el devanado secundario proporcional a la corriente del primario.

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 de dicha universidad, 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 placa y datos de operación de tres sistemas de aire acondicionado ubicados en los bloques 23, 24 y 25 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 y recursos hídricos que tan eficiente puede ser un sistema de aire acondicionado interconectado 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 los tres aparatos para el aire acondicionado en los bloques que fueron seleccionados con este servicio en la universidad mediante un centro de control.

No se tiene un sistema de ahorro energético en aires acondicionado porque se desconoce la demanda eléctrica que requieren 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.

la descripción y caracterización de la problemática o la necesidad. Esta parte se extrae de las hojas de problema y efectos de la estructura de desglose del trabajo de grado.

1.2 Formulación

¿Cómo disponer de un recurso que permita la interacción y funcionamiento optimo en tiempo real de un sistema de aire acondicionado orientado a los procesos formativos e investigativos en la Institución Universitaria Pascual Bravo?

2. Justificación

La eficiencia energética se ve afectada directamente por el desconociendo del consumo energético, se desconocen los funcionamientos de las unidades de aire acondicionado de la IUPB, porque no existen modelos para monitorear dichos sistemas para conocer su comportamiento ni su curva de demanda en los bloques seleccionados.

Al realizar el modelo simulado y físico obtenemos un control más preciso que nos permite reducir el consumo de energía y con ello los posibles impactos ambientales asociados además se utilizar menos recursos energéticos para llevar a cabo una actividad

El monitoreo y el rastreo está dirigido a realizar un diagnóstico con el propósito de verificar todo el proceso de instalación de los equipos, lo cual implicaría un levantamiento de planos.

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. Asimismo, 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.

Implementar el módulo de respuesta inmediata de las unidades de aire acondicionado permite obtener beneficios sobre los procesos de la industria y sus diferentes variables a mejorar, llevando a cabo a que el estudiante se forme con conocimientos de nuevas tecnologías y tendencias con base a la industria 4.0 siendo este competente con respecto a otros.

3. Objetivos

3.1 Objetivo general

Evaluar los modelos realizando simulación de la operación de los tres sistemas de aire acondicionado del proyecto PROURE a través de la comparación de datos obtenidos de las placas y de los datos operacionales registrados en las unidades

3.2 Objetivos específicos

Caracterizar los tres sistemas de aire acondicionado evidenciando las similitudes y diferencias respecto a la operación diaria, obteniendo datos mediante mediciones en sitio.

Configurar el módulo para la obtención de la información del proceso y realizar las respectivas comparaciones entre el sistema físico y el sistema simulado.

Llevar a efecto el tratamiento de los datos obtenidos del sistema completo, analizando los respectivos datos de operación.

4. Referentes teóricos

4.1 Consumo energético

Según (Monfort, 2010) en el ámbito energético actualmente se está enfrentando directamente con la disminución de la intensidad energética (desacoplamiento del aumento del consumo energético con el desarrollo económico), también con el cambio climático y la seguridad del suministro. En cualquiera de las soluciones estudiadas para resolver estos desafíos se encuentra la optimización de la demanda, mediante la eficiencia y el ahorro energético, por ser la más inmediata y barata de aplicar y porque aporta reducciones de costes y ahorro de recursos a corto plazo. Además, la eficiencia energética es la principal opción para alcanzar el objetivo de emisiones de gases de efecto invernadero, pudiendo contribuir a su reducción durante los próximos años. Debido a estas problemáticas varias organizaciones de normalización vienen trabajando para desarrollar documentos que orienten sobre cómo gestionar eficazmente la energía y contribuir así a los desafíos mundiales con respecto al calentamiento global grado.

4.2 Norma ISO 50001

Así mismo en esta misma línea el 15 de junio de 2011 la Organización Internacional de Normalización (ISO) publicó la esperada norma 50001, un documento que ayudará a las organizaciones que lo implementen a obtener mejoras significativas en su eficiencia energética, buscando con ello un impacto positivo en su cuenta de resultados, esta norma la puede poner en marcha cualquier organización, independientemente de su tamaño, sector y ubicación. No establece requisitos absolutos para el desempeño energético más allá de los compromisos incluidos en la política energética, del cumplimiento de los requisitos legales aplicables y de la mejora continua. Por otra parte, los conceptos de alcance y límites dan flexibilidad a la organización para definir el ámbito de aplicación del sistema de gestión energética.

Según la ISO 50001, el concepto de desempeño energético incluye el uso de la energía, la eficiencia y el consumo energético, por lo que la organización puede actuar en un amplio rango de actividades de desempeño, por otro lado esta norma es una herramienta útil y eficaz para dar

cumplimiento de forma continua a la legislación vigente en la materia, para facilitar el cometido de los gestores energéticos, implementar y realizar el seguimiento de actuaciones procedentes de auditorías energéticas.

Además, permite ahorrar costos, mejorar el rendimiento energético y, por tanto, mejorar la competitividad, disminuyendo, a su vez, el consumo de energía primaria, las emisiones de CO₂, la dependencia exterior y la intensidad energética. La ISO 50001 ayuda a las instalaciones a evaluar e implementar nuevas tecnologías con el propósito de lograr la eficiencia energética, el uso y consumo de esta. utilización. (Acoltzi, 2011)

4.3 Planificación de eficiencia energética

Esta planificación es con fin de optimizar la información que se recolecta al elaborar el proyecto de mejora, identificando las causas que aumentan el consumo de Energía, las cuales serían las principales fuentes generadoras de los altos porcentajes de consumo, que no son eficientes, es decir, que si son identificadas y controladas el uso de energía podría disminuir considerablemente. De acuerdo con las prioridades definidas que se plantean en las actividades de mejora en donde se usará un proceso en forma ordenada y estratégica en la ejecución de estas, y así lograr las metas propuestas. Por medio de un análisis económico en estos 3 sistemas de aire condicionados de la IUPB. (Correa Soto, 2014)

