



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL  
FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO  
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRICIDAD**

**TEMA:**

**Estudio de Carga Eléctrica Actualizada de la Facultad de Educación  
Técnica para el Desarrollo.**

**AUTOR:**

**Cedeño Aguilar, Sídney Doménica**

**Trabajo de Integración Curricular previo a la obtención del título de  
INGENIERO ELECTRICO**

**TUTOR:**

**Ing. Bohórquez Escobar, Celso Bayardo. MsC.**

**Guayaquil, Ecuador**

**7 septiembre del 2023**



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO  
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRICIDAD**

**CERTIFICACIÓN**

Certificamos que el presente Trabajo de Integración Curricular fue realizado en su totalidad por la Srta. **Cedeño Aguilar, Sídney Doménica**, como requerimiento para la obtención del título de **INGENIERO ELECTRICO**.

TUTOR

---

**Ing. Bohórquez Escobar, Celso Bayardo. MsC.**

DIRECTOR DE CARRERA

---

**Ing. Bohórquez Escobar, Celso Bayardo. MsC.**

Guayaquil, 7 septiembre del 2023



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO  
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRICIDAD**

**DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD**

**Yo, Cedeño Aguilar, Sídney Doménica**

**DECLARO QUE:**

El trabajo de Integración Curricular **Estudio de Carga Eléctrica Actualizada de la Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo**, previo a la obtención del Título de **INGENIERO ELECTRICO**, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de Integración Curricular referido.

Guayaquil, 7 septiembre del 2023

EL AUTOR

*Sidney Cedeño A.*

---

Cedeño Aguilar, Sídney Doménica



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO  
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRICIDAD**

**AUTORIZACIÓN**

Yo, **Cedeño Aguilar, Sídney Doménica**

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, la publicación, en la biblioteca de la institución del Trabajo de Integración Curricular: **Estudio de Carga Eléctrica Actualizada de la Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

Guayaquil, 7 septiembre del 2023

EL AUTOR

*Sidney Cedeño A.*

Cedeño Aguilar, Sídney Doménica

# REPORTE DE COMPILATIO

**CERTIFICADO DE ANÁLISIS**  
magister

## Trabajo de Integración Curricular Tesis -Sidney Cedeño Aguilar..

**3%** Similitudes  
**< 1%** Texto entre comillas  
0% similitudes entre comillas  
**6%** Idioma no reconocido

Nombre del documento: Trabajo de Integración Curricular Tesis - Sidney Cedeño Aguilar...pdf  
ID del documento: c80bbdab1d2dc57331e15a5b345e40680868ca85  
Tamaño del documento original: 2,55 MB

Depositante: Ricardo Xavier Ubilla Gonzalez  
Fecha de depósito: 23/8/2023  
Tipo de carga: interface  
fecha de fin de análisis: 23/8/2023

Número de palabras: 17.658  
Número de caracteres: 127.026

Ubicación de las similitudes en el documento:

**Fuentes**  
Fuentes principales detectadas

Nº	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	<b>TIC_XAVIER_NAVARRO-Final.docx</b>   TIC_XAVIER_NAVARRO-Final #eda12a El documento proviene de mi biblioteca de referencias 44 fuentes similares	2%		Palabras idénticas: 2% (329 palabras)
2	<b>201.159.223.180</b> http://201.159.223.180/bitstream/3317/18137/1/T-UCSG-PRE-ESP-CCE-6.pdf 23 fuentes similares	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (145 palabras)
3	<b>repositorio.ucsg.edu.ec</b> http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/11355/1/T-UCSG-PRE-TEC-IEM-152.pdf 16 fuentes similares	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (149 palabras)
4	<b>localhost</b>   Repotenciación del mantenimiento predictivo basado en el análisis de ... http://localhost:8080/mka/bitstream/3317/12483/3/T-UCSG-PRE-TEC-IEM-171.pdf.be 23 fuentes similares	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (138 palabras)
5	<b>201.159.223.180</b> http://201.159.223.180/bitstream/3317/18033/1/T-UCSG-PRE-TEC-IEM-298.pdf 15 fuentes similares	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (142 palabras)

Reporte COMPILATIO de Trabajo de Integración Curricular de la Carrera Electricidad R, denominado: “Estudio de Carga Eléctrica Actualizada de la Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo”, de la estudiante Cedeño Aguilar Sidney Doménica se encuentra al 3% de coincidencias.

Ing. Bayardo Bohórquez Escobar, MSc  
DOCENTE-TUTOR

## **AGRADECIMIENTO**

Me gustaría expresar mi más sincero agradecimiento a la Universidad Católica Santiago de Guayaquil por la asistencia fundamental que me ha dado durante la etapa de estudio. Esta institución ha sido importante para mí desarrollo personal y para el establecimiento de mi oficio. Le expreso mis agradecimientos de manera muy sincera a la institución que me dio la oportunidad de formarme como el profesional que deseaba ser en el futuro.

Deseo dirigir mis agradecimientos de manera especial al Ingeniero Bohórquez Escobar Bayardo Celso, quien ha desempeñado el rol de director de mi carrera. Su apoyo incondicional y su transparencia en todo momento han sido de gran valor para mí. A lo largo de mi trayectoria estudiantil, el Ingeniero Bohórquez Escobar Bayardo Celso ha compartido sus amplios conocimientos y me ha brindado un constante respaldo. Estoy agradecida profundamente por la confianza depositada en mi potencial y por la dedicación en guiarme a lo largo de mi formación académica estudiantil.

Expreso mi agradecimiento hacia la facultad de educación técnica para el desarrollo debido a que me acogió y me brindó una asistencia invaluable. A lo largo de mi periodo de estudios, he sido educado con un alto nivel de calidad y he podido desarrollar como persona y como profesional.

También quiero expresar mi agradecimiento a los profesores que correspondan, quienes han tenido un rol importante en mi proceso de conocimiento. Estoy sinceramente agradecido/a por su compromiso y por compartir su conocimiento de manera generosa. Sus enseñanzas han dejado una huella profunda en mi desarrollo académico y personal.

