



**FACULTAD DE INGENIERÍA  
CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA**

**Proyecto Técnico previo a la obtención del título de Ingeniero Eléctrico.**

**Título:**

IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE MEDICIÓN SUPERVISADA DE  
PARÁMETROS ELÉCTRICOS UTILIZANDO SENTRON PAC 3220 EN LA FACULTAD  
DE ARQUITECTURA

**Autor:**

Aster Steeven Rodríguez Fernández

**Tutor:**

Ing. Juan Luis Rodríguez Olivera, PhD.

Manta - Ecuador

## **AUTORÍA DEL PROYECTO TÉCNICO**

Quien suscribe, **ASTER STEEVEN RODRÍGUEZ FERNÁNDEZ**, con cedula de identidad N° **131706413-5**, egresado de la Carrera de Ingeniería Eléctrica de la Universidad Laica “Eloy Alfaro de Manabí”, declaro que el presente proyecto de titulación es de autoría propia, el contenido, resultados y conclusiones obtenidas son de estricta responsabilidad del autor, teniendo como respaldo citas bibliográficas necesarias para el desarrollo del proyecto, respetando el derecho intelectual de cada autor citado. El patrimonio intelectual de este proyecto de titulación corresponderá a la Universidad Laica “Eloy Alfaro de Manabí”.

---

**ESTUDIANTE**  
Aster Steeven Rodríguez Fernández

---

**ASESOR ACADÉMICO**  
ing. Juan Luis Rodríguez Olivera, PhD

## **DEDICATORIA**

Este proyecto se lo dedico a Dios, a mi madre Tanya Fernández por haberme enseñado que con esfuerzo y dedicación se pueden lograr las cosas. A mis tíos que desde pequeño me enseñaron el amor al trabajo y a su vez me inspiraron para seguir esta profesión y así encontrar el camino a mi formación profesional.

A las personas que en medio del camino fui conociendo, a mis amigos quienes dedicamos horas de estudio en las madrugadas y siempre nos apoyábamos unos a otros con un mismo objetivo.

Por último, a mi esposa que estuvo dándome su apoyo en los momentos difíciles y siempre me inspiro a ser mejor persona.

*Aster Rodríguez Fernández*

## **AGRADECIMIENTO**

Quisiera agradecer a las personas que se han involucrado en la realización de este trabajo por compartir sus conocimientos, mi gratitud por haberme guiado.

Un agradecimiento especial a mi esposa Mayra Bermúdez, quien estuvo conmigo en esta última etapa de mi vida universitaria, motivándome y ayudándome siempre que lo necesite, quien me da ánimos y me impulsa día a día a ser una mejor versión de mí mismo.

***Aster Rodríguez Fernández***

## ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDO

CAPÍTULO 1 .....	13
1.1 Introducción. ....	13
1.2 Antecedentes. ....	13
1.3 Planteamiento del problema. ....	14
1.4 Justificación.....	14
1.5 Delimitación.....	15
1.5.1 Delimitación temática. ....	15
1.5.2 Delimitación espacial. ....	15
1.5.3 Delimitación temporal.....	16
1.6 Objetivos. ....	16
1.6.1 Objetivo General .....	16
1.6.2 Objetivos específicos.....	16
CAPÍTULO 2.....	17
2.1 Sistema de Gestión Energética (SGE).....	17
2.2 Eficiencia Energética.....	18
2.3 Medición.....	19
2.4 Analizadores de Energía.....	19
2.5 Funcionamiento de los analizadores eléctricos. ....	19
2.6 Parámetros de Medición de los Analizadores de Energía. ....	20

2.7	SENTRON PAC 3220.....	21
2.8	Protocolos de comunicación.....	23
2.8.1	Protocolo IP.....	23
2.8.2	Protocolo TCP.....	24
2.9	Software Powermanager. ....	25
CAPÍTULO 3.....		27
3.1	Selección de equipos a utilizar .....	27
3.2	SENTRON PAC 3220.....	27
3.3	Transformadores de corriente TC 200/5 A. ....	28
3.3.1	selección de los transformadores de corriente.....	30
3.3.2	Características técnicas .....	31
3.4	Tablero de 30x20 doble fondo .....	31
3.5	Cable # 18.....	33
3.6	Selección de Terminales de conexión .....	33
3.7	Breakers de protección de 6 A. ....	34
3.8	Proceso de intervención. ....	35
3.9	Parámetros eléctricos desde el SENTRON PAC 3220 .....	47
3.10	Obtención de los resultados de las mediciones de SENTRON PAC 3220 .....	53
4	CAPÍTULO 4 .....	56
4.1	Conclusiones .....	56

4.2 Recomendaciones.....	56
BIBLIOGRAFÍA .....	58

## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> SENTRON PAC 3220 .....	22
<b>Figura 2:</b> Protocolo de comunicación TCP.....	24
<b>Figura 3:</b> Interfaz gráfica del powermanager .....	25
<b>Figura 4:</b> <i>TC 200/5 A</i> .....	30
<b>Figura 5:</b> <i>Tablero doble fondo</i> .....	32
<b>Figura 6:</b> Terminales de ojo.....	34
<b>Figura 7:</b> <i>Breaker monopolar de protección 6 A</i> .....	35
<b>Figura 8:</b> <i>Desenergización de las líneas principales de la carrera de Arquitectura</i> .....	36
<b>Figura 9:</b> <i>Colocación de los TC's en el breaker principal.</i> .....	37
<b>Figura 10:</b> <i>Transformadores de corriente en el breaker principal.</i> .....	38
<b>Figura 11:</b> <i>Instalación de los breakers de protección de 6 A</i> .....	39
<b>Figura 12:</b> <i>Tablero empotrado en la pared.</i> .....	40
<b>Figura 13:</b> Paso de montaje A, modelo con bornes de tornillo.....	42
<b>Figura 14:</b> Paso de montaje A, modelo con conexiones para terminales de ojal. ....	42
<b>Figura 15:</b> Paso de montaje B.....	43
<b>Figura 16:</b> Paso de montaje B.....	43
<b>Figura 17:</b> Paso de montaje C.....	43
<b>Figura 18:</b> Paso de montaje D.....	44
<b>Figura 19:</b> <i>Medidor SENTRON PAC 3220.</i> .....	44

<b>Figura 20:</b> <i>Conexión 3P4W</i> .....	45
<b>Figura 21:</b> <i>Configuración del SENTRON PAC 3220</i> .....	46
<b>Figura 22:</b> Parámetros de voltaje de línea a línea.....	47
<b>Figura 23:</b> Parámetros de corriente de línea.....	48
<b>Figura 24:</b> Parámetros de potencia activa.....	48
<b>Figura 25:</b> Parámetros de potencia aparente.....	49
<b>Figura 26:</b> Parámetros de potencia reactiva.....	49
<b>Figura 27:</b> Parámetros de factor de potencia.....	50
<b>Figura 28:</b> Parámetro de frecuencia.....	50
<b>Figura 29:</b> Parámetro de Desbalance.....	51
<b>Figura 30:</b> Parámetros de Energía Aparente.....	51
<b>Figura 31:</b> Parámetros de energía activa.....	52
<b>Figura 32:</b> Parámetros de energía reactiva.....	52
<b>Figura 33:</b> Curva de Potencia día lunes.....	53
<b>Figura 34:</b> Curva de Potencia día sábado.....	54
<b>Figura 35:</b> Curva de Potencia día domingo.....	54
<b>Figura 36:</b> Curva de Potencia Semanal.....	55

## INDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1:</b> Parametros mas relevantes.....	28
<b>Tabla 2:</b> Características técnicas de TC.....	31
<b>Tabla 3:</b> Especificaciones del cable conductor.....	33
<b>Tabla 4</b> Especificaciones de terminales.....	34

<b>Tabla 5:</b> Designación de Direcciones IP, Máscaras, Gateway. ....	47
--	----

## INDICE DE ANEXOS

<b>Anexo 1:</b> detalle de los recursos humanos y su aporte en el desarrollo del proyecto.....	63
<b>Anexo 2:</b> Detalle de los recursos institucionales y lugar de origen.....	63
<b>Anexo 3:</b> Detalle de los recursos materiales y económicos necesarios para la elaboración del proyecto.....	64
<b>Anexo 4:</b> Variantes del SENTRON PAC 3220.....	65
<b>Anexo 5:</b> Valores Eficaces Momentáneos.....	65
<b>Anexo 6:</b> Registro de energía por medidor.....	66
<b>Anexo 7:</b> Comunicación.....	66
<b>Anexo 8:</b> Datos Técnicos.....	67
<b>Anexo 9:</b> Idiomas.....	68
<b>Anexo 10:</b> Entrada de tensión.....	68
<b>Anexo 11:</b> Entrada de Corriente.....	69
<b>Anexo 12:</b> Fecha y Hora.....	70
<b>Anexo 13:</b> Salida Digital.....	70
<b>Anexo 14:</b> Entrada Digital.....	72
<b>Anexo 15:</b> Pantalla.....	74
<b>Anexo 16:</b> Clave.....	75
<b>Anexo 17:</b> Reset.....	75
<b>Anexo 18:</b> Cronograma de actividades.....	76
<b>Anexo 19:</b> Montaje del sistema.....	77

## RESUMEN

Este proyecto de titulación tiene como finalidad implementar un sistema de medición supervisada de parámetros eléctricos utilizando SENTRON PAC 3220 en la facultad de arquitectura por medio del software Power Manager v3.4 que será monitoreado desde el laboratorio de Potencia de la carrera de Ingeniería Eléctrica. Como elemento principal tenemos el analizador de red SENTRON PAC 3220, que es un instrumento que permite la visualización de los parámetros de red más relevantes, el usuario puede realizar la configuración a través de cuatro teclas de función situadas en la parte frontal o por medio del software que viene incluido con el equipo de medición, este multimedidor será incorporado en el bloque viejo de la facultad de arquitectura en la ULEAM. Adicional a esto, se contará con transformadores de instrumentación TC's para lo cual se tuvo que realizar un cálculo de relación de transformación para seleccionar los adecuados con el fin de que brindarán información a los SENTRON PAC3220 para el censo de corrientes, voltajes. Potencias, etc. Cabe mencionar, que, en la facultad de arquitectura previamente se había instalado un multimedidor pero en el bloque nuevo, con lo cual, se hizo necesario implementar el mismo sistema en el bloque viejo y de esta forma tener monitoreado todo el campus de la facultad de arquitectura. Con los resultados del monitoreo del SENTRON PAC 3220 se pueden plantear trabajos de eficiencia energética tomando en cuenta los resultados de consumo energético, así como también balances de carga de ser necesario, finalmente, este sistema es beneficioso para mantener un monitoreo constante y en tiempo real.

**Palabras clave:** Monitoreo de parámetros eléctricos, analizador de red SENTRON PAC 3220, gestión energética.

## ABSTRACT

The purpose of this degree project is to implement a supervised measurement system of electrical parameters using SENTRON PAC 3220 in the Faculty of Architecture through the Power Manager v3.4 software that will be monitored from the Power laboratory of the Electrical Engineering degree. As the main element we have the SENTRON PAC 3220 network analyzer, which is an instrument that allows the visualization of the most relevant network parameters. The user can perform the configuration through four function keys located on the front or through the software that comes included with the measurement equipment, this multimeter will be incorporated into the old block of the architecture faculty at ULEAM. In addition to this, there will be instrumentation transformers TC's for which a transformation ratio calculation had to be carried out to select the appropriate ones so that they will provide information to the SENTRON PAC3220 for the census of currents and voltages. Powers, etc. It is worth mentioning that in the Faculty of Architecture a multimeter had previously been installed but in the new block, which made it necessary to implement the same system in the old block and in this way have the entire campus of the Faculty of Architecture monitored. architecture. With the monitoring results of the SENTRON PAC 3220, energy efficiency work can be proposed taking into account the results of energy consumption, as well as load balances if necessary. Finally, this system is beneficial to maintain constant and real-time monitoring.

Chapter IV states the conclusions in reference to the fulfillment of the stated objectives and recommendations of the thesis project.

**Keywords:** Monitoring of electrical parameters, SENTRON PAC 3220 network analyzer, energy management.

## **TEMA**

**IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE MEDICIÓN SUPERVISADA DE  
PARÁMETROS ELÉCTRICOS UTILIZANDO SENTRON PAC 3220 EN LA FACULTAD  
DE ARQUITECTURA**

# CAPÍTULO 1

## INTRODUCCIÓN Y GENERALIDADES.

### 1.1 Introducción.

### 1.2 Antecedentes.

En muchas de las instalaciones industriales y comerciales, el monitoreo de los parámetros eléctricos se realiza de manera limitada o en algunos casos con equipos obsoletos que impiden una supervisión detallada, menos aún, una integración eficiente en sistemas de gestión energética, a su vez genera diversas problemáticas tales como: desperdicio de energía debido a la poca precisión en los datos, problemas de calidad de energía, esto por aspectos como armónicos, desequilibrios y fluctuaciones de tensión los cuales pueden pasar desapercibidos hasta que afectan equipos y demás, finalmente la falta de información para la toma de decisiones, que, sin un monitoreo adecuado, es difícil planificar estrategias de ahorro energético y diversos mantenimientos.

El trabajo de titulación “Diseño y simulación de una solución iot industrial integrando equipos siemens, modbuspal y plataforma node red” realizado por el autor (Pulache Huertas, 2023) la cual describe el diseño y la simulación de una solución IoT industrial que integra equipos Siemens, como Simatic Gateway IoT240 y SENTRON PAC 3220, el software Modbus Pal y la plataforma Node-RED. La investigación detalla cómo configurar el Gateway IoT240, incluida la instalación del sistema operativo, la configuración de la conexión a Ethernet y el entorno Node-RED. Además, se explica cómo crear el programa del PLC en el entorno de TIA PORTAL para generar datos de proceso y comunicarse utilizando el protocolo Modbus TCP. También se explica cómo crear y configurar un esclavo Modbus utilizando el emulador Modbus PAL. Este último emula la información del Sentron PAC3220 en los registros de holding según las direcciones proporcionadas en la hoja de datos del equipo.

### **1.3 Planteamiento del problema.**

El uso eficiente de la energía eléctrica se ha convertido con el paso del tiempo en una prioridad global debido al aumento de los costos energéticos, la creciente demanda de electricidad que cada vez es mayor y la necesidad de reducir las emisiones de carbono para cuidar el medio ambiente.

En la actualidad muchas industrias buscan integrar dispositivos de medición y monitoreo en sistemas eléctricos que no solo permiten un mejor control en el consumo energético sino también permite la detección y prevención de fallas. En este contexto los analizadores de redes eléctricas como el SENTRON PAC 3220 desempeñan un papel crucial al proporcionar información precisa y en tiempo real sobre los parámetros eléctricos clave.

En la Facultad de Arquitectura de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, la falta de un sistema de monitoreo detallado impide identificar patrones de consumo inusuales, detectar fallos en el sistema eléctrico y optimizar el uso de la energía. Sin un control preciso y en tiempo real, es difícil implementar estrategias de eficiencia energética efectivas.

Para resolver esto, se hace necesario implementar un sistema de medición supervisada de parámetros eléctricos utilizando el SENTRON PAC 3220, para proporcionar datos precisos y en tiempo real, que permitan una gestión más eficiente del consumo energético, la reducción de costos y la minimización del impacto ambiental.

