



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

SEDE GUAYAQUIL

**CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA**

**PROYECTO DE TITULACIÓN**

Previa la obtención del Título de:

**INGENIERO ELÉCTRICO**

**TEMA**

“Módulo De Control Y Monitoreo De Sistemas De Climatización Mediante  
Comunicación BACnet Para Ahorro Energético”

**AUTORES**

Julio Oswaldo Fernández Olmedo

Rafael Armando Soledispa Jijón

DIRECTOR: Gary Omar Ampuño Avilés

GUAYAQUIL

2018

# **CERTIFICADOS DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

Nosotros, Julio Oswaldo Fernández Olmedo y Rafael Armando Soledispa Jijón autorizamos a la **Universidad Politécnica Salesiana** la publicación total o parcial de este trabajo de titulación y su reproducción sin fines de lucro.

Además, declaramos que los conceptos, análisis desarrollados y las conclusiones del presente trabajo son de exclusiva responsabilidad de los autores.

Guayaquil, Julio, 2019

---

Julio Oswaldo Fernández Olmedo

Cédula: 0930521398

---

Rafael Armando Soledispa Jijón

Cédula: 0941194656

# **CERTIFICADO DE SESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UPS**

Yo, **JULIO OSWALDO FERNÁNDEZ OLMEDO**, con documento de identificación N° **0930521398**, manifiesto mi voluntad y cedo a la **UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA** la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autor del trabajo de grado titulado **“Módulo De Control y Monitoreo De Sistemas De Climatización Mediante Comunicación BACnet Para Ahorro Energético”** mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de **INGENIERO ELÉCTRICO**, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la universidad facultada para ejercer plenamente los derechos antes cedidos.

En aplicación a lo determinado en la Ley de Propiedad Intelectual, en mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscrito este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, Julio, 2019

---

Julio Oswaldo Fernández Olmedo

Cédula: 0930521398

**CERTIFICADO DE SESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL  
TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UPS**

Yo, **RAFAEL ARMANDO SOLEDISPA JIJÓN** , con documento de identificación N° **0941194656**, manifiesto mi voluntad y cedo a la **UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA** la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autor del trabajo de grado titulado **“Módulo De Control y Monitoreo De Sistemas De Climatización Mediante Comunicación BACnet Para Ahorro Energético”** mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de **INGENIERO ELÉCTRICO**, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la universidad facultada para ejercer plenamente los derechos antes cedidos.

En aplicación a lo determinado en la Ley de Propiedad Intelectual, en mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscrito este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, Julio, 2019

---

Rafael Armando Soledispa Jijón

Cédula: 0941194656

**CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE  
TITULACIÓN SUSCRITO POR EL TUTOR**

Yo, **GARY OMAR AMPUÑO AVILÉS**, director del proyecto de Titulación denominado “Módulo De Control y Monitoreo De Sistemas De Climatización Mediante Comunicación BACnet Para Ahorro Energético” realizado por los estudiantes, Julio Oswaldo Fernández Olmedo y Rafael Armando Soledispajijón, certifico que ha sido orientado y revisado durante su desarrollo, por cuanto se aprueba la presentación del mismo ante las autoridades pertinentes.

Guayaquil, Julio, 2019

.....

Gary Omar Ampuño Avilés

MSc.

## **DEDICATORIAS**

### ***JULIO FERNANDEZ O.***

En primer lugar, agradecido con Dios por haberme permitido llegar hasta este punto, haberme brindado salud para poder concluir mi etapa profesional. A mis padres por ser quienes me ayudaron a forjarme como persona haberme cultivado las cualidades necesarias para ser la persona que soy. A mis hermanos por brindarme su apoyo incondicional y ayuda en las situaciones difíciles en este camino. De manera especial a Jéssica Y. quien fue una de las personas que me motivo a seguir con sus palabras, consejos y apoyo incondicional.

### ***RAFAEL SOLEDISPA J.***

En primer lugar, gracias a Dios por permitirme abrir los ojos esta mañana nuevamente y poder celebrar el producto del esfuerzo de mis padres junto a ellos, agradezco a mis padres porque a pesar que eh cometido muchos errores se han mantenido firmes creyendo en mí siempre, y a Bárbara L. Una gran amiga y compañera que estuvo conmigo a lo largo de mi vida estudiantil

## **AGRADECIMIENTOS**

Al término de la presente tesis de grado queremos expresar nuestra gratitud y nuestro agradecimiento a:

- A la Universidad Politécnica Salesiana por el apoyo y la colaboración que nos brindaron a lo largo del desarrollo de nuestra tesis
  - A todos y cada uno de los docentes que nos formaron e impartieron su conocimiento a lo largo de nuestra carrera universitaria.
- Al Ing. Gary Ampuño A. M.Sc, tutor de nuestra tesis, por habernos guiado y apoyado con sus ideas y conocimientos durante el inicio y la conclusión de esta tesis.
- A nuestros padres por brindarnos su apoyo y motivación para llevar acabo nuestro trabajo de titulación.
- Especialmente a Dios por darnos la sabiduría y capacidad para poder desarrollar de manera exitosa nuestra tesis.

***JULIO OSWALDO FERNÁNDEZ OLMEDO***

***RAFAEL ARMANDO SOLEDISPA JIJÓN***

## RESUMEN

El presente proyecto tiene por objetivo realizar un módulo didáctico que mejore el consumo de energía eléctrica y hacer más comfortable las áreas climatizadas. Aplicando el control y monitoreo de los sistemas de climatización enfocado en los equipos de aires acondicionado de expansión directa. Con el módulo, se analiza la energía consumida de los equipos en funcionamiento según el parámetro de temperatura ambiente deseada.

El módulo didáctico es previamente diseñando mediante planos y diagramas de conexión para la medición de consumo de aires acondicionados tipo piso techo. Se efectuaron las pruebas para corroborar el correcto funcionamiento eléctrico del módulo. También es entregado un manual de operador para el correcto funcionamiento que ayuda a los estudiantes de la Universidad Politécnica Salesiana. Y son incluidas las pruebas realizadas en el formato de prácticas didácticas.

En conclusión, se obtuvo como resultado que la utilización de sistemas de climatización automático es de gran ayuda para la búsqueda de eficiencia energética en edificios. Los intercambiadores de calor y compresores no cuentan con equipos electrónicos que permitan un control óptimo de climatización, es decir, es posible adaptar equipos de tecnología antigua cuyos compresores arrancan de manera directa.

En la parte de implementación, mediante las pruebas en campo fue posible evidenciar un ahorro energético mayor al 44% en un lapso de 7 días.

**Palabras clave:** Centrales de frío, BACnet, climatización



## **ABSTRACT**

The objective of this project is to develop a didactic module to make more efficient the consumption of electrical energy and to make more comfortable the climatized areas by means of the control and monitoring of the air conditioning systems focused on the air conditioning equipment of direct expansion, through which the energy consumed by the equipment is analyzed when they are in operation according to the desired ambient temperature parameter. A didactic module was created, previously designing its plan and connection diagram for measuring the consumption of floor-type ceiling air conditioners. The tests were carried out to corroborate the correct electrical functioning of the module, immediately creating a manual for the ignition of the equipment in aid to the students of the Salesian Polytechnic University, as well as the tests carried out in the format of didactic tests. In conclusion, it was obtained as a result that the use of automatic air conditioning systems is of great help for the search of energy efficiency in buildings which maintain the use of equipment either low or large capacity but in their heat exchangers not yet they use electronic energy or invert for the operation of the compressor, that is, old technology equipment whose compressors start directly.

**Keywords:** Refrigeration Plants, BACnet, air conditioning

# ÍNDICE DE CONTENIDOS

<b>CAPÍTULO I .....</b>	<b>2</b>
1.1. Descripción del Problema.....	2
1.2. Antecedentes.....	3
1.3. Alcance y beneficiarios.....	5
1.4. Importancia.....	6
1.5. Delimitación.....	6
1.6. Objetivos.....	7
1.6.1 Objetivo General.....	7
1.6.2. Objetivos Específicos.....	7
1.7. Marco metodológico.....	7
<b>CAPÍTULO II.....</b>	<b>9</b>
<b>2. Marco teórico.....</b>	<b>9</b>
2.1. Generalidades.....	9
2.2. Sistemas de climatización.....	9
2.3. Redes de comunicación.....	10
2.3.1. Tipos de redes.....	10
2.3.1.1. Red de Área Local.....	10
2.3.1.2. Red de Área Local Inalámbrica - WLAN.....	11
2.3.2. Topología de redes WLAN.....	11
2.3.2.1. Topología Ad-hoc.....	11
2.3.2.2. Topología Infraestructura.....	12
2.3.2.3. Topología Mesh.....	13
2.3.3. Medios de transmisión.....	14
2.3.3.1 Par trenzado.....	14
2.3.3.2 Cable apantallado para comunicacion.....	14
2.4. Modelo TCP/IP.....	15
2.4.1. Capas del modelo TCP/IP.....	15
2.5. Protocolos de comunicación.....	16
2.5.1. Protocolo RS-485.....	17
2.5.2. Protocolo BACnet.....	17
2.6. Conexión Daisy Chain.....	17
2.7. Acondicionamiento de aires.....	19

2.8. Control automático .....	19
2.9. Analizador de Energía .....	20
2.10. Termostato TEC3630 .....	21
<b>CAPÍTULO III .....</b>	<b>23</b>
<b>3. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE MÓDULO .....</b>	<b>23</b>
3.1. Secuencia de Elaboración .....	23
3.1.1. Planificación y diseño del módulo.....	23
3.1.2. Construcción de Plafón.....	26
3.1.3. Montaje de componentes .....	28
3.1.4. Conexión Eléctrica de componentes.....	28
3.1.5. Prueba de conexiones eléctricas realizadas .....	30
3.1.6. Listado de componentes del Módulo.....	31
<b>CAPÍTULO IV.....</b>	<b>33</b>
<b>4. PROGRAMACIÓN Y PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO .....</b>	<b>33</b>
4.1. Programación de Sistema de control .....	33
4.1.1. Configuraciones del servidor.....	33
4.1.2. Arquitectura de la red BACnet del Módulo.....	33
4.2. Montaje de equipos para prueba.....	33
4.3. Medición semana uno.....	35
4.4. Medición semana dos .....	36
4.5. Recopilación de datos y análisis de resultados.....	40
<b>CAPÍTULO V .....</b>	<b>47</b>
<b>5. MANUAL DE NAVEGACIÓN DENTRO DEL SISTEMA DE CONTROL.....</b>	<b>47</b>
5.1. Comunicación física entre servidor y computadora .....	47
5.2. Navegando en interfaz gráfica diseñada.....	52
5.3. Observar Tendencias .....	54
5.4. Configuración de horarios .....	56
5.4.1. Horario semanal.....	56
<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>58</b>
<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>58</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRAFÍAS .....</b>	<b>59</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Módulo de climatización tipo ventana .....	3
<b>Figura 2.</b> Módulo didáctico Split tipo central de 12000 BTU .....	3
<b>Figura 3.</b> Planta de ensayo: CIESOL. (a) Exterior del edificio, (b) Habitación característica. ....	5
<b>Figura 4.</b> Red propuesta a implementar.....	6
<b>Figura 5.</b> Red de Área Local .....	10
<b>Figura 6.</b> Red de Área Local Inalámbrica - WLAN .....	11
<b>Figura 7.</b> Ejemplo de una Topología Ad-Hoc .....	12
<b>Figura 8.</b> Ejemplo de una Topología Infraestructura.....	13
<b>Figura 9.</b> Ejemplo de una Topología Mesh .....	13
<b>Figura 10.</b> Par trenzado y conector Rj45 .....	14
<b>Figura 11.</b> Conexión de cable apantallado para red de comunicación .....	14
<b>Figura 12.</b> Capas del modelo TCP/IP .....	15
<b>Figura 13.</b> Conexión Daisy Chain de los termostatos .....	18
<b>Figura 14.</b> Analizador de Red Fluke 435.....	21
<b>Figura 15.</b> Pantalla Inicial de TEC3630 .....	22
<b>Figura 16.</b> Espacio seleccionado para la instalación del nuevo módulo .....	23
<b>Figura 17.</b> a) Jack de conexión, b) Termostato de red TEC3000, d) Servidor FX80.....	24
<b>Figura 18.</b> Vista frontal del módulo y Plafón perforado .....	25
<b>Figura 19.</b> Proyección de módulo sobre espacio físico asignado.....	26
<b>Figura 20.</b> Revisión de diseño sobre el plafón .....	27
<b>Figura 21.</b> Instalación de Vinil transparente.....	28
<b>Figura 22.</b> Montaje de Componentes sobre Plafón .....	29
<b>Figura 23.</b> Conexiones eléctricas.....	30
<b>Figura 24.</b> Energización de módulo .....	31
<b>Figura 25.</b> Diagrama de conexiones de analizador de red Fluke 435.....	34
<b>Figura 26.</b> Conexión de elementos de medición .....	35
<b>Figura 27.</b> Equipo Piso Techo funcionando con su mecanismo automático propio .....	36
<b>Figura 28.</b> Módulo antes de ser trasladado hasta la dirección de carrera .....	37
<b>Figura 29.</b> Ubicación definida para plafón .....	38
<b>Figura 30.</b> Conexión de módulo al aire acondicionado.....	39

<b>Figura 31.</b> Corriente de consumo prueba .....	41
<b>Figura 32.</b> Potencia Instantánea.....	42
<b>Figura 33.</b> Temperatura ambiente días 17, 18, 19 de junio 2019 .....	43
<b>Figura 34.</b> Consumo de energía – semana 1 .....	44
<b>Figura 35.</b> Consumo de energía – semana 2.....	44
<b>Figura 36.</b> Conexión física entre laptop y servidor del módulo .....	47
<b>Figura 37.</b> Verificación de enlace adecuado.....	48
<b>Figura 38.</b> Ventana de Opciones de internet .....	49
<b>Figura 39.</b> Propiedad de adaptador de red .....	50
<b>Figura 40.</b> Protocolo de internet versión 4 .....	50
<b>Figura 41.</b> Configuraciones para poner en mismos segmentos de red a equipos .....	51
<b>Figura 42.</b> Interfaz de inicio de sesión.....	52
<b>Figura 43.</b> Pantalla inicial.....	53
<b>Figura 44.</b> Pantalla secundaria.....	53
<b>Figura 45.</b> Descripción de pantalla de termostato .....	54
<b>Figura 46.</b> Tendencia de temperatura .....	55
<b>Figura 47.</b> Tipos de gráficos para las tendencias.....	56
<b>Figura 48.</b> Pantalla de horarios.....	57

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> <i>Listado de componentes</i> .....	31
<b>Tabla 2.</b> <i>Presupuesto</i> .....	32
<b>Tabla 3.</b> <i>Análisis económico de la implementación y posterior consumo</i> .....	45

## **INTRODUCCIÓN**

En respuesta a la situación climática actual del planeta y otros factores indistintos a ellos es muy común encontrar dentro de la mayor parte de edificaciones el uso de equipos de climatización, para obtener sensaciones térmicas más agradables. Se puede encontrar varios modelos de equipos de climatización los cuales son controlados de manera manual.

Para el respectivo análisis del consumo energía de este tipo de instalaciones se realizaron pruebas con el funcionamiento normal de los equipos y así obtener el consumo energético de los mismos en busca de obtener un ahorro energético mitigando el mal uso de los equipos. Se creó un módulo didáctico, diseñando previamente su plano y diagrama de conexión.

Ulteriormente a la construcción del módulo se efectuaron las pruebas para corroborar el correcto funcionamiento eléctrico del módulo, creando inmediatamente un manual para el encendido del equipo en ayuda a los estudiantes de la carrera de ingeniería eléctrica de la Universidad Politécnica Salesiana sede Guayaquil, así como las pruebas realizadas en el formato de pruebas didácticas.

En el presente documento también encontraremos una vasta cantidad de información recopilada durante el proceso de investigación, esta información busca facilitar la comprensión de los conceptos y abordar temas como las redes comunicación BACnet.

# CAPÍTULO I

## 1. EL PROBLEMA

### 1.1. Descripción del Problema.

El consumo energético por parte de los sistemas de climatización es uno de los más fuertes en las instituciones públicas y privadas en nuestro medio. Esto se debe a las altas temperaturas que se mantienen durante casi todo el año en la Ciudad de Guayaquil. En los salones de la Universidad Politécnica Salesiana sede Guayaquil no hay ninguna forma de evitar la manipulación de los equipos que conforman los sistemas de climatización por parte de personal no autorizado, por lo cual, en muchas ocasiones los equipos acondicionadores de aire trabajan de una forma irregular. Por ello, es indispensable que la institución cuente con un sistema de control y monitoreo que le permita tener el mando exclusivo de sus equipos de aire acondicionado y como consecuencia a esto obtener un ahorro energético en los sistemas de climatización.

En la actualidad, es fácil acceder al mando de los equipos acondicionadores de aire instalados en los diferentes salones de clases a través de equipos celulares, de esta manera llegan a afectar el funcionamiento normal de estos equipos acondicionadores de aire, esto sin contar que también se hace uso de los equipos en horas en las que los estudiantes no tienen clases y hace que los equipos se encuentran trabajando innecesariamente.

A nivel mundial se busca el ahorro energético y contribuir con el medio ambiente con la reducción de la huella de carbono. De acuerdo a normas internacionales los equipos acondicionadores de aire deben operar a una referencia de temperatura de 22.5 °C. La inapropiada manipulación de los elementos de control provoca que el compresor del aire acondicionado trabaje por mucho más tiempo y esto se vea reflejado en el consumo total.

El aplicativo de este sistema de control y monitoreo busca restringir la manipulación por parte de terceros. Así también, busca dar respuesta a la siguiente interrogante.

¿Cómo se puede mejorar el índice de ahorro de energía en el sistema de climatización de un edificio sin reemplazar los equipos de aire acondicionado o sin la necesidad de instalar equipos con compresores con tecnología electrónica?