## DEDICATORIA

Esta tesis se dirige de manera formal y respetuosa hacia Dios, manifestando mi más sincero agradecimiento por haberme dado la inteligencia y el ánimo necesario para sobrellevar y vencer los momentos más complicados de mi vida, por lo cual he conseguido continuar con el objetivo de conseguir mi titulación.

De igual manera, redacto este proyecto con el corazón a mi mamá, Marisela Elizabeth Aguilar Roldan, la cual ha sido una fuerza fundamental en cada etapa de mi vida. Su asistencia y dirección han sido inalterables, brindándome su apoyo sin límites. Con sus sabios consejos y ejemplos de vida, me ha enseñado que no hay que rendirse nunca y que es necesario tener valor para enfrentar los problemas. Es por esto, por lo que, con mucho respeto, le otorgo este proyecto de graduación como muestra de mi sincero agradecimiento.

Es significativo mencionar que esta devoción se extiende hacia mi abuelita María Luisa Roldan Cusme, quien siempre estuvo para mí en todo momento me inculcó sus valores desde muy pequeña y me alentó a seguir adelante, a mis hermanos Niurka y Cesar quienes han sido un eje fundamental, espero que este logro sea de inspiración para ellos en el futuro y siempre tengan presente que nada es imposible en la vida si se lo proponen. Por esta razón, deseo expresar mi reconocimiento hacia ellos y destinarles una porción de la labor, como símbolo de gratitud.

Además de ser un tributo a quienes han sido pilares en mi vida, este trabajo tiene una razón extra. Intento que este trabajo se vuelva una demostración clara de superación y conocimiento, que sirvan como ayuda motivadora en la propia senda de estudio y trabajo.



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO  
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRICIDAD**

**TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN**

f. \_\_\_\_\_

**ING. MELENDEZ RANGEL, JESUS RAMON PHD.**

**PRESIDENTE**

f. \_\_\_\_\_

**ING. UBILLA GONZALEZ, RICARDO XAVIER MSc.**

**COORDINADOR DE TITULACIÓN**

f. \_\_\_\_\_

**ING. HERAS SANCHEZ, MIGUEL ARMANDO MSc.**

**OPONENTE**

## ÍNDICE GENERAL

Resumen.....	XIV
Capítulo 1: Descripción general del trabajo de titulación.....	2
1.1 Introducción .....	2
1.2 Definición del Problema.....	3
1.3 Justificación del Problema.....	4
1.4 objetivos del Problema de Investigación.....	5
1.4.1 Objetivo general .....	5
1.4.2 Objetivos específicos .....	5
1.5 Hipótesis.....	5
1.6 Metodología de Investigación .....	6
1.6.1 Metodología bibliográfica.....	6
1.6.2 Metodología de recopilación de datos.....	6
1.6.3 Metodología de análisis cuantitativo.....	7
1.6.4 Metodología de análisis cualitativo .....	7
1.6.5 Metodología de diseño e implementación de medidas de optimización ..	7
1.6.6 Metodología de evaluación y seguimiento .....	8
Capítulo 2: Fundamentación Teórica .....	9
2.1 Diagrama Unifilar .....	10
2.1.1 Componentes de un diagrama eléctrico de una sola línea.....	12
2.2 Sistema de distribución eléctrica.....	19
2.2.1 Componentes de un sistema de distribución eléctrica .....	20
2.2.2 Tipos de sistemas de distribución eléctrica.....	21
2.2.3 Tipos de fuentes de energía que se utilizan en sistemas de distribución eléctrica.....	22
2.2.4 Medidas de seguridad al utilizar una fuente de energía en un sistema de distribución eléctrica.....	23
2.2.5 Optimizar un sistema de distribución eléctrica para lograr eficiencia y seguridad .....	24
2.2.8 Medidas de seguridad son necesarias al instalar un sistema de distribución eléctrica.....	26
2.2.9 Mantenimiento de un sistema de distribución eléctrica.....	27
2.2.10 Problemas comunes con los sistemas de distribución eléctrica.....	28
2.2.11 Mejores prácticas para mantener un sistema de distribución eléctrica	29
2.3 Bancos de transformadores en los sistemas de energía eléctrica .....	32
2.3.1 Funcionan los bancos de transformadores .....	33
2.3.2 Tipos de bancos de transformadores.....	35
2.3.3 Factores deben considerarse al seleccionar bancos de transformadores para un sistema de distribución de energía eléctrica .....	36

2.3.4 El tamaño de un banco de transformadores afecta su eficiencia en un sistema de distribución de energía eléctrica .....	37
2.3.4 La ubicación de un banco de transformadores afecta su eficiencia en un sistema de distribución de energía eléctrica .....	39
2.4 Conexión en estrella en sistemas de potencia trifásicos.....	<b>40</b>
2.4.1 Aplicaciones de la conexión en estrella en sistemas de energía trifásicos .....	41
2.4.2 Limitaciones de la conexión en estrella en los sistemas de potencia trifásicos.....	42
2.4.3 Conexión en estrella en motores .....	42
2.5 Amperímetro de Gancho .....	<b>43</b>
Capítulo 3: Aportes de la investigación.....	<b>47</b>
3.1 Situación actual de la facultad técnica.....	<b>47</b>
3.1.1 Cuarto eléctrico de la facultad técnica .....	48
3.1.2 Medidor de las instalaciones de la facultad técnica.....	50
3.1.3 Tablero de distribución principal de la facultad técnica.....	51
3.1.4 Tablero de automatización de la facultad técnica.....	53
3.1.5 Disyuntor principal del tablero de distribución de la facultad técnica .....	54
3.1.6 Tablero de transferencia manual (TTM) de la facultad técnica.....	55
3.1.7 Cuarto de transformación de la facultad técnica para el desarrollo. ....	56
3.2 Mediciones de fases en tiempo real hora pico.....	<b>58</b>
3.3 Mediciones de valores de voltaje en AC trifásico en el banco de transformadores de la facultad técnica para el desarrollo .....	<b>60</b>
Conclusiones y recomendaciones .....	65
Conclusiones.....	<b>65</b>
Recomendaciones.....	<b>66</b>
Bibliografías.....	67
Anexos.....	76
Glosario .....	78