### **1.4 Justificación.**

La implementación del sistema de medición supervisada de parámetros eléctricos utilizando SENTRON PAC 3220 en la Facultad de Arquitectura se justifica por múltiples razones cruciales. En primer lugar, garantiza un suministro eléctrico seguro y estable al permitir el monitoreo y control en tiempo real de los parámetros eléctricos. Esto no solo contribuye a la seguridad del entorno, sino que también asegura su operatividad continua. Además, el sistema

ofrece la oportunidad de optimizar recursos al identificar patrones de consumo y áreas de mejora en la eficiencia energética, lo que resulta en ahorros significativos a largo plazo. Asimismo, el cumplimiento normativo es esencial, y la implementación de este sistema asegura el cumplimiento de las normativas y estándares de seguridad eléctrica, evitando posibles sanciones legales y proporcionando un entorno seguro para los usuarios.

Cabe mencionar que en la actualidad existen 17 medidores instalados en todo el campus universitario y, así mismo con su software, además, este sistema enriquece la formación académica al proporcionar a los estudiantes una experiencia práctica en el uso de tecnologías modernas, preparándolos para enfrentar desafíos del mundo real en arquitectura e ingeniería eléctrica. Además, facilita el diagnóstico temprano de problemas eléctricos y permite acciones de mantenimiento preventivo, reduciendo el tiempo de inactividad y prolongando la vida útil de los equipos. Finalmente, la integración de este sistema con otras plataformas y la centralización de la información optimizan la gestión y proporcionan datos relevantes para la toma de decisiones informadas. En conjunto, estos aspectos fundamentales respaldan la implementación de este sistema en la Facultad de Arquitectura.

## **1.5 Delimitación.**

### ***1.5.1 Delimitación temática.***

Este proyecto de titulación se basa en la instalación, configuración, conexión, puesta en servicio de un analizador SENTRON PAC3220 en la facultad de arquitectura de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí.

### ***1.5.2 Delimitación espacial.***

Este proyecto de titulación se mantendrá monitoreado los parámetros eléctricos desde el Laboratorio de Potencia de la carrera de ingeniería eléctrica.

### ***1.5.3 Delimitación temporal.***

La ejecución de este proyecto de titulación se realiza en el periodo 2024 (2) en un lapso de 6 meses como se indica en el cronograma

## **1.6 Objetivos.**

### ***1.6.1 Objetivo General***

Implementar un sistema de medición supervisada de parámetros eléctricos utilizando SENTRON PAC 3220 en la facultad de arquitectura por medio del software Power Manager v3.4

### ***1.6.2 Objetivos específicos.***

- Compilar información del sistema eléctrico de la facultad de arquitectura de la ULEAM, así como los esquemas eléctricos necesario para el montaje del analizador SENTRON PAC 3220.
- Realizar la instalación del medidor SENTRON PAC 3220 y transformadores de corriente en el edificio de la carrera de Arquitectura de la ULEAM.
- Configurar y establecer la comunicación del medidor con el software Power Manager v3.4.
- Analizar el comportamiento de los parámetros eléctricos en la facultad de arquitectura observando magnitudes eléctricas como voltaje, corriente, potencia, factor de potencia, etc.
- Verificar en tiempo real todos los parámetros eléctricos establecidos por el SENTRON PAC 3220 desde la facultad de arquitectura de la ULEAM.
- Caracterizar el uso de la energía eléctrica en los edificios de la carrera y proponer medidas de ahorro energético para definir línea base.

## **CAPÍTULO 2.**

### **FUNDAMENTOS TEÓRICOS**

#### **2.1 Sistema de Gestión Energética (SGE)**

Un sistema de gestión de energía (SGE) es un conjunto de herramientas y procesos integrados diseñados para optimizar el uso de la energía en una organización. Su objetivo principal es mejorar la eficiencia energética, reducir costos y minimizar el impacto ambiental. Estos sistemas permiten a las empresas monitorear, controlar y analizar su consumo energético, identificar oportunidades de ahorro y establecer estrategias sostenibles. Implementar un SGE puede implicar la adopción de tecnologías avanzadas, como sensores y software de gestión, así como la formación del personal para asegurar un uso eficiente y responsable de los recursos energéticos. (Perdiguero, 2017).

La implementación de los SGE trae una serie de beneficios tanto energéticos como ambientales, de los que podemos destacar los siguientes:

- Optimización en el uso de la energía
- Disminución del impacto sobre el cambio climático
- Adecuada utilización de los recursos naturales

En 2011, la Organización Internacional de Normalización (ISO) lanzó la versión inicial de la norma ISO 50001, que define los requisitos y ofrece directrices para el uso de Sistemas de Gestión de la Energía. Esta norma se desarrolló basándose en las mejores prácticas internacionales relacionadas con la implementación, operación y mantenimiento de dichos sistemas.

En 2018, la versión más reciente de la norma se alineó con otros estándares de gestión. Las actualizaciones incluyeron la adopción de una estructura de alto nivel común para los sistemas de gestión, la unificación de términos y definiciones, un mayor enfoque en el rol de la alta dirección, aclaraciones específicas sobre la "revisión energética", la estandarización de los indicadores de

desempeño energético y detalles adicionales en el plan de recopilación de datos, entre otros aspectos (Prias Caicedo, 2019).

## **2.2 Eficiencia Energética.**

La eficiencia energética se refiere al uso óptimo de la energía para realizar una tarea o producir un bien, minimizando el desperdicio y reduciendo el consumo sin comprometer el rendimiento. Se busca aprovechar al máximo la energía disponible, implementando tecnologías, procesos y prácticas que permiten alcanzar los mismos resultados con menos recursos energéticos (Claudia Sanchez, 2015).

Esto no solo contribuye a la reducción de costos, sino también a la disminución de las emisiones de gases de efecto invernadero y al cuidado del medio ambiente, dicho de otra manera, también nos podemos referir a ésta como la relación entre la energía necesaria para llevar a cabo una actividad particular y la cantidad de energía primaria empleada en dicho proceso. (Claudia Sanchez, 2015).

Para el caso de Ecuador tenemos que la Ley Orgánica de Eficiencia Energética, en el Capítulo 3, Artículo 17, sobre Ahorro y Uso de Eficiencia de Energía, estipula que, a nivel nacional, todos los consumidores de energía deben asegurarse de que su consumo esté siempre alineado con un uso racional de la energía. Además, deben adaptar sus hábitos de consumo para favorecer el ahorro energético, sin comprometer sus niveles de confort y productividad. (Pozo, 2019)

Para mejorar el uso de los recursos energéticos y sus técnicas, se destacan varias acciones esenciales. Estas incluyen la incorporación de fuentes de energía renovable y la sustitución de las tradicionales, el análisis del ahorro energético y del impacto ambiental, y el aprovechamiento de residuos para generar energía. También se investigan nuevas técnicas para producir y conservar

energía de manera más eficiente, y se realiza un análisis económico de la gestión energética para asegurar que las medidas sean rentables y sostenibles. (Servicio de Acreditación Ecuatoriano, 2017)

### **2.3 Medición**

Cuando se escogen los Indicadores de Energía (IDE), la organización debería considerar sus capacidades de medición y monitoreo existentes. (NORMA ISO 50006, 2014)

Considerando la Normativa ISO 50006 la energía para su representación numérica medida, se deben utilizar medidores o submedidores que sean permanentes o en su necesidad que sean temporales, ya que se debe mantener una constante evaluación del consumo energético.

Cuando se toman en cuenta los IDE que son los indicadores de energía, la organización o en este caso la institucionalidad deberá tener la mayor capacidad y recopilación de datos posible para poder observar y considerar las soluciones para lograr la cometido de eficiencia energética.

### **2.4 Analizadores de Energía.**

Según (Meteocontrol., 2025) no dice que los analizadores de redes están destinado a la medición y cálculo de magnitudes eléctricas tales como tensión, corriente, potencia, energía, armónicos, etc. en instalaciones eléctricas. Los resultados de la medición se pueden visualizar, almacenar, leer y procesar a través de interfaces.

Por otro lado, (DISTRON, 2024) indica que su uso permite solucionar cualquier problema que haya en la red eléctrica. Es más, llevando un mantenimiento periódico se pueden evitar riesgos y promover un ahorro energético.

### **2.5 Funcionamiento de los analizadores eléctricos.**

Los analizadores de redes eléctricas están diseñados para utilizarse en cualquier sector industrial que requiera de energía para su operación. Son útiles para un gran número de

aplicaciones, las medidas que entregan estos equipos abarcan desde corrientes, tensiones, consumos de energía y potencia hasta la representación de los armónicos individuales en corriente y tensión para la valoración de la calidad de la tensión y corriente. Tiene una memoria interna en la que se archivan los parámetros de medición. Son capaces de exportar o mostrar los parámetros eléctricos, y lo hacen de forma directa o indirecta a través de un display o navegadores web. (OORGS, 2024).

Los analizadores eléctricos se pueden utilizar en cualquier sector industrial, haciendo referencia a que están diseñados para esta clase de lugares, donde se requiera energía para la producción. (Osakaelectronics, 2021)

## **2.6 Parámetros de Medición de los Analizadores de Energía.**

Un registrador de redes o también llamado analizador de redes eléctricas es un dispositivo que es único en su función ya que permite realizar toda clase de mediciones tales como; voltaje, corriente, potencia, frecuencia, y demás.

Desde la ULEAM y mediante la carrera de Electricidad se contemplará toda la información de los parámetros para una recopilación de datos estable donde se podrá monitorear mediante una computadora centralizada, en el cual se utiliza el Software Powermanager, además de que lo más importante será la utilización del SENTRON PAC 3220 el cual se utilizará para este proyecto. Mediante este medidor se podrá realizar todos los análisis adecuados para mantener la eficiencia energética la facultad de arquitectura de la ULEAM colocando la IP respectiva. Estos análisis comienzan con la inclusión del edificio en el sistema de gestión energética de la ULEAM.

Se analizará para el diagnóstico eléctrico los siguientes parámetros eléctricos:

- Tensión por Fases (voltajes de L-N y L-L)
- Corrientes por Fases (corriente de cada fase y corriente total)
- Consumo de Energía (energía activa, reactiva y aparente)

- Frecuencia
- Potencias Activa, Reactiva y Aparente.
- Calidad de energía (harmónicos, desequilibrios, flicker)
- Parámetros de máxima demanda (corriente máxima, potencia máxima, demanda máxima)
- Medición de estado del sistema (eventos de sobretensión y subtensión, interrupción y sobrecarga)
- Parámetros de comunicación (datos de red, alarmas y comunicaciones)

El SENTRON PAC 3220 que se instaló como dispositivo de medición se colocó en el tablero principal del bloque viejo de la carrera de Arquitectura, es necesario mencionar que, este tipo de medidores tienen una alta presión de parámetros y esto lo hace muy útil para trabajar de la siguiente manera:

- Gestión energética (ISO 50001)
- Supervisión de calidad de energía
- Control de cargas críticas
- Identificación de ineficiencia y áreas de ahorro energético

## **2.7 SENTRON PAC 3220.**

Como se muestra en la figura 1, este dispositivo SENTRON PAC3220 es un medidor de energía compacto, gran potencia de monitoreo que se utiliza en su principal aplicación industrial, donde se va desarrollando en otras áreas como las comerciales o gubernamentales en las cuales es necesario un continuo monitoreo de la energía consumida en estos sectores. Este medidor tiene un alcance de 100 parámetros por lo tanto puede mantener un sólido control en la industria o donde

se vaya a utilizar, buscando la automatización energética de edificios o hasta del propio monitoreo de un ámbito más globalista.

**Figura 1:** SENTRON PAC 3220



**Nota:** Representación del dispositivo SENTRON PAC 3220 (Control y Tecnología, 2022)

Estos dispositivos cuentan con un diseño compacto de 96 mm x 96 mm, siendo una excelente alternativa a los medidores analógicos tradicionales. Gracias a su amplio rango de medición de tensión y su fuente multi rango, pueden conectarse a cualquier red de baja tensión con valores nominales de hasta 690 V.

Su gran pantalla gráfica de cristal líquido facilita la lectura a distancia, y la luz de fondo ajustable del SENTRON PAC 3200 asegura una lectura confiable incluso en condiciones de poca luz. Este modelo ofrece numerosas funciones útiles para la supervisión, diagnóstico, servicios técnicos y medición de energía activa y reactiva. Además, cuenta con contadores de doble tarifa y un medidor de horas para monitorear el tiempo de actividad del consumidor conectado.

El medidor está equipado con una fuente de alimentación de muy baja tensión y puede conectarse a redes de hasta 500 V. Ofrece alta precisión en la medición de valores y dispone de un total de 10 contadores que suman la energía activa, reactiva y aparente para diferentes tarifas.

## **2.8 Protocolos de comunicación.**

Para la obtención de la información por medio del medidor SENTRON PAC 3220 se requiere utilizar una serie de protocolos de comunicación entre los cuales se tienen los siguientes:

### ***2.8.1 Protocolo IP.***

Este protocolo se utiliza tanto para asignar direcciones IP a dispositivos conectados a una red como para dirigir paquetes de datos. La asignación de direcciones IP implica otorgar una dirección específica a cada dispositivo en la red, mientras que el enrutamiento se encarga de determinar la ruta más eficiente para que los paquetes de datos viajen desde su origen hasta su destino final, pasando por dispositivos de telecomunicaciones como enrutadores (Unidad de Apoyo de Aprendizaje, 2019)

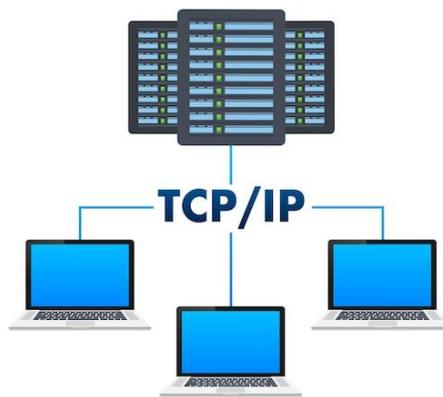
Este protocolo desempeña un papel crucial en la gestión de redes al abordar dos funciones esenciales: la asignación de direcciones IP y el enrutamiento de paquetes de datos. En primer lugar, la asignación de direcciones IP consiste en proporcionar una dirección única a cada dispositivo que se conecta a la red, lo cual permite identificar y comunicar cada equipo de manera efectiva. Este proceso es fundamental para asegurar que cada dispositivo pueda enviar y recibir información correctamente dentro de la red (Unidad de Apoyo de Aprendizaje, 2019)

En segundo lugar, el enrutamiento es el proceso que determina la ruta óptima para que los paquetes de datos viajen desde su punto de origen hasta su destino final. Este proceso implica analizar y seleccionar los mejores caminos posibles a través de diversos dispositivos de telecomunicaciones, como enrutadores. Los enrutadores son responsables de guiar los paquetes de datos a lo largo de la red, asegurando que lleguen a su destino de manera eficiente y rápida. El protocolo evalúa las diferentes rutas disponibles y elige la más adecuada para minimizar el tiempo de tránsito y maximizar la eficiencia de la red (Unidad de Apoyo de Aprendizaje, 2019)

### 2.8.2 Protocolo TCP

El protocolo TCP/IP es fundamental para la comunicación en Internet, compuesto por dos protocolos principales: TCP (Protocolo de Control de Transmisión) e IP (Protocolo de Internet). Este conjunto de protocolos permite que las computadoras se comuniquen de manera sencilla y transmitan información eficientemente a través de la red. (Llordachs, 2021)

**Figura 2:** Protocolo de comunicación TCP



TCP se encarga de garantizar que los datos se transfieran de manera confiable y en el orden correcto. Divide la información en paquetes más pequeños, los envía y los vuelve a ensamblar en el destino, asegurando que lleguen sin errores. Por otro lado, IP se ocupa de dirigir y enrutar estos paquetes de datos a través de la red, eligiendo la mejor ruta posible para que alcancen su destino final.