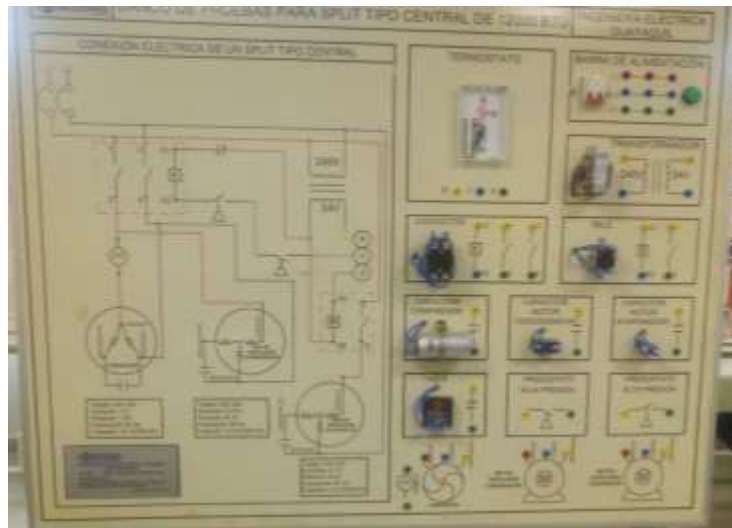


## 1.2. Antecedentes

En abril del 2015 es presentado en la carrera de Ingeniería Eléctrica de la Universidad Politécnica Salesiana sede Guayaquil, el proyecto de titulación “Diseño e implementación de módulos didácticos para el estudio de los sistemas de climatización” por Rommel Alexander Almeida Rodríguez, Jorge Israel Andrade Guillén [1], como requisito para la obtención del título de Ingeniero Eléctrico.



**Figura 1.** Módulo de climatización tipo ventana  
**Fuente:** (Almeida Rodríguez & Andrade Guillén , 2015)



**Figura 2.** Módulo didáctico Split tipo central de 12000 BTU  
**Fuente:** (Almeida Rodríguez & Andrade Guillén , 2015)

El proyecto presenta un estudio acerca de los equipos que intervienen en un sistema de climatización específicamente los aires acondicionados tipo ventana y el de tipo Split, con la finalidad de diseñar e implementar un módulo didáctico que sirva como soporte para los docentes de la universidad al momento de impartir las clases acerca de los sistemas de climatización. El estudio se lo realiza como investigación de campo del tipo experimental y deductivo, es llevado a cabo en el laboratorio de Instalaciones Eléctricas de la Universidad Politécnica Salesiana sede Guayaquil. Por otro lado, la información que necesitaba ser recolectada se la realizó mediante la técnica de investigación documental. Es así que, se realizaron investigaciones en diferentes repositorios que guardaban relación con el tema para poder sostener los conceptos que hacían referencia a los sistemas de climatización. El análisis de la información obtenida ayuda a la construcción del módulo, de igual forma permitió el desarrollo de un manual de prácticas que ayude al uso de los sistemas de climatización.

Esta investigación ayuda a obtener una mejor comprensión acerca de los equipos y dispositivos que se encuentran instalados en los módulos didácticos, así también, los circuitos que están conectados en dichos equipos y dispositivos, con la finalidad de conocer como está conectado internamente el módulo didáctico para poder trabajar con el mismo.

También se realizaron consultas en artículos científicos que han investigado sobre optimización de climatización en edificios. En junio de 2016, fue presentado por M. Castilla, F. Rodríguez, J.D. Álvarez, M. Berenguel, C. Bordons en el Dpto. de Ingeniería de Sistemas y Automática de la Universidad de Sevilla y en el Dpto. de Informática de la Universidad de Almería con el título “Formulación del problema de optimización multiobjetivo del confort en edificación sostenible” [2].

El artículo ha sido trabajado bajo la modalidad de un diseño no experimental transversal utilizando además la investigación documental para el desarrollo del mismo. Es de esta manera que se ofrece un estudio acerca de la optimización del confort térmico, visual y de la eficiencia energética para lograr desarrollar una edificación sostenible.

En el desarrollo del trabajo, se ha establecido como objetivo maximizar el confort térmico, el confort visual y la eficiencia energética a través de una arquitectura de control jerárquico multicapa gobernada mediante una estrategia de optimización multiobjetivo. La investigación tuvo lugar en la planta de ensayo CIESOL.



**Figura 3.** Planta de ensayo: CIESOL. (a) Exterior del edificio, (b) Habitación característica.  
**Fuente:** (M. castilla, 2016)

El estudio demostró que el confort térmico se puede dar en varias etapas de una edificación, así mismo, que puede ser afectado por varios factores, los cuales, se dan en los individuos que se encuentran presentes, estos factores pueden ser físicos, fisiológicos e inclusive psicológicos. No obstante, también es necesario optimizar el comportamiento de los edificios para obtener mejor una maximización de confort.

Este artículo científico que ha sido consultado guarda una estrecha relación con la investigación planteada para el diseño e implementación de un módulo de control y monitoreo del sistema de climatización para obtener ahorro energético, ya que nos permite obtener información acerca de las variables que se ven inmersas al momento de buscar una optimización de la energía con referencia al confort térmico en un edificio. Lo cual, resulta un aporte muy interesante para conseguir una temperatura adecuada en los salones de clases sin descuidar el consumo energético. Cabe recalcar que el artículo científico se basa en un caso práctico realizado en una edificación.

### **1.3. Alcance y beneficiarios**

Como resultado del presente proyecto se obtiene que los estudiantes que ven materias de sistemas de climatización en la nueva malla de Ingeniería en Electricidad. También pueden experimentar con la arquitectura de una red de comunicación, y aplicarla en materias de comunicaciones.

Los estudiantes podrán identificar una arquitectura de red, que estará compuesta de un maestro y tres esclavos siendo estos los termostatos de red y podrán observar la estación de monitoreo y control, que está incorporado, el módulo con su respectiva computadora.

En la parte de implementación. Mediante las pruebas en campo fue posible evidenciar un ahorro energético del 25% en un lapso de 7 días.

#### 1.4. Importancia

La presente investigación presenta como fue realizado un módulo de control y monitoreo para equipos de aire acondicionado. Mediante el uso de este módulo, es posible comandar los diferentes parámetros de los termostatos y monitorear el estado del área climatizada. Este proyecto sirve como base para el estudio y conocimiento de los sistemas de climatización controlados mediante el protocolo de comunicación BACnet.

#### 1.5. Delimitación

Mediante la creación de este módulo planteó armar una arquitectura de red, con la cual, se puede comunicar a dos de los tableros de aires acondicionados, que se encuentran dentro del laboratorio de instalaciones eléctricas y el equipo piso-techo del mismo laboratorio.



**Figura 4.** Red propuesta a implementar  
**Fuente:** Los autores

El trabajo cubrió un periodo de siete meses, en los cuales, se realizó el armado del módulo y la adquisición de equipos. Se utilizaron conceptos de comunicación y automatización para el desarrollo del presente proyecto. Las pruebas a realizadas se hicieron en los módulos de aires acondicionados ubicados en el edificio B, laboratorio de Instalaciones Eléctricas.

## **1.6. Objetivos**

### **1.6.1 Objetivo General**

Implementar un módulo de control y monitoreo para equipos de aire acondicionado bajo el uso de red de comunicación BACnet.

### **1.6.2. Objetivos Específicos**

- Diseñar el módulo para los equipos de control y monitoreo del sistema de climatización.
- Crear red de comunicación entre módulos de aires acondicionado y equipo piso techo de laboratorio de instalaciones industriales.
- Realizar la respectiva configuración a equipo servidor de red de aires acondicionados.
- Analizar el consumo y posible ahorro energético

## **1.7. Marco metodológico**

El presente proyecto implementó un módulo práctico con el que es posible monitorear y comandar de forma remota tres equipos de aire acondicionado, dos de los cuales están en módulos prácticos y el equipo piso-techo del laboratorio de instalaciones eléctricas. Para lograr la respectiva red de comunicación se empleó un equipo supervisor que trabaja mediante conexión de tipo BACnet y TCP/IP. La comunicación BACnet prevé conectar los dispositivos de campo (termostato), los cuales, tienen una tarjeta de red que le permite comunicarse con el maestro o supervisor, para poder visualizar el sistema de aire acondicionado desde una laptop o PC. Se lo realizó a través de la comunicación TCP/IP. Una vez realizada la comunicación entre todos los dispositivos se realizó la programación desde el software del supervisor a través de la laptop. De acuerdo a los

diferentes tipos de investigación, el presente proyecto reúne las características metodológicas de una investigación experimental, en consecuencia, de que se analizó el consumo y posible ahorro energético con la implementación de un módulo de control y monitoreo para los sistemas de climatización. Por otro lado, debido a su naturaleza de estudio reúne por todo el proceso de investigación y demostración de hipótesis las características necesarias de un estudio relacional, experimental y aplicativo.

Como diseño de la investigación, se empleó una investigación por objetivos, para así poder cumplir con la finalidad que tiene el presente estudio. Las principales técnicas que se utilizarán para llevar a cabo la presente investigación serán la observación experimental y el análisis documental, entre los dispositivos que se usaron para la recolección de datos que se aplicó en las diferentes técnicas tenemos un analizador de red y la guía de observación. La información que se logró obtener antes de ser procesada tuvo que ser: registrada, tabulada y clasificada.

## **CAPÍTULO II**

### **2. Marco teórico**

#### **2.1. Generalidades**

Generalmente un sistema de monitoreo conlleva un proceso con toma de valores a lo largo de un tiempo específico, dicha toma de valores en tiempo real es sistematizada y se responsabiliza de medir el progreso y los resultados de un conjunto de actividades, mediante la observación y la recolección de información en cada uno de los procesos, para de esta manera asegurar los resultados. Además, permite involucrar directamente a los beneficiarios del sistema. [3]

Los sistemas de control son conjuntos de elementos interconectados entre sí que permiten determinar el valor de una variable que se desea manipular, para luego aplicarla al sistema con el fin de corregir o limitar su valor y de esta manera lograr que el sistema suministre la respuesta deseada. [4]

#### **2.2. Sistemas de climatización**

Un sistema de climatización es el conjunto de equipos cuya función principal es controlar las variables características de una cierta área para poder sentirse en un ambiente con un confort térmico deseado [5]. Entre las variables más importantes se encuentra la temperatura y la humedad.

Existen algunas variedades de sistemas de climatización, los cuales en la actualidad son capaces de integrarse mediante el uso de dispositivos que tienen capacidad de poder conectarse a una red de comunicación y de esta forma se pueden monitorear y comandar las variables que estos dispositivos nos ofrecen.

Así como la automatización en las plantas industriales es una herramienta para optimizar los procesos y optimizar los recursos energéticos, en los espacios los cuales requieren de climatización también se los busca integrar y buscar la optimización en el consumo de energía.

Una de las bondades de la automatización de los sistemas de climatización es la optimización del consumo energético y la optimización de un recurso humano que siempre esté supervisando a los equipos de aire acondicionado. [6].

## 2.3. Redes de comunicación

Una red de comunicación son un grupo de medios técnicos que permiten el intercambio de información entre dispositivos que se encuentran conectados entre sí, según una configuración o topología de red definida.

### 2.3.1. Tipos de redes

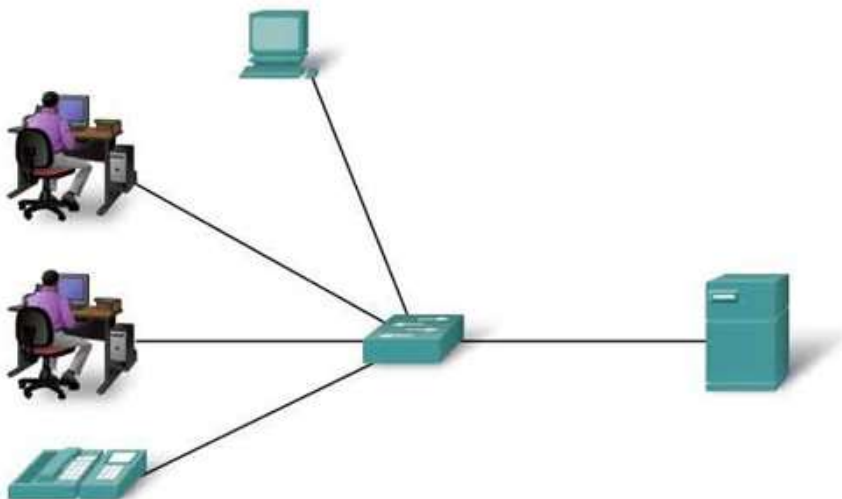
En el área industrial las redes de comunicación son clasificadas a partir de varios parámetros, pero a continuación se presentan las que guardan relación con el presente trabajo.

#### 2.3.1.1. Red de Área Local

Las redes locales o tipo LAN son aquellas redes que se encuentran limitadas a un espacio geográfico considerable es por ello que generalmente son utilizadas en oficinas o centros educativos.

Una Red de Área Local por lo general está administrada por una organización única [7].

Se define LAN al conjunto de equipos de cómputo y dispositivos electrónicos conectados entre sí que comparten un bus de comunicación o un acceso inalámbrico [8].

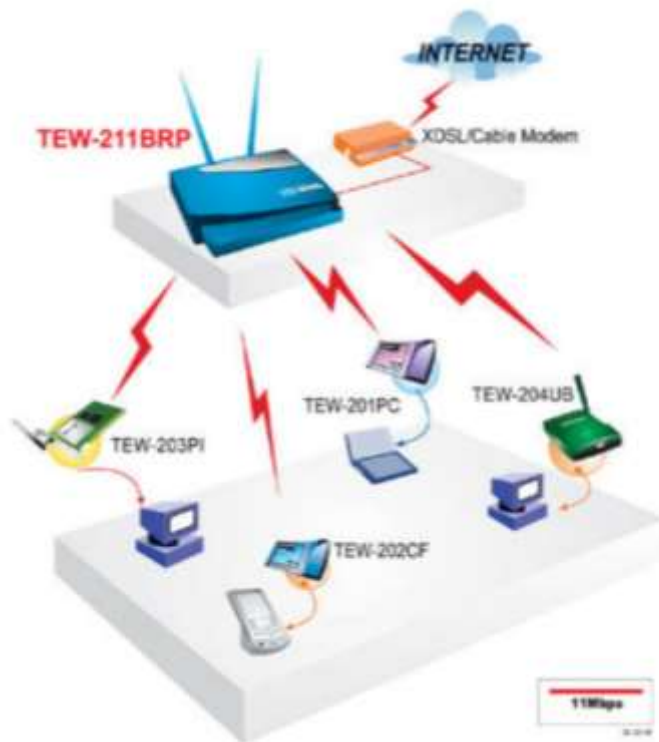


*Figura 5.* Red de Área Local  
Fuente: [7]



### 2.3.1.2. Red de Área Local Inalámbrica - WLAN

Es una red en donde un usuario móvil tiene la capacidad de poder conectarse a una red de tipo LAN sin la necesidad de un disponer bus físico la conexión se lleva a cabo únicamente a través de enlaces de radiofrecuencia [8].



**Figura 6.** Red de Área Local Inalámbrica - WLAN  
**Fuente:** [8]

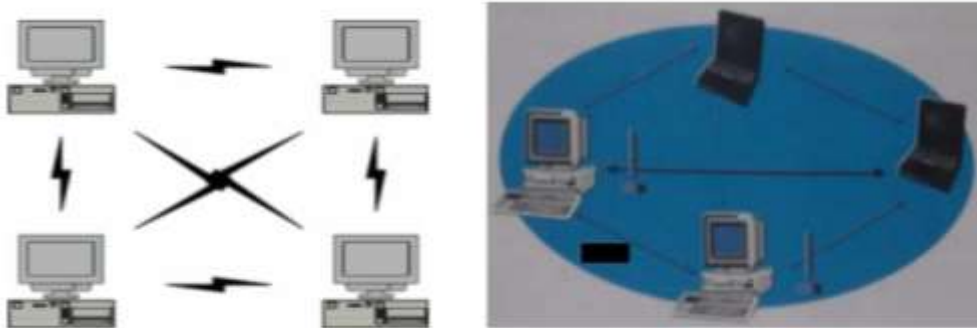
### 2.3.2. Topología de redes WLAN

Conforme a los menesteres de los clientes de una red WLAN y las condiciones existentes en el lugar se da la utilización a la red. Se llama topología a la forma lógica y física la cual define la estructura de la red. [9]

#### 2.3.2.1. Topología Ad-hoc

Mediante el uso de varios dispositivos que se encuentran interconectados entre si conformando así una red para intercambiar información es lo que se conoce topología Ad-hoc o también denominado punto a punto. Al utilizar este modo de operación, la idea de involucrar el uso de un punto de acceso central es fácilmente desechada, ya que cada uno de los nodos presente en la topología puede fácilmente conectarse a los usuarios de la red.

Cabe recalcar que al estar conformada por pequeños grupos de dispositivos conectados y ubicados geográficamente unos cerca de otros, el rendimiento va ir decreciendo conforme va aumentando el número de nodos.