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 2.1:</b> Diagrama unifilar ejemplo .....	12
<b>Figura 2.2:</b> Sistemas eléctricos de potencia (SEP) .....	13
<b>Figura 2.3:</b> Sistemas de información geográfica (SIG) .....	16
<b>Figura 2.4:</b> Diagrama unifilar eléctrico en Auto-CAD.....	17
<b>Figura 2.5:</b> Uso del software PowerGraph .....	18
<b>Figura 2.6:</b> Simbología utilizada en un Diagrama Unifilar.....	19
<b>Figura 2.7:</b> Diagrama de sistema de distribución eléctrica de CA.....	20
<b>Figura 2.8:</b> Partes de un sistema de distribución eléctrica .....	21
<b>Figura 2.9:</b> Fuente de AC en sistemas de distribución eléctrica .....	22
<b>Figura 2.10:</b> Sistema de distribución eléctrica de AC radial simple .....	23
<b>Figura 2.11:</b> Protección contra rayos .....	26
<b>Figura 2.12:</b> Sistema de distribución para mantenimiento y revisiones .....	30
<b>Figura 2.13:</b> Banco de Transformadores .....	33
<b>Figura 2.14:</b> Transformador de tipo poste .....	34
<b>Figura 2.15:</b> Transformador monofásico y trifásico .....	35
<b>Figura 2.16:</b> Software PSpice.....	37
<b>Figura 2.17:</b> Conexión en estrella.....	41
<b>Figura 2.18:</b> conexión estrella en un motor trifásico de corriente alterna .....	43
<b>Figura 2.19:</b> Amperímetro de gancho digital.....	44
<b>Figura 2.20:</b> Amperímetro de gancho flexible UT821A .....	45
<b>Figura 3.1:</b> Poste de hormigón ubicado cerca del cuarto de transformación. ....	47
<b>Figura 3.2:</b> Cuarto eléctrico de la facultad técnica para el desarrollo.....	49
<b>Figura 3.3:</b> Medidor de las instalaciones de la facultad técnica para el desarrollo de clase 20.120 a 480v. ....	51
<b>Figura 3.4:</b> Distribución y conexión de los disyuntores de alimentación en tablero de distribución principal .....	52

<b>Figura 3.5:</b> Conexión y distribución del tablero de automatización de la facultad técnica para el desarrollo .....	54
<b>Figura 3.6:</b> Disyuntor principal de 630A trifásico conductor de 350 MCM tipo THHN en el tablero principal de distribución (TDP) .....	55
<b>Figura 3.7:</b> Tablero de Transferencia Manual (TTM) de la facultad técnica para el desarrollo.....	56
<b>Figura 3.7:</b> Cuarto de transformación con una potencia de 100kva por transformador en conexión estrella trifásico.....	57
<b>Figura 3.8:</b> Medición de amperaje en fase 1 .....	58
<b>Figura 3.9:</b> Medición de amperaje en la fase 2 .....	59
<b>Figura 3.10:</b> Medición de amperaje en la fase 3 .....	59
<b>Figura 3.11:</b> Voltaje trifásico del primer transformador .....	60
<b>Figura 3.12:</b> Voltaje trifásico del segundo transformador .....	60
<b>Figura 3.13:</b> Voltaje trifásico del tercer transformador. ....	61
<b>Figura 3.14:</b> Conexión estrella. ....	62
<b>Figura 3.15:</b> Porcentaje de Incidencia para casa fase.....	63

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Mediciones de cargas por fases .....	59
Tabla 2: Mediciones de tensión/fase en el sistema de potencia FETD .....	61

## Resumen

El presente trabajo de titulación se enfoca en un estudio exhaustivo de las cargas eléctricas en la Facultad Técnica para el Desarrollo, con el objetivo de determinar el consumo de energía durante las horas de mayor demanda, conocido como Factor de Consumo en Horas Pico. Se llevará a cabo un amplio estudio que incluirá mediciones detalladas en el lugar designado, seguido de un levantamiento de información y un análisis pertinente. Este análisis permitirá ejecutar una nueva reforma técnica para mejorar el estudio actualizado del consumo y brindar recomendaciones para optimizar el sistema eléctrico. Además, se aspira que este proyecto de integración curricular contribuya al progreso de la administración de energía, mediante la transmisión de conocimientos nuevos y aplicables en condiciones parecidas y el avance hacia métodos más provechosos en el uso de la energía eléctrica.

**Palabras claves:** red eléctrica, diagrama unifilar, transformador, subestación, consumo eléctrico.

## ABSTRACT

This degree work focuses on an exhaustive study of the electrical loads at the Technical Faculty for Development, with the objective of determining the energy consumption during peak demand hours, known as Peak Hour Consumption Factor. A comprehensive study will be carried out that will include detailed measurements at the designated site, followed by a survey of information and a relevant analysis. This analysis will allow the execution of a new technical reform to improve the updated consumption study and provide recommendations to optimize the electrical system. In addition, it is hoped that this curriculum integration project will contribute to progress in the field of energy management by transmitting new and applicable knowledge in similar conditions and advancing towards more profitable methods in the use of electrical energy.

**Keywords:** electrical network, single-line diagram, transformer, substation, electrical consumption.

# **Capítulo 1:**

## **Descripción general del trabajo de titulación**

### **1.1 Introducción**

La correcta administración y preservación de un sistema de electricidad es importante para garantizar una buena administración y aumentar la vida útil de sus componentes. En este sentido, es fundamental actualizar los diagramas unifilares de fuerza y control, ya que las redes de electricidad, independientemente de su magnitud o nivel de tensión, están sujetas a alteraciones que se originan por su desarrollo y disposición.