4.4 RETIQ en aire acondicionado

Actualmente el país está reglamentado por la resolución número 41012 de 18 de septiembre de 2015 expedido por el ministerio de minas y energía denominado RETIQ (reglamento técnico de etiquetado), el cual menciona la norma técnica colombiana NTC 4295: 2005-11-30 la cual es equivalente a la norma internacional ISO 5151. El reglamento técnico de etiquetado tiene como objetivo establecer medidas tendientes a fomentar el uso racional y eficiente de la energía, en productos que usan energía eléctrica y gas combustible, como los aires condicionados, mediante el establecimiento y uso obligatorio de etiquetas que informen sobre el desempeño de los equipos en términos de consumo energético e indicadores de eficiencia. (Giraldo Castro, 2016)

4.5 Conceptos fundamentales en aire acondicionado y refrigeración

Los ciclos de refrigeración lineal se basan en que el calor fluye a favor de las temperaturas decrecientes, es decir, de la zona caliente a la fría. Este proceso ocurre de forma natural, lo que implica que no se requiere energía para su realización. Sin embargo, para que ocurra el proceso inverso es necesario tener un dispositivo que consuma energía capaz de realizar este proceso, los artefactos capaces de realizar estos trabajos son conocidos como refrigeradores, los cuales funcionan a través de la compresión de un gas denominado refrigerante. (González Cadavid, 2016)

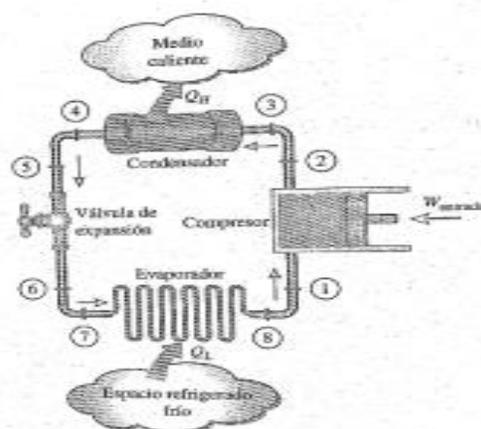


Figura 1. Sistema de refrigeración

Los gases refrigerantes son un fluido o sustancia que puede absorber y transformar grandes cantidades de calor. El refrigerante en fase líquida absorbe calor estando a baja presión, con lo cual cambia a fase de vapor; ese calor absorbido lo libera cuando está a alta presión. Es decir, absorben calor al evaporarse dentro del refrigerador a cierta temperatura y presión en el evaporador para transferirlo al exterior en el condensador. (González Cadavid, 2016)

Algunas de las características principales los refrigerantes son: una alta absorción de calor, mantener temperaturas bajas en los cambios de estado, toxicidad baja o casi nula, ya que continuamente en los servicios de mantenimiento el técnico se ve afectado al tener contacto con este. Además, la composición química de tales sustancias refrigerantes no debe contener agentes que generen efecto invernadero o agotamiento de la capa de ozono.

Existen diferentes tipos de líquidos refrigerantes, algunos de ellos son:

Los refrigerantes convencionales (Halocarbonados HCFC) son compuestos químicos o combinaciones de átomos que consisten en una estructura de carbono a la que se unen átomos del grupo VII A de la tabla periódica, conocidos como halógenos (flúor, cloro y/o bromo). Los refrigerantes pertenecientes a este tipo se dividen en tres grupos básicos: clorofluorocarbonos (CFC), hidroclofluorocarbonados (HCFC), hidrofluorocarbonados (HFC) y las mezclas de estos (González Cadavid, 2016)

Los refrigerantes Orgánicos (Hidrocarburos) son compuestos químicos o combinaciones de los elementos de la tabla periódica que contiene carbono. Los refrigerantes orgánicos más comunes son los hidrocarburos HC, se conoce con este nombre a los compuestos bioquímicos formados únicamente por carbono e hidrógeno. químicamente consisten en una estructura de carbono a la que se le unen átomos (AMBIENTE, 2020) la capa de ozono

4.6 Analizador de redes

Un Analizador de Redes es un instrumento capaz de analizar las propiedades de las redes eléctricas, especialmente aquellas propiedades asociadas con la reflexión y la transmisión de señales eléctricas, conocidas como parámetros de dispersión.

El analizador de redes eléctricas va enfocado principalmente para que pueda servir como una herramienta para el estudio de los problemas de calidad de la energía en sistemas eléctricos, para esto es necesario conocer los elementos relacionados con la calidad de la energía eléctrica, como son conceptos básicos, efectos de las variaciones de voltaje en los equipos sensibles, el estudio de las armónicas y sus efectos, los problemas de los transitorios de voltaje, la aplicación de capacitores en los sistemas eléctricos, relacionados con las redes de tierra y la conexión a tierra de equipos sensibles. (Rivas, 2003)

El incremento acelerado del uso de cargas no lineales en los sistemas eléctricos ha permitido un uso más eficiente de la energía eléctrica y aumentos considerables en la productividad de los

procesos industriales, pero, por otra parte, ha provocado una situación problemática, a veces grave, donde las corrientes armónicas generadas por los propios equipos electrónicos distorsionan la onda de corriente senoidal original y perturban la operación de estos mismos equipos.

El problema no sólo puede sufrirlo el propio usuario, sino que a través de las líneas de distribución y transmisión puede propagarlo a otros usuarios de la red eléctrica, creando así una responsabilidad para sí mismo y para la compañía suministradora. Las armónicas son corrientes y voltajes senoidales con frecuencias que son múltiplos enteros de la frecuencia fundamental de la línea eléctrica, que es de 60 Hz. Las armónicas distorsionan la forma de onda de 60 Hz suministrada de su forma senoidales normal y cada armónica se expresa en términos de su orden, conforme se incrementa el orden, la frecuencia de las armónicas y su magnitud normalmente disminuye (Rivas, 2003)

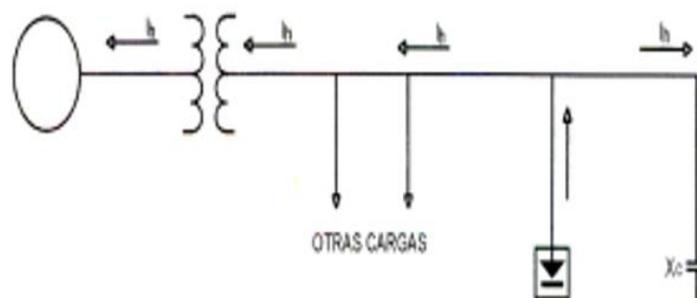


Figura 2. Otras cargas en un sistema de refrigeración.