**Figura 7.** Ejemplo de una Topología Ad-Hoc  
**Fuente:** [10]

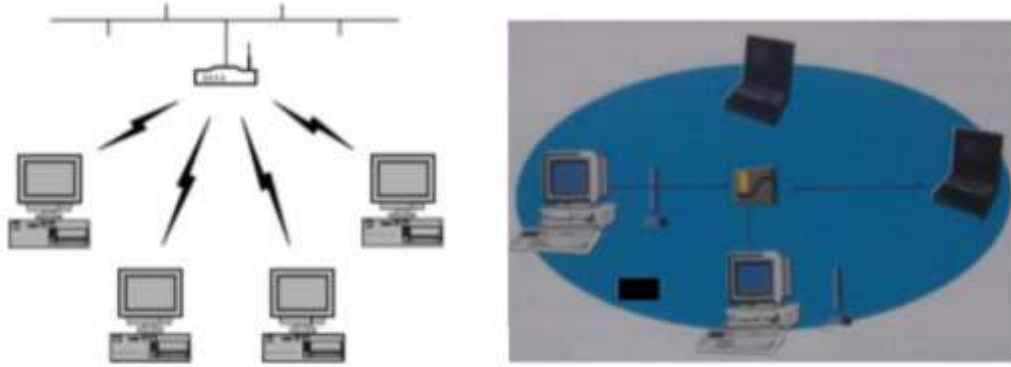
Ad-hoc es una configuración muy flexible, que no requiere un número elevado de terminales. Los dispositivos que se emplean, basan su funcionamiento en el uso de baterías, por lo que, se hace necesario la existencia de mecanismos que optimicen el consumo de potencia de operación [10]

### **2.3.2.2. Topología Infraestructura**

Básicamente esta topología es muy similar a la anterior con la diferencia de que en ella vamos a encontrar un elemento central el cual es responsable de la correcta coordinación entre los dispositivos, a este elemento se lo denomina punto de acceso o estación base.

A diferencia del caso anterior en este modo de operación los dispositivos y el punto de acceso pueden realizar un intercambio de información sin tener que encontrarse necesariamente en un rango de alcance que facilite la comunicación.

Al tratarse de un tipo de comunicación centralizada, si se llegasen a presentar problemas en el Access point principal ninguno de los dispositivos conectados a este podrá comunicarse entre sí. [9]

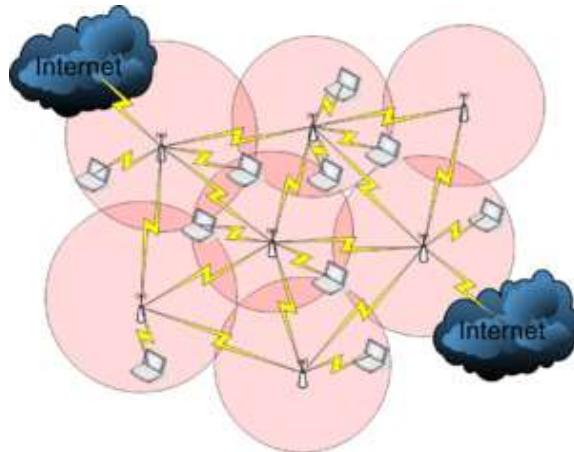


**Figura 8.** Ejemplo de una Topología Infraestructura  
**Fuente:** [10]

### 2.3.2.3. Topología Mesh

Podríamos decir con facilidad que este tipo de topología resulta de la combinación de las dos anteriores, dando como resultado una topología más robusta. Esta topología hace referencia a su nombre ya que se trata de una red compuesta a través de nodos organizados a manera de una malla, de allí su nombre.

La mayor ventaja de este tipo de topología o arquitectura es que permite que dispositivos que aun encontrándose fuera del alcance de comunicación puedan unirse a la red y además esta no se vea afectada en caso de que llegara a fallar el punto de acceso.



**Figura 9.** Ejemplo de una Topología Mesh  
**Fuente:** [9]

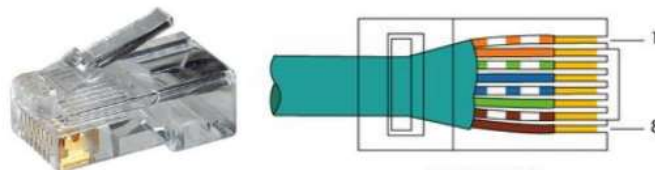
Este tipo de arquitectura permite que las tarjetas electrónicas de red mantengan su comunicación entre sí, muy aparte del AP. Esto significa que si la tarjeta de red principal o AP presenta problemas los dispositivos podrán seguir comunicándose entre ellos y la información la podrán enviar entre ellos sin pasar por el AP. [9]

### 2.3.3. Medios de transmisión

Los medios a través los cuales se da la transmisión de datos son básicamente las vías por cuales se permite el envío y la recepción de información entre los dos puntos o terminales de un sistema de transmisión. A continuación, se presentarán los medios de transmisión involucrados para el presente proyecto.

#### 2.3.3.1. Par trenzado

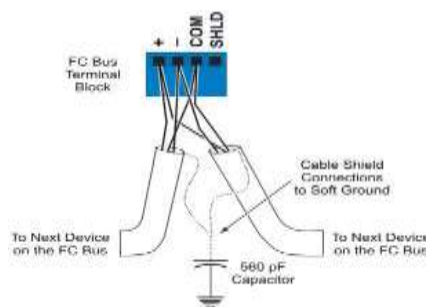
Es muy común verlo trabajar junto a conector Rj45, el mismo que tendrá uso en el proyecto. Este medio de transmisión consiste básicamente en dos alambres de cobre aislados, cruzados entre sí. El objetivo de trenzarlos es el de reducir una perturbación que en el área de telecomunicaciones se conoce como diafonía, ya que entre más elevado es el número de cruces entre si su comportamiento ante este problema es mucho más eficaz.



**Figura 10.** Par trenzado y conector Rj45  
**Fuente:** Los autores

#### 2.3.3.2. Cable apantallado para comunicación

La utilización de cable apantallado con conexión a tierra para aplicaciones de redes de comunicación MS/TP es de gran importancia debido a que el bus se ve menos afectado por las interferencias que podemos encontrar en el medio ambiente. Los problemas de interferencia en la red pueden afectar a los dispositivos de tal forma que estos estén de forma intermitente en línea y fuera de línea. [11].



**Figura 11.** Conexión de cable apantallado para red de comunicación  
**Fuente:** Los autores

Los cables apantallados o conductores blindados son usados por lo general en redes de comunicación en este caso en específico para las redes de comunicación BACnet se suele usar conductor (3X22) apantallado el cual lo que busca generar con la pantalla es el efecto jaula de Faraday, para de esta forma no permitir el ingreso de ruidos o interferencias y de igual forma evitar la salida de las mismas hacia el exterior.

## 2.4. Modelo TCP/IP

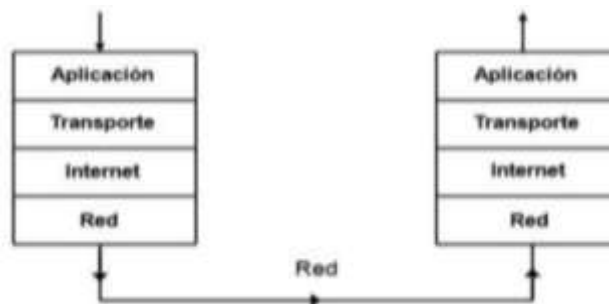
Tal como su nombre lo indica es un modelo usado como base para comunicar todo tipo de dispositivos que se encuentren conectados en una red. Es un grupo de lineamientos de operación que nos con el acceso a la comunicación dentro de la red.

El modelo TCP/IP establece un grupo de reglas para que los dispositivos con capacidad de comunicación compartan entre si información en una red sin importar si es a través de una vía físico o inalámbrica [12]

Una de las principales funciones de los modelos es hacerse responsable de como los datos manipulados, transmitidos y receptados. A continuación, se presentará un detalle de las capas que constituyen el modelo TCP/IP.

### 2.4.1. Capas del modelo TCP/IP

Este modelo está constituido por las siguientes capas:



**Figura 12.** Capas del modelo TCP/IP  
**Fuente:** [14]

La capa número uno de este modelo es aquella la cual se encarga de manejar todos los elementos que un paquete IP necesita para llevar a cabo la vía física real con los dispositivos de la red. Esta capa es un equivalente a dos capas del modelo OSI las cuales son la física y la de enlace de datos.

La capa de red es la encargada de dar los datos a través de la vía física de la red. [13]

A continuación, se encuentra la capa internet lleva consigo la finalidad de decidir cuál es la mejor vía o ruta para el respectivo envío de paquetes a través de la red, su funcionamiento esta principalmente basado por el protocolo IP.

Básicamente esta capa es la encargada de manejar la comunicación entre una máquina y otra, permitiendo que cada uno de los puntos que se encuentran en la red pueda conectarse entre sí a través del direccionamiento correcto de los paquetes de datos.

Administra la entrada de paquetes de datos, verifica su veracidad y utiliza un proceso de ruteo, para decidir, si es que el paquete de datos debe procesarse de forma local o debe ser transmitido. [14]

La tercera capa se denomina capa de transporte y tal cual su nombre lo indica su finalidad radica en el transporte de la información desde el origen hacia el destino. Su funcionamiento esta principalmente basado en dos protocolos el protocolo TCP y el protocolo UDP. En esta capa es donde se empiezan a formar la conexión lógica entre el receptor y el emisor.

La capa de transporte es la encargada del monitoreo de aspectos tales como control de flujo de paquetes, calidad de servicio, corrección de errores, segmentación y reensamble de datos en la comunicación. [12]

Por último, tenemos la capa de aplicación la cual se encuentra por encima de todas las anteriores y es por ello que maneja protocolos de alto nivel, aspectos de representación, codificación y control de la comunicación.

La capa de aplicación le da el acceso al usuario de poder disponer de los diferentes servicios que nos otorga la red, dentro de los cuales están los mails, servidores, entre otros. [14]

## **2.5. Protocolos de comunicación**

Se encuentra definido como un grupo de reglas que establece la comunicación entre los ordenadores, la manera en la cual se envía y se recibe información y la manera en que la misma debe ser procesarse. Los protocolos trabajan en conjunto con el hardware y el software o con ambos.

### **2.5.1. Protocolo RS-485**

Este protocolo el cual es muy utilizado se encuentra definido como un sistema físico el cual permite la transmisión multipunto, con este tipo de protocolo se tiene la capacidad para transmitir a largas distancias con altas velocidades de igual forma se puede lograr transmisión en baja velocidad para distancias cortas, dentro del rango velocidades versus distancias tenemos que podemos transmitir a 35 Mbps hasta 10 metros de distancia y 100 Kbps en 1200 metros de distancia este tipo de protocolo permite la transmisión a través de canales muy ruidosos ya que los ruidos provocados por los voltajes en la línea de transmisión son reducidos. [15]

Normalmente es usado para transmitir información a grandes distancias a través del manejo de altas velocidades, para su funcionamiento se utiliza un par trenzado de cobre con un par de conductores con apantallamiento.

### **2.5.2. Protocolo BACnet**

BACnet es un protocolo de comunicación usado generalmente en la integración de sistemas automáticos de edificios entre los sistemas que se integran en estas automatizaciones están el control de acceso, sistemas contra incendio, luces y sistemas automáticos de climatización.

Originalmente este protocolo de comunicación fue diseñado por ASHRAE en la actualidad es un estándar de la organización internacional de normalización y el instituto nacional estadounidense de estándares.

BACnet logra la comunicación entre dispositivos supervisores, y dispositivos de campo es un estándar abierto que busca la integración de los dispositivos sin importar las marcas proveedoras. Esta red de comunicación está basada en token los mismos que solo pueden ser recibidos por el maestro de la red. Los token se reciben de forma ascendentes esto quiere decir que el supervisor recibirá los token progresivamente comenzando por dispositivos cuyas direcciones sean las más bajas y así sucesivamente. [11, p. 3].

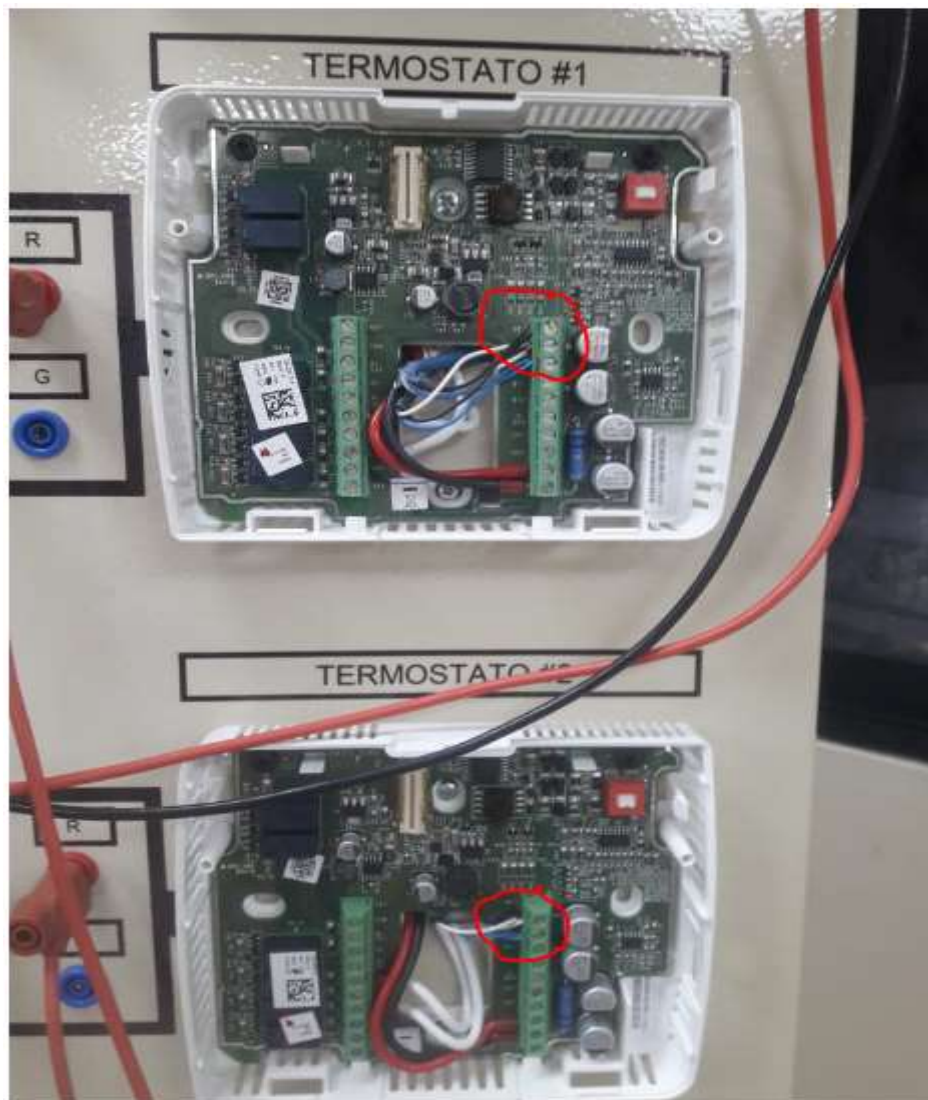
## **2.6. Conexión Daisy Chain**

Este tipo de conexión dentro del área de ingeniería tiene como nombre conexión tipo cadena o Daisy chain, la cual, consiste en la conexión sucesiva de dispositivos, es decir,

llegar con el bus físico al puerto de comunicación de un dispositivo y de este puerto salir hacia el siguiente dispositivo y así sucesivamente de esta forma se podrán enlazar la cantidad de dispositivos que nos permita nuestro supervisor principal dependiendo la capacidad de este.

Una de las desventajas de este tipo de configuración es que si en el recorrido de un dispositivo a otro, la red se ve interrumpida se perderá la conexión con los quipos conectados después de este tramo, pero a su vez, el problema será un poco fácil de encontrar ya que revisando en el interfaz físico se verá claramente cuáles son los equipos que se encuentran desconectados de la red o fuera de línea.

Por lo general las redes de comunicación con protocolos BACnet usa este tipo de conexión para comunicar todos los dispositivos los cuales se deseen integrar.



**Figura 13.** Conexión Daisy Chain de los termostatos  
**Fuente:** Los autores



## **2.7. Acondicionamiento de aires**

Es el proceso en el cual el aire pasa por un tratamiento a través de equipos los cuales trabajan sobre sistemas de refrigeración, estos equipos denominados aires acondicionados los cuales logran modificar sus condiciones tales como temperatura humedad y presión, según las necesidades de las áreas a climatizar. El uso de sistemas de climatización tiene muchas aplicaciones entre las cuales podemos enlistar las siguientes: edificaciones hoteleras, edificaciones hospitalarias, edificaciones informáticas, universidades, centros comerciales, industrias en general, etc. En fin, la mayor parte de todos los procesos requieren de un buen confort térmico o de parámetros termodinámicos específicos y controlados en distintas áreas críticas para de esta manera las personas que se encuentran desarrollando sus actividades dentro de alguna de estas áreas o edificios se sientan cómodas y por ende puedan desempeñarse adecuadamente.

Existen muchos tipos de equipos mediante los cuales se pueden realizar el acondicionamiento o tratamiento del aire dentro de los cuales existen equipos muy pequeños como los equipos decorativos o de ventana que se usan en domicilios u oficina hasta equipos de gran capacidad, los cuales se usan en edificaciones de gran escala. La climatización es probablemente uno de los procesos en el cual el aire es tratado de manera completa, un ejemplo de este tipo de tratamiento se da a través de las UMA o también llamadas unidades manejadoras de aire que no solamente sirven para enfriar sino también ´para calentar según los requerimientos del sistema a implementar. En el caso de calentamiento por lo general se obtiene de equipos como calderas y en el caso de enfriadores se usan chiller, en ambos casos lo que se busca es calentar o enfriar agua la cual circulara por el serpentín de la unidad manejadora de aire.

## **2.8. Control automático**

Cuando hablamos de control automático refiriéndonos a nuestro módulo de control, nos referimos a la capacidad del sistema para operar de forma autónomas sin necesidad que un operador este dando comando de encendido o apagado a los diferentes equipos a controlar.