Dentro del ámbito de la Facultad Técnica para el Desarrollo, el procedimiento de Actualización de los Esquemas de Electricidad empieza con un detallado estudio de la condición actual de la red. Se hace un inventario detallado de todos los componentes de la red eléctrica, esto permitirá una percepción clara y precisa de la siguiente manera para la creación del diagrama unifilar eléctrico. Este procedimiento empieza desde la base de la estación de la facultad, siguiendo la ruta del alimentador hasta el transformador que hace la función de proveer energía a la red de baja tensión o voltaje de la facultad técnica.

Una vez establecida la alimentación y la posición del transformador, se hace un rediseño del sistema eléctrico del transformador. En este momento, se contemplan los tableros de repartición, además del número de rutas, sus características y los parámetros de funcionamiento relacionados. El propósito fundamental es conseguir

una disposición óptima que genere una corriente de energía eficaz y disminuya las pérdidas en el sistema eléctrico.

Una vez generado del diagrama unifilar eléctrico de la facultad técnica, se realiza una simulación que permita analizar la conducta de las variables eléctricas del sistema. Esta representación permitirá una visualización más clara y precisa de la condición presente del sistema, y ofrecerá la posibilidad de encontrar áreas de optimización y realizar cambios que mejoren la energía y disminuyan las pérdidas.

## **1.2 Definición del Problema**

La problemática de este trabajo de integración curricular se centra en la carencia de información precisa y actualizada acerca de las cargas eléctricas presentes en la Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo. Esta carencia de información entorpece la puesta en marcha de métodos efectivos para la administración y la optimización del sistema eléctrico de la facultad, esto a su vez puede generar un uso ineficaz de la energía, costos elevados de operación y pérdidas energéticas.

La no existencia de un análisis detallado de las potencias eléctricas hace que no se comprenda con claridad los hábitos de consumo de energía en la institución, además de las zonas específicas que requieren de optimización. Esto se traduce en una deficiencia de información precisa para tomar decisiones con base en la planificación y administración de la energía eléctrica dentro de la institución.

### **1.3 Justificación del Problema**

La solución al problema de investigación planteado se centra en realizar un análisis de las cargas eléctricas en la facultad de Educación Tecnología para el Desarrollo, seguido de la implementación de medidas de optimización energética en el sistema eléctrico de la institución. Esta solución tiene como objetivo mejorar la eficiencia energética, reducir el consumo de energía durante las horas pico y disminuir las pérdidas energéticas en la infraestructura eléctrica de la facultad.

Como forma de remediar este inconveniente se ha planteado la realización de un análisis detallado que tenga en cuenta mediciones precisas y un estudio de las potencias eléctricas existentes en la facultad. Esto dará la oportunidad de conseguir información actualizada sobre las formas de consumir energía y la petición de electricidad en diferentes momentos, que van desde las horas de mayor demanda hasta la media de la noche. Utilizaremos métodos y herramientas de medición y análisis de electricidad para conseguir información de confianza y generar un entendimiento detallado de la magnitud de la carga eléctrica presente en la escuela.

Una vez recolectada y estudiada la información, se ejecutarán acciones de optimización de energía. Esto puede comprender la reorientación de la configuración de electricidad, la optimización de la distribución de peso, la instalación de instrumentos de control y gestión de energía, además del advenimiento de métodos más provechosos. Estas acciones están específicamente planificadas para achicar la utilización en los periodos de mayor consumo, para disminuir las pérdidas de energía y para aumentar la eficiencia del sistema eléctrico de la institución.

## **1.4 objetivos del Problema de Investigación**

### **1.4.1 Objetivo general**

Realizar un estudio detallado acerca de la carga eléctrica actualizada de la Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, con el fin de encontrar oportunidades de mejora en materia de energía eléctrica, reducción de costos económicos y sostenibilidad.

### **1.4.2 Objetivos específicos**

- 1) Levantar información técnica en el sitio del estado actual energético de la Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo.
- 2) Obtener datos precisos del consumo de energía eléctrica por fase en tiempo real, utilizando multímetro digital de gancho, conectando todas las cargas eléctricas existentes en la Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo.
- 3) Analizar la carga existente actualizada en relación con la potencia instalada del banco de transformadores.

## **1.5 Hipótesis**

La elaboración de un análisis detallado y extenso de la energía eléctrica presente en la facultad de educación técnica para el desarrollo además de la implementación de acciones de optimización en el sistema eléctrico de la institución que genere un efecto positivo en términos de energía eléctrica. Se aspira que estos comportamientos generen una gran reducción de la energía consumida durante las horas de mayor consumo y una disminución de las pérdidas de energía en el sistema eléctrico de la institución. En consecuencia, a estos trabajos, se pretende conseguir

una grande mejoría en la sustentabilidad del ambiente y una disminución de los costos de la energía eléctrica que recibe la institución.

## **1.6 Metodología de Investigación**

La metodología de este trabajo de integración curricular se basa en un enfoque mixto, combinando enfoques cuantitativos y cualitativos para lograr una comprensión completa y precisa de la carga que desarrolla el Instituto de Educación Técnica y determinar su validez. Estrategia de optimización aplicada. A continuación, se describen los pasos básicos de cada método utilizado en este trabajo.

### **1.6.1 Metodología bibliográfica**

Se hará una exploración completa de la literatura científica y de tecnología relacionada con el análisis de las potencias eléctricas, la eficiencia de energía y la administración de la energía dentro de instituciones formativas. Esta investigación dará lugar a una revisión de la teoría que será útil, un descubrimiento de métodos ya utilizados en investigaciones parecidas y una recolección de información importante acerca de las mejores maneras de solucionar el problema (Cervantes, 2021).