Fuente. Manual analizador de redes.

4.7 Autómatas programables

Numerosos productos y procesos industriales crean, por medio de unas señales eléctricas que en sus entradas se toman dos tipos de variables diferentes.

A esto se le conoce binarios o digitales y que, a partir de estos datos, se crean otras variables con el nombre de controladores lógicos. El autómata recibe todas las órdenes o señales externas, el control que se conecta al producto o proceso Industrial, donde esté puede ser secuencial debido a las condiciones que esto implica. (comunicación E. d., 2017)

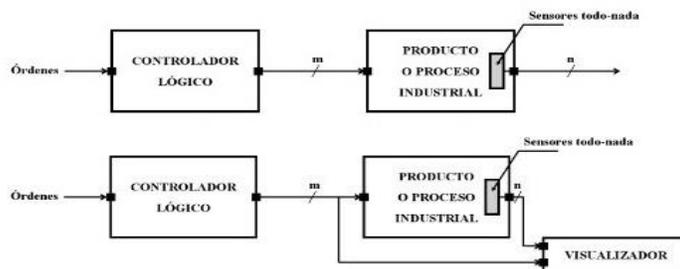


Figura 3. Diagrama del controlador programable.

Fuente. Manual de autómatas programables.

4.8 Control lógico programable

Se trata de un dispositivo que se adapta a las necesidades de un proceso industrial con el objetivo de que funcione correctamente, pero sobre todo porque éste se podrá personalizar para el uso de dicho proceso, es como un cerebro electrónico encargado de accionar componentes de maquinaria para que realicen acciones que pueden ser peligrosas para para el operario. (Autycom, 2020)

Físicamente el PLC Está compuesto por terminales de entrada al que llamaremos pulsadores o finales de carrera detectores entre otros, terminales de salida zona los cuales se le conectaran los otros elementos Como por ejemplo contactores electroválvulas lámparas tanque su funcionamiento está en función de enseñarles de entrada según el programa almacenado la función del operador se va a hacer la realización del programa qué es la puesta en marcha a las señales de entrada que activen las de salidas y dan función a la que se le programó. (QUITIAN, 2012)

4.9 Fuentes de energía

Son dispositivo electrónico que se conecta a la tensión de red eléctrica de corriente alterna con el fin de alimentar todo tipo de equipos, en el hogar, o en la industria, como pueden ser receptores tV ordenadores sistemas de telefonía etc. su principal fuente de reducción detención es un transformador y su posterior rectificado, y filtrado de la señal obtenida. este tipo de fuentes están constituidas por diferentes bloques los cuales se describen a continuación. (Castillo, 2017)

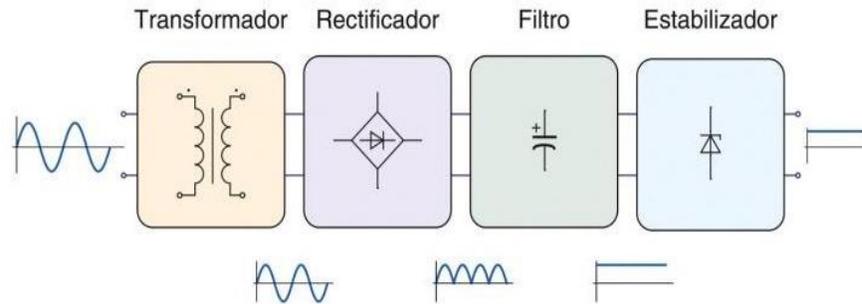


Figura 4. Diagrama de bloques de una fuente de alimentación.

Fuente. Manual de fuentes electrónicas.

4.10 Sistemas de comunicación

Es algo que permite la información que sea transferida, a través del tiempo y el espacio, ya sea a través de un cable o por ondas, como en el caso de los radios. Los mensajes se presentan de diferentes formas: una intensidad de luz y colores de una imagen, la precisión Acústica de la voz. y otra de símbolos, en los casos de los sistemas de comunicación eléctricos, brindan medios para que la información, se codifiquen en forma de señal y se transmita o se intercambia, y consta de tres componentes esenciales transmisor, canal de transmisión, y el receptor. el mensaje original producido por la fuente No es eléctrico debe ser convertido en señales eléctricas a través de un transductor de entrada y otro transductor de salida para que cumpla nuevamente la señal que llegue al receptor. (Comunicación S. d., 2013)

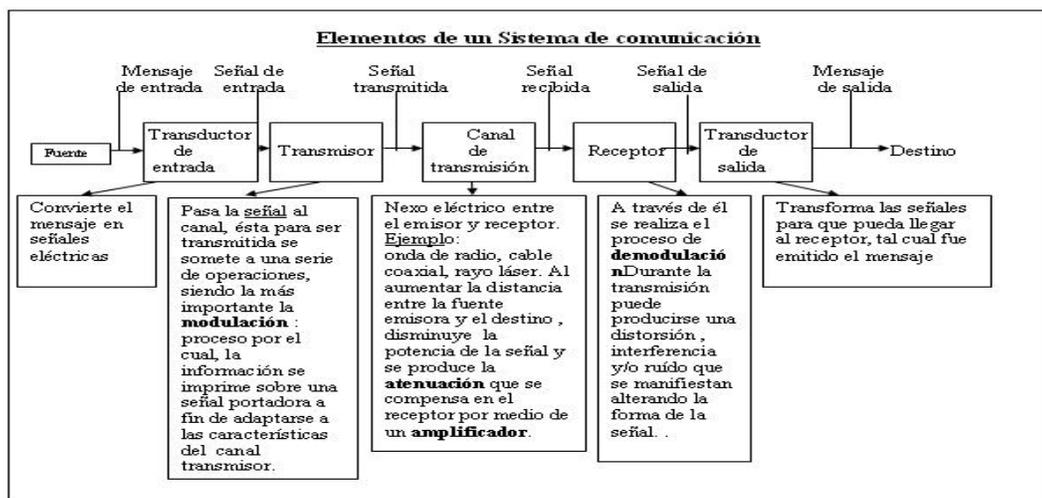


Figura 5. Elementos de sistemas de comunicación.