Mediante el supervisor que se encuentra en el módulo se logra gestionar el funcionamiento de los termostatos los cuales están conectados a la red. La forma en la cual se logra el ahorro energético de los equipos de aires acondicionado es a través del

establecimiento de parámetros de funcionamiento y adicional la programación del funcionamiento de los equipos por horarios ya que así se evita que los equipos funcionen en horas donde las áreas a climatizar no necesiten aire acondicionado, casos como los de los centros comerciales que solo funcionan dentro del horario de la mañana hasta cierta hora de la noche, otro caso es el caso de las oficinas las cuales suelen trabajar por la mañana hasta la tarde, si el encendido y apagado estuviera a cargo de un operador este podría olvidar apagar el equipo en algunas ocasiones y de esta forma desperdiciar energía.

## **2.9. Analizador de Energía**

Estos instrumentos de alta tecnología son capaces de hacer el registro de variables eléctricas a lo largo de un periodo determinado.

Posterior al registro de los parámetros eléctricos obtenidos en las mediciones realizadas, la información es descargada en programas específicos donde mediante graficas o tablas se puede lograr analizar qué tipo de afectaciones tiene la red eléctrica de ser el caso.

Para poder realizar dichas tomas de datos en tiempo real se debe previamente configurar el equipo para saber en qué periodo de tiempo se va a grabar los datos y adicional tiene sondas para las lecturas de corriente y conectores tipo lagartos para la conexión a voltajes los cuales se deben instalar según el tipo del sistema al que se vaya a intervenir con la medición ya sea este un sistema monofásico o un sistema trifásico con un tipo de conexión específica.

La figura 14, muestra el analizador de red conectado en la parte de fuerza que alimenta al compresor del equipo de climatización intervenido.



**Figura 14.** Analizador de Red Fluke 435  
**Fuente:** Los autores

## **2.10. Termostato TEC3630**

Este equipo es un equipo de funciones específicas el cual tiene la capacidad de integrarse en redes de comunicación BACnet.

La función principal de los termostatos convencionales es comandar salidas según la temperatura en el ambiente, si la temperatura deseada en el ambiente es más baja que la que está censando este dispositivo enviara a activar la salida de enfriamiento provocando el encendido del condensador, una vez que el evaporador halla estado encendido. Después de un tiempo cuando la temperatura en el ambiente este muy cercana a la temperatura deseada este enviara a apagar el condensador tratando de mantener la temperatura deseada hasta que el área se caliente nuevamente y se repita el ciclo durante el tiempo que se desee mantener al aire de cierta área acondicionado.

Una de las características principales de este dispositivo es que tiene la capacidad de manejar horarios propios y horarios que le dará la red de comunicación, la ventaja es que si se llegase a presentar un problema en la red la cual de donde recibe órdenes este tomara el horario de funcionamiento que tiene configurado en su memoria interna.



**Figura 15.** Pantalla Inicial de TEC3630  
**Fuente:** Los autores

## CAPÍTULO III

### 3. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE MÓDULO

#### 3.1. Secuencia de Elaboración

##### 3.1.1. Planificación y diseño del módulo

En este capítulo se detalla todo el proceso que realizo para la construcción del módulo de control y monitoreo de sistemas de climatización mediante comunicación BACnet, antes de empezar se debe considerar que para la construcción del módulo se seleccionó un espacio dentro de otro modulo existente de aires acondicionado a tal manera que este módulo quede repotenciado.



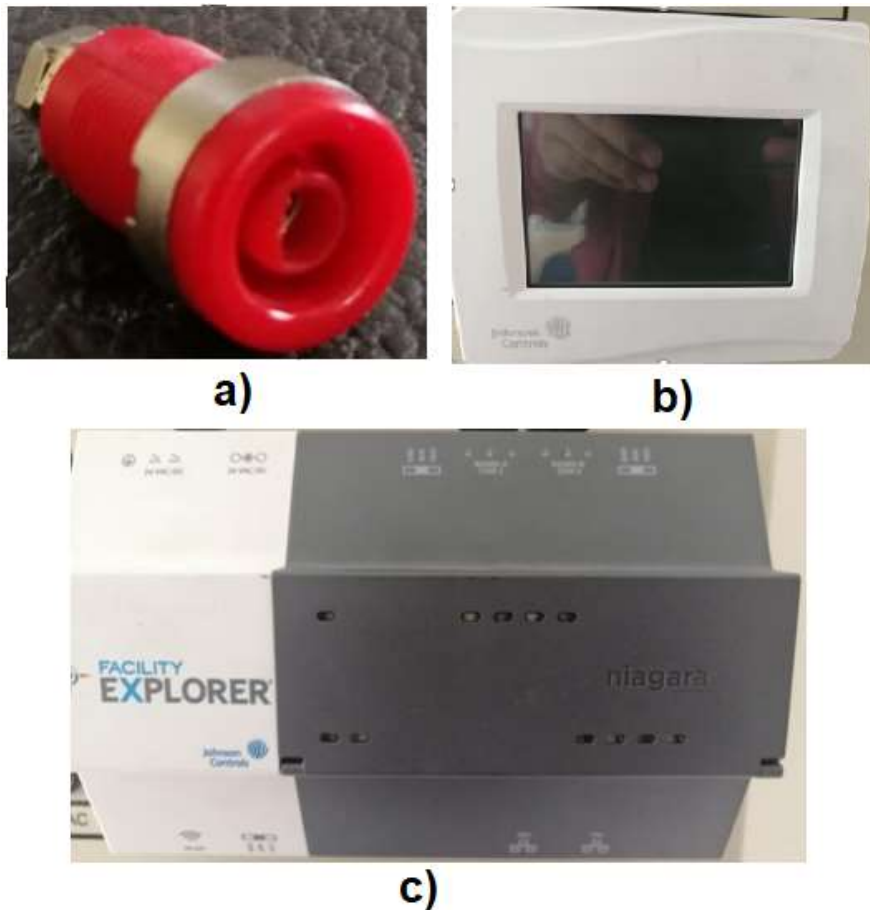
**Figura 16.** Espacio seleccionado para la instalación del nuevo módulo  
**Fuente:** Los autores

Debido a que el módulo requería del trabajo en conjunto con el banco de pruebas de equipos de climatización tipo Split y tipo ventana se realizó las pruebas de funcionamiento de dichos equipos, como consecuencia de esto se comprobó que los equipos estaban en perfecto estado. Antes de proceder con el diseño final se realizó la respectiva compra de todos los componentes que conformarían el módulo, entre los

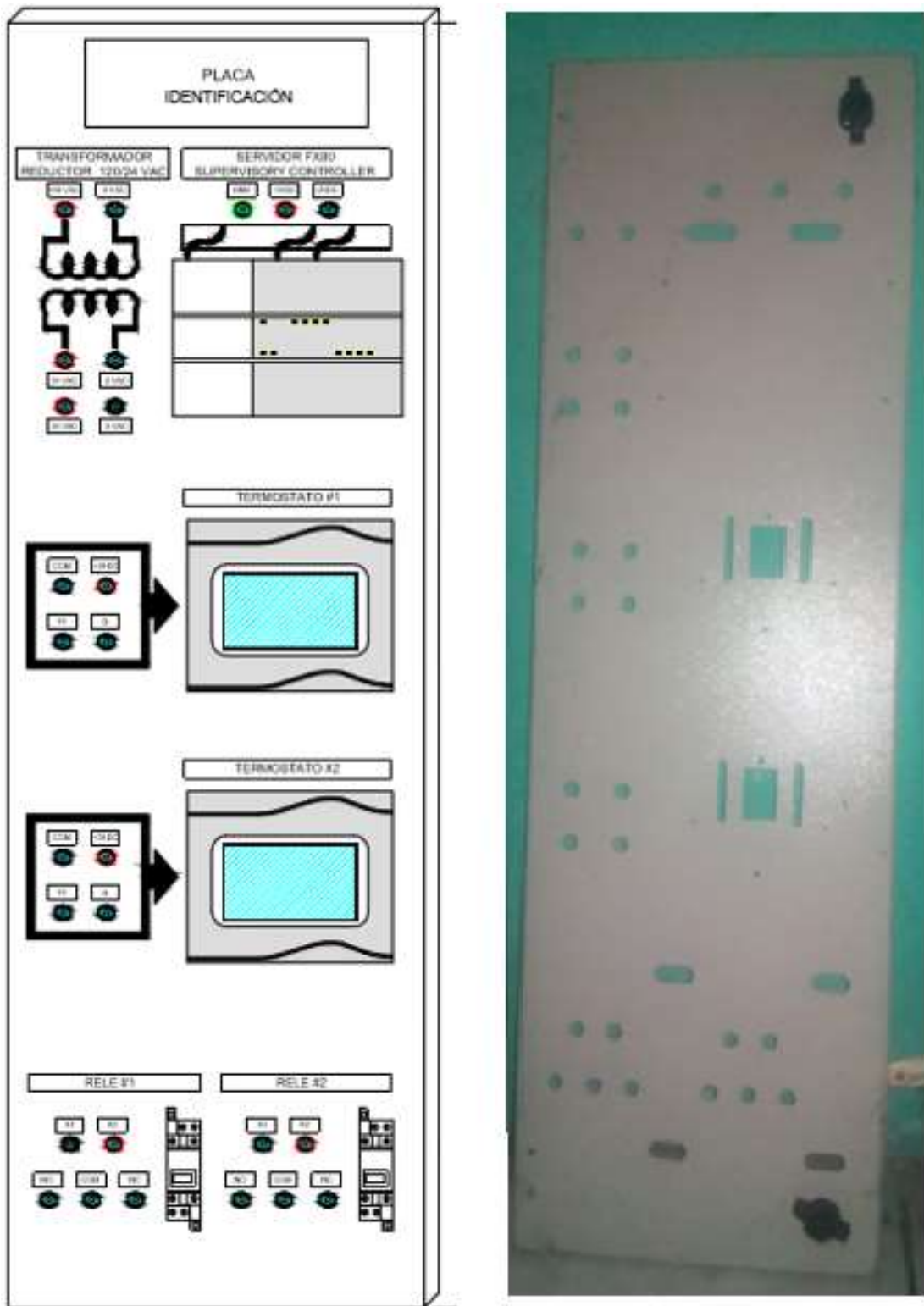
cuales tenemos servidor facility explorer, termostatos de dos etapas tec3000, relés y Jack de conexión.

A continuación, se muestra el diseño del módulo didáctico el cual fue realizado en AUTOCAD basado en las dimensiones de los equipos que los iban a conformar, así como las diferentes placas de identificación del mismo.

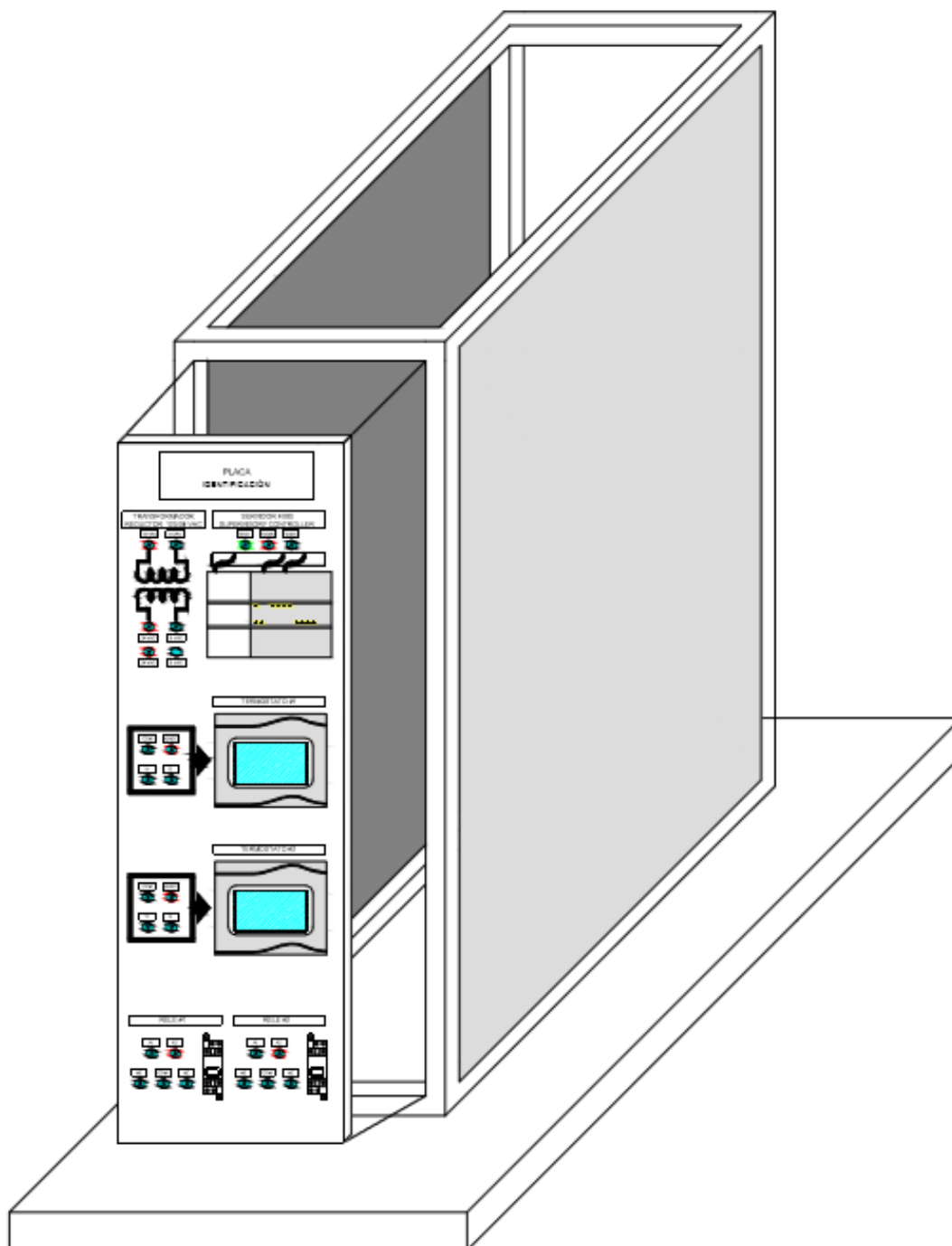
Como resultado se obtuvo el diseño final con el modelado de la figura 18.



**Figura 17.** a) Jack de conexión, b) Termostato de red TEC3000, d) Servidor FX80  
**Fuente:** Los autores



*Figura 18.* Vista frontal del módulo y Plafón perforado  
**Fuente:** Los autores



*Figura 19.* Proyección de módulo sobre espacio físico asignado  
**Fuente:** Los autores

### 3.1.2. Construcción de Plafón

Con aprobación del diseño por parte de los encargados de laboratorios, se procedió con la fabricación del plafón donde se instalarían los equipos, el mismo que vino acondicionado con dos bisagras para el respectivo soporte al módulo existente.



Posterior a la fabricación del módulo se procedió con la tomada del tono de pintura de los módulos existentes para de esta forma proceder a pintar el plafón.

Culminado el proceso de pintado del plafón, es colocado en el módulo. Mediante impresiones en papel bond a escala real del diseño, nos permite poder confirmar que las perforaciones estén correctas y que las leyendas de todos los componentes se encuentren en una posición adecuada, como resultado de estas comprobaciones se realizaron algunas correcciones.



**Figura 20.** Revisión de diseño sobre el plafón  
**Fuente:** Los autores

Después de haber cuadrado todos los espacios haber definido el tamaño de la letra de las leyendas y adicionado algunos recuadros se procedió a imprimir el vinil transparente con el diseño revisado y aprobado por el tutor designado.



*Figura 21.* Instalación de Vinil transparente  
**Fuente:** Los autores

### **3.1.3. Montaje de componentes**

Una vez pegado el vinil transparente adhesivo se realizó la respectiva instalación de cada uno de los Jack tipo bornera respetando el código de colores que se había definido en el diseño final. Adicional se procedió con el montaje de cada uno de los equipos que formarían parte del módulo dentro de los cuales tenemos una fuente de poder 110V/24VAC, el servidor FX 80, los termostatos y los relés para estos finales se usó riel DIN para su respectivo montaje e instalación.



**Figura 22.** Montaje de Componentes sobre Plafón  
**Fuente:** Los autores

#### **3.1.4. Conexión Eléctrica de componentes**

Con los equipos debidamente instalados, se procedió a realizar las conexiones eléctricas para llevar los diferentes puntos de conexión de todos los componentes hasta las borneras canalizando los cables hacia la parte posterior del plafón. Dichas conexiones se realizaron con cable # 16 AWG, terminales tipo puntera para conexión en termostatos y terminales tipo ojo para conexión a las Jack tipo bornera, una vez terminada las conexiones se realizó la canalización de los cables con espiral plástico para mantener de forma ordenada los conductores.