### **1.6.2 Metodología de recopilación de datos**

Se ejecutarán mediciones específicas de la utilización de la energía eléctrica en diferentes zonas de la facultad en periodos representativos, particularmente durante las horas de mayor demanda. Esta información será mediante la utilización de herramientas de medición apropiadas, como, por ejemplo, medidores de energía y registradores de información. También, se recogerán datos adicionales, como bocetos

de electricistas, información acerca de los equipos y las particularidades del sistema de electricidad (Montes, 2020).

### **1.6.3 Metodología de análisis cuantitativo**

Los números recolectados serán analizados a través de métodos estadísticos y herramientas de recolección de datos para determinar la utilización de energía en los periodos de mayor consumo, calcular el Fator de Consumo en Horas Pico y examinar la calidad de la energía del sistema eléctrico de la institución. Se harán contrastes con respecto a datos histórico y a las normas de consumo de energía eléctrica con el fin de hallar áreas de progreso y posibles optimizaciones (Anguera et al., 2020).

### **1.6.4 Metodología de análisis cualitativo**

Se harán entrevistas y cuestionarios a empleados y estudiantes de la facultad para conseguir información cualitativa acerca de las costumbres de consumo de energía, las opiniones acerca de la eficiencia de energía y las dificultades para la adopción de medidas para la optimización. Estos datos cualitativos brindarán una mayor comprensión de las causas sociales y culturales que tienen la influencia en el consumo de energía y harán que los resultados numéricos sean más comprensibles (Conejero, 2020).

### **1.6.5 Metodología de diseño e implementación de medidas de optimización**

A partir de los resultados del análisis cuantitativo y cualitativo, se implementarán estrategias particulares de optimización del sistema eléctrico. Estas acciones podrían contemplar la redistribución de las tareas, la instalación de

herramientas de control de energía, la optimización de la eficiencia de los dispositivos y el advenimiento de prácticas sustentables. Los índices de desempeño se utilizarán para determinar la validez de estas soluciones (Sáchica, 2020).

#### **1.6.6 Metodología de evaluación y seguimiento**

Se ejecutará un control periódico de la capacidad de las acciones tomadas, midiendo en la utilización de energía y contrastando los resultados con los índices de desempeño esperados. Se recogerán críticas y sugerencias de los usuarios con el fin de examinar la aceptación y el efecto de las acciones (Zangara & Sanz, 2020).

## **Capítulo 2:**

### **Fundamentación Teórica**

En el presente capítulo, se aborda el marco o fundamento teórico, con el fin de proporcionar un sustento conceptual y teórico que sea capaz de explicar adecuadamente el tema de la carga eléctrica de la Facultad de Educación técnica para el Desarrollo de la UCSG.

El marco teórico es considerado como una etapa fundamental dentro de la investigación, ya que se origina a partir de una investigación crítica y detallista de los escritos de las personas que se desempeñan en el ámbito de dicha área, además de las teorías y conceptos fundamentales que se relacionan con el asunto en cuestión. Este punto de vista pone a disposición las teorías fundamentales para examinar, entender y probar los provechos obtenidos durante el desarrollo de este proyecto de integración curricular.

En el capítulo en cuestión se abarcará diversos aspectos importantes para entender la magnitud de la carga eléctrica y sus consecuencias dentro del ámbito de la facultad. Se investigarán ideas fundamentales asociadas a la energía eléctrica, la administración de la carga y la sustentabilidad, entre otras cuestiones importantes.

El análisis detallado y crítico de las obras existentes dará soporte a las ideas, sugerencias y acciones que se quieran realizar durante el estudio. También, ayudará a generar nuevo conocimiento al hallar posibles fallas o áreas de estudio que necesiten mayor atención en el ámbito de la carga eléctrica y la comodidad energética en instituciones de educación superior.

## 2.1 Diagrama Unifilar

El Diagrama Unifilar es un documento esencial dentro del contexto del Proyecto Eléctrico. Esta representación gráfica de la instalación eléctrica se convierte en una valiosa guía para el diseño, construcción y evaluación de posibles fallas. Distinguiéndose de los esquemas de conexiones, el Diagrama Unifilar se caracteriza por ser un diagrama de un solo hilo, y su objetivo principal es mostrar la interacción entre los distintos elementos que componen la instalación eléctrica. Dentro del Diagrama Unifilar, es crucial incluir una serie de elementos que proporcionan información clave sobre la instalación. Entre ellos se encuentran (Córdova, 2019):

- Nombre de la instalación eléctrica: Este dato identifica de manera única la instalación en cuestión.
- Ubicación: Indica el lugar físico donde se encuentra la instalación eléctrica.
- Acometida: Se refiere al punto de conexión entre la red de suministro eléctrico y la instalación.
- Transformadores: Son componentes esenciales para ajustar el voltaje de entrada a un nivel adecuado para su utilización en la instalación.
- Circuitos alimentadores: Son los conductores principales que distribuyen la energía eléctrica desde la fuente de suministro hacia los diferentes tableros de distribución.
- Tableros: Representan los puntos de distribución de energía donde se separa y dirige hacia los distintos circuitos derivados.
- Protecciones: Incluyen dispositivos como interruptores y fusibles que brindan seguridad al sistema eléctrico, protegiéndolo de sobrecargas y cortocircuitos.

- Circuitos derivados: Son las ramificaciones de la instalación eléctrica que alimentan cargas específicas, como enchufes, luminarias o equipos específicos.
- Calibres de conductores: Indican el grosor de los cables utilizados en la instalación, y se seleccionan en función de la corriente que deben transportar.
- Longitud del circuito: Hace referencia a la distancia física que abarca el circuito eléctrico, medida en metros.
- Corriente nominal: Es la cantidad de corriente que es segura de circular por un circuito específico y se mide en Amperes.
- Caída de tensión: Se define como la falta de fuerza al recorrer un trayecto debido a la oposición de los componentes o de los conductores.
- Corriente de corto circuito: Es la corriente que se genera en el caso de un cortocircuito, y su magnitud tiene una importancia importante en el momento de elegir los dispositivos de protección apropiados.
- Equipos instalados: Describe los dispositivos de electricidad ubicados dentro de la utilización.
- Consumo: Indica la cantidad de energía eléctrica que consume cada equipo o carga, medida en Watts.
- Fases de alimentación: Determina las fases (monofásicas o trifásicas) utilizadas para alimentar los diferentes equipos y cargas.
- Voltaje de operación: Especifica el voltaje nominal requerido para el funcionamiento de los equipos y cargas, como 110V, 220V o 460V.



eléctrico en su conjunto y notar posibles dificultades o errores. Estos gráficos posibilitan observar la disposición y el paso de energía dentro del sistema, esto ayuda a ubicar las zonas críticas y a poner en marcha medidas de mitigación y perfeccionamiento (Hong et al., 2019).