Fuente. Manual de sistemas de comunicación.

4.11 Automatización industrial

Sistema en el cual interfiere elementos computarizados, mecánicos, electroneumáticos, electrohidráulicos con fines industriales y se constituye de dos partes fundamentales una que es la parte operativa formada por un conjunto de dispositivos máquinas o procesos para realización determinadas de fabricación y por otro lado la parte de control que independientemente de su implementación tecnológica puede llevar a cabo la coordinación de distintas operaciones.

Los módems de internet son receptores que provienen de la ISP a través de una línea de teléfono fibra óptica o cable coaxial, y él las convierte en una señal digital. (recursos, 2020)

La Señal WI-FI es una conexión que permite aprovechar las ventajas de la propagación de las ondas vía radio, para ofrecer al usuario al acceso a la red sin cables y por lo tanto mayor movilidad. (El Yaagoubi, 2012)

Los protocolos de comunicación son sistemas que permiten que dos o más entidades de un sistema de comunicación se comuniquen entre ellos para transmitir información por medio de cualquier tipo de variación de una magnitud física. los protocolos pueden ser llevados a cabo por un hardware y software o por combinación de ambos, también se define como un conjunto de normas que permite la comunicación entre ordenadores. (Aragon, 2020)

4.12 Buses industriales

Un sistema de buses es un campo de red de comunicación Industrial bidireccional o multipunto entre dispositivos de Campos inteligentes interconectados a una red ya sea con un plc o con un computador eso se manda a un sistema de control subyacente o centralizado a redes distribuidos y entrelazados de dispositivos de ascenso ejemplo: interruptores, válvulas, actuadores, lámparas lo que se haya automatizar. entre estas comunicaciones podemos encontrar un sistema de automatización que puede ser de un sistema abierto qué se utiliza desde una plataforma ya sea un plc o desde un computador o también se puede fabricar de una manera

especializada o de alta gama donde se puede observar o conectar con una plataforma esencialmente para hablar. (industria, 2020)

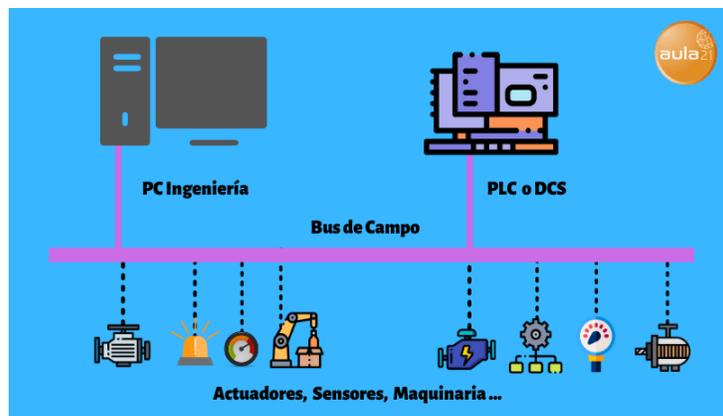


Figura 6. Diagrama básico del bus de campo.

Fuente. Centro de formación técnica para la industrial.

4.13 Control remoto de variables

Un programa de gestión de calidad es una herramienta de trabajo que, integrada al proceso de producción para asegurar un proceso industrial, para esto se debe coordinar una serie de elementos, logrando así la calidad de los productos o servicios que ofrece.

Un software de gestión de calidad permite obtener información de todo Control de Calidad o Checklist realizado en planta durante el turno de trabajo. Desde el terminal de este sistema, el operario registra los resultados y controles realizados. Toda esta información posteriormente se recoge y se muestra en informes que se pueden filtrar por distintas variables. (DOEET, 2020)

4.14 Computación en la web y Scada web

Es una tecnología que permite remotamente desde cualquier lugar acceder a los sitios web a los archivos o procesamiento que hay en internet sin necesidad de conectarse a un servidor local en contexto sirve los programas que el usuario desee encontrar por internet. Puede acceder a de cualquier ordenador ya sea celular, computador o Tablet. (Grapsas, 2018)

Es un programa de implementación en permite ejecutar diversas acciones que usuario necesite esto depende del usuario. esta no está limitada por capacidades está puede configurar acciones de datos almacenamiento, procesamiento, visualizaciones, administración de servidores, configuración de escenarios e integración empresarial eso se puede controlar desde una consola unificada. (Tibbo, 2020)

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 la red cibernética de las automatizaciones industriales 4.0.

5.2 Método

En este proyecto se desarrollan actividades para alcanzar los objetivos planteados, se describe cada una de ellas:

Para caracterizar los tres sistemas de aire acondicionado evidenciando las similitudes y diferencias respecto a la operación diaria, se realiza una visita en sitio de las unidades de A.C. Esta actividad se realizará en las instalaciones de la institución universitaria pascual bravo en los bloques 23, 24 y 25, con esta actividad se busca realizar un diagnóstico del estado actual de los sistemas de aires acondicionados, con el propósito de identificar los consumos y los instrumentos instalados identificando en ellos los datos de placa, características, estado de las protecciones eléctricas, consumo promedio de energía e identificar en que horarios se tiene más consumo. Se validará que los conductores eléctricos no presenten recalentamientos y que toda la instalación a intervenir cumpla con la norma RETIE y norma técnica colombiana NTC 2050.