En una comunicación que utiliza el protocolo TCP, es necesario que las dos máquinas involucradas establezcan una conexión. La máquina que inicia la conexión se denomina cliente, mientras que la máquina que recibe la solicitud se conoce como servidor. Este tipo de configuración se refiere como un entorno cliente-servidor. En este entorno, las máquinas se

comunican de manera bidireccional, permitiendo que los datos se transmitan en ambas direcciones simultáneamente

## 2.9 Software Powermanager.

El software de monitoreo de energía Powermanager, junto con los medidores de energía y los dispositivos de protección de bajo voltaje de Siemens, ofrece una solución integral para la gestión energética en su empresa. Este sistema permite medir, procesar, analizar, almacenar y compartir información sobre el consumo y el estado de la energía en toda la organización (Siemens Industry, 2017)

Proporciona capacidades integrales de control, uso y confiabilidad de la energía, además de informes detallados que ayudan a reducir los costos energéticos. Este software permite la administración de todos los dispositivos conectados y el análisis de datos, lo que facilita la optimización y el ahorro de energía. (Siemens Industry, 2017)

**Figura 3:** Interfaz gráfica del powermanager



El software también permite la administración centralizada de todos los dispositivos conectados, lo que simplifica la supervisión y el control de la energía en tiempo real. Al analizar continuamente los datos recolectados, Powermanager identifica patrones y tendencias de consumo, lo que contribuye a una mayor eficiencia y ahorro de energía. Esta optimización no solo ayuda a disminuir los costos operativos, sino que también apoya los objetivos de sostenibilidad de la empresa, reduciendo su huella de carbono y promoviendo un uso más responsable de los recursos energéticos.

## **CAPÍTULO 3.**

### **DISEÑO DEL PROYECTO, MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1 Selección de equipos a utilizar**

Para la implementación de un sistema de medición supervisada de parámetros eléctricos utilizando SENTRON PAC 3220 en la facultad de arquitectura se ocupó una serie de materiales entre los cuales se tiene los siguientes:

- SENTRON PAC 3220
- Transformadores de corriente TC 200/5A
- Tablero de 30x20 doble fondo
- Cable # 18
- Breaker de protección de 6 A
- Terminales de uña
- Terminales de punta.

#### **3.2 SENTRON PAC 3220**

El SENTRON PAC 3220 tiene las funciones de multimedidor de energía y el monitoreo de los valores de los parámetros eléctricos en tiempo real de voltajes, corrientes, potencias activa, reactiva y aparente, frecuencia, factor de potencia, etc. Fue necesario la instalación de este multimedidor para su respectivo monitoreo, debido a que este equipo es compatible con el software Powermanager adquirido por la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí.

El Sentron Pac 3220 fue instalado a lado del tablero principal de la facultad de arquitectura del cual se va a trabajar, se realiza de esta manera por falta de espacio en el tablero principal y para mejor manejo de este, este a su vez queda con llave ya que no es necesario la lectura personal puesto que los datos recolectados serán observados desde el Laboratorio de la Facultad de ingeniería.

A continuación, se muestra en la tabla 1 la descripción de los parámetros más relevantes que va a medir el SENTRON PAC 3220.

**Tabla 1:** *Parametros mas relevantes*

<b>Magnitudes</b>	<b>Unidad</b>	<b>Instrumento</b>
Voltaje	Voltaje (V)	SENTRON PAC 3220 y Powermanager
Corriente	Amperios (A)	SENTRON PAC 3220 y Powermanager
Potencia	Vatios (W)	SENTRON PAC 3220 y Powermanager
Energía	Kilovatios (KW/H)	SENTRON PAC 3220 y Powermanager
Frecuencia	Hertz (Hz)	SENTRON PAC 3220 y Powermanager

**Nota:** *En la presente tabla se muestra las variables a monitorear desde la Facultad de Ingeniería Eléctrica, a través del programa Powermanager. Fuente: Elaboración propia.*

### **3.3 Transformadores de corriente TC 200/5 A.**

Son dispositivos en los que, bajo condiciones normales de funcionamiento, la corriente secundaria mantiene una proporción casi exacta con la corriente primaria, aunque con un pequeño desfase temporal. Estos aparatos desempeñan dos funciones cruciales. Primero, transforman la corriente, permitiendo su medición y manejo en niveles más seguros y manejables. Segundo, proporcionan aislamiento a los instrumentos de protección y medición que se encuentran conectados a los circuitos de alta tensión. Este aislamiento es vital para la seguridad, ya que protege los equipos y a las personas que los operan de los peligros asociados con las altas tensiones. En resumen, estos dispositivos son esenciales para la operación segura y eficiente de los sistemas eléctricos, al facilitar tanto la medición precisa de corrientes como la protección de los equipos de medición y protección. (Tydee, 2020)

Según lo mencionado por (Rivera, 2014) se tiene que la función principal de un transformador de corriente es reducir las características de corriente en un sistema eléctrico a niveles que no sean peligrosos y que sean fáciles de manejar. Al hacer esto, se posibilita el uso de

dispositivos de medición estandarizados. Estos dispositivos son generalmente más económicos y seguros de manipular, ya que operan dentro de rangos de corriente más bajos y seguros.

Por lo general para este tipo de instalación ya sea de medición o de equipos de protección se suelen utilizar estos tipos de TCs que, si bien existe de diferentes modelos y costos, su función es básicamente la misma y son fáciles de manejar y de instalar.

En cuanto a tipos de TCs existen dos que son los mas utilizados por su versatilidad y fácil modo de instalación como lo son los TC de núcleo sólido y los TC de núcleo partido.

Los transformadores de núcleo sólido, se utilizan para cualquier tipo de transistores para transformar la energía eléctrica en lugar de bobinas, condensadores y resistencias. (LAUMAYER, 2025). Entre sus características principales tenemos las siguientes:

- Diseño compacto
- Alta resistencia eléctrica mecánica
- Cumplimiento de normas IEC
- Alta rigidez dieléctrica
- Varias opciones de montaje: en pared, en cable y en barra

Los transformadores de corriente de núcleo partido son los que, sin desmontar la instalación, permiten al usuario realizar un cambio de transformador de manera más sencilla. Entre sus principales características encontramos su amplia ventana, que permite una fácil instalación. (LAUMAYER, 2025). Entre sus características principales tenemos las siguientes:

- Diseño compacto
- Alta resistencia eléctrica mecánica
- Cumplimiento de normas IEC
- Alta rigidez dieléctrica

- Varias opciones de montaje: en pared, cable, barra y riel DIN (solo para TCs desde 100/5A hasta 1200/5A)

**Figura 4:** TC 200/5 A



**Nota:** Tipo de transformador de corriente d núcleo solido los cuales se utilizan en la instalación de medidores de energía. (Energy EV., 2022).

### 3.3.1 selección de los transformadores de corriente

Para la instalación de los transformadores de corriente es necesario conocer la potencia de el o los transformadores de potencia y el voltaje de operación ya que bien el sistema eléctrico puede tener un solo transformador trifásico o monofásico o bien puede estar formado por un banco de transformadores, en este caso tenemos lo siguiente:

El sistema eléctrico está conformado por 3 transformadores de 25KVA y un voltaje de operación de 220v en el secundario, con estos datos podemos aplicar la siguiente fórmula.

$$\frac{kVA \text{ del Transformador}}{\sqrt{3} \times VLL}$$

Donde:

Los KVA serán la suma de los tres transformadores de 25 KVA y el voltaje de línea a línea será 220V, teniendo el siguiente resultado:

$$\frac{75kVA}{\sqrt{3} \times 220V} = 196,82A$$

Aquí podemos apreciar el resultado de la corriente que nos servirá para seleccionar los TCs que se utilizarán en la instalación, el cual será de 200/5A

Cabe mencionar que se recomienda utilizar el TC más próximo al resultado del cálculo para que la medición sea más precisa y correcta.

### 3.3.2 Características técnicas

Para la instalación de los TC's fue necesario realizar la desconexión del breaker principal del tablero, además es importante que para su instalación se deba tomar en cuenta su polaridad ya que si es inversa dará mediciones negativas de potencia activa lo cual es un error técnico.

Para la selección de los transformadores de corriente según los cálculos obtenidos se escoge el Camsco 200/5A y sus características técnicas se aprecian en la tabla 2

**Tabla 2:** Características técnicas de TC

CARACTERÍSTICAS	ESPECIFICACIONES
Fabricante:	Camsco
Tipo:	Cfs-20
Relación:	200/5 A 300/5 A
Conductor A Través:	1t
Burden VA:	5 VA
Clase:	1.0
Voltaje:	0.6 / 3 Kv
Frecuencia:	50 / 60 Hz

**Nota:** Esta tabla muestra las especificaciones técnicas de los Tc a utilizar, los cuales son implementados para medir la corriente y sea visualizada en el SENTRON PAC 3220, obtenido de (GECM, 2022)

### 3.4 Tablero de 30x20 doble fondo

Este equipo cuenta con un cuerpo monobloque cuyos bordes están completamente soldados con tecnología MIG, garantizando su hermeticidad. La puerta es reversible, permitiendo apertura tanto a la izquierda como a la derecha, y está equipada con un sello de poliuretano expandido. La

cerradura de poliamida es de montaje rápido y tipo universal, además de incluir una tapa cubre polvo. Las bisagras están reforzadas con acero para mayor durabilidad. También se incluye una placa de montaje para equipos, la cual es ajustable en profundidad, así como un juego de soportes de acero para montar el gabinete en la pared. (BEACOU, 2015)

La puerta reversible con sellado de poliuretano proporciona flexibilidad en la instalación, mientras que la cerradura de poliamida y las bisagras de acero reforzado garantizan seguridad y durabilidad. La placa de montaje ajustable y los soportes de acero para pared facilitan la integración y organización de los equipos internos, optimizando el espacio y asegurando un montaje seguro y eficiente. Estos tableros son muy comunes en el mercado, véase en la figura 5, éste es un tablero eléctrico de 40x30cm y se le colocó unos pernos extensores con tuercas para simular el doble fondo y así todo el cableado quede escondido en la parte posterior y solo esté presente la pantalla del SENTRON PAC 3220, su precio está alrededor de los \$35 dólares americanos.

**Figura 5:** *Tablero doble fondo*



**Nota:** *Tablero utilizado para la realización de instalación eléctrica de los medidores. Obtenido de (BEACOU, 2015)*

### 3.5 Cable # 18.

Conductor utilizado para la respectiva conexión de los medidores el cual cuenta con las siguientes características.

- Conductor fabricado con cobre suave, aislado con policloruro de vinilo (PVC).
- La estructura flexible de los cordones facilita su conexión e instalación.
- El aislamiento ofrece resistencia a ácidos alcalinos, aceites y grasas.
- Soporta una temperatura máxima de operación de 600 V.
- La temperatura máxima permitida en el conductor es de 60 °C.
- Cumple con la norma anti flama (AF) NMX-J-192-ANCE

De acuerdo con lo indicado en la tabla 3 tiene las siguientes características.

**Tabla 3:** *Especificaciones del cable conductor*

<b>Especificaciones</b>	
Calibre	18 AWG
Área ( $mm^2$ )	0.824
Espesor nominal de aislamiento	0.76
Diámetro exterior ( $mm$ )	2.71
Peso ( $kg/km$ )	12

**Nota:** *En esta tabla se presentan las características del cable conductor #18. Obtenido de (Argos, 2016)*

### 3.6 Selección de Terminales de conexión

Se utilizaron terminales de ojo para conectar los equipos de protección y transformadores de corrientes que se encuentran en la instalación del equipo de medición. A continuación, se muestran sus características en la tabla 4.

**Tabla 4** Especificaciones de terminales

Características	Especificaciones
Terminal	PVC
Tipo	Ojo
Color	Amarillo y Azul
Para Cable	AWG 16
Altura	2.5 cm

**Nota:** En la presenta tabla se presenta las especificaciones de los terminales de ojo que se utiliza para la instalación de los Sentron Pac 3220. **Fuente:** Elaboración propia

**Figura 6:** Terminales de ojo



**Nota:** En la figura se presenta los conectores de ojo que se utilizaron para la conexión de los TC, obtenido de (INMAELECTRO, 2022)

### 3.7 Breakers de protección de 6 A.

Los interruptores automáticos en miniatura Compact Home SH200 están diseñados con limitación de corriente y cuentan con dos mecanismos de disparo distintos. Un mecanismo de disparo térmico retardado que proporciona protección contra sobrecargas, mientras que el mecanismo de disparo electromecánico protege contra cortocircuitos. Están disponibles en diversas configuraciones (B, C) y tipos (1P, 1P+N, 2P, 3P, 3P+N, 4P). Ofrecen capacidades de corte de hasta 6 kA a 230/400 V AC y corrientes nominales de hasta 40 A. Todos los interruptores automáticos de la gama SH200 cumplen con la norma IEC/EN 60898-1, lo que los hace adecuados para aplicaciones residenciales. (ABB, 2017)

**Figura 7:** Breaker monopolar de protección 6 A



**Nota:** Breaker utilizado para la protección contra sobre corriente en la instalación de los medidores. (ABB, 2017).

### 3.8 Proceso de intervención.

- **Herramientas utilizadas**

para realizar la instalación de un SENTRON PAC 3220 se necesitaron las siguientes herramientas:

- ✓ cortadora o amoladora para recortar el doble fondo del tablero
- ✓ taladro para fijar el tablero en la pared
- ✓ desarmadores aislados
- ✓ desarmador plano de precisión
- ✓ juego de dados con racher para desconectar y conectar las líneas del breaker principal
- ✓ pértiga para desconectar los seccionadores fusible de los transformadores de potencia
- ✓ multímetro, pinza amperimétrica

Se lleva a cabo la intervención instalando los transformadores de corriente (TC) aguas arriba del interruptor principal de la carrera de Arquitectura. Para garantizar la seguridad durante el proceso, se desenergizaron las líneas bajando cada uno de los fusibles que conectan a estas. Es importante aclarar que esta medida de precaución permite que se pueda trabajar sin riesgo de electrocución, asegurando que la instalación de los TC's se realizará de manera efectiva y sin

incidentes. En la figura 8 se observa la interrupción temporal del suministro eléctrico fue necesaria para completar la tarea de forma segura y proteger tanto al momento de intervenir como a los equipos involucrados en la misma.