**Figura 2.2:** Sistemas eléctricos de potencia (SEP)



Fuente: (*Energy X*, 2022)

Los diagramas unifilares poseen una alta volubilidad para los términos de protección y preservación. En la ocasión de exhibir el vínculo de electricidad entre los dispositivos, le ayudan a calcular la distribución de peso, determinar la capacidad de los conductores y elegir las salvaguardias apropiadas. Esto ayuda a garantizar la buena operatividad del sistema eléctrico y a evitar posibles dificultades o riesgos. Dentro del ámbito de la planeación fuera de línea, estos modelos se emplean para reproducir diferentes situaciones y analizar su influencia sobre el sistema, esto con el fin de tomar decisiones fundadas en términos de aumento de la eficiencia, mejoras y extensión de los diagramas (Hussain et al., 2018).

### **2.1.2 Beneficios de usar un diagrama eléctrico de una sola línea**

Un diagrama eléctrico unifilar es una representación gráfica de un sistema de energía eléctrica, utilizado para la planificación y operación de sistemas de distribución. Es extremadamente útil para proporcionar un contexto visual para complementar los datos numéricos para las redes eléctricas. Se utiliza para apoyar el estudio, análisis y presentación de datos del sistema de energía. Además, es beneficioso visualizar rápidamente grandes sistemas de energía, ya que fusiona el contexto geográfico con la claridad lógica. La generación de un diagrama unifilar se puede automatizar utilizando identificadores de subestación geoetiquetados y el modelo de rama del bus de sistema. Sin embargo, si la información de posición del nodo no está disponible, se necesitan algoritmos de dibujo que puedan generar las coordenadas de los buses automáticamente (Birchfield & Overbye, 2018).

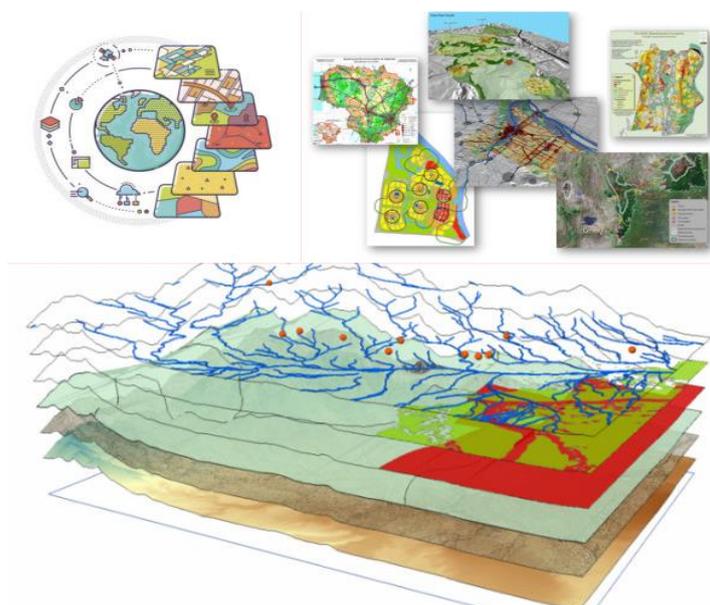
Uno de los principales desafíos es encontrar el algoritmo más adecuado para generar diagramas visualmente agradables que aumenten la eficiencia de los despachadores e ingenieros. El método basado en Delaunay se emplea para enrutar líneas de transmisión entre subestaciones, que segmenta los dibujos de las líneas de transmisión para evitar la superposición con subestaciones y otras líneas. Un programa que puede generar automáticamente un diagrama de sistema unifilar fácilmente legible es una herramienta útil para este propósito. Además, los diagramas unifilares navegados por computadora que se pueden ampliar y desplazar en el software de planificación y análisis sirven como una plataforma adicional para el análisis del sistema (Birchfield & Overbye, 2018).

### **2.1.3 Pasos en el diseño de un diagrama eléctrico de una sola línea**

Diseñar un diagrama eléctrico unifilar es una tarea compleja y es importante minimizar los errores manuales y el esfuerzo en este proceso. El paso inicial es abstraer todos los componentes del sistema de distribución eléctrica, como buses de red, extensiones, interruptores y transformadores, en bordes y nodos. Anteriormente, los diagramas unificables se creaban manualmente utilizando CAD o placas de circuitos. Sin embargo, se ha propuesto una nueva metodología para generar automáticamente un diagrama lineal utilizando datos geoespaciales AM/FM/GIS. Este algoritmo de enrutamiento eficiente para el gráfico del sistema de potencia permite eliminar la intersección de líneas, mejorando así el diseño general (Li et al., 2017).

Los SIG se han utilizado ampliamente para sistemas de gestión de energía para proporcionar una plataforma visual para el análisis, diseño y operación de sistemas de distribución eléctrica. Además, SIG también facilita el análisis de parámetros como el flujo de carga, el nivel de falla y los cálculos de cortocircuito. Además, la información almacenada en el SIG es esencial para la creación de diagramas unificables, que pueden ser utilizados por los técnicos para el análisis de fallas y otras operaciones. Finalmente, los diagramas unificables también se pueden utilizar como referencia para la planificación y el mantenimiento del sistema de distribución eléctrica. Por lo tanto, la generación de diagramas unificables basada en GIS es un método eficiente y confiable para diseñar y mantener sistemas de distribución eléctrica (Li et al., 2017).