Para configurar el módulo para la obtención de la información del proceso y realizar las respectivas comparaciones, se realiza la configuración del Gateway con el fin de automatizar la captura de datos de los sistemas de aire acondicionado, teniendo en cuenta los datos recolectados y realizar uso eficiente de los mismos. En este punto se elige el lenguaje de programación JavaScript para implementar la aplicación de monitoreo en una hoja electrónica de Google. Al elegir los sistemas de programación, el sistema a conectar, se elige la red WIFI que sea

compatible para los sistemas de programación elegidos, con un buen acople y una cobertura óptima para su funcionamiento, considerando los respaldos de la conexión. La conexión del wi-fi con el gateway se realiza enlazando los módulos del sistema de aires acondicionados por vía cableada, buscando determinar los parámetros para la conexión de la red Wifi de los sistemas de programación unificando la red específicamente para ese proceso y logrando con la programación indicada tener un respaldo con otro dispositivo conectado al autómata.

Para llevar a efecto el tratamiento de los datos obtenidos del sistema completo, se realizan las pruebas de funcionamiento de los tres equipos de aire acondicionado, verificando el paso a paso de la configuración implementada, realizando una confrontación de rangos de indicación y campos de medida de los módulos implementados con la medición real del proceso.

5.3 Instrumentos de recolección de información.

5.3.1. Fuentes primarias. Trabajo de grado de maestría de los docentes Carlos Mario Moreno y Bayron Álvarez. Unidades de aire acondicionado de la Institución Universitaria Pascual Bravo.

5.3.2. Fuentes secundarias. Videos de aplicación en YouTube, información de algunas páginas web relacionados con los temas. Consulta de página de SIEMENS (autómatas) guías de apoyo, revista técnica de Luis Flower Leiva y trabajos de grado consultado de otras Instituciones por medio de google académico.

6. Resultados

El proyecto parte de la construcción de un módulo de medición y transmisión de variables eléctricas, con la finalidad de obtener datos en tiempo real a través de sensores físicos, de algunos sistemas de aire acondicionado, extrayendo datos estadísticos para el análisis y mejoramiento del sistema de aire acondicionado existente en la IUPB. El sistema propuesto se compone de un medidor multivariable con comunicación vía Modbus RTU, un Gateway de comunicaciones para enrutar los datos hacia un servidor – bróker, que los pondrá disponibles para aplicaciones de captura y análisis como son las hojas electrónicas de Google.

El módulo de medición multivariable se debe comunicar directamente con la unidad receptora de aire acondicionado, a través de conexiones físicas y a través de una conexión de internet y un dispositivo wifi, hacia el servidor de datos en la nube. El módulo 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 brinda oportunidades en el área profesional. El trabajo de grado entrega un módulo didáctico al cual se puede conectar cualquier sistema de aire acondicionado para la respectiva captura de datos, logrando que estudiantes de la Institución Universitaria Pascual Bravo realicen sus respectivas prácticas y se obtenga en tiempo real el funcionamiento óptimo de los equipos, adicional a esto se puede monitorear y modificar variables remotamente de las unidades de aire acondicionado.

Las unidades de aire acondicionado ubicadas en los bloques 23, 24 y 25 en 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. Para la implementación del sistema de monitoreo remoto de los sistemas de aire acondicionado se procede a:

Construir un módulo didáctico, que lleva un medidor multivariable, y una fuente de alimentación, ubicadas en un encerramiento de plástico con sistema de anclaje en las paredes.

Conectar un dispositivo electrónico que utiliza wifi para que se comuniquen con el sistema acondicionado ubicados en los bloques 23, 24 y 25.

Configurar el módulo, siguiendo las respectivas instrucciones de los docentes que intervienen directamente en el proyecto para obtener la información del proceso de eficiencia energética.

La primera actividad realizada fue la visita en sitio de las unidades de A.C. Esta actividad se realizó en las instalaciones de la institución universitaria Pascual Bravo en los bloques 23, 24 y 25. Con esta actividad se busca realizar un diagnóstico del estado actual de los sistemas de aires acondicionados, con el propósito de identificar los consumos y los instrumentos instalados identificando en ellos los datos de placa, características, estado de las protecciones eléctricas, consumo promedio de energía e identificar en que horarios se tiene más consumo. Se validará que los conductores eléctricos no presenten recalentamientos y que toda la instalación a intervenir cumpla con la norma RETIE y norma técnica colombiana NTC 2050.

Tabla 1.

Resultados del proyecto

Modelo	Carga	Voltaje	Frecuencia	Potencia
ARUV200BTS4	19,8 A	220V	60Hz	3 HP
ARUV200BTS4	19,8 A	220V	60Hz	3 HP
ARUV100BTS4	36,7 A	220V	60Hz	3 HP

Fuente. Diseño propio

La tabla 1 presenta las características de los tres sistemas de aire acondicionado, de los que hay dos unidades iguales. Esto lleva a considerar la comparación sólo de dos de ellas.

Para llenar la tabla se ha realizado una verificación de datos de placa de las unidades de aire acondicionado. Según los datos de placa para cada sistema de aire acondicionado se realizará una configuración indicada para cada proceso, así se logrará tener una mejor respuesta en términos de consumo energético. Para lograr el cometido de hacer la medición de los datos es necesario revisar las relaciones de las variables eléctricas, que son las que establecen la forma en la cual se calculan las variables derivadas de la medición del dispositivo.

La potencia eléctrica del motor del sistema de aire acondicionado modelo ARUV200BTS4, está dado por la relación $P = 1.73 * V * I * \cos\phi$, lo cual indica que se deben medir los voltajes, las corrientes de las fases y el factor de potencia para hacer los cálculos en el servidor de datos, de la potencia activa, la potencia reactiva como $P = 1.73 * V * I * \sin(\arccos(\cos\phi))$ y la potencia aparente como $P = V * I$. Adicionalmente se debe calcular la energía consumida multiplicando las horas de operación por la potencia $W = P * h$.

Las figuras 7 y 8 presentan las unidades compresoras objeto del estudio, las cuales se encuentran a la intemperie en una zona enmallada para evitar el acceso a personal no calificado.



Figura 7. Primera unidad compresora.
Fuente. Diseño propio.

Las unidades compresoras de los sistemas analizados son de marca LG, están ubicadas en la parte externa de la edificación y utilizan un sistema de tuberías recubiertas con aislante térmico para extraer el calor de las unidades evaporadoras.