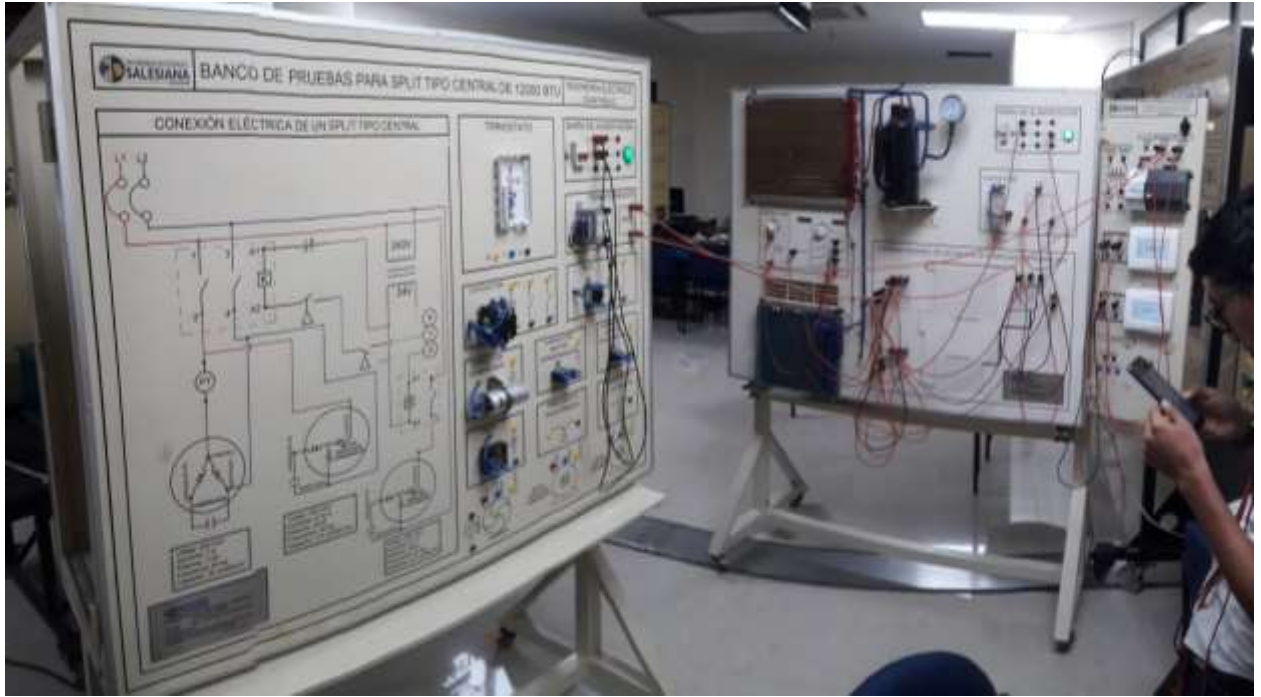


**Figura 23.** Conexiones eléctricas

**Fuente:** Los autores

### **3.1.5. Prueba de conexiones eléctricas realizada**

Finalizadas las conexiones eléctricas entre componentes y Jack tipo bornera se realizó la energización del módulo para constatar la correcta operatividad de los componentes y a su vez se dio arranque al aire acondicionado instalados en los módulos, de esta forma se probaron todos los componentes del módulo los cuales se encontraron sin novedad en su funcionamiento.



**Figura 24.** Energización de módulo  
**Fuente:** Los autores

### 3.1.5. Listado de componentes del Módulo

A continuación, se detalla la cantidad de cada uno de los componentes que conforman el módulo:

**Tabla 1.**

*Listado de componentes*

Ítem	Descripción	Cantidad
1	Fuente de poder 120/24 VAC	1
2	Borneras	23
3	Supervisor FX 80	1
4	Termostatos de red	2
5	Relé 120VAC	2

*Elaborado por:* Los autores

**Tabla 2.****Presupuesto**

N°	Descripción	Cantidad	Precio unitario	Precio final
1.	Supervisor Metasys/Fx	1	\$ 1.200,00	\$ 1.200,00
2.	Plafón de metal para modulo	1	\$ 50,00	\$ 50,00
3.	Fuente de alimentación 24 VAC	1	\$ 45,00	\$ 45,00
4.	Conector RJ-45 hembra	1	\$ 1,00	\$ 1,00
5.	Termostato de Red TEC3630	2	\$ 350,00	\$ 700,00
6.	Conector RJ-45 Macho	1	\$ 0,10	\$ 0,10
7.	Relés industriales	2	\$ 12,50	\$ 25
8.	Riel Din 35 mm	0,5 c/mt	\$ 2,70	\$ 1,35
9.	Cables de silicona de 25 cm de longitud, flexible AWG 13 preensamblados (paquete de 10 cables de colores)	1	\$ 22,23	\$ 22,23
10.	Cables de silicona de 50 cm de longitud, flexible AWG 13 preensamblados (paquete de 5 cables de colores)	1	\$ 15,11	\$ 15,11
11.	Cables de silicona de 1 m de longitud, flexible AWG 13 preensamblados (paquete de 5 cables de colores)	1	\$ 17,09	\$ 17,09
12.	Cable flexible AWG 12 color rojo	6 Mts	\$ 0,15	\$ 0,90
13.	Cable flexible AWG 12 color negro	6 Mts	\$ 0,15	\$ 0,90
14.	Cable flexible AWG 12 color azul	1 Mts	\$ 0,15	\$ 0,15
15.	Amarras para cables (100 x funda)	1	\$ 2,30	\$ 2,30
16.	Placa identificadora	1	\$ 15,00	\$ 15,00
17.	Vinil para identificación de equipos	1	\$ 20,00	\$ 20,00
18.	Terminal tipo punta (100 X funda)	1	\$ 1,50	\$ 1,50
19.	Jack de conexión tipo plug Hembra	24	\$ 0,50	\$ 12,00
20.	Computadora	1	\$ 500,00	\$ 500,00
21.	Licencia para supervisor FX 80	1	\$ 550,00	\$ 550,00
22.	Alquiler de equipo analizador de red	1	\$ 600,00	\$ 600,00
			<b>TOTAL</b>	<b>\$ 2471,00</b>

*Elaborado por:* Los autores

## **CAPÍTULO IV**

### **4. PROGRAMACIÓN Y PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO**

#### **4.1. Programación de Sistema de control**

Una vez armado y finalizado el módulo se procedió con la alimentación del servidor principal supervisor FX 80, dentro del cual, se realizan las configuraciones para poder establecer la comunicación entre él y los dispositivos que estarán conectados en la red generada por el supervisor, una vez que se genera la red de comunicación y se comunican los dispositivos estos pueden ser mapeados en el supervisor principal para luego ser comandados desde esta estación.

##### **4.1.1. Configuraciones del servidor**

Para poder acceder a nuestro servidor por primera vez y acceder a su configuración se necesita establecer un enlace de red entre la computadora y el equipo FX80.

Una vez hecho el enlace se puede acceder a las distintas configuraciones tales como, configuración de la dirección IP de nuestro equipo, configuración de puerto de comunicación BACnet a usa, diseño de las pantallas a mostrar y la configuración de cada uno de los botones que mostraremos en pantalla los cuales servirán de hipervínculos para la navegación dentro de otras pantallas.

Estas configuraciones se logran ingresando al equipo a través del programa Workbench.

##### **4.1.2. Arquitectura de la red BACnet del Módulo**

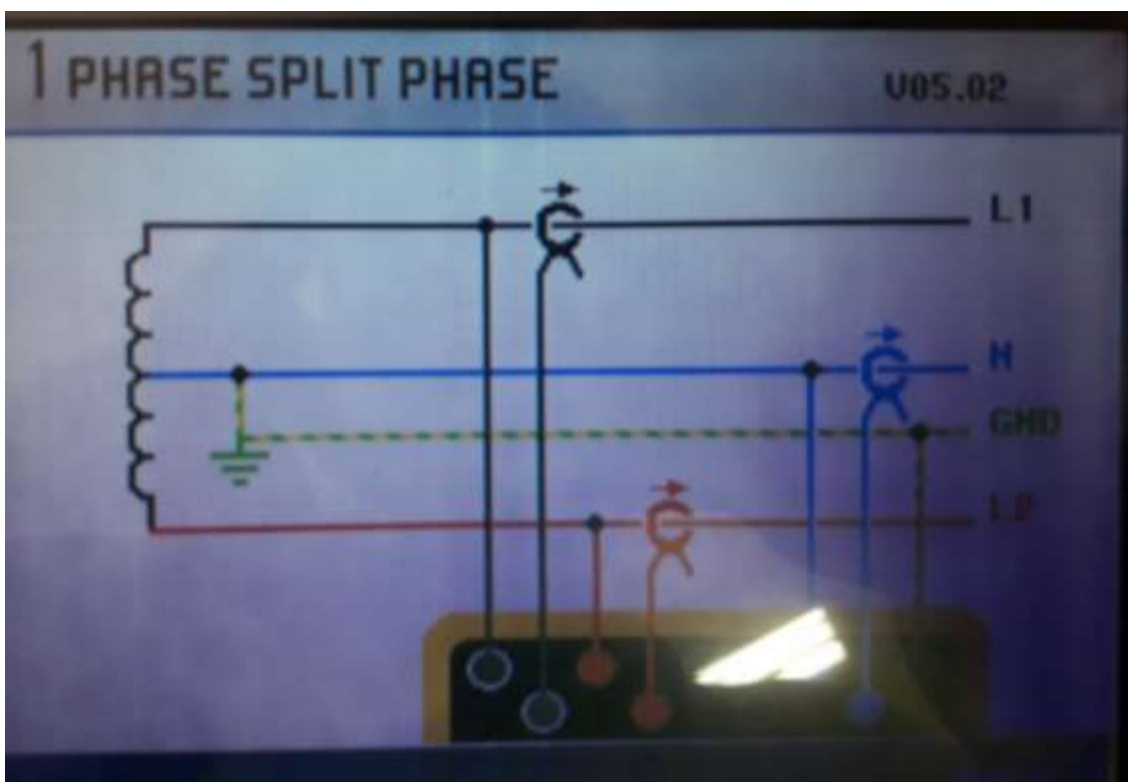
Nuestro servidor FX 80 ubicado en la parte superior de nuestro módulo tiene dos puertos de comunicación, de uno de estos puertos parte nuestro bus BACnet mediante un conductor de tres hilos calibre (22 AWG) apantallado el cual debe llegar a los puertos de comunicación del primer termostato y de ese puerto salir con un conductor de igual característica a nuestro termostato número dos.

#### **4.2. Montaje de equipos para prueba**

Las pruebas consistían en dos mediciones distintas. En el primer caso se requería dejar funcionando el equipo como normalmente lo hace mediante el uso de su tarjeta

electrónica y el cual permite la manipulación de los seteos de temperatura deseada en el ambiente a los usuarios los cuales posean el control. Para el segundo caso, fue desconectada la tarjeta de control y se instaló el módulo al aire acondicionado de pared.

En ambos casos, para proceder a registrar las mediciones se usó un dispositivo analizador de red marca Fluke 435 el cual fue instalado a la salida del breaker de alimentación del equipo por 3 días consecutivo en 2 semanas distintas. Debido a que el equipo de aire acondicionado a intervenir es un equipo monofásico de baja capacidad se procedió a configurar el analizador para que este pueda registrar los consumos de manera adecuada



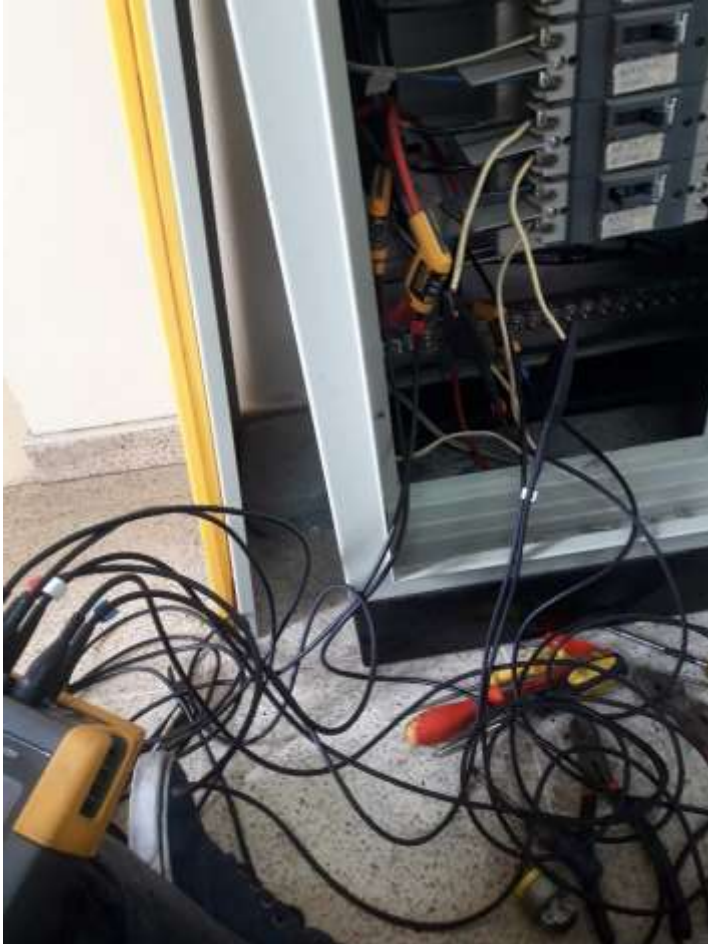
**Figura 25.** Diagrama de conexiones de analizador de red Fluke 435  
**Fuente:** Los autores

Una vez seleccionado el tipo de configuración monofásica para nuestro registro de datos se procedió a seleccionar cuales eran los parámetros los cuales nos servirían para nuestro análisis posterior a las pruebas a realizar, los parámetros seleccionados para el análisis fueron corrientes, voltaje, energía y potencia.

Luego de tener listo el equipo analizador de red Fluke 435 se procedió a instalar cada sonda de medición de corriente tal cual lo indica el diagrama que nos arrojó la pantalla



al seleccionar un sistema monofásico, posterior se coloraron los conectores de voltaje tipo lagarto en donde lo indicaba el diagrama, para que el equipo no se descargue y no tener problemas con el registro de datos, se instaló un punto provisional de 110 VAC dentro del tablero.



**Figura 26.** Conexión de elementos de medición  
**Fuente:** Los autores

### **4.3. Medición semana uno**

La prueba número uno se realizó en la primera semana de pruebas y tuvo lugar dentro de las siguientes fechas, lunes 10 hasta el 12 de junio en el horario de 00:00am hasta 15:30pm. En este periodo de tiempo se permitió que el equipo de aire acondicionado tipo piso techo del área de dirección de carrera que funcionara bajo su mecanismo autónomo el cual consiste en el control de temperatura a través de la lógica de

programación de su tarjeta electrónica, dicha tarjeta que permite a los usuarios parametrizar a su gusto el Setpoint de temperatura deseada dentro del área a climatizar.

Para objeto del estudio como se había mencionado antes en ese entonces durante esos tres días se registraron algunos parámetros eléctricos para su posterior comparación con los datos a registrar con las futuras pruebas donde el módulo entre a trabajar de manera conjunta con el aire acondicionado



**Figura 27.** Equipo Piso Techo funcionando con su mecanismo automático propio

**Fuente:** Los autores

#### **4.4. Medición semana dos**

Una vez pasado el periodo de medición del equipo con su funcionamiento autónomo a la semana posterior se procedió a llevar el módulo de sistema de control de climatización, el cual se encontraba en el laboratorio de instalaciones eléctricas y se lo traslado hacia la dirección de carrera, Mismo procedimiento que tuvo lugar en la

segunda semana de pruebas tuvo lugar dentro de las siguientes fechas, lunes 17 hasta el 19 de junio en el horario de 00:00 am hasta 15:30 pm.

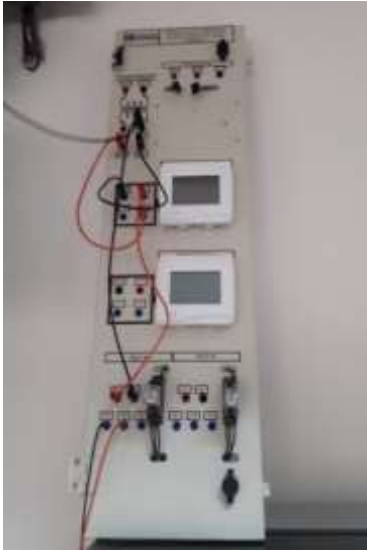
Al trasladar solo el plafón con los equipos a la dirección de carrear se necesitó colocar un modular bajo el equipo para que sirva de soporte para el plafón y de esa forma poder proceder asegurar que sean posibles las conexiones necesarias entre modulo y aire acondicionado.



**Figura 28.** Módulo antes de ser trasladado hasta la dirección de carrera

**Fuente:** Los autores

En primera instancia esta prueba consistió en poner en funcionamiento el módulo de control y monitoreo desarrollado en la presente tesis, conectado al equipo de aire acondicionado en el área de dirección de carrera. Para lo cual se necesita la desconexión obligatoria de la tarjeta electrónica propia del aire acondicionado.



**Figura 29.** Ubicación definida para plafón

**Fuente:** Los autores

Después de haber definido la ubicación para nuestros equipos se procedió con el conexionado necesario tanto para alimentación de nuestra fuente de poder ubicada en el tablero de la cual obtendremos 24 VAC para nuestros dispositivos d bajo voltaje, como las conexiones entre nuestro modulo y el equipo de aire acondicionado tipo piso techo para de esta forma poder comandar encendido y apagado tanto de motor ventilador del evaporador como motor ventilado del condensador junto con su compresor si es que el caso lo amerita según el control.



**Figura 30.** Conexión de módulo al aire acondicionado

**Fuente:** Los autores

Una vez realizada las conexiones se procedió a realizar pruebas de funcionamiento para asegurar que el equipo vaya a operar como se lo había configurado. De igual manera el registro de datos se realizaría los días lunes, martes y miércoles, con la diferencia que podremos tener un registro de temperatura y registro de comandos de encendido y apagado de evaporador y condensador lo cual lo explicaremos de forma más detallada en el análisis de los resultados.

Durante esta prueba se realizó el registro de parámetros eléctricos que sirvieron para realizar el correspondiente análisis con los datos anteriormente registrados. Dentro de

los parámetros que se necesitó para el análisis y estudio del comportamiento del equipo de climatización, tenemos los siguientes:

- a. Corrientes AMP
- b. Potencia Activa KW
- c. Energía KWH

Para estas pruebas se realizaron las siguientes configuraciones: Encendido y apagado automático del equipo por horarios, así como el seteo de la temperatura deseada en el área a 74 °F.