**Figura 8:** *Desenergización de las líneas principales de la carrera de Arquitectura*



**Nota:** Elaboración propia.

Una vez que todas las líneas fueron desenergizadas, se procedió a la instalación de los transformadores de corriente (TC) correspondientes. Cada línea requiere la colocación de un transformador específico para asegurar mediciones precisas y la protección adecuada del sistema. Se eligió instalar un TC de 200/5 A para cada línea, de acuerdo con los cálculos realizados previamente, como se detalla en el apartado de selección de los TC's. Esta elección se basó en las especificaciones técnicas y necesidades del sistema eléctrico para garantizar que los transformadores fueran capaces de manejar las corrientes esperadas y proporcionar lecturas precisas. La instalación se llevó a cabo con cuidado para asegurar que cada TC estuviera

correctamente montado y conectado, facilitando así el funcionamiento eficiente y seguro del sistema. Cabe mencionar que es hiperactivo que la instalación de los TCs se haga con el sistema desenergizado para evitar accidentes ya que no es correcto ni prudente realizar la instalación con las líneas energizadas tal como se muestra en la figura 9.

El principal motivo para colocar cada uno de los TC's aguas arriba es para obtener una medición más precisa, dado que de colocarse aguas abajo se pueden producir pérdidas bien sea por temperatura o por falla del mismo breaker.

**Figura 9:** Colocación de los TC's en el breaker principal.



**Nota:** Se puede observar la colocación de los TC's en las líneas de baja tensión **Fuente:** Elaboración Propia.

En la figura 9 se observa los TC's los cuales se van a colocar en el breaker principal aguas arribas del mismo como se mencionó anteriormente para evitar respectivas perdidas por temperatura, estas pérdidas por temperatura se pueden llegar a dar por conexiones en mal estado, por corrosión, o por falsos contactos, lo cual pueden ocasionar una falsa lectura, colocar los TC's aguas arriba disminuye la posibilidad de falsa lectura por lo antes ya mencionado y de esta manera evitamos posibles problemas a futuro.

**Figura 10:** *Transformadores de corriente en el breaker principal.*



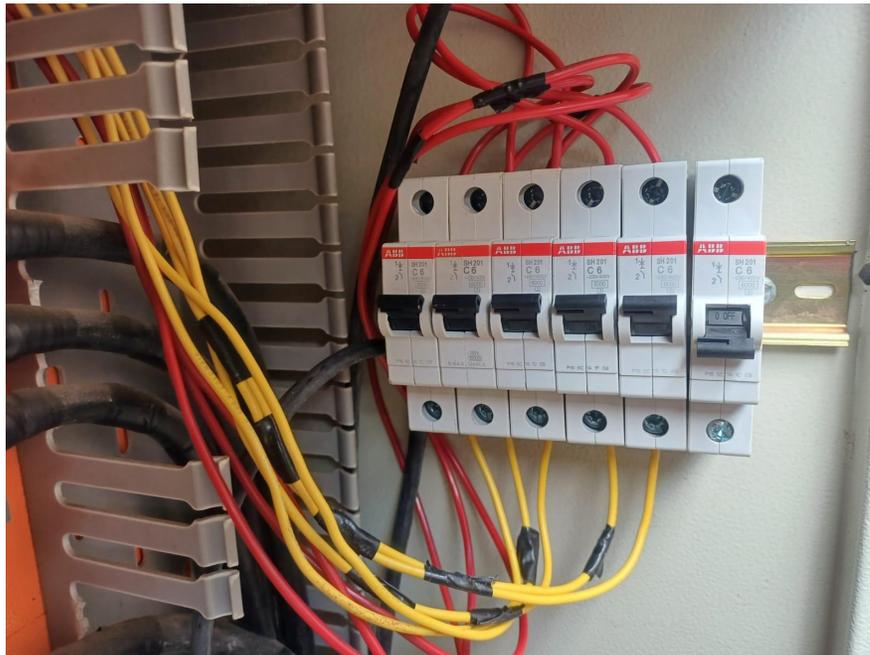
**Nota:** *Se conectan los tres TC's a las líneas de baja tensión con sus respectivas líneas hacia el Sentron Pac 3220. Fuente:* *Elaboración propia.*

Después de completar la instalación de los transformadores de corriente (TC), se procedió a la instalación de cinco interruptores automáticos monopolares de 6 A. De estos cinco interruptores, tres se destinarán a la protección de las tres líneas principales que se conectan directamente desde la barra de cobre y que llevan corriente al medidor SENTRON PAC 3200. Estos interruptores asegurarán que cada una de las líneas principales esté protegida adecuadamente contra sobrecargas y cortocircuitos, garantizando la integridad del sistema.

Los dos interruptores restantes se utilizarán para proteger el circuito que alimenta el medidor SENTRON PAC 3200. Este medidor requiere un voltaje de operación de 220 V, y los interruptores se instalarán para asegurar que el medidor esté protegido y operado de manera segura. Esta disposición garantiza que el medidor reciba la energía necesaria para funcionar correctamente,

mientras que la protección de los interruptores contribuye a la estabilidad y seguridad general del sistema eléctrico instalado.

**Figura 11:** *Instalación de los breakers de protección de 6 A*



**Fuente:** *Elaboración propia.*

En la figura 11 se observa como quedo colocado cada uno de los breakers para la respectiva protección del medidor, los cuales quedaron ubicados a un costado del tablero eléctrico.

Después de completar la instalación de cada interruptor automático, se avanzó con la tarea de fijar el tablero en el lugar donde se instalará el medidor. Esto implicó realizar las perforaciones necesarias en la pared para montar el tablero de forma segura y estable. Una vez que se realizaron las perforaciones, se pasó el cable a través de las aberturas para conectar el medidor adecuadamente. Este proceso asegura que el medidor esté correctamente instalado y funcional en su ubicación designada, facilitando así la medición y supervisión del sistema eléctrico con precisión. Para esta instalación se optó por colocar el medidor dentro del tablero y no con la pantalla hacia afuera como comúnmente se lo hace, esto para evitar que pueda ser manipulado por

personal no autorizado, además no interfiere en su funcionamiento ya que los parámetros de lectura se toman desde el laboratorio de la facultad de ingeniería, así que no es necesaria la visualización del mismo.

**Figura 12:** *Tablero empotrado en la pared.*



**Fuente:** *Elaboración propia*

En la figura 12 se puede apreciar el tablero una vez que se ha completado su instalación en la pared.

A continuación, se describe el proceso de montaje de acuerdo con el manual de procedimiento para el SENTRON PAC 3220.

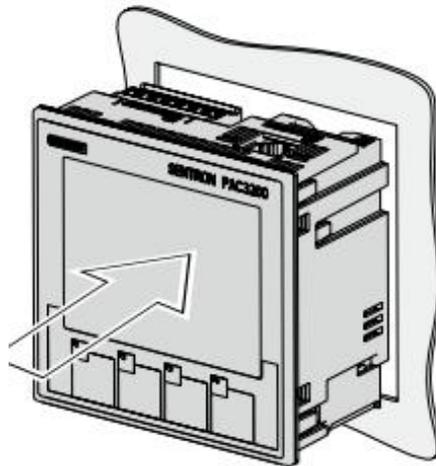
1. Practique un recorte de  $92,0^{+0,8} \times 92,0^{+0,8} \text{ mm}^2$  en el panel (a no ser que ya esté hecho).
2. Descargue su cuerpo de electricidad estática. Observe las directivas ESD en el apéndice.

3. Coloque el dispositivo desde fuera por el hueco recortado anteriormente (figura "Paso de montaje A").
4. Colóquese frente al lado interior del panel del tablero y lleve a cabo allí el resto de los pasos de montaje.
5. Fije el dispositivo al panel con los dos soportes que se adjuntan (figura "Paso de montaje B"). Para ello, proceda de la siguiente manera:
  - ✓ Sujete el dispositivo con una mano.
  - ✓ Coloque los soportes en los lados izquierdo y derecho de la carcasa. Para ello, introduzca los salientes del soporte (2) en la abertura de la carcasa (1) destinada a tal efecto.
  - ✓ Fije el saliente de enganche. Para ello, coloque los dedos corazón e índice en el apoyo y empuje con el pulgar el saliente de enganche, tal como se muestra en la figura "Paso de montaje C". El mecanismo de enganche de los ambos soportes permite al montador una fijación rápida del dispositivo en el panel sin necesidad de herramientas. Si se desea una mayor protección, con ayuda de los cuatro tornillos de los soportes es posible aumentar uniformemente por todos los lados la presión de fijación.
6. Apriete uniformemente los 4 tornillos en ambos soportes con un par de 0,025 a 0,03 Nm (figura "Paso de montaje D"). La junta que trae de serie integrada el dispositivo es suficiente para sellar correctamente el recorte en el panel.
7. En caso de utilización de la interfaz Ethernet:
  - ✓ Garantice el alivio de tracción del conector RJ45. Para ello fije el cable Ethernet al panel. Realice la fijación tal y como se muestra en la figura

"Montaje - E" en el punto (3) con un sujeta cables autoadhesivos u otro dispositivo de montaje apropiado.

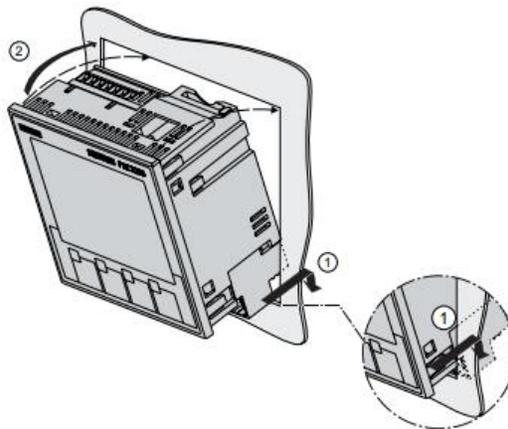
8. Puede enchufarse un módulo de ampliación opcional. Encontrará las instrucciones de montaje en el instructivo del módulo de ampliación. tomado de (SIEMENS, 2008). Fuente: Manual de Sentron Pac 3200.

**Figura 13:** Paso de montaje A, modelo con bornes de tornillo.



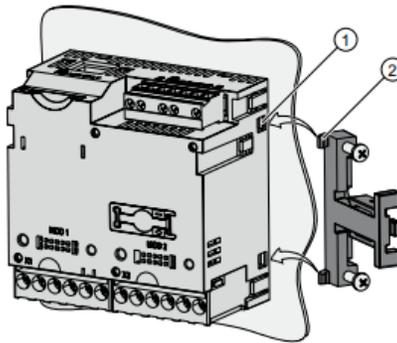
**Nota:** En estas Figuras se presenta el proceso de instalación del SENTRON PAC 3200 en la puerta del tablero eléctrico Principal, que es el mismo proceso para la instalación del SENTRON PAC 3220, obtenido de (SIEMENS, 2008)

**Figura 14:** Paso de montaje A, modelo con conexiones para terminales de ojal.



**Nota:** En estas Figuras se presenta el proceso de instalación del SENTRON PAC 3220 en la puerta del tablero eléctrico para la instalación del SENTRON PAC 3220, obtenido de (SIEMENS, 2008)

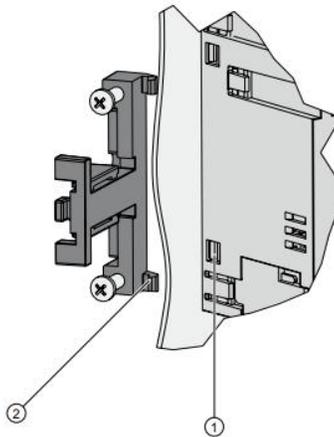
**Figura 15:** Paso de montaje B



Paso de montaje B

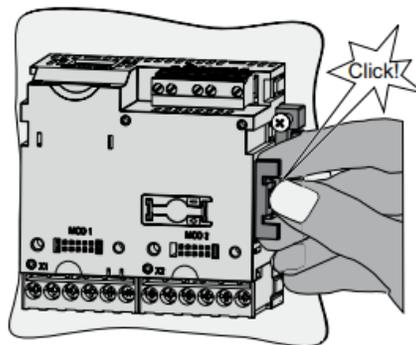
**Nota:** En estas Figuras se presenta el proceso de fijación del *SETRON PAC 3220* en la puerta del tablero eléctrico para la instalación del *SETRON PAC 3220*, obtenido de (SIEMENS, 2008)

**Figura 16:** Paso de montaje B



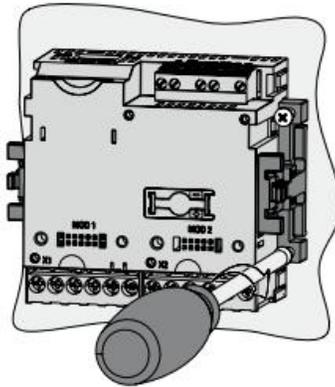
**Nota:** En esta figura se presenta el proceso de instalación del *SETRON PAC 3220* en la puerta del tablero eléctrico para la instalación del *SETRON PAC 3220*, obtenido de (SIEMENS, 2008)

**Figura 17:** Paso de montaje C



**Nota:** En estas Figuras se presenta el proceso de instalación del *SETRON PAC 3220* en la puerta del tablero eléctrico Principal, que es el mismo proceso para la instalación del *SETRON PAC 3220*, obtenido de (SIEMENS, 2008)

**Figura 18:** Paso de montaje D.



**Nota:** En esta figura se presenta el proceso de fijación del SENTRON PAC 3220 en la puerta del tablero eléctrico para la instalación del SENTRON PAC 3220, obtenido de (SIEMENS, 2008)

Una vez que se tiene el SENTRON PAC 3220 en el tablero se debe verificar que las conexiones estén correctas, además, se procede a conectar las líneas de energización, asegurando que el medidor reciba el voltaje adecuado para su funcionamiento óptimo. El SENTRON PAC 3220 requiere un voltaje de 220 V para operar correctamente, por lo que es crucial verificar que todas las conexiones estén bien realizadas y que el medidor esté adecuadamente energizado.

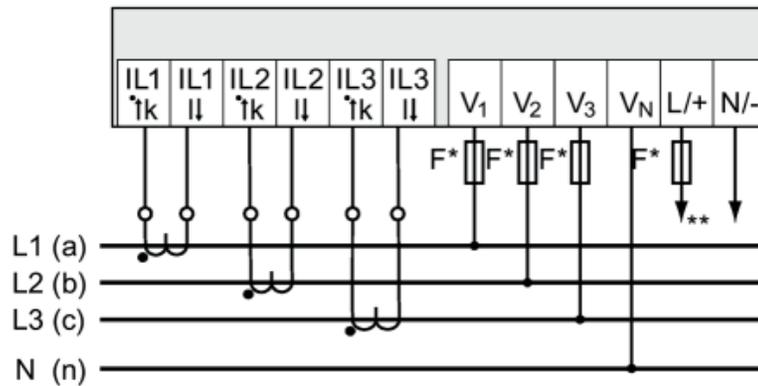
**Figura 19:** Medidor SENTRON PAC 3220.



**Nota:** Elaboración Propia.

En la figura 19 se observa cómo se instala el medidor cuando se ubica en el tablero para lo cual se procede a la respectiva conexión del mismo. El tipo de conexión a realizarse es 3P4W, lo cual significa que se trata de una conexión trifásica, de 4 conductores, con carga desbalanceada, sin transformador de tensión y con tres transformadores de corriente.