Figura 8. Segunda unidad compresora.
Fuente. Diseño propio.

Las unidades evaluadas corresponden a los modelos ARUV200BTS4 y ARUV100BTS4 y comprimen refrigerante para evaporadoras de sistemas mini-split ubicados en salas de computadores. En la parte externa de las salas se debe instalar el módulo didáctico, producto del presente proyecto, con la finalidad de medir las variables eléctricas que revelan los niveles de consumo de las unidades de aire acondicionado a diferentes horas del día y a diferentes días de la semana.

Para realizar las mediciones se requiere de la utilización de un medidor energía digital programable marca thincol; en él se obtiene la información que va apareciendo para la realización del estudio propuesto. También se presentará de manera ordenada y comprensible la información para lograr extraer las conclusiones que estos datos originan. La figura 9 muestra los medidores multivariable que se han utilizado, los cuales miden voltaje de fase, voltaje de línea, corriente de línea, factor de potencia, potencia aparente, activa y reactiva.



Figura 9. Los analizadores de red – medidores multivariable.
Fuente. Diseño propio.

Con base a lo que se ha ido investigando y a los estudios realizado con proyectos similares antes visto, se logra determinar que para la implementación del sistema de medición y monitoreo a las unidades de aire acondicionado con sus procesos eléctricos será necesario contar con ciertos elementos como es:

medidor de energía programable marca thincol.

Transformadores de corrientes

Caja de medidor con protección de policarbonato

Cables eléctricos

Tomacorriente 110v

Adaptador o Conversor de voltaje

La Configuración del sistema thincol, se realiza para ajustar las variables medidas a unidades de ingeniería de acuerdo con los niveles de tensión y corriente del sistema de aire acondicionado. Para determinar las variables a extraer, es necesario tener un modelo matemático de la parte eléctrica de los sistemas de aire acondicionado que se han de simular.

El modelo del compresor es realizado utilizando las relaciones entre los datos de placa de las unidades compresoras. El modelo considera los intercambios de calor a la entrada y salida del compresor, y el intercambio con el ambiente. Para esto se define una pared ficticia, a la cual se transfieren estos calores al igual que las pérdidas electromecánicas del compresor. La compresión se descompone en dos partes: a entropía constante y a volumen constante, y se supone como adiabática.

La potencia eléctrica está relacionada con la cantidad de electricidad que consume el sistema de aire acondicionado por cada hora que está funcionando conectado a la red. Se mide en vatios por hora o en kilovatios por hora (kWh).

La potencia térmica es la capacidad para cambiar la temperatura que tiene el sistema de aire acondicionado, en otras palabras, la cantidad de frío o calor que puede aportar. Los aires acondicionados con bomba de calor son muy eficientes, por cada kWh de electricidad que consume, el sistema de aire proporcionará 4 kWh de energía térmica, frío o calor.

La potencia térmica se mide en kilocalorías por hora: normalmente se usa para referirse a la potencia de calefacción. Una kcal/h corresponde a 1,163 W (y 1 kW = 860 kcal/h).

Frigorías por hora. Es una unidad de medida de absorción del calor. La unidad de potencia del Sistema Internacional de Unidades es el W: un kW, equivale a 1.000 W. Para convertir BTU/h a kW, hay que multiplicar el valor de BTU/h por 0,000293.

De los datos obtenidos a partir de la revisión de los parámetros del sistema de aire acondicionado se establece que, al llevar la información de las variables eléctricas, se puede determinar el consumo térmico del sistema. Para ello es necesario implementar el sistema de comunicaciones.

Para la transmisión de los datos es necesario disponer de un dispositivo wi-fi. Al elegir los sistemas de programación, el sistema a conectar, se elige la red WIFI que sea compatible para los sistemas de programación elegidos, con un buen acople y una cobertura óptima para su funcionamiento, considerando los respaldos de la conexión.



Figura 10. Gateway de comunicación.
Fuente. Diseño propio.

La figura 10 presenta un gateway y comunicaciones. Gateway es de enlace Wifi Modbus Mqtt, el cual es un dispositivo electrónico que permite realizar enlaces entre autómatas programables, medidores de energía y equipamiento de campo, con servidores tipo bróker MQTT, mediante los protocolos de comunicaciones Modbus RTU y MQTT.

El gateway de enlace wifi Modbus Mqtt, 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 figura anterior se puede observar la conexión de un autómata programable al Gateway VMQ, el cual tiene las siguientes conexiones: Power Gnd = Conexión al negativo de la fuente de alimentación externa, la cual puede ser la misma que 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 42 enlace con servidores remotos y aplicaciones del internet de las cosas IoT.

La figura 11 presenta la conexión del Gateway a diferentes tipos de autómatas programables o a variadores de velocidad o analizadores de red.

cada una de las actividades del método se escribe un resultado.

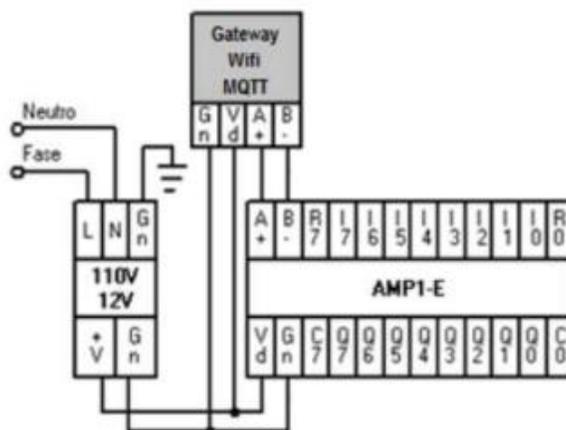


Figura 11. Diagrama de interconexión del gateway.
Fuente. Diseño propio.

La conexión del Gateway wi-fi con el autómata se realiza teniendo en cuenta que se utiliza el protocolo Modbus RTU, el que se implementa sobre un bus RS485. Esta actividad se complementa con la configuración del gateway a la red Wifi, la cual se debe de enlazar con los módulos del sistema de aires acondicionados, con el fin de controlar y analizar su comportamiento. La figura 12 presenta la conexión del motor de las unidades de aire acondicionado, al medidor multivariable y de allí al Gateway de comunicaciones.