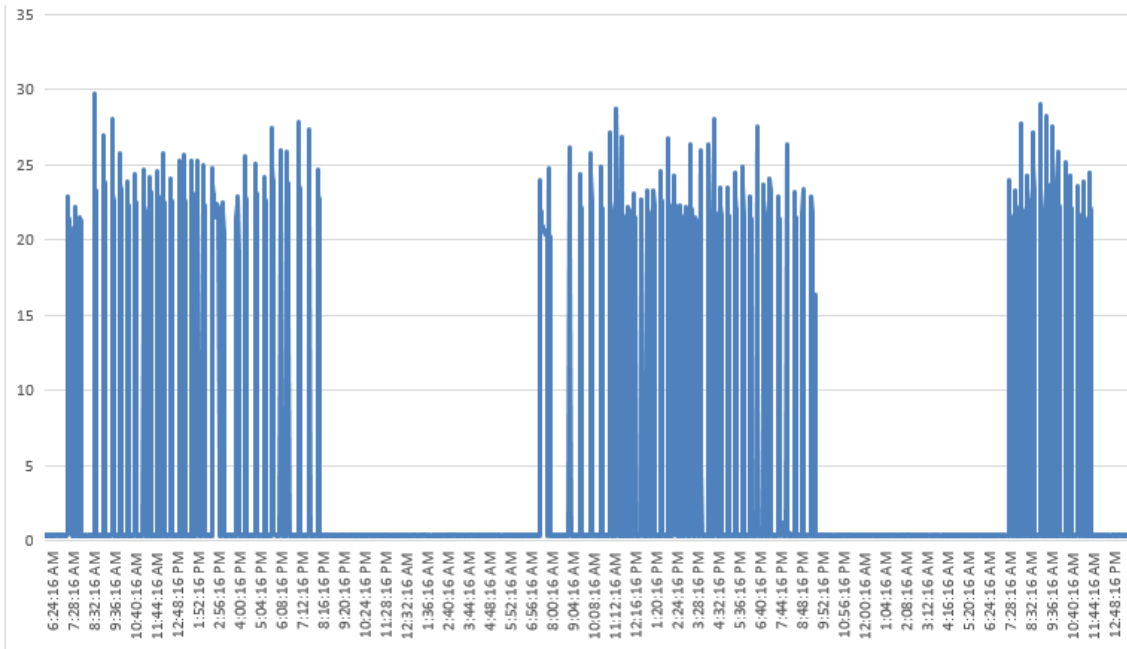
#### **4.5. Recopilación de datos y análisis de resultados**

Una vez terminado el periodo de pruebas se procedió a la desconexión de los equipos tanto del módulo desarrollado como del equipo analizador de red FLUKE 435 cuya función fue el registro de los parámetros eléctricos necesarios para nuestro análisis. Una vez desconectado el módulo control y monitoreo se puso en marcha el equipo de aire acondicionado con su respectiva tarjeta electrónica dejando este operativo después de las pruebas.

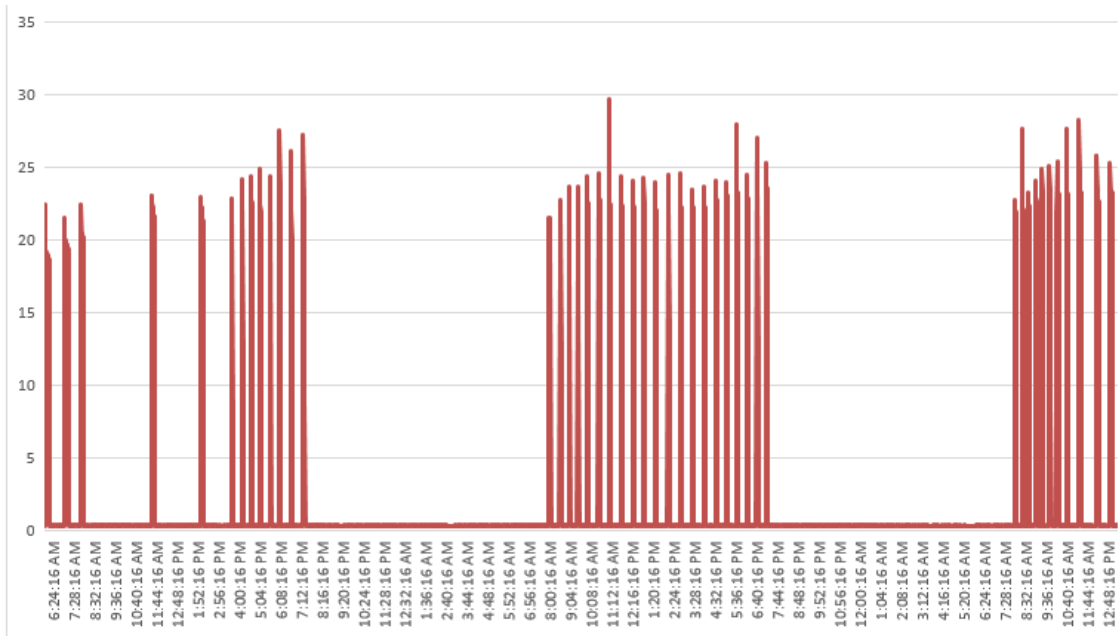
Posteriormente se procedió con la adquisición de los datos registrados en el analizador con ayuda del software Power Log 430. A continuación, detallaremos

El resumen de los datos obtenidos en las pruebas efectuadas.

En la Figura 31, es presentado el consumo de corriente del compresor en su forma de trabajo usual, es decir, con el mando remoto al que los usuarios tienen acceso en sus jornadas laborales. Se registra el encendido y apagado a las 7h30 y 20h00. Mostrando el consumo cada hora. Alcanzando los 25 A en cada arranque y funcionamiento.



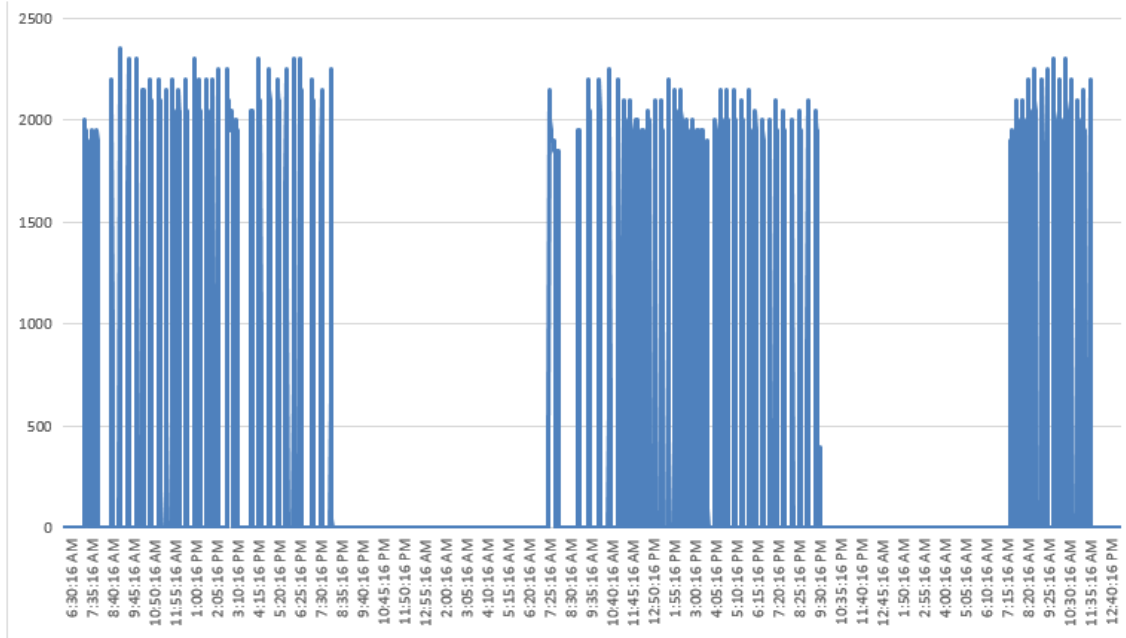
a) Corriente de consumo prueba - semana 1



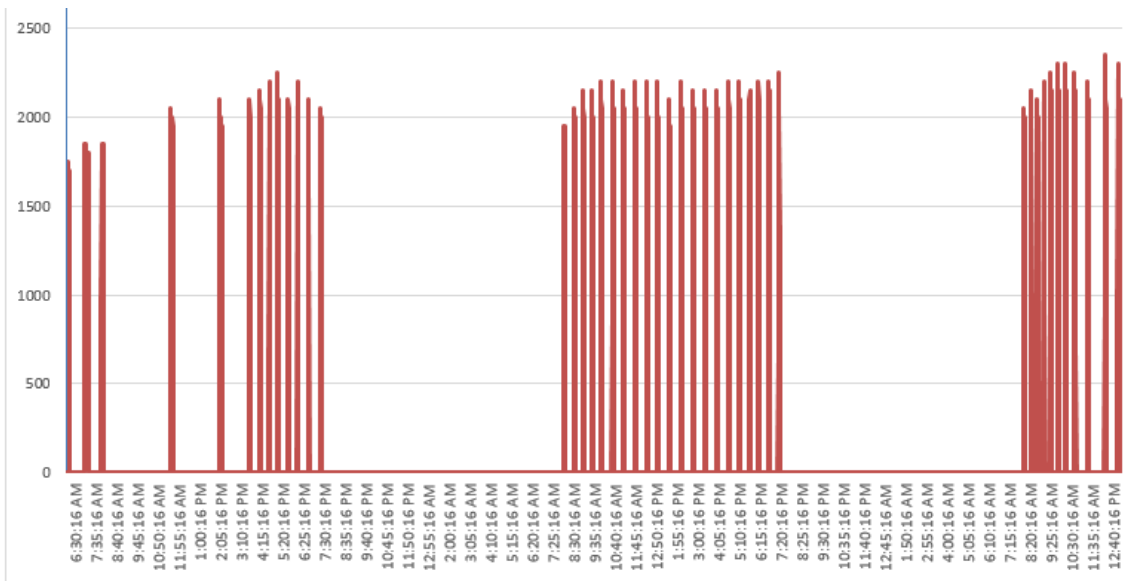
b) Corriente de consumo prueba - semana 2

**Figura 31.** Corriente de consumo prueba  
**Fuente:** Los autores

En la Figura 32, Es presentada la potencia instantánea registrada en los días de prueba. Es posible apreciar que con el control del módulo (prueba semana 2), los tiempos de arranque son más homogéneos y menos frecuentes que con el control manual.



a) Potencia instantánea prueba - semana 1



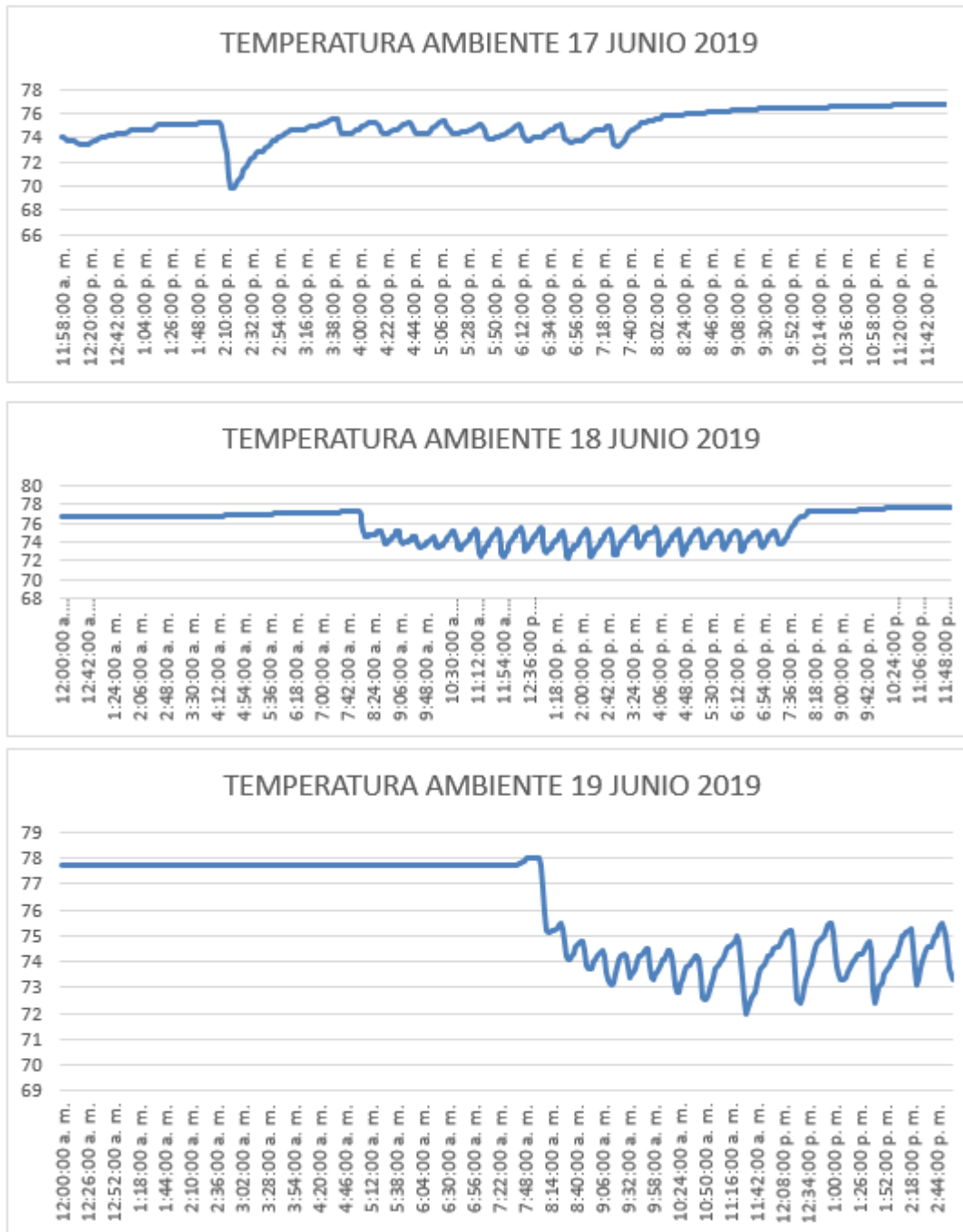
b) Potencia instantánea prueba - semana 2

**Figura 32.** Potencia Instantánea

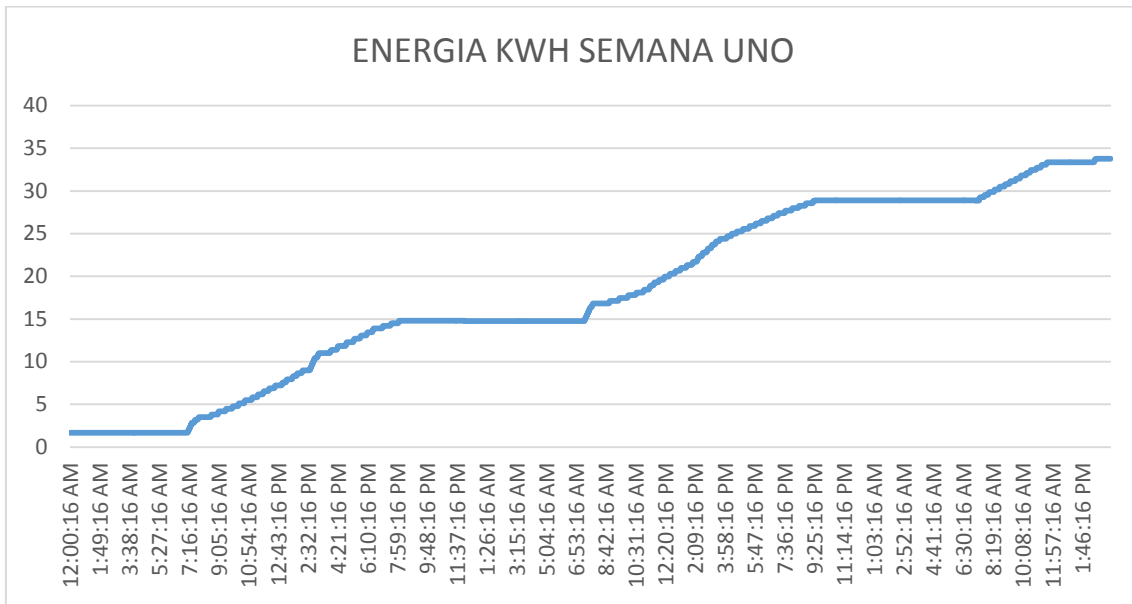
**Fuente:** Los autores



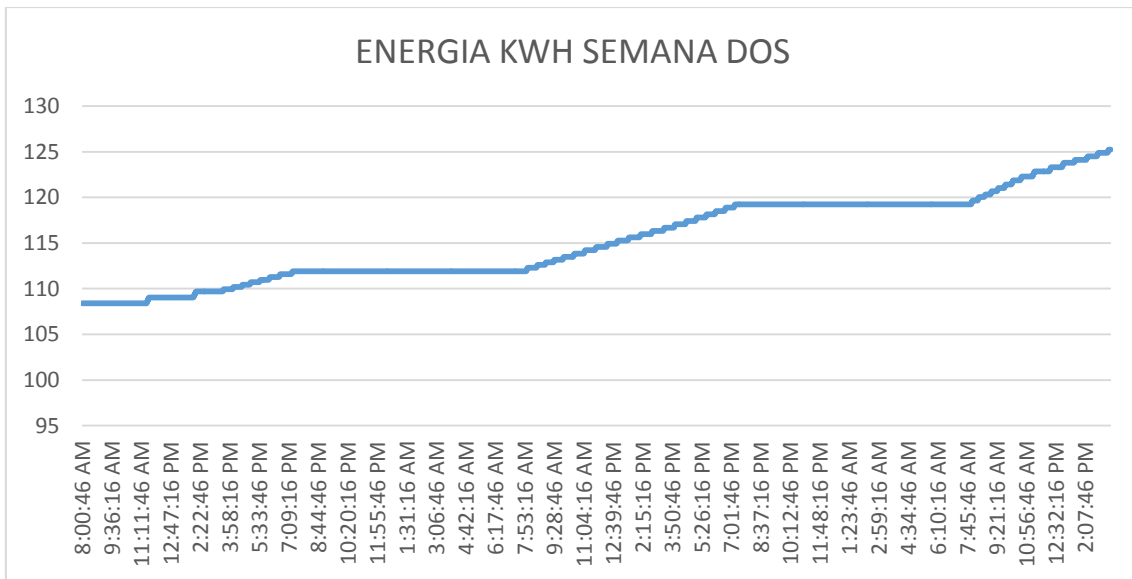
En la figura 33 es presentada la temperatura ambiente de la habitación con el módulo, se aprecia como la variación de temperatura oscila entre 72 y 75 °C. Es la temperatura establecida como confortable para las horas de atención a estudiantes.