**Figura 2.3:** Sistemas de información geográfica (SIG)



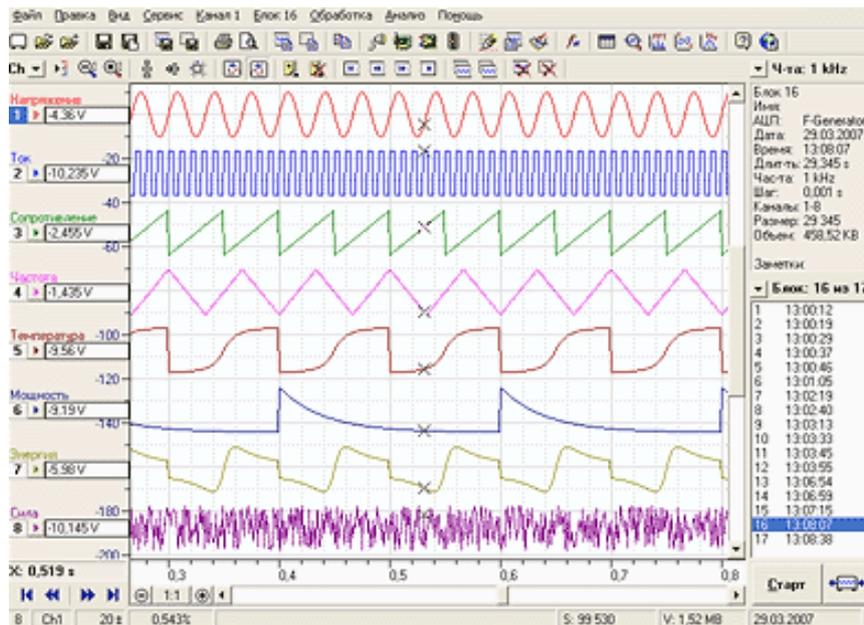
Fuente: (Boris, 2022)

### **2.1.3 Herramientas para diseñar un diagrama eléctrico unifilar**

Las herramientas necesarias para diseñar un diagrama eléctrico unifilar varían según el propósito de la subestación y su ubicación. Los símbolos se utilizan para representar equipos eléctricos en un diagrama de una sola línea, y se requiere conocimiento de los elementos del sistema de una empresa eléctrica, como generadores, líneas de transmisión, líneas de distribución y sistemas de servicios públicos vecinos, para diseñar un diagrama de una sola línea. Auto-CAD permite al usuario introducir parámetros del sistema y PowerGraf, una herramienta para diseñar diagramas unifilares ayuda a visualizar sobrecargas, problemas de bajo voltaje e interrupciones en el sistema general (Pattnaik et al., 2020).



**Figura 2.5:** Uso del software PowerGraph



Fuente: (PowerGraph, 2019)

### 2.1.4 Medidas de seguridad al interpretar un diagrama eléctrico de una sola línea

Tomar medidas de seguridad al interpretar un diagrama eléctrico de una sola línea es de suma importancia. Para empezar, uno debe asegurarse de que están familiarizados con las reglas básicas de interpretación de los resultados de las pruebas y evitar seguirlos ciegamente. Como tal, el conocimiento del diagrama unifilar es esencial cuando se trata de seguridad eléctrica. Es importante tener en cuenta cualquier precaución de seguridad relacionada que se haya establecido desde los albores de la técnica. Además, los responsables de la interpretación de los esquemas eléctricos unifilares deben estar atentos a la seguridad del paciente antes de comenzar cualquier procedimiento. Esto se debe a que las ondas eléctricas comprenden campos eléctricos y magnéticos (Feng et al., 2018).

**Figura 2.6:** Simbología utilizada en un Diagrama Unifilar

Símbolo		Significado	Símbolo		Significado	Símbolo		Significado
Unifilar	Multifilar		Unifilar	Multifilar		Unifilar	Multifilar	
		Interruptor			Toma de corriente bipolar de 15 A con toma de tierra T			Interruptor de control de potencia (ICP)
		Interruptor Bipolar			Toma de corriente bipolar de 25 A con toma de tierra			Interruptor automático bipolar F+N (PIA) magnetotérmico
		Interruptor doble			Toma de corriente trifásica con toma de tierra			Interruptor automático bipolar (PIA) magnetotérmico
		Conmutador			Caja de registro			Interruptor automático tripolar (PIA) magnetotérmico
		Conductor 1 hilo Conductor 2 hilo Conductor 3 hilo			Cuadro general de mando y protección			Interruptor automático tetrapolar (PIA) magnetotérmico
		Conductor tierra						

Fuente: (*Electrónica Online*, 2019)

Para garantizar que se mantenga la seguridad, se debe verificar que los puntos del borde izquierdo sean seguros. Además, se deben tener en cuenta las tensiones eléctricas experimentadas durante la prueba. Además, el conocimiento de la densidad de carga eléctrica y el proceso de interpretación de los datos son necesarios. Este proceso implica trazar los datos en un gráfico para demostrar las características tridimensionales. Por último, es importante ser conscientes de las implicaciones de los materiales eléctricos durante los accidentes, ya que la seguridad de estos materiales es cada vez más importante (Feng et al., 2018).