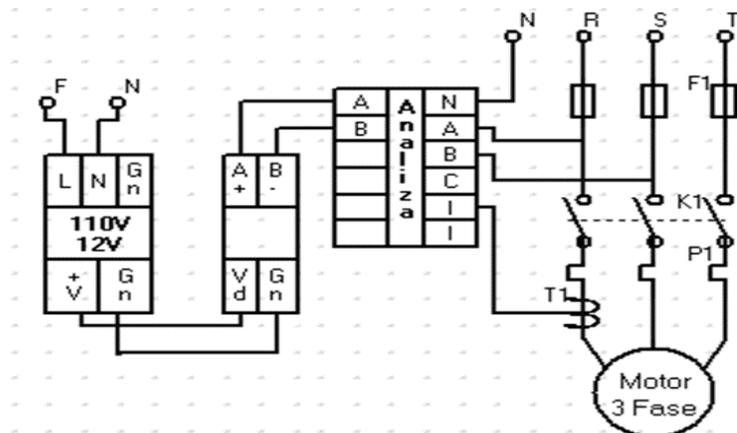


Figura 12. Interconexión del sistema de monitoreo.
Fuente. Diseño propio.

La configuración del Gateway al router de wi-fi busca determinar los parámetros para la conexión de la red Wifi de los sistemas de programación unificando la red específicamente para ese proceso y logrando con la programación indicada tener un respaldo con otro dispositivo conectado al autómata. La figura 13 presenta la interfaz de usuario del aplicativo de configuración del Gateway, a través del cual se fijan el nombre de la red de área local con su respectivo “password”. También se configura la dirección ip del servidor – bróker remoto y su puerto de conexión. La comunicación entre el Gateway y el analizador de red se realiza a través del protocolo Modbus RTU sobre un bus RS485. La comunicación entre el Gateway y el bróker se realiza mediante el protocolo Modbus TCP sobre una red wifi con salida a internet.

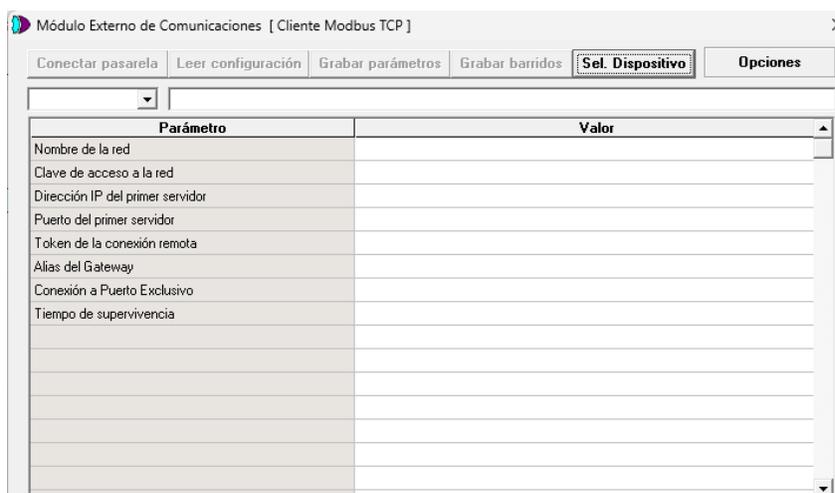


Figura 13. Interfaz de usuario del aplicativo de configuración del Gateway.
Fuente. Diseño propio.

La configuración del Gateway busca realizar la programación de los parámetros que permitan la conexión del medidor multivariable con el servidor – bróker ubicado en la nube con el fin de enviar los datos recolectados anteriormente y realizar uso eficiente de los mismos.

Tras la configuración de los dispositivos de medición y transmisión de datos se procesan los datos en el servidor, para ponerlos disponibles a una aplicación que se construye sobre una hoja electrónica de Google agregando un script en Java. En esta actividad se realizará la validación de todas las configuraciones realizadas y lograr unificarlas en un mismo módulo de monitoreo remoto y control, en el cual se tendrá el control principal de todos los sistemas de aire acondicionado para satisfacer las necesidades de ahorro energético y el uso racional de la energía en la institución educativa.

Los campos del medidor multivariable que se han de leer mediante el protocolo Modbus RTU, son los siguientes:

Posición 0: Voltaje de fase 1

Posición 8: Voltaje de fase 2

Posición 16: Voltaje de fase 3.

Posiciones 24 a 40 son las corrientes.

Posiciones 48 a 64 son las tensiones de línea.

Posiciones 72 a 88 son los factores de potencia.

El Script de Java que se agrega a una hoja electrónica de Google debe enviar peticiones tipo GET al servidor - bróker para que este responda con los datos que lee desde los medidores multivariable a través del Gateway.

```

function function_mon() {
    var spread = SpreadsheetApp.getActiveSpreadsheet();
    var sheet1 = spread.getSheets()[0];
    var fact1 = [ 0.001, 0.001, 0.001, 0.001];
    var offs1 = [ 0, 0, 0, 0];
    var bias1 = [ 0, 0, 0, 0];
    lectura_mgd(sheet1, "0022", offs1, fact1, bias1);
    var sheet2 = spread.getSheets()[1];
    var fact2 = [ 0.001, 0.001, 0.001, 0.001];
    var offs2 = [ 0, 0, 0, 0];
    var bias2 = [ 0, 0, 0, 0];
    lectura_mgd(sheet2, "0034", offs2, fact2, bias2);
}

function lectura_mgd(sheetx, devx, offsx, factx, biasx){
    var longx = (factx.length * 2).toString(16).padStart(4, "0");
    var response;
    try {
        response = UrlFetchApp.fetch("http://18.191.129.89:1027/modbus=0001" + devx +
"000601030000"+longx + "?abcde/");
    } catch(e) {
        response = "";
    }
    if(response != ""){
        var json = response.getContentText();
        var data = JSON.parse(json);
        var valor = data.Value;
        var rowact = desborde(sheetx, sheetx.getLastRow(), offsx.length, 600);
        sheetx.getRange(rowact,1).setValue([ new Date(new Date().getTime()) ]);
    }
}

```

```

for(itm = 0, posx = 0; itm < 4; itm++, posx += 8){
    var valrx = ((parseInt(valor.substring(posx, posx + 8), 16) - offsx[itm]) *
factx[itm]) + biasx[itm];
    sheetx.getRange(rowact,itm + 2).setValue([valrx]);
}
}
}
}

```

La figura 14 presenta los resultados de la captura de datos realizada desde la hoja electrónica de Google, luego de haber lanzado la ejecución de Script de Java.