**Figura 20:** *Conexión 3P4W*



**Nota:** Diagrama de conexiones utilizado en la instalación del medidor en la facultad de arquitectura. (Siemens, 2019).

En la figura 20 observa las tres líneas de conexión correspondientes a los transformadores de corriente, mostrando tanto las entradas como las salidas de cada uno. Además, la imagen incluye la conexión de tensión y su respectiva protección la cual se encuentra representada con un fusible. Éste fusible puede ser reemplazado por un interruptor magnetotérmico de hasta 20 A, proporcionando una opción adicional para la protección del circuito. El interruptor magnetotérmico no solo ofrece protección contra sobrecargas, sino también contra cortocircuitos, ofreciendo una solución más robusta y confiable en comparación con el fusible. Esta configuración permite una mayor flexibilidad y seguridad en el sistema eléctrico, asegurando que las conexiones de los transformadores y la protección de tensión sean adecuadas para el correcto funcionamiento del equipo.

Una vez encendido el SENTRON PAC 3220 la pantalla muestra configuraciones básicas y otras complementarias, como por ejemplo; se programa fecha y zona horaria, idioma en el que se va a leer el dispositivo, se hace la configuración de los TC's como se muestran en la figura 21.

**Figura 21:** Configuración del SENTRON PAC 3220.



**Nota:** Elaboración Propia.

En la figura 21 se puede ver el medidor instalado en el tablero correspondiente. Una vez colocado, es crucial realizar la configuración adecuada de varios parámetros para garantizar su funcionamiento correcto. Entre estos parámetros, es necesario ajustar los valores del TC's tanto primario como secundario. En este caso específico, se ha seleccionado un valor de 200 A para el TC's primario y 5 A para el secundario, lo que asegura que el medidor pueda manejar las corrientes esperadas en el sistema.

Además de estos ajustes, es importante configurar otros aspectos del medidor, como el rango de corriente en el que operará. Este rango debe ser seleccionado de acuerdo con las características del sistema eléctrico para asegurar que el medidor funcione dentro de sus especificaciones óptimas. La correcta configuración de estos parámetros garantiza que el medidor proporcione lecturas precisas y fiables, permitiendo un monitoreo efectivo del sistema eléctrico.

Además, para que el SENTRON PAC 3220 esté ligado al software Powermanager se deben declarar una IP fija, misma que es proporcionada por el DIIT de la ULEAM, mismos parámetros que son los siguientes

**Tabla 5:** Designación de Direcciones IP, Máscaras, Gateway.

<b>IP</b>	10.253.100.25
<b>Macara</b>	255.255.255.0
<b>Gateway</b>	10.253.100.1

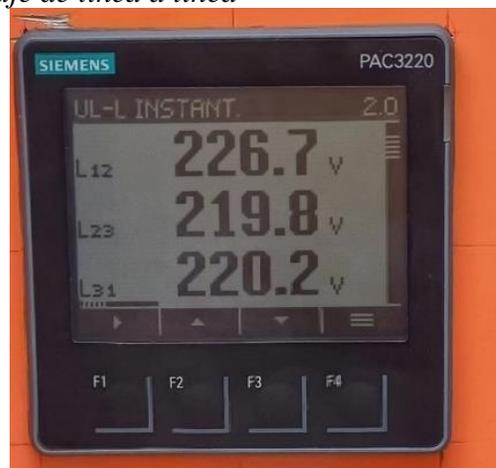
**Nota:** La presente tabla muestra la IP, Mascara y Gateway que fueron asignados por parte del DIIT para la respectiva comunicación y poder monitorear en tiempo real el SENTRON PAC.  
**Fuente:** Elaboración propia.

Con estos parámetros el SENTRON PAC 3220 estará conectado con el Laboratorio de la Facultad de Ingeniería y así tomar muestras de los parámetros en tiempo real, por medio del software Powermanager, cabe mencionar que la instalación se hizo de forma manual, sin utilizar ningún otro software.

### 3.9 Parámetros eléctricos desde el SENTRON PAC 3220

Luego de la instalación podemos apreciar que el SENTRON PAC 3220 ya nos arroja resultados en los diferentes parámetros eléctricos, tales como se ve en la figura 22.

**Figura 22:** Parámetros de voltaje de línea a línea



**Nota:** Se puede observar el voltaje de línea a línea por medio del SENTRON PAC 3220 **Fuente:** Elaboración propia

**Figura 23:** *Parámetros de corriente de línea*



**Nota:** Se puede observar la corriente de línea por medio del SENTRON PAC 3220 **Fuente:** Elaboración propia

**Figura 24:** *Parámetros de potencia activa*



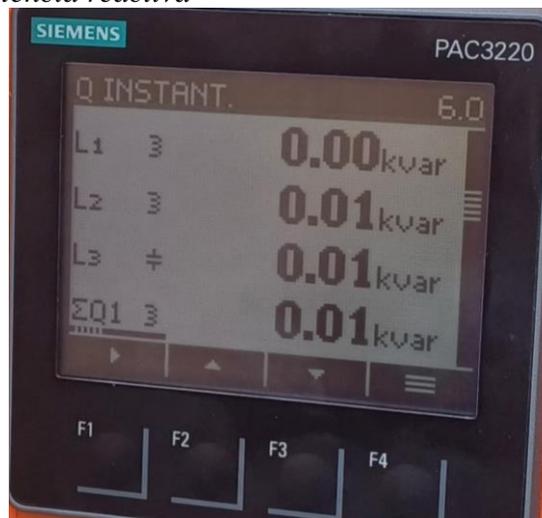
**Nota:** Se puede observar la potencia activa de línea y la total por medio del SENTRON PAC 3220 **Fuente:** Elaboración propia

**Figura 25:** *Parámetros de potencia aparente*



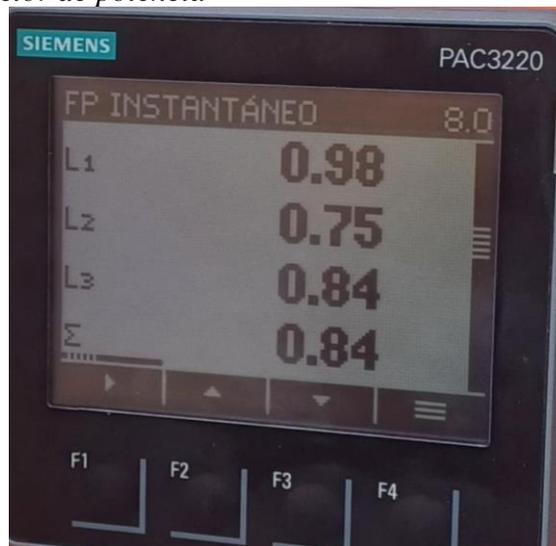
**Nota:** *Se puede observar la potencia aparente de línea y la total por medio del SENTRON PAC 3220* **Fuente:** *Elaboración propia*

**Figura 26:** *Parámetros de potencia reactiva*



**Nota:** *Se puede observar la potencia reactiva de línea y la total por medio del SENTRON PAC 3220* **Fuente:** *Elaboración propia*

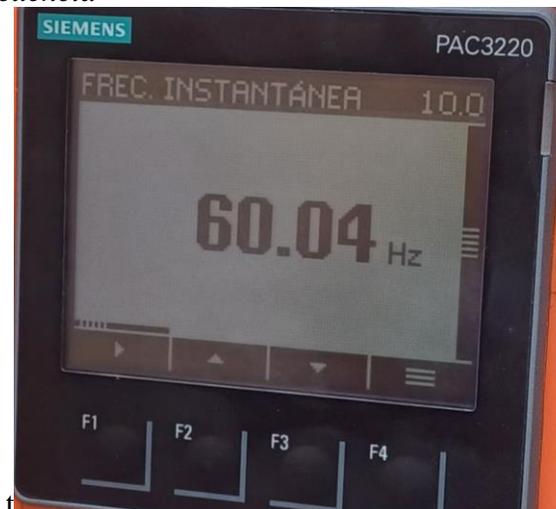
**Figura 27:** *Parámetros de factor de potencia*



**Nota:** *Se puede observar el factor de potencia de línea y el total por medio del Sntron Pac 3220*

**Fuente:** *Elaboración propia*

**Figura 28:** *Parámetro de frecuencia*



**Nota:** *Se puede observar la frecuencia a la que trabaja el sistema eléctrico por medio del SENTRON PAC*

**Fuente:** *Elaboración propia*

**Figura 29:** *Parámetro de Desbalance*



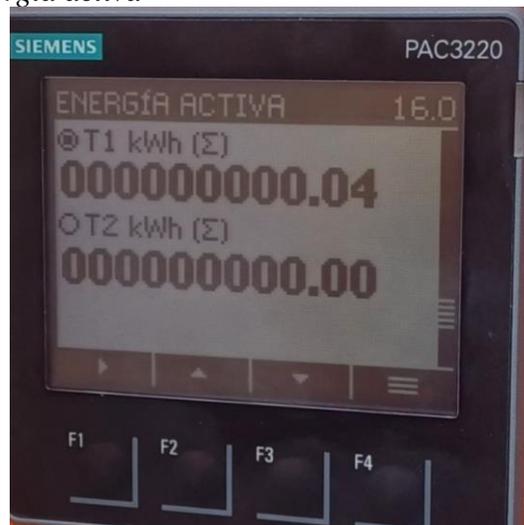
**Nota:** *Se puede observar el porcentaje de desbalance del sistema eléctrico por medio del SENTRON PAC 3220* **Fuente:** *Elaboración propia*

**Figura 30:** *Parámetros de Energía Aparente*



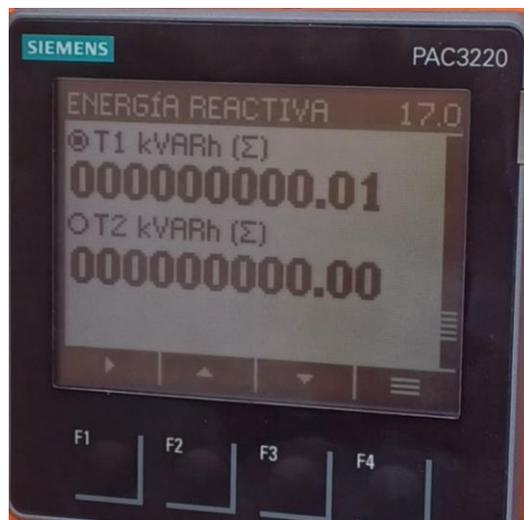
**Nota:** *Se puede observar la energía aparente del sistema eléctrico por medio del SENTRON PAC 3220* **Fuente:** *Elaboración propia*

**Figura 31:** *Parámetros de energía activa*



**Nota:** *Se puede observar la energía activa del sistema eléctrico por medio del SENTRON PAC 3220* **Fuente:** *Elaboración propia*

**Figura 32:** *Parámetros de energía reactiva*



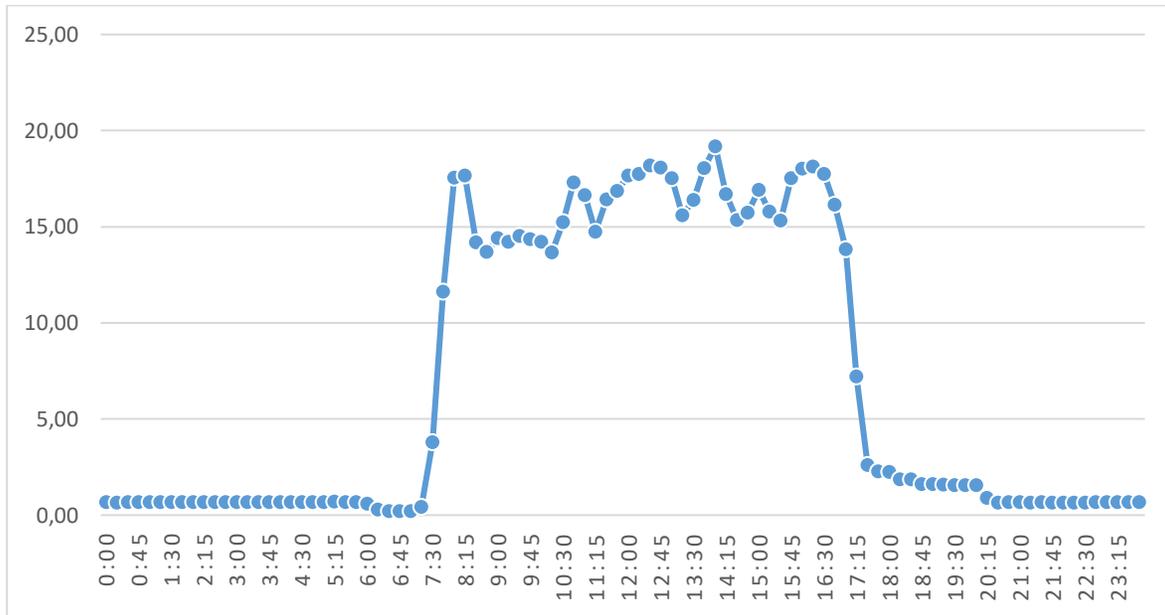
**Nota:** *Se puede observar la energía reactiva del sistema eléctrico por medio del SENTRON PAC 3220* **Fuente:** *Elaboración propia*

### 3.10 Obtención de los resultados de las mediciones de SENTRON PAC 3220

Con el multimedidor de energía SENTRON PAC 3220 se puede observar el análisis de los parámetros eléctricos como voltajes, corrientes, potencias, kWh, potencias activas, reactivas y aparente, de la facultad de arquitectura de la Universidad Laica “Eloy Alfaro” de Manabí, las lecturas fueron tomadas en un periodo de tiempo de cada 15 minutos.

En la figura 33, 34, 35 y 36, se muestran resultados de la potencia activa en diferentes períodos de tiempo, tomando como muestra una semana y la actividad en sus diferentes días.

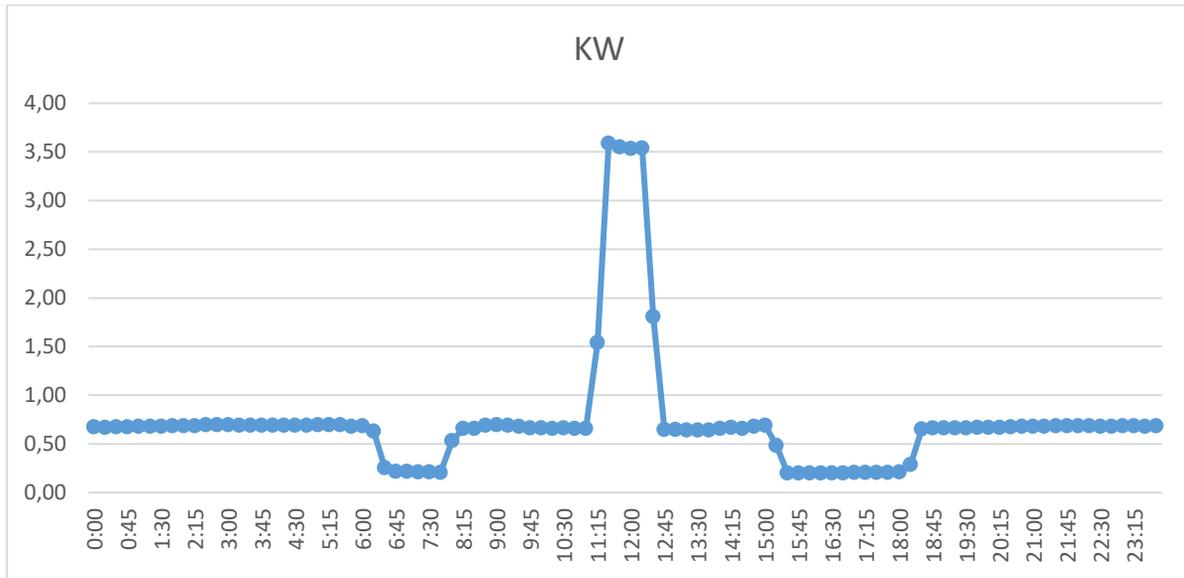
**Figura 33:** Curva de Potencia día lunes



**Nota:** En esta figura se muestra la relación de la potencia activa en el transcurso de un día, esta muestra se tomó de la base de datos del SENTRON PAC 3220 el día 19 de agosto del 2024.