**Figura 33.** Temperatura ambiente días 17, 18, 19 de junio 2019  
**Fuente:** Los autores



**Figura 34.** Consumo de energía – semana 1  
**Fuente:** Los autores



**Figura 35.** Consumo de energía – semana 2  
**Fuente:** Los autores

Después de los resultados obtenidos hemos podido concluir que el uso de los sistemas automáticos de climatización ayuda a disminuir el consumo de energía eléctrica en edificios.

Como prueba de ellos a continuación presentaremos dos tablas en las cuales se podrá observar cual fue la diferencia de consumo energético entre las dos pruebas realizadas y cuál es el valor representado en dólares de este ahorro.

**Tabla 3.**

***Análisis económico de la implementación y posterior consumo***

<b>PRUEBA NO. 1</b>				
<b>DESCRIPCION</b>		EQUIPO DE A/A CONECTADO A SU AUTOMATISMO INTERNO		
<b>AREA</b>		DIRECCION DE CARRERA		
<b>EQUIPO</b>		PISO TECHO		
<b>CAPACIDAD</b>		60 000 BTU		
<b>KWH ACTUAL</b>	<b>KWH ANTERIOR</b>	<b>KWH CONSUMIDO</b>	<b>COSTO KWH</b>	<b>TOTAL DOLARES</b>
33.77	3.51	30.26	0.14	\$ 4.24
<b>PRUEBA NO. 2</b>				
<b>DESCRIPCION</b>		EQUIPO DE A/A CONECTADO A MODULO DE CONTROL Y MONITOREO		
<b>AREA</b>		DIRECCION DE CARRERA		
<b>EQUIPO</b>		PISO TECHO		
<b>CAPACIDAD</b>		60 000 BTU		
<b>KWH ACTUAL</b>	<b>KWH ANTERIOR</b>	<b>KWH CONSUMIDO</b>	<b>COSTO KWH</b>	<b>TOTAL DOLARES</b>
125.24	108.4	16.84	0.14	\$ 2.36
	<b>MAGNITUD</b>	<b>UNIDADES</b>		
<b>VALOR FINAL</b>	16.84	KWH		
<b>VALOR INICIAL</b>	30.26	KWH		
	44.35	%		

***Elaborado por:*** Los autores

Tal como podemos observar en las tablas presentes, con la puesta en funcionamiento de nuestro módulo con el aire acondicionado hemos logrado reducir el consumo de energía de estos equipos en un 44% considerando que la prueba se realizó haciendo comparaciones de 3 días normales de funcionamiento del equipo.

Aunque la demanda de potencia sea alta en los equipos de aire acondicionado, la optimización de energía se logra cuidando los tiempos de operación del equipo, con esto no solo se refiere a encendido y apagado del equipo del aire acondicionado, si no se refiere a el tiempo de trabajo del compresor para mantener la temperatura deseada en el ambiente, recordar que Joule/Segundos es potencia entre menos trabajen estos equipos de gran potencia vamos a estar ahorrando energía. Cuando nosotros seteamos la temperatura deseada dentro de los parámetros de confort térmico establecido por el ASHRAE le damos la capacidad al equipo de poder enfriar el ambiente y poder descansar por un tiempo determinado hasta que nuevamente se eleve la temperatura ambiente y el termostato envíe a encender el compresor nuevamente.

## CAPÍTULO V

### 5. MANUAL DE NAVEGACIÓN DENTRO DEL SISTEMA DE CONTROL

#### 5.1. Comunicación física entre servidor y computadora

Para poder acceder a la aplicación web se debe conectar la laptop o PC al servidor a través de un cable de multipiar con plug RJ45 en ambas puntas.



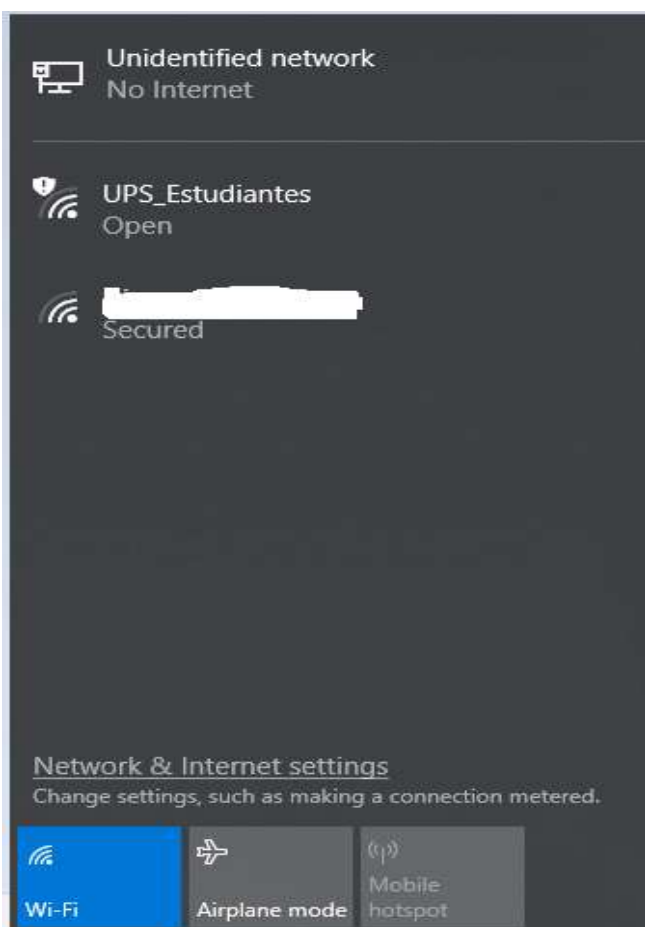
**Figura 36.** Conexión física entre laptop y servidor del módulo

**Fuente:** Los autores

Tal como se ve puede observar en la gráfica, el enlace esta echo a través de un cable con características antes descritas, tomar en cuenta que el servidor tiene dos puertos de conexión de Red, el puerto, el cual, se ha configurado es el puerto primario, por lo tanto, es donde se procedió a conectar del lado del servidor.

Posterior a la finalización del enlace físico entre laptop y servidor se procedió a configurar la tarjeta de red de la computadora ya que el servidor Fx80 tiene asignada una dirección IP, para proceder a realizar dicha configuración se procede a realizar los siguientes pasos:

1. Verificar que la laptop o PC reconozca que ha sido conectada a una red.



**Figura 37.** Verificación de enlace adecuado

**Fuente:** Los autores

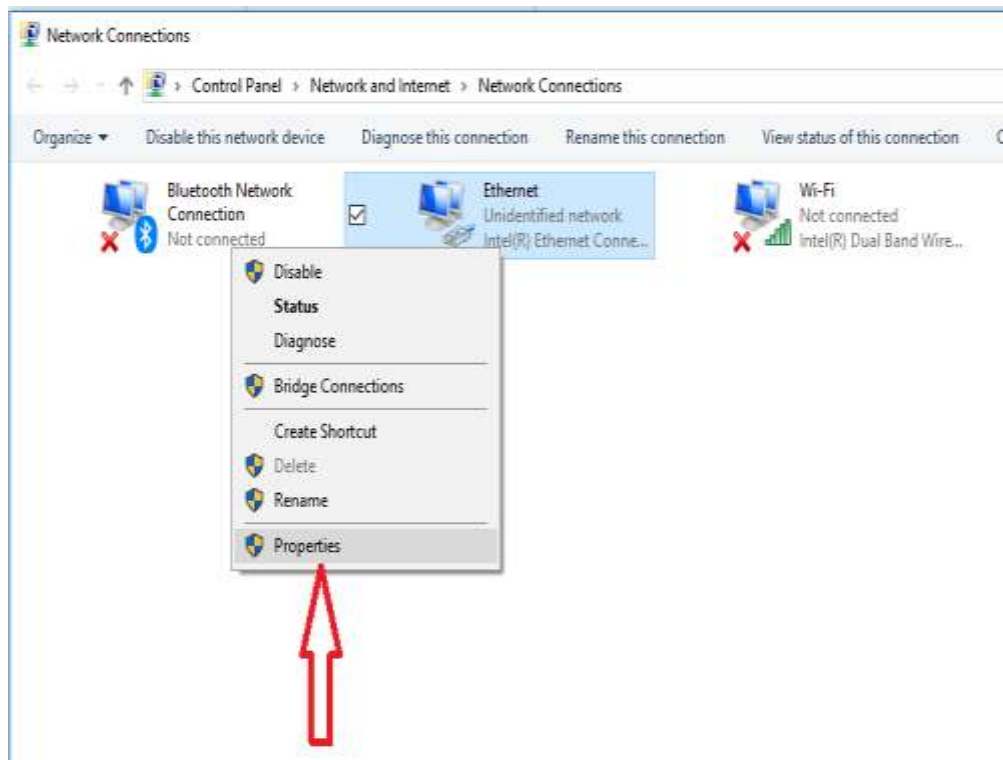
2. Para poder hacer las configuraciones respectivas de la tarjeta de red se debe dar clic en configuraciones de red e internet en la misma ventana de la figura de arriba.



**Figura 38.** Ventana de Opciones de internet

**Fuente:** Los autores

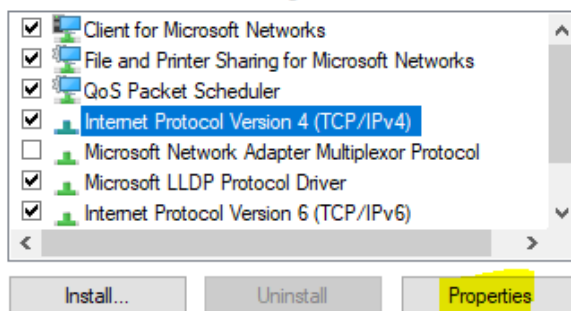
3. Una vez que vemos desplegada en la pantalla de nuestro ordenador las configuraciones de internet y redes, el siguiente paso es ingresar en el enlace de cambiar opciones de adaptador de red, el cual, lo encontraremos en el costado derecho.
4. Cuando se abre la nueva ventana encontraremos los distintos adaptadores de conexión que posee nuestra computadora por lo tanto tendremos el de conexión de red Física o LAN, el adaptador Wifi y nuestro adaptador de Bluetooth. Para poder configurar nuestra laptop en el mismo segmento de red de nuestro supervisor, el cual, ya está configurado con anterioridad deberemos dar clic derecho sobre el adaptador de red LAN y abrir en la opción de propiedades.



**Figura 39.** Propiedad de adaptador de red

**Fuente:** Los autores

- Una vez que hemos dado clic en propiedades del adaptador de red con el que trabajaremos se abrirá una nueva ventana en la cual podremos identificar que hay una lista de ítems de entro debemos seleccionar el siguiente (Internet Protocol Version 4 TCP/IP) y dar clic en propiedades.

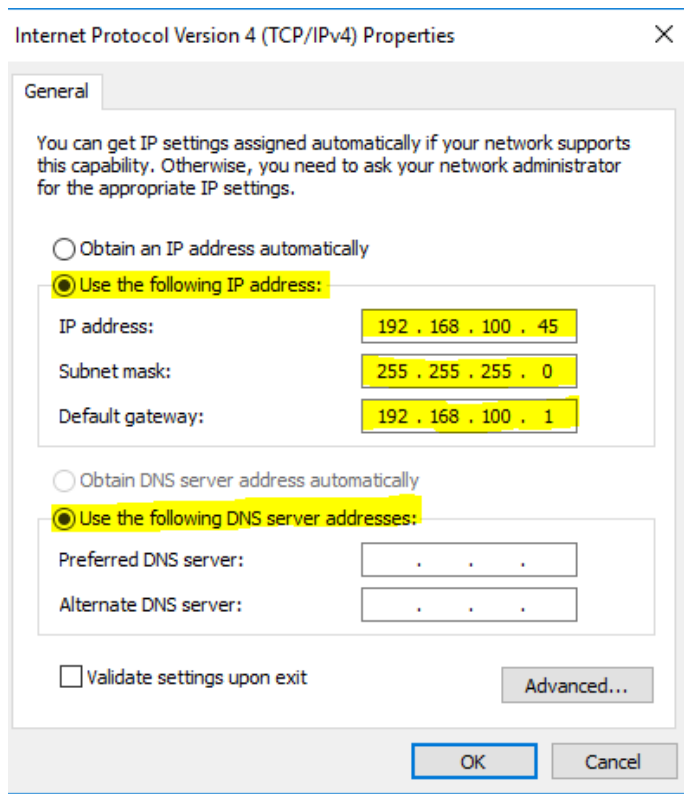


**Figura 40.** Protocolo de internet versión 4

**Fuente:** Los autores

- Cuando se realice el paso anterior se abrirá una nueva ventana donde debemos configurar una dirección IP estática para la tarjeta de red de nuestro equipo computador. A continuación, en la siguiente imagen se podrá observar una configuración nos permitirá poner en el mismo segmento de red a ambos equipos.





**Figura 41.** Configuraciones para poner en mismos segmentos de red a equipos  
**Fuente:** Los autores

Posterior a la configuración indicada en los pasos anteriormente mencionados abra un navegador web y escriba la dirección IP la cual está configurada en el equipo en la barra de direcciones. Al presionar ENTER, aparecerá la interfaz de inicio de sesión para el que debe considerar el siguiente usuario y contraseña.

Dirección IP: 192.168.100.44

Usuario: admin

Contraseña: Proyecto2019



**Figura 42.** Interfaz de inicio de sesión

**Fuente:** Los autores

## 5.2. Navegando en la interfaz gráfica diseñada

Luego de haber ingresado nuestro usuario y contraseña de manera correcta, al hacer clic en login, accederá a la pantalla inicial donde podrá visualizar:

- a) Logo de la Universidad Politécnica Salesiana
- b) Título de la tesis.
- c) Autores de la tesis desarrollada.
- d) Tutor a cargo de la tesis.
- e) hipervínculo el cual nos llevara a una segunda pantalla.



*Figura 43.* Pantalla inicial

**Fuente:** Los autores

Luego de dar clic sobre el hipervínculo denominado inicio se desplegará una segunda pantalla donde podremos encontrar enlistado los dos termostatos que se encuentran en nuestro tablero. Para poder acceder a la información que nos presenta cada termostato debemos escoger el equipo en el cual se desea trabajar, los termostatos se encuentran en red conectados al servidor internamente este trabajo no necesita realizarse para llevar a cabo las prácticas de laboratorio. Por lo tanto, una vez que demos clic sobre cualquiera de los dos equipos se desplegara la información del mismo dependiendo si este se encuentra encendido o no. Ya que si se encuentra apagado no estará en red, por lo tanto, no se podrá observar ningún parámetro del dispositivo.



*Figura 44.* Pantalla secundaria

**Fuente:** Los autores

Tal cual se indica antes, se procede a seleccionar el termostato sobre del que se requiere obtener información. Una vez hecha la selección en nuestra pantalla, se abrirá una ventana con la imagen del termostato y algunas de las variables más importantes dentro, de las cuales tenemos:

- a. Nombre del termostato
- b. Temperatura del ambiente
- c. Comando de encendido de la red
- d. Comando de encendido del compresor
- e. Tendencia de temperatura
- f. Tendencia de comando de encendido del compresor
- g. Tendencia de comando de encendido Del ventilador
- h. Tendencia de la temperatura ambiente
- i. Configuración de horarios



**Figura 45.** Descripción de pantalla de termostato

**Fuente:** Los autores

### 5.3. Observar Tendencias

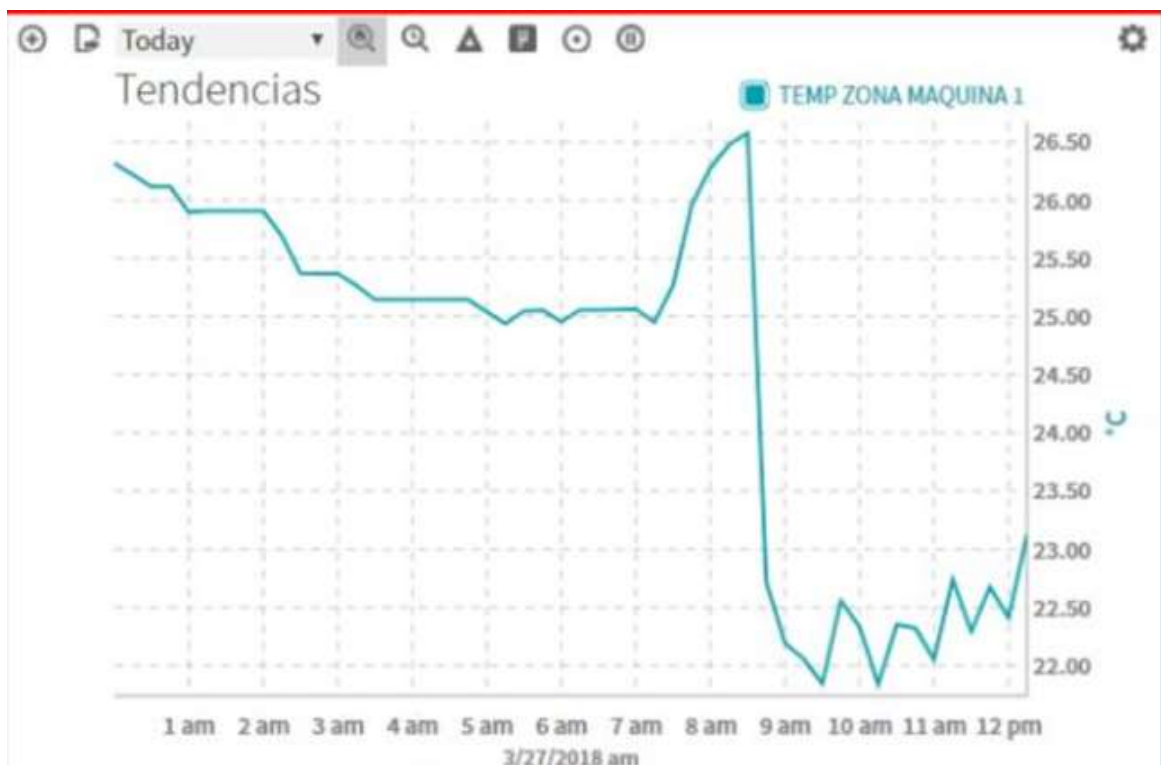
Las tendencias de temperatura son registros de datos que se han obtenido en el tiempo y que han sido registrados de forma gráficas y así poder ser analizados.