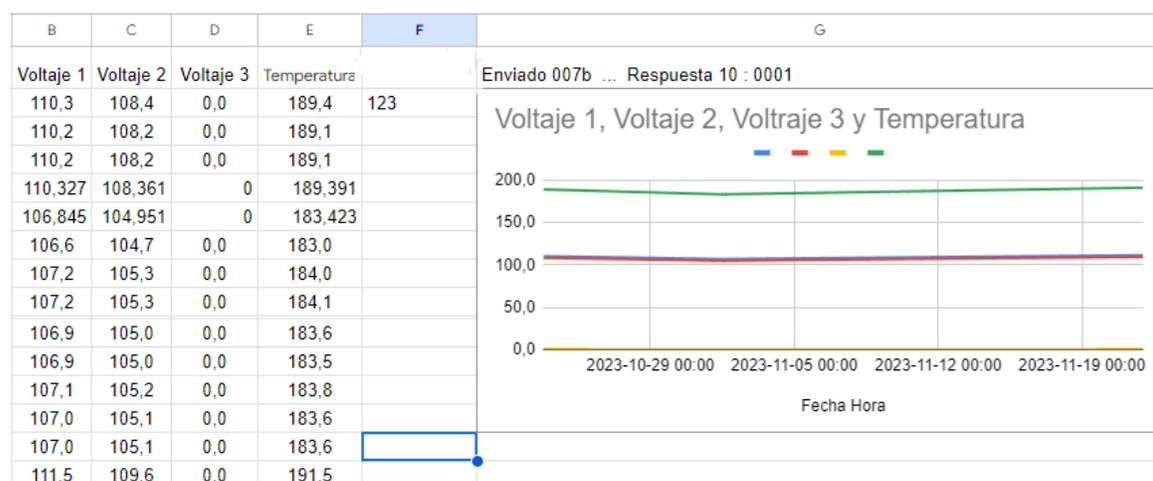


Figura 14. Datos capturados con el sistema de medición remota.
Fuente. Diseño propio.

La realización de las pruebas muestra la captura de los datos a intervalos de tiempo regulares y se establece que durante tiempos de operación de pocas horas no hay cambios significativos en las variables, lo cual lleva a proponer tiempos de captura de datos más largos. Siguiendo dicho esquema, se procede a hacer pruebas de funcionamiento de los tres equipos de aire acondicionado, verificando el paso a paso de la programación implementada, realizando una confrontación de rangos de indicación y campos de medida de los módulos implementados con la medición real del proceso.

El montaje realizado permite llevar a la práctica en cada módulo el control remoto, la medición de las variables eléctricas para verificar su comportamiento según las instrucciones dadas, ya sea para apagar o encender los equipos de aire acondicionado a determinadas horas, para tener un control de los consumos e identificar las estrategias de mejora de la eficiencia energética, realizando el análisis con las gráficas según el consumo de energía y tiempos de mayor demanda energética.

7. Conclusiones

Al caracterizar los tres sistemas de aire acondicionado se determina que el consumo es directamente proporcional a la carga térmica que manejan dichos dispositivos.

La configuración del módulo de comunicaciones permite enrutar los datos de los medidores multivariantes a diferentes aplicaciones en la nube con mínimos tiempos de respuesta.

Es necesario hacer lecturas de las variables eléctricas lo suficientemente espaciadas en el tiempo, para no llenar las bases de datos con información que poco aporta a la toma de decisiones.

8. Recomendaciones

Se propone implementar el sistema de medición, transmisión y tratamiento de la información de los aires acondicionados a otros bloques académicos de la institución universitaria Pascual Bravo.

Se debe escalar el uso de los recursos desarrollados a actividades con un contenido técnico – científico de mayor nivel de complejidad como lo son las auditorías energéticas.

Aplicar analítica de datos al tratamiento de los datos obtenidos del sistema completo, buscando obtener indicadores clave que impacten de forma más directa sobre la eficiencia energética.

9. Referencias bibliográficas

Acoltzi, H. &. (2011). ISO 50001, Gestión de energía. *Boletín IIE*, 114.

AMBIENTE, M. (2020). Ministerio del. Política Nacional sobre Mudança do Clima. 5.

Correa Soto, J. B. (2014). Diseño y aplicación de un procedimiento para la planificación energética según la NC-ISO 50001: 2011. *Ingeniería energética*, 35(1), 38-47.

Fitzgerald, A. K. (2003). *Electric Machinery*. Mc.Graw Hill, Internationa.

García-Peñalvo, F. J. (2019). nteligencia Artificial. Una perspectiva desde la ficción a la realidad. <https://bit.ly/2Q0jap0>. doi: 10.5281/zenodo.2818903.

Giraldo Castro, J. A. (2016). Comparativo de ensayos de eficiencia energética de equipos acondicionadores de aire a carga plena y carga parcial.

González Cadavid, A. J. (2016). Comparación energética de refrigerantes halocarbonados (HCFC) y orgánicos (hidrocarburos (HC)), bajo el diseño y construcción de un sistema de aire acondicionado.

Monfort, E. M. (2010). Análisis de consumos energéticos y emisiones de dióxido de carbono en la fabricación de baldosas cerámicas. *Boletín de la Sociedad Española de Cerámica y Vidrio*, 49(4), 303-310.

Rivas, J. V. (2003). Analizador de redes eléctricas. *Conciencia Tecnológica*, 22.