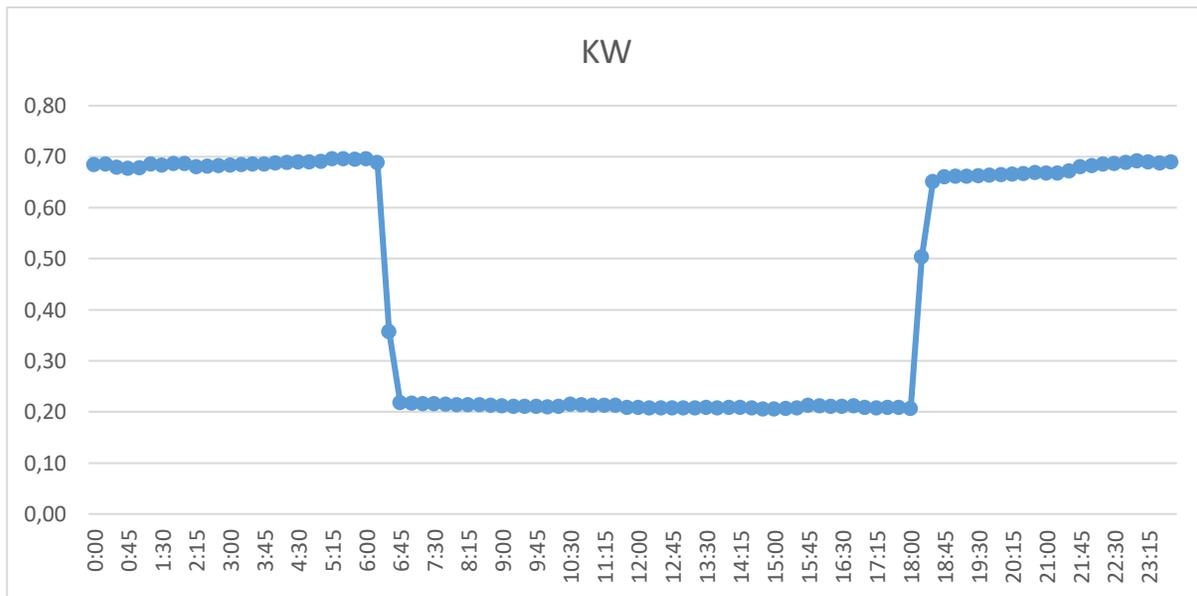
**Fuente:** Elaboración Propia

**Figura 34:** Curva de Potencia día sábado



**Nota:** En esta figura se muestra la relación de la potencia activa en el transcurso de un día, esta muestra se tomó de la base de datos del SENTRON PAC el día sábado 31 de agosto del 2024.  
**Fuente:** Elaboración Propia

**Figura 35:** Curva de Potencia día domingo



**Nota:** En esta figura se muestra la relación de la potencia activa en el transcurso de un día, esta muestra se tomó de la base de datos del SENTRON PAC el día domingo 1 de septiembre del 2024. **Fuente:** Elaboración Propia



## 4 CAPÍTULO 4

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 4.1 Conclusiones

- Previo a la instalación se realizó una inspección general, desde el banco de transformadores hasta el tablero en el que se instalaría el SENTRON PAC 3220, se realizó un esquema eléctrico y se agregó el montaje del multimedidor con el fin de tener un esquema actualizado de las instalaciones del bloque viejo de la carrera de Arquitectura.
- La instalación del SENTRON PAC 3220 fue un éxito, se tuvo que seguir un procedimiento por seguridad como lo fue desenergizar las líneas de baja tensión para poder colocar los TC's y así trabajar de forma segura, esto se realizó en horarios no laborables para no interrumpir con las actividades académicas de la carrera de Arquitectura.
- Se realizó la gestión con el Dpto. de Infraestructura y Patrimonio de la ULEAM para que nos facilite una conexión de red con IP fija para establecer la comunicación del SENTRON PAC 3220 con el laboratorio de potencia de la carrera de Electricidad.
- Al realizar la inspección para los cálculos de los transformadores de corriente utilizados para la obtención de datos de los parámetros eléctricos se ha observado que existen líneas que se encuentran sobrecargadas, las cuales deberían balancearse para equilibrar las corrientes por líneas.
- Se verificó en tiempo real la obtención de datos brindados por el SENTRON PAC 3220 en el laboratorio de potencia de la carrera de Electricidad, esto se pudo evidenciar a partir del primer día de la instalación donde ya se mostraban datos.
- Con los resultados obtenidos y las mediciones en tiempo real, se pueden plantear trabajos futuros orientados a la eficiencia energética, beneficiando directamente al bloque viejo de la carrera de Arquitectura.

#### 4.2 Recomendaciones

- Se recomienda instalar UPS en cada tablero, en la computadora principal de la Facultad de Ingeniería Eléctrica y en el Rack al que deriva hacia el SENTRON PAC 3220 para que en caso de que se presenten cortes de energía o ausencia de la red pública no se pierda la transmisión de datos de los SENTRON PAC 3220.

- En el tablero principal se evidenció la falta de mantenimiento, el tablero presentaba deterioro producto del tiempo y debido a que se encuentra a la intemperie, con lo cual, es hiperactivo que se realice una inspección y se programe mantenimiento del tablero o cambio del mismo para evitar problemas futuros con el centro de distribución de ese bloque de la carrera de arquitectura.

## BIBLIOGRAFÍA

- ABB. (2017). *Breaker de Riel Monopolar 1 X 6 AMP 6 KA*. ABB. Obtenido de <https://interelectricas.com.co/breakers/1242-breaker-de-riel-abb-monopolar-1-x-6a-6-ka.html>
- Argos. (2016). *Cordon Flexible*. Argos electrica. Obtenido de <https://www.suveinsa.com.mx/wp-content/uploads/2020/10/PDF-Datasheet-Cable-flexible.pdf>
- BEACOUPE. (2015). *CATALOGO DE PRODUCTOS*. Ecuador. Obtenido de <https://www.dimalexa.com/carp/beaucoup.pdf>
- Cables y Conductores. (2022). *Guia de Cables y Conductores*. Recuperado el 18 de julio de 2022, de <https://cablesyconductores.com/calibre-de-cables/cable-calibre-14/>
- Claudia Sanchez, H. F. (2015). *Eficiencia Energetica*.
- Control y Tecnologia. (2022). *Sentron Pac 3220*. Recuperado el 15 de marzo de 2022, de <https://ct-aut.com/sentron-pac-3220-7km3220-0ba01-1da0/>
- DISTRON. (2024). *www.distron.es*. Obtenido de [www.distron.es](https://distron.es/analizadores-redes-tipos/): <https://distron.es/analizadores-redes-tipos/>
- Energy EV. (2022). *Transformadores de Corriente*. Recuperado el 27 de mayo de 2022, de <http://energyev.com/tienda/sin%20categorizar/transformador-de-corriente/>
- Fluke. (2024). *Analizadores y solucionadores de problemas de calidad eléctrica*. Obtenido de [fluke.com](https://www.fluke.com/es-ec/productos/comprobacion-electrica/analizadores-de-calidad-electrica): <https://www.fluke.com/es-ec/productos/comprobacion-electrica/analizadores-de-calidad-electrica>
- GECEM. (2022). *Grupo Electro Comercial Mejia*. Recuperado el 29 de mayo de 2022, de <http://www.grupoecmejia.com/transformadores-camsco>

INMAELECTRO. (2022). *"TERMINALES TIPO OJO"*. Recuperado el 18 de junio de 2022, de <http://www.inmaelectro.com/productos/volto/accesorios/323/terminales-tipo-ojo/>

LAUMAYER. (2025). <https://laumayer.com/>. Obtenido de <https://laumayer.com/>: <https://laumayer.com/>

Llordachs, D. F. (2021). *Protocolos de Comunicacion*. Recuperado el 17 de mayo de 2022, de <https://clinic-cloud.com/blog/protocolos-de-seguridad-de-la-informacion/>

Meteocontrol. (2025). [www.meteocontrol.com](http://www.meteocontrol.com). Obtenido de [www.meteocontrol.com](http://www.meteocontrol.com): <https://www.meteocontrol.com/es/monitorizacion-de-sistemas-fotovoltaicos/accesorios/analizadores-de-redes-contadores-de-energia>

Muñoz Noroña, R., & Tapia Claudio, R. (Septiembre de 2020). *Sistema de control y monitoreo en tiempo real para el análisis del consumo energético en el tablero de distribución principal del bloque b de la universidad técnica de Cotopaxi campus matriz, periodo 2020*. Obtenido de [repositorio.utc.edu.ec](https://repositorio.utc.edu.ec): <https://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/7935/1/PI-001717.pdf>

NORMA ISO 50006. (2014). *Medición del desempeño energético*. Recuperado el 2 de febrero de 2022, de <https://pdfcoffee.com/iso-50006-2014es-4-pdf-free.html>

OORGS. (2024). [grupoors.com](http://grupoors.com). Obtenido de [grupoors.com](http://grupoors.com): <https://grupoors.com.mx/2023/08/19/que-es-un-analizador-de-redes-electricas/>

Osakaelectronics. (17 de Marzo de 2021). *¿Cómo funciona un analizador de redes eléctricas?* . Obtenido de [osakaelectronicsltda.com](http://osakaelectronicsltda.com): <https://osakaelectronicsltda.com/blog/recomendaciones/como-funciona-un-analizador-de-redes-electricas>

Pacheco Mena, C. F. (26 de Julio de 2021). *DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE MONITOREO Y ADQUISICIÓN DE DATOS EN LAS CAMARAS DE TRANSFORMACIÓN N°1 Y N°2 PARA EVALUAR LOS INDICES DE CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI CAMPUS MATRIZ.* Obtenido de repositorio.utc.edu.ec:  
<https://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/7799/1/MUTC-001009.pdf>

Perdiguero, L. (2017). *Sistema de Gestion de Energia en una planta de amoniaco.* Madrig: Universidad Politecnica de Madrig. Obtenido de  
[https://oa.upm.es/47347/1/TFG\\_LAURA\\_SANZ\\_PERDIGUERO.pdf](https://oa.upm.es/47347/1/TFG_LAURA_SANZ_PERDIGUERO.pdf)

Pozo, I. H. (2019). *Ley Organiza de Eficiencia Energetica.* Recuperado el 3 de febrero de 2022, de <https://www.rekursosyenergia.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2019/03/Ley-Eficiencia-Energe%CC%81tica.pdf>

Prias Caicedo, C. A. (2019). *Implementación de un sistema de Gestión de la Energía. Guía Con Base En La Norma ISO-50001.*

Pulache Huertas, D. J. (16 de Enero de 2023). *Diseño y simulación de una solución iot industrial integrando equipos siemens, modbuspal y plataforma node red.* Obtenido de repositorio.unp.edu.pe:  
<https://repositorio.unp.edu.pe/server/api/core/bitstreams/c6d644fb-28b6-437e-b145-970aad992fe2/content>

Rivera, W. O. (2014). *Transformadores de Corriente.* Recuperado el 3 de julio de 2022, de <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/jspui/bitstream/132.248.52.100/6945/1/osornorivera.pdf>

Servicio de Acreditacion Ecuatoriano. (2017). *Gestion de la Energia*. Recuperado el 17 de noviembre de 2021, de <https://www.acreditacion.gob.ec/gestion-de-la-energia/>

SIEMENS. (2008). *Catalogo Sentron Pac 3200*. Recuperado el 14 de marzo de 2022, de [https://cache.industry.siemens.com/dl/files/150/26504150/att\\_906556/v1/A5E01168664D-02\\_ES\\_122016\\_201612221316330094.pdf](https://cache.industry.siemens.com/dl/files/150/26504150/att_906556/v1/A5E01168664D-02_ES_122016_201612221316330094.pdf)

Siemens. (2019). *Catalogo Sentron Pac 3220*. Recuperado el 16 de mayo de 2022, de [https://cache.industry.siemens.com/dl/files/307/109767307/att\\_1003966/v1/MAN\\_L1V30519172D-01\\_es\\_es-MX.pdf](https://cache.industry.siemens.com/dl/files/307/109767307/att_1003966/v1/MAN_L1V30519172D-01_es_es-MX.pdf)

Siemens. (2022). *Registrar los valores electricos de manera exacta y confiable. (Multimedidor SENTRON PAC3200)*. Recuperado el 6 de abril de 2022, de [file:///C:/Users/CompuStore/Desktop/ERICK/2022/trabajos%20de%20titulacion/Manual\\_Sentron\\_Pac3200.pdf](file:///C:/Users/CompuStore/Desktop/ERICK/2022/trabajos%20de%20titulacion/Manual_Sentron_Pac3200.pdf)

Siemens Industry. (2017). *Software Powermanager*. Recuperado el 03 de 07 de 2022, de [https://s3.amazonaws.com/dcc-data-extract/new-delta/asset/Compas/daily/Compas/Selection%20Application%20Guide/SIE\\_BR\\_Powermanager.pdf?06102021](https://s3.amazonaws.com/dcc-data-extract/new-delta/asset/Compas/daily/Compas/Selection%20Application%20Guide/SIE_BR_Powermanager.pdf?06102021)

Tydee. (2020). *Tranformadores de Corriente*. Recuperado el 3 de julio de 2022, de <http://www.frlp.utn.edu.ar/materias/tydee/modulooii.pdf>

Unidad de Apoyo de Aprendizaje. (2019). *Protocolos de Internet*. Recuperado el 17 de 05 de 2022, de [https://programas.cuaed.unam.mx/repositorio/moodle/pluginfile.php/795/mod\\_resource/content/7/contenido/index.html](https://programas.cuaed.unam.mx/repositorio/moodle/pluginfile.php/795/mod_resource/content/7/contenido/index.html)

# **ANEXOS**

## Recursos

### Recursos humanos

**Anexo 1:** *detalle de los recursos humanos y su aporte en el desarrollo del proyecto*

Nombre	Función o cargo	Aporte al proyecto
Rodríguez Fernández Aster	Integrante del tema	Teórico - Práctico
Ing. Juan Luis Rodríguez Olivera, PhD	Tutor	Guía

### Recursos Institucionales

**Anexo 2:** *Detalle de los recursos institucionales y lugar de origen.*

Equipo/laboratorio/software (otros)	Área	Facultad
Computadora con el software Powermanager	Cubículo de Docentes 1	Ingeniería
Rack de internet	Sala de Computo	arquitectura

### Recursos materiales y económicos

Los recursos materiales y los rubros económicos a invertir en el proyecto se detallan en el siguiente anexo.