Para temas didácticos de nuestro módulo se configuraron 3 variables:

- Tendencia de temperatura de zona

- Tendencia de encendido y apagado de ventilador
- Tendencia de encendido y apagado de compresor

Para poder observar las tendencias mencionadas arriba una vez que el usuario se encuentre dentro de la pantalla de los termostatos observaremos unos botones con la letra inicial de la palabra tendencia (T), después de dar clic sobre alguno de estos botones podemos observar la tendencia la cual se quiera revisar.

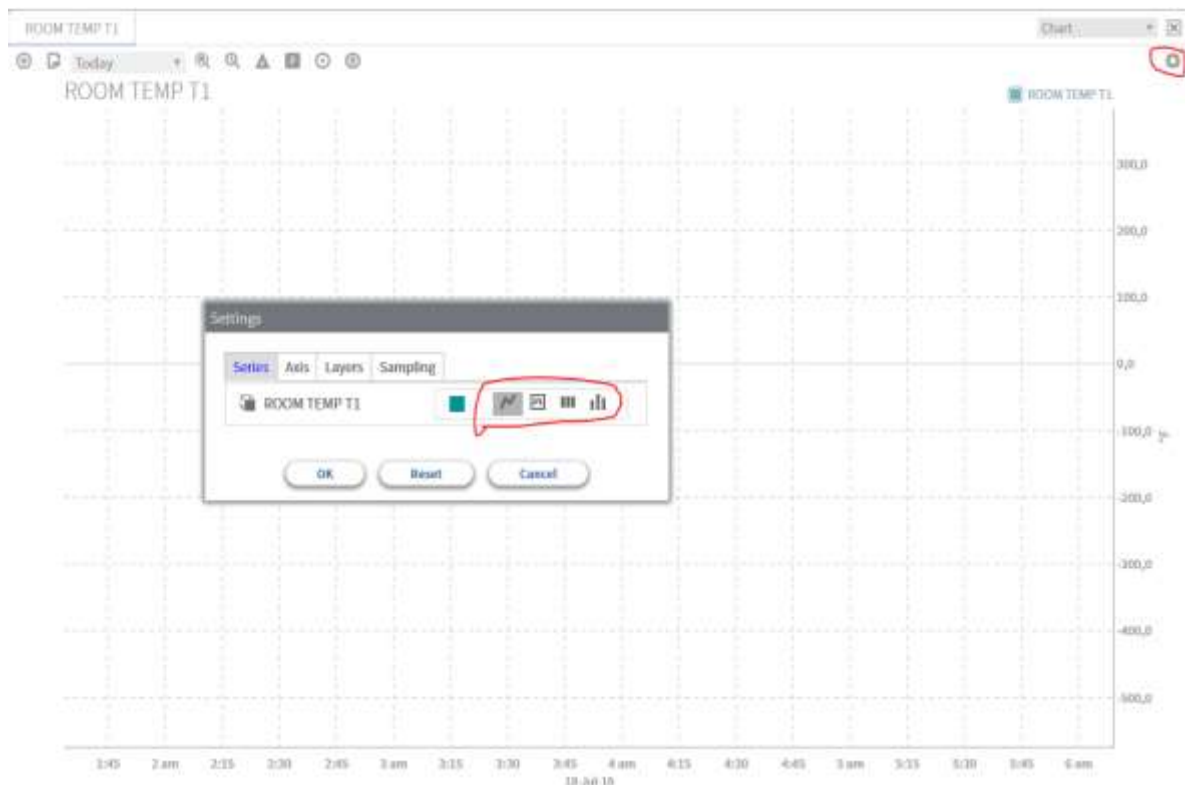


**Figura 46.** Tendencia de temperatura  
**Fuente:** Los autores

Con los datos previamente grabados y mostrados en forma de tendencias existen algunas formas de mostrar las gráficas para poder acceder a esta opción y poder observar la gráfica con un tipo de configuración distinta se debe buscar el icono de engranaje sobre la parte izquierda superior de la ventana una vez que se da clic en este icono se desplegara una ventana en donde encontraremos los distintos tipos de grafica que se pueden configurar.

En esta ventana de tendencias en el lado derecho superior se encuentran algunas configuraciones en las cuales se puede configurar en que rango de tiempo se desean observar los datos, es decir, se puede observar datos de un día, una semana, un mes, o incluso se puede configurar rangos de fechas dentro de los cuales uno desea observar.

Sobre el mismo lado derecho superior existe una opción que nos ayuda a exportar los datos de los gráficos en dos tipos de archivos. Siendo uno de estos gráficos en Excel, una vez descargados los datos en Excel en forma de tabla se puede trabajar sobre esos datos en otros softwares de traficación más sofisticados si es necesario.



**Figura 47.** Tipos de gráficos para las tendencias  
**Fuente:** Los autores

## 5.4. Configuración de horarios

Al hacer clic en el botón de horarios ubicado sobre el lado derecho superior de la pantalla del termostato, se desplegará una nueva ventana en donde se podrá observar todas las configuraciones respecto a horarios que el usuario puede configurar.

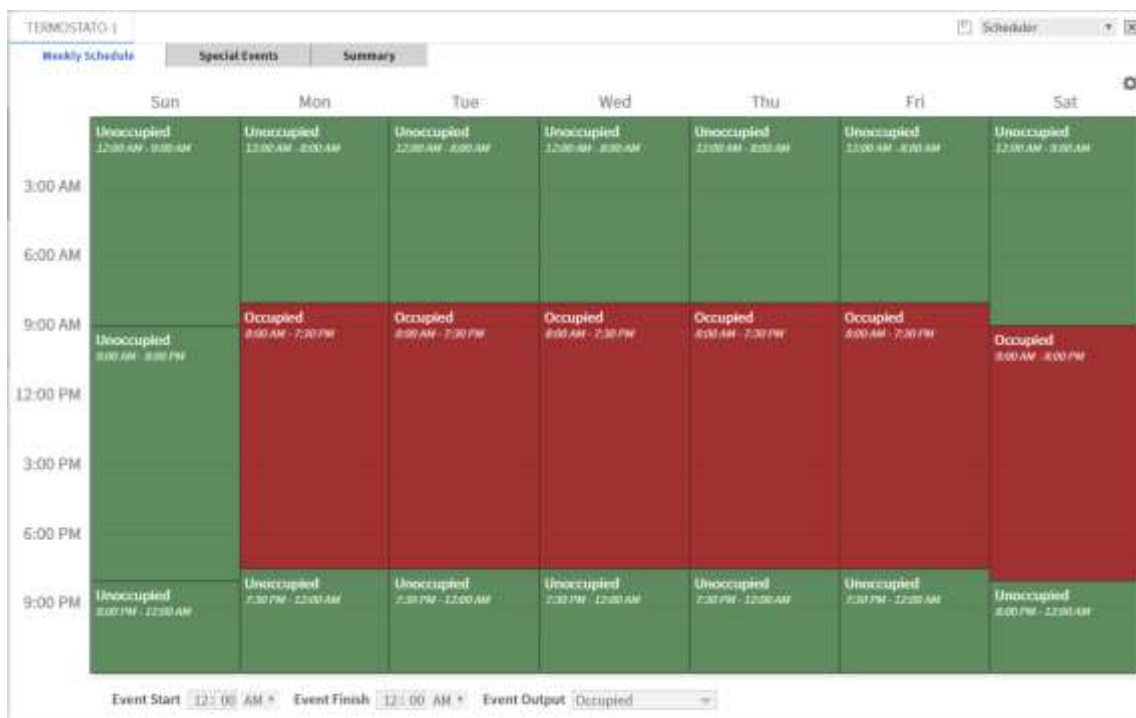
### 5.4.1. Horario semanal

Al seleccionar esta opción, se podrá configurar el horario semanal en el que se desee que funcione el equipo de aire acondicionado. Es decir, con esta configuración comandamos el encendido y el apagado de los aires acondicionados a través del envío

de un comando hacia cada uno de los termostatos de la red según nuestros requerimientos.

En la siguiente figura podemos observar que los cuadros verdes están asignados al funcionamiento de la máquina y los rojos están asignados al funcionamiento de la máquina de aire acondicionado.

Para poder realizar edición en estas configuraciones existen algunas maneras, una de ellas es dar doble clic sobre cada cuadro y configurar desde qué hora empieza a regir dicha orden, otra de las formas en las que se puede configurar con el cursor del mouse ampliar o disminuir los rectángulos de forma vertical de tal manera que sus límites coincidan con el tiempo en que nosotros querremos que rija el comando de encendido o apagado.



**Figura 48.** Pantalla de horarios

**Fuente:** Los autores

## **CONCLUSIONES**

La implementación del módulo de control y monitoreo para equipos de aire acondicionado bajo el uso de red de comunicación BACnet fue puesto a prueba en el laboratorio y en el campo mediante las pruebas realizadas en la oficina de dirección de carrera de Ing. Eléctrica. De las pruebas fue posible obtener datos estadísticos que demuestran un ahorro de hasta el 44% en tres días de 7 días de prueba.

En base a las pruebas realizadas se puede concluir que los equipos de aire acondicionados son los que mayor consumo eléctrico representan en una edificación una de las maneras de poder lograr optimizar energía dentro de los edificios es a través del control y monitoreo de estos equipos, cabe recalcar que este tipo de sistemas tiene mucho más beneficio cuando se aplican a maquinarias, las cuales, carecen de energía electrónica en sus componentes de mayor consumo como motores y compresores.

La red de los sistemas de climatización actualmente existente mediante el protocolo BACnet se pueden integrar con otros tipos de sistemas, lo cuales, buscan optimizar energía un ejemplo podría ser un sistema de iluminación.

## **RECOMENDACIONES**

- Se exhorta a futura generaciones hacer tesis o modulo con protocolos de comunicación de tal forma de poder integrar sistemas, se podría integrar de este tipo con sistemas de iluminación, control de acceso y de esta forma nuestra comunidad estudiantil estar a la vanguardia de la tecnología desde los laboratorios de la universidad.
- Este módulo didáctico sería de gran ayuda para el seminario de climatización dictado en la carrera, ya que la forma de manejar de manera automática la climatización en los grandes edificios de Guayaquil y del mundo contempla sistemas como el de nuestro modulo o similares.



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] R. Almeida and J. Andrade, “DSpace,” *Diseño e Implementación de módulos didácticos para el estudio de los sistemas de climatización*, 2015. [Online]. Available: <https://dspace.ups.edu.ec/>.
- [2] M. Castilla, F. Rodríguez, D. Álvarez, M. Berenguel, and C. Bordons, “Google Académico,” *Formulación del problema de optimización multiobjetivo del confort en edificación sostenible*, 2016. [Online]. Available: [http://repositorio.ual.es/bitstream/handle/10835/4928/Castilla et al \(2016\)\\_JA\\_vpublicada.pdf?sequence=1](http://repositorio.ual.es/bitstream/handle/10835/4928/Castilla_et_al_(2016)_JA_vpublicada.pdf?sequence=1).
- [3] E. García, “Blogspot,” *Monitoreo, Seguimiento y Evaluación*, 2013. [Online]. Available: [https://docs.google.com/file/d/1RWGPYJZQI3GQjtlW7MBWFic2Px1kMwELM4TSH4Zno\\_Ris84goBOOyB4X6F83/edit](https://docs.google.com/file/d/1RWGPYJZQI3GQjtlW7MBWFic2Px1kMwELM4TSH4Zno_Ris84goBOOyB4X6F83/edit).
- [4] M. Crespo and C. Pendino, “Universidad Nacional de Rosario,” *Introducción al modelado de sistemas físicos*, 2012. [Online]. Available: [http://rehip.unr.edu.ar/bitstream/handle/2133/3351/21507-14 TECNOLOGÍA DE CONTROL - Introducción al modelado de sistemas físicos.pdf?sequence=1](http://rehip.unr.edu.ar/bitstream/handle/2133/3351/21507-14_TECNOLOGÍA_DE_CONTROL_-_Introducción_al_modelado_de_sistemas_físicos.pdf?sequence=1).
- [5] J. Aguirre, “Universidad Politécnica de València,” *ANÁLISIS DE LA VIABILIDAD ECONÓMICO FINANCIERA DE SOLAVAN CLIMATIZACIONES S.L.U.*, 2015. [Online]. Available: [https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/69377/48708918R-TFG\\_14673598120477492770348130855568.pdf?sequence=3](https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/69377/48708918R-TFG_14673598120477492770348130855568.pdf?sequence=3).
- [6] A. M. Vega, “Universidad Carlos III de Madrid,” *Automatización y control del sistema de climatización en edificio de oficinas.*, 2011. [Online]. Available: [https://orff.uc3m.es/bitstream/handle/10016/13589/Automatizacion y control del sistema de climatizacion en edi.pdf;jsessionid=905E85440451935471E2C018707D246B?sequence=1](https://orff.uc3m.es/bitstream/handle/10016/13589/Automatizacion_y_control_del_sistema_de_climatizacion_en_edi.pdf;jsessionid=905E85440451935471E2C018707D246B?sequence=1).
- [7] CIDECAME, “CIDECAME,” *Comunicaciones en Redes*, 2012. [Online]. Available:

- [http://cidecame.uaeh.edu.mx/lcc/mapa/PROYECTO/libro27/136\\_tipos\\_de\\_redes\\_lan\\_man\\_wan.html](http://cidecame.uaeh.edu.mx/lcc/mapa/PROYECTO/libro27/136_tipos_de_redes_lan_man_wan.html).
- [8] Cybercom, “Cybercom,” *Redes LAN Inalámbricas (Wireless LAN)*, 2010. [Online]. Available: [http://www.cybercom-cw.com.ar/pdf/Cybercom\\_WLAN\\_Paper.PDF](http://www.cybercom-cw.com.ar/pdf/Cybercom_WLAN_Paper.PDF).
- [9] L. Sánchez, “Scribd,” *Topologías de Red WLAN*, 2013. [Online]. Available: <https://es.scribd.com/document/136451090/Paper-Topologia-de-Una-Red-Wlan>.
- [10] Y. Hernández, “DSpace,” *Diseño de una Red de Área Local Inalámbrica Jardín Botánico-FIE*, 2006. [Online]. Available: [http://dspace.uclv.edu.cu/bitstream/handle/123456789/6046/Yasiel\\_Hernández\\_Barrios.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://dspace.uclv.edu.cu/bitstream/handle/123456789/6046/Yasiel_Hernández_Barrios.pdf?sequence=1&isAllowed=y).
- [11] J. Controls, “Johnson Controls,” *MS/TP Communications Bus Technical Bulletin*, 2018. [Online]. Available: [http://cgproducts.johnsoncontrols.com/met\\_pdf/12011034.pdf](http://cgproducts.johnsoncontrols.com/met_pdf/12011034.pdf).
- [12] M. Freire, R. Muñoz, and J. Rivero, “DSpace,” *Simulador de protocolos de comunicaciones*, 2009. [Online]. Available: [https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/8148/1/Tesis-Simulador\\_Protocolos\\_Comunicaciones.pdf](https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/8148/1/Tesis-Simulador_Protocolos_Comunicaciones.pdf).
- [13] D. Puga, “DSpace,” *Rediseño y optimización de la red de voz y datos del centro de convenciones Eugenio Espejo*, 2015. [Online]. Available: <http://dspace.udla.edu.ec/bitstream/33000/2742/8/UDLA-EC-TIRT-2015-04.pdf>.
- [14] D. Alvarado, “DSpace,” *Implementación de seguridad en la capa de transporte del modelo TCP/IP en los servidores web y de aplicación de la Universidad Nacional de Loja*, 2016. [Online]. Available: [http://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/18533/1/Alvarado\\_Sarango%2C\\_Diego\\_Javier.pdf](http://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/18533/1/Alvarado_Sarango%2C_Diego_Javier.pdf).
- [15] J. Chávez, “DSpace,” *SISTEMA DE CONTROL DE ILUMINACIÓN DEL EDIFICIO DE LA SEDE PERMANENTE DE LA UNASUR*, 2015. [Online]. Available: <https://www.dspace.espol.edu.ec/retrieve/97604/D-103409.pdf>.
- [16] ASHRAE, “ARCO-HVAC,” *Thermal Environmental Conditions for Human*

*Occupancy*, 2010. [Online]. Available: <http://arco-hvac.ir/wp-content/uploads/2015/11/ASHRAE-55-2010.pdf>.

[17] O. Caicedo, “SI3EA,” *Eficiencia en sistemas de climatización*, 2015. [Online]. Available: <http://www.si3ea.gov.co/Portals/0/Gie/Tecnologias/climatizacion.pdf>.

[18] F. Candelas, “DSpace,” *Comunicación con RS-485 y MODBUS*, 2011. [Online]. Available: <https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/18990/1/AA-p3.pdf>.