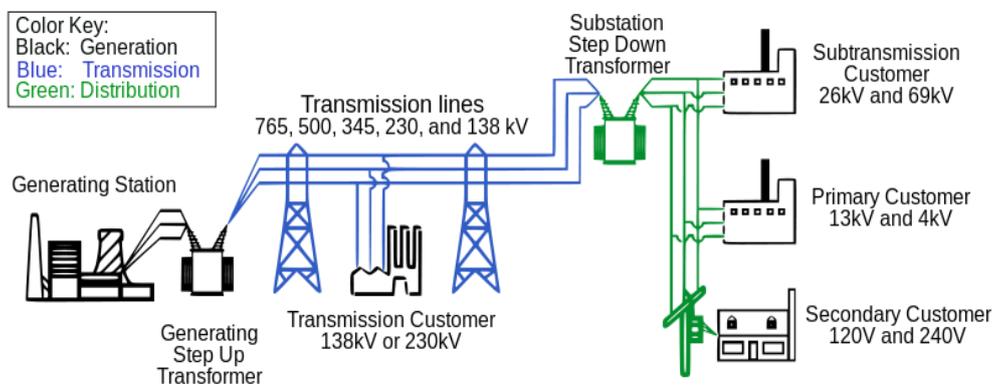
## 2.2 Sistema de distribución eléctrica

Los tableros eléctricos tienen un rol importante dentro del sistema de repartición de energía, debido a que su labor principal es recibir la energía eléctrica en un lugar concentrado y luego distribuirla de manera proporcional a través del sistema. Esto se logra al separar las varillas, de modo que la energía se reparte hacia objetos más pequeños o ramas secundarias. Estos tableros igualmente tienen un rol importante al posibilitar la protección contra sobrecargas, sobre extensiones y errores en la

tierra, además de facilitar las relaciones de auxiliares o de emergencia en el caso de que se produzcan fallas en el circuito principal (Tapias et al., 2018).

En otras palabras, los tableros eléctricos se responsabilizan de tomar, distribuir y preservar la energía de manera eficaz. A través de su creación y disposición, garantizan que la energía se reparta de manera equitativa hacia las cargas de menor tamaño o ramas obtenidas. Además, estos tableros obran como defensa al hacer que conserven la bioseguridad a través de la protección a tierra. En el caso en el que sucedan errores en el circuito principal, los tableros eléctricos están preparados para encender un circuito suplementario sin detener la acción principal, esto es, posibilitando que la energía eléctrica se continúe suministrando de manera ininterrumpida (Tapias et al., 2018).

**Figura 2.7:** Diagrama de sistema de distribución eléctrica de CA



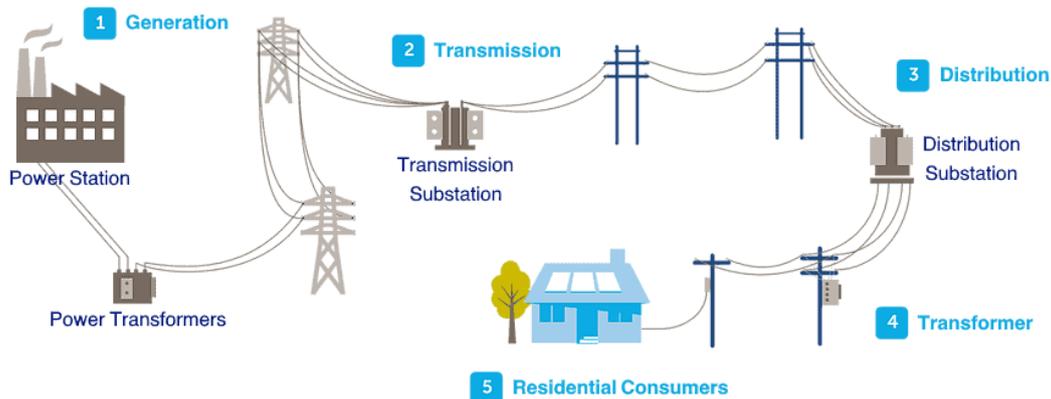
Fuente: (Sector Electricidad, 2019)

### 2.2.1 Componentes de un sistema de distribución eléctrica

El sistema de distribución de electricidad es valorado como un componente fundamental dentro de la infraestructura de energía actual. Su constitución contiene alimentadores y subestaciones, los cuales tienen un gran papel en las pérdidas de energía eléctrica y las interrupciones que pueden producirse a causa de fallas en el sistema. También, este sistema se estima como el eje de la red de electricidad, ya que

posibilita la propagación de energía desde los puestos de generación hasta los usuarios finales. Con el fin de hacer su labor, este sistema reúne diversos componentes, como son media tensión, paneles solares, cargadores de baterías, baterías, convertidores DC-DC, cargas y reforzadores de red (Keihan Asl et al., 2020).

**Figura 2.8:** Partes de un sistema de distribución eléctrica



Fuente: (*Electrical Technology*, 2021)

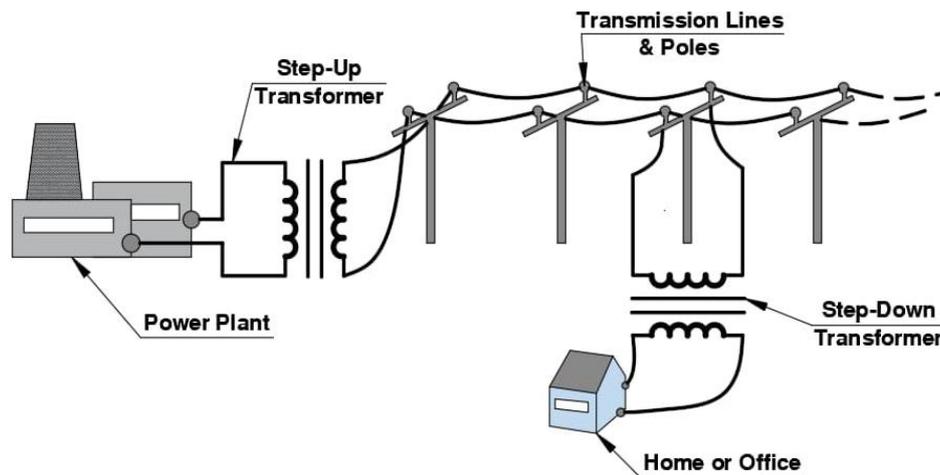
Con el fin de garantizar la correcta ejecución de todos estos componentes, es importante tener en cuenta un modelo específico de la red de electricidad y los distintos perfiles de descarga de