*Anexo 3: Detalle de los recursos materiales y económicos necesarios para la elaboración del proyecto.*

Nº	Descripción	Cantidad	U	Valor unitario \$	Valor total \$
1	Sentron Pac 3220	1		\$817,00	\$817,00
2	Transformadores de corriente TC 250/5A	3		\$20,00	\$60,00
3	Tablero de 30x20 doble fondo	1		\$35,00	\$35,00
4	Cinta en espiral	1		\$4,00	\$4,00
5	Cable #18	18		\$0,40	\$7,20
6	Terminales de uña	10		\$0,10	\$1,00
7	Terminales en punta	10		\$0,10	\$1,00
8	Disco de corte	1		\$1,50	\$1,50
9	Manguera corrugada	10		\$0,40	\$4,00
10	Breakers de protección de 6A	6		\$4,00	\$24,00
11	Riel DIM	1		\$1,50	\$1,50
12	Tacos y tornillos	10		\$1,50	\$1,50
13	Alquiler de pértiga	1		\$50,00	\$50,00
<b>Total</b>					<b>\$1007,70</b>

**Nota:** En esta tabla se muestran las cantidades de materiales, para la realización de este proyecto.

**Fuente:** Elaboración propia

**TOTAL:** Novecientos noventa y siete dólares con setenta centavos

#### Anexo 4: Variantes del SENTRON PAC 3220

---

<b>Multímetro SENTRON PAC 3200</b>	
<b>Referencia</b>	<b>Nombre</b>
7KM3220-0BA01-1DA0	Sentron PAC3220, LCD display, 50 variables, (incluye Energía/THD), 2DI/1DO, x/1A ó x/5A, 2 interfaz RJ-45 Integrado (Modbus TCP).
7KM3220-0BA01-1DA0	CSENTRON PAC3220 LCD 96X96 mm Dispositivo de monitoreo de energía, con panel de control, C46 para protocolo de valores eléctricos: Modbus TCP (RJ-45x2) con pantalla gráfica. Entrada nominal U: 690 / 400V 45-65Hz Entrada nominal IE: X / 1A o X / 5A Fuente de alimentación de CA: 100 ... 250 V + -10% AC / DC, conexiones de tornillo, THD, Clase 0,5 seg. IEC61557-12 y clase 0,5S seg. IEC62053-22
7KM2111-1BA00-3AA0	SENTRON PAC3200 con fuente de alimentación de muy baja tensión y bornes de tornillo.

---

**Nota:** *Ésta tabla muestra las referencias que se tomaran en cuenta del SENTRON PAC 3220, obtenido de (Siemens, 2019)*

#### Anexo 5: Valores Eficaces Momentáneos

---

<b>Valores eficaces momentáneos</b>	
Valores eficaces momentáneos	Fase–fase / Fase–neutro.
Intensidades de la corriente	Por fase.
Potencia activa, reactiva y aparente	Por fase y total.
Factor de potencia	Por fase y total.
Frecuencia de red	
THD de la tensión e intensidad de la corriente	Por fase.
Valores mínimos/máximos	Función agujas de arrastre.
Valores medios	Para todas las fases.

---

**Nota:** *Ésta tabla nos muestra las funciones que vienen por default que determinan los valores eficaces momentáneos del SENTRON PAC 3220, obtenido de (Siemens, 2019)*

## Anexo 6: Registro de energía por medidor

Registro de energía por medidor	
Energía activa	Suministro y realimentación; tarifa alta / baja.
Energía reactiva	Positiva / negativa; tarifa alta / baja.
Energía aparente	Tarifa alta / baja.
Demanda de energía por periodo de medición	Valor medio de la potencia activa y la reactiva.
Periodo de medición ajustable	De 1... a 60 minutos.
Valores mínimos / máximos de la potencia en el periodo de medición	
Cuenta-horas de servicio	Tiempo en el que se consumió energía.
Contador universal	Por ejemplo, para conteo de los impulsos de energía de medidores externos o similares.

**Nota:** *Ésta tabla muestra los registros de energía que el multimedidor tomara desde el momento de instalación, obtenido de (Siemens, 2019)*

## Anexo 7: Comunicación

Comunicación		
	Numero de interfaces	2
Ethernet (Integrada)	Tipo	RJ45
	Protocolo	-Modbus TCP. -Servidor web (HTTP). -SNTP DHCP.
	Número de conexiones de comunicación simultáneas	3 conexiones Modbus TCP + servidor web.
	Velocidad de transferencia	10/100 Mbits/s, Autonegotiation y AutoMDX (Medium Dependent Interface)

**Nota:** *Ésta tabla muestra la comunicación que tiene el SENTRON PAC 3220, con sus respectivos protocolos y la velocidad de transferencia, obtenido de (Siemens, 2019)*

## Anexo 8: Datos Técnicos

Datos técnicos		
Cuatro cuadrantes	Suministro y realimentación	
Medición en redes monofásicas / polifásicas		1, 2 ó 3 fases
Aplicable para las clases de red		TN, TT, IT
Captación de señales		Continuo
Entradas de tensión Conexión directa hasta un máximo en triángulo / estrella (sin transformador)	Fuente de alimentación de CA / CC de rango amplio y bornes a tornillo	CA Ue: máx. 3 x 690 / 400 V
	Fuente de alimentación de tensión baja CC y bornes a tornillo.	CA Ue: máx. 3 x 500 / 289 V
	Fuente de alimentación de CA / CC de rango amplio y bornes para terminales anulares.	CA Ue: máx. 3 x 690 / 400 V
Entradas de corriente	Ajustables en el aparato.	x/1 A ó x/5 A
Tensión auxiliar	Fuente de alimentación de CA / CC de rango amplio y bornes a tornillo.	% Uc 95 ... 240 V CA (±10 %) 110 ... 340 V CC (±10 %)
	Fuente de alimentación de tensión baja CC y bornes a tornillo.	Uc 22 ... 65 V CC (±10 %)
	Fuente de alimentación de CA / CC de rango amplio y bornes para terminales anulares.	% Uc 95 ... 240 V CA (±10 %) 110 ... 340 V CC (±10 %)
Dimensiones	A x h x P en mm	96 x 96 x 56
	Profundidad de montaje sin módulo (mm)	51
	Profundidad de montaje con módulo de ampliación (mm).	73
Clase de protección	Frontal	IP65
Temperatura de funcionamiento	°C	-10...+55
Display	Tipo	LCD gráfico con iluminación de fondo.
	Resolución (Puntos)	128 x 96
Visualización de textos	9 idiomas disponibles	alemán, chino, español, francés, inglés, italiano, portugués, turco, ruso

**Nota:** Ésta tabla muestra los datos técnicos que ofrece el SENTRON PAC 3220, obtenido de (Siemens, 2022)

## Anexo 9: Idiomas

Selección	Rango	Ajuste de fábrica
Idioma	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Chino.</li> <li>• Alemán.</li> <li>• Inglés.</li> <li>• Francés.</li> <li>• Italiano.</li> <li>• Portugués.</li> <li>• Polaco.</li> <li>• Ruso.</li> <li>• Español.</li> <li>• Turco.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Inglés.</li> </ul>
Identificador de fase	<ul style="list-style-type: none"> <li>• L1 L2 L3.</li> <li>• a b c</li> </ul>	L1 L2 L3

**Nota:** Ésta tabla muestra los idiomas que se le selección al SENTRON PAC cuando este instalado, obtenido de (Siemens, 2019)

## Anexo 10: Entrada de tensión.

Selección	Rango	Ajuste de fábrica
TIPO DE CONEXIÓN	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 3P4W: 3 fases, 4 conductores.</li> <li>• 3P3W: 3 fases, 3 conductores.</li> <li>• 3P4WB: 3 fases, 4 conductores, carga balanceada.</li> <li>• 3P3WB: 3 fases, 3 conductores, carga balanceada.</li> <li>• 1P2W: 1 fase, 2 conductores.</li> </ul>	3P4W
USAR TRAFOS TENSIÓN	<p>- <b>CON:</b> Medición a través de transformador de tensión. Si se desea medir a través de transformadores de tensión, se debe ajustar en el dispositivo la relación de transformación correspondiente. Para ello deben introducirse las tensiones primaria y secundaria en los campos "U EN PRIMARIO" y "U EN SECUNDARIO".</p> <p>Al cambiar del modo medición directa a medición a través de transformador de tensión, el dispositivo toma la última tensión de referencia de medida ajustada</p>	DES

como tensión secundaria y tensión primaria.

- **DES:** Medición directa en la red de baja tensión. Al cambiar del modo de medición a través del transformador de tensión al modo de medición directa, el dispositivo toma la última tensión secundaria ajustada como tensión de referencia de medida.

U EN PRIMARIO (USAR TRAFOS TENSIÓN CON)	1 ... 999999 V, ajustable libremente	400 V
U EN SECUNDARIO (USAR TRAFOS TENSIÓN CON)	1 ... 4000 V, ajustable libremente	400 V

**Nota:** Ésta tabla muestra los tipos de conexión, y a su vez el voltaje del primario como del secundario para las entradas de tensión, obtenido de (Siemens, 2019)

#### Anexo 11: Entrada de Corriente

Selección	Rango	Ajuste de fábrica
I EN PRIMARIO	Corriente primaria de los transformadores de corriente. 1 ... 99999 A	50 A
I EN SECUNDARIO	Corriente secundaria de los transformadores de corriente. <ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 A.</li> <li>• 5 A.</li> </ul>	5 A.
RANGO DE CORR.	Ajustable libremente. 1 ... 99999 A	50 A
<ul style="list-style-type: none"> <li>• INV. CORRIENTE L1.</li> <li>• INV. CORRIENTE L2.</li> <li>• INV. CORRIENTE L3.</li> </ul>	Evaluación invertida del sentido de circulación de corriente, posible por separado para cada fase. <b>-CON:</b> sentido de circulación de corriente invertido. El dispositivo interpreta el sentido de circulación de corriente en sentido inverso al cableado. <b>-DES:</b> el dispositivo interpreta el sentido de circulación de corriente conforme al cableado.	DES

**Nota:** Ésta tabla muestra la corriente que viene de fábrica en el SENTRON PAC 3220, el cual tiene que ser modificada de acuerdo al cálculo de los transformadores de corriente, cuando esté instalado el multimedidor, obtenido de (Siemens, 2019)

## Anexo 12: Fecha y Hora

Selección	Rango	Ajuste de fábrica
FECHA	Fecha actual. El formato de fecha se encuentra definido en el campo "FORMATO".	-
FORMATO	<ul style="list-style-type: none"><li>• DD.MM. AAAA.</li><li>• AAAA-MM-DD.</li><li>• MM/DD/AA.</li></ul>	DD.MM.AAAA
HORA	HH:MM: SS	-
ZONA HORARIA	Zona horaria, referida al tiempo universal coordinado (UTC). -12:00 ... +14:00, en intervalos de 30 minutos Ejemplos: <ul style="list-style-type: none"><li>• "-06:00" equivale a UTC-6.</li><li>• "+01:00" equivale a UTC+1</li></ul>	00:00

**Nota:** Ésta tabla muestra la configuración de las fechas y horas que se tiene que modificar cuando el multimetro esté instalado, obtenido de (Siemens, 2019)

## Anexo 13: Salida Digital.

Selección	Rango	Ajuste de fábrica
SALIDA DIG.	Hay 2 salidas digitales disponibles: <ul style="list-style-type: none"><li>• 0.0.</li><li>• 0.1</li></ul>	-
ACCIÓN	DES: La salida está desactivada. DISPOSITIVO CON: La salida indica que el dispositivo está conectado. REMOTO: La salida es controlada a distancia. ROTACIÓN: La salida digital se conecta en presencia de campo eléctrico con rotación a derecha y permanece activa mientras dura dicho sentido de rotación. IMPULSO: La salida emite el número de impulsos o flancos parametrizados por unidad de energía	DES
IMPULSOS	Número de impulsos que deben emitirse por unidad. La unidad de referencia se encuentra definida en el campo "UNIDAD". 1 ... 4000	1
UNIDAD (solo en IMPULSO)	Selecciona el tipo de potencia acumulada (energía activa o reactiva): <ul style="list-style-type: none"><li>• kwh IMPORTADOS.</li></ul>	kWh IMPORTADOS

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• kwh EXPORTADOS.</li> <li>• kvarh IMPORTADOS.</li> <li>• kvarh EXPORTADOS.</li> </ul> <p>Los valores de referencia que provocan la indicación de un impulso o flanco al ser alcanzados se encuentran definidos en los campos "UNIDAD" e "IMPULSOS POR UNIDAD". Valor de la potencia acumulada para la que se indica un número configurable de impulsos. El número de los impulsos que deben indicarse se encuentra definido en el campo "POR".</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 kVArh o kW.</li> <li>• 10 kVArh o kW.</li> <li>• 100 kVArh o kW.</li> <li>• 1000 kVArh o kW.</li> </ul>	
POR (solo en IMPULSO)	<p>Valor de la potencia acumulada para la que se indica un número configurable de impulsos. El número de los impulsos que deben indicarse se encuentra definido en el campo "POR".</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 1.</li> <li>• 10.</li> <li>• 100.</li> <li>• 1000</li> </ul>	1
DURACIÓN IMPULSO	<p>Duración del impulso: 30 ... 500 ms. La duración mínima de la pausa del impulso es igual a la duración del impulso indicada.</p>	100 ms
CANAL LÍM. (solo en VIOLACIÓN LÍMITE)	<p>Selecciona el límite cuyo estado se señalará por la salida digital.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• LÍMITE LÓGICO.</li> <li>• LÍM. 0 ... 5</li> </ul>	LÍMITE LÓGICO

---

**Nota:** *Ésta tabla muestra las salidas digitales que tiene el SENTRON PAC 3220 de acuerdo a los parámetros eléctricos, obtenido de (Siemens, 2019)*

## Anexo 14: Entrada Digital

Selección	Rango	Ajuste de fábrica
ENTRADA DIG.	Hay dos entradas digitales disponibles. <ul style="list-style-type: none"> <li>• 0.0.</li> <li>• 0.1</li> </ul>	-
ACCIÓN	<ul style="list-style-type: none"> <li>•NINGUNA: La entrada está desactivada.</li> <li>•ENTRADA IMPULSO: Recuento de impulsos de entrada. (Nota: Para el recuento de impulsos se puede parametrizar un contador universal. En el parámetro ajustable "AVANZADO &gt; CONTADOR UNIVERSAL" seleccione para el campo "FUENTE" la opción "ENTRADA DIGITAL").</li> <li>•TARIFA ALTA/BAJA: Cambio de tarifa. Tarifa baja para entrada activa.</li> <li>•SINC.DEMANDA: Sincronización de las medias de potencia.</li> <li>• VIOLACIÓN LÍMITE: La salida digital se conecta mediante una infracción de límite y permanece activa mientras dura la infracción.</li> <li>• IMPULSO: La salida emite el número de impulsos o flancos parametrizados por unidad de energía.</li> </ul>	DES
IMPULSOS	Número de impulsos que deben emitirse por unidad. La unidad de referencia se encuentra definida en el campo "UNIDAD". 1 ... 4000	1
ACCIÓN	<ul style="list-style-type: none"> <li>• DES: El LED está desconectado.</li> <li>• DISPOSITIVO CON: El LED indica que el dispositivo está conectado. El brillo del LED cambia lentamente.</li> <li>• REMOTO: El LED indica el acceso remoto al dispositivo. El color del LED se puede elegir libremente entre los colores disponibles. El comportamiento de la iluminación del LED se puede elegir entre los patrones disponibles.</li> <li>• ROTACIÓN: El LED reacciona según el sentido de rotación del campo eléctrico. El color del LED se puede elegir libremente entre los colores disponibles. El comportamiento de la iluminación del</li> </ul>	IMPULSO

	LED se puede elegir entre los patrones disponibles.	
	• IMPULSO: El LED emite 1000 impulsos de LED por unidad de energía. El color del LED se puede elegir libremente entre los colores disponibles.	
	• COLOR REMOTO: El LED puede conectarse mediante un comando MODBUS.	
	• DI ESTADO: El LED indica el estado de la entrada digital. El color del LED se puede elegir libremente entre los colores disponibles. El comportamiento de la iluminación del LED se puede elegir entre los patrones disponibles.	
IMPULSOS (solo en IMPULSO)	Número de impulsos que deben emitirse por unidad. La unidad de referencia se encuentra definida en el campo "UNIDAD". 1000 (no variable)	1000
TIEMPO EXCEDIDO (solo en REMOTO y COLOR REMOTO)	Cuando se supera el tiempo definido, se apaga el LED. 0 ... 18000 s	0 s
RETROILUMINACIÓN	Intensidad de la iluminación del LED. 0 ... 4	4
Colores	<ul style="list-style-type: none"> <li>• NARANJA.</li> <li>• VERDE.</li> <li>• CIAN.</li> <li>• AZUL.</li> <li>• VIOLETA.</li> <li>• BLANCO.</li> <li>• ROJO.</li> <li>• AMARILLO</li> </ul>	NARANJA
Patrones de iluminación	DES= LED apagado permanentemente. ENCENDIDO= LED encendido permanentemente. El LED parpadea rápidamente y cambia de brillo. El LED parpadea lentamente y cambia de brillo. El LED parpadea rápidamente con brillo constante. El LED parpadea lentamente con brillo constante.	ENCENDIDO

---

**Nota:** Ésta tabla muestra las entradas digitales que tiene el SENTRON PAC 3220 de acuerdo a los impulsos, acciones y patrones de iluminación, obtenido de (Siemens, 2019)

## Anexo 15: Pantalla.

Selección	Rango	Ajuste de fábrica
CONTRASTE	Contraste del display LCD. 0 ... 10	5
RETROILUMINACIÓN	Intensidad de la retroiluminación del display LCD. 0 ... 3	3
RETROILUM. ATENUADA	Intensidad de la retroiluminación del display LCD. Queda ajustada una vez transcurrido el tiempo hasta la atenuación. Ver el campo "ATENUAR TRAS". 0 ... 3 ("0" desactiva la retroiluminación)	1
TIEMPO ILUMINADA	Intervalo tras el cual el dispositivo cambia del modo de retroiluminación "RETROILUMINACIÓN" al modo "RETROILUM. ATENUADA". 0 ... 99 min	3 min
INVERTIR PANTALLA	Inversión de la figura/representación básica del display. • CON: Texto oscuro sobre fondo claro. • DES: Texto claro sobre fondo oscuro.	CON
PRUEBA DE PANTALLA.	Imagen de prueba para comprobar la capacidad operativa del display. • La tecla F3 invierte la imagen de prueba. • La tecla F4 cierra la pantalla.	-
MENÚ POR DEF.	Número indicador del menú por defecto. El dispositivo se iniciará siempre con la opción de menú definida. 1 ... xx	1
TIEMPO DE ESP.	Una vez transcurrido el tiempo de espera, el dispositivo regresa automáticamente al menú por defecto. 0 ... 3600 s (0 = función desactivada)	0

**Nota:** Ésta tabla muestra la selección de la pantalla del SENTRON PAC 3220, como contrastes, retroalimentación, etc., obtenido de (Siemens, 2019)

**Anexo 16: Clave.**

Selección	Rango	Ajuste de fábrica
PANTALLA	La protección por clave impide el acceso de escritura a través de la interfaz de usuario. <ul style="list-style-type: none"> <li>• CON: Protección por clave activada.</li> <li>• DES: Protección por clave desactivada</li> </ul>	DES
COMUNICACIÓN	La protección por clave impide el acceso de escritura a través de las interfaces de comunicación. <ul style="list-style-type: none"> <li>• CON: Protección por clave activada.</li> <li>• DES: Protección por clave desactivada</li> </ul>	DES
CLAVE	0000 ... 9999	0000

**Nota:** Ésta tabla muestra la selección del SENTRON PAC 3220, para que una vez instalado no se pueda modificar datos en la pantalla, obtenido de (Siemens, 2019)

**Anexo 17: Reset**

Selección	Rango	Ajuste de fábrica
BORRAR VAL. MÍN/MÁX.	Ajusta todos los mínimos y máximos al valor instantáneo. • Sí: activo. <ul style="list-style-type: none"> <li>• No: no activo</li> </ul>	No
RESET CONTADORES	Pone a 0 (cero) los siguientes contadores: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Contadores de energía.</li> <li>• Energía activa.</li> <li>• Energía reactiva.</li> <li>• Energía aparente.</li> <li>• Contador de horas de funcionamiento.</li> <li>• Sí: activo • No: no activo</li> </ul>	No
RESET CONTADOR UNIVERSAL	Pone a 0 (cero) los contadores universales configurables. <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sí: activo.</li> <li>• No: no activo</li> </ul>	No
AJUSTES DE FÁBRICA	Todos los ajustes del dispositivo y los valores medidos, a excepción de los parámetros de comunicación y los valores secundarios de energía, se restablecen al estado de fábrica. <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sí: activo</li> <li>• No: no activo</li> </ul>	No
PARÁM. COMUNICACIÓN	Todos los ajustes de la comunicación se restablecen al estado de fábrica. <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sí: activo.</li> <li>• No: no activo</li> </ul>	No
EJECUTAR	Confirmación del restablecimiento	No

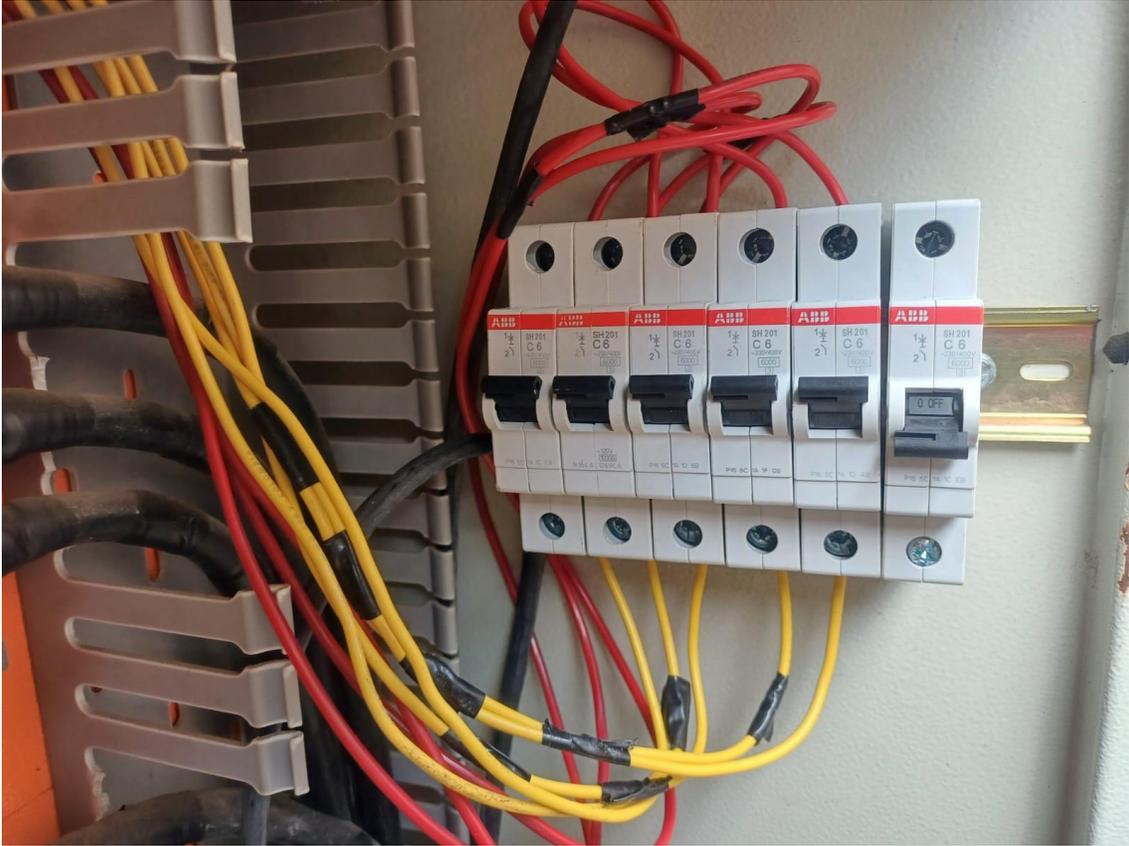
**Nota:** Ésta tabla muestra la selección del Reset para que todos los valores o parámetros se reestablezcan al estado de fábrica, obtenido de (Siemens, 2019)

**Anexo 18:** Cronograma de actividades.

Actividades	Meses	Año 2024															
		Septiembre				Octubre				Noviembre				Diciembre			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Aprobación de anteproyecto																	
Desarrollo del capítulo 1																	
Desarrollo de capítulo 2																	
Pedido de materiales																	
Adquisición de componentes																	
Proceso de implementación																	
Proceso de pruebas experimentales																	
Recolección de datos																	
Revisión y corrección de proyecto																	
Entrega de proyecto final y documentación																	
Designación de fecha de sustentación																	

**Nota:** En la presente tabla se muestra el cronograma de actividades del proyecto de tesis, desde que se elaboró el anteproyecto hasta el día de la entrega del proyecto final y fecha de sustentación. **Fuente:** Elaboración Propia.

*Anexo 19: Montaje del sistema*









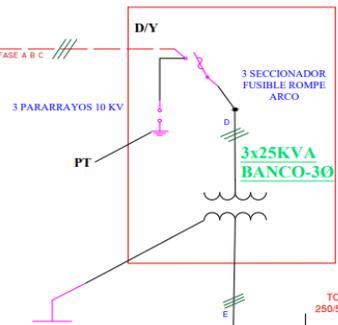
Nota 4. Diagrama unifilar

NOTA: LOS DIAGRAMAS ESTAN DISEÑADO BAJO LAS NORMAS AMERICANAS IEEE, ANSI, NEMA



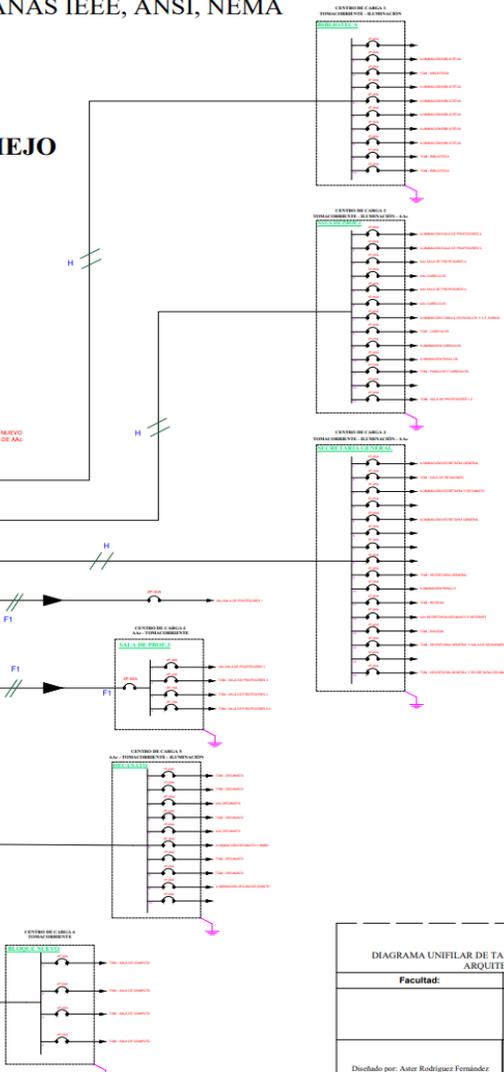
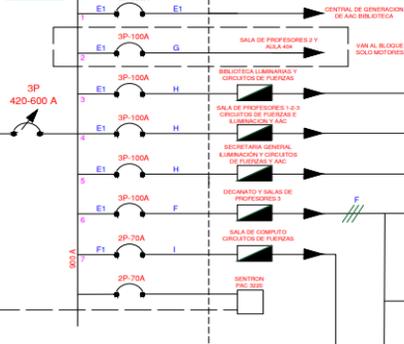
**TRANSFORMADOR-2  
FAC. DE ARQUITECTURA BLOQUE VIEJO**

TRANSFORMADOR 13800/220-127



TABLERO DE DISTRIBUCIÓN 2

TDG-2



SIMBOLOGIA	
SIMBOL (DIBUJO)	DESCRIPCION
	EXISTENTE
	BANCO DE TRANSFORMADORES DE 25 KVA
	LINEA AREA DE MEDIO VOLTAGE
	LINEA SUBSTANCIA DE MEDIO VOLTAGE
	SECCIONAMIENTO POR MEDIO DE INTERRUPTOR TONO MAGNETICO
	ORDENO DE CARGA EMPUJADO O SOBREPUESTO
	SECCIONADOR FUSIBLE UNIPOLAR ABIERTO
	CARGA
	TABLERO DE DISTRIBUCION PRINCIPAL
	BANCO DE 3 TRANSFORMADORES INSTALADO EN POSTE
	PUESTA A TIERRA
	SECCIONADOR
	CONEXION
	TRANSFORMADORES DE CORRIENTE TIPO A

CODIFICACION DE ALIMENTADORES	
LETRA	DESCRIPCION
E	SALA DE PROFESORES 1, 2, 3
F	SALA DE COMPLETO
G	SALA DE INGENIEROS Y AUXILIARES
H	SALA DE PROFESORES
I	RECTORIA

Nombre del Proyecto:		
DIAGRAMA UNIFILAR DE TABLEROS Y SUBTABLEROS DE DISTRIBUCION DE LA FAC. DE ARQUITECTURA DE LA ULEAM (BLOQUE VIEJO)		
Facultad:	Universidad:	Contenido:
		DIAGRAMAS UNIFILAR DE BAJO VOLTAGE FAC. ARQUITECTURA (BLOQUE VIEJO)
Disñado por: Anzor Rodríguez Fernández	Tutor: Ing. Juan Rodríguez Olvera	Aprobado por fecha: _____ Escala: 3/8 Ubicación: Matón - Matón - Calle 12, Vía San Mateo
Hoja 1 De 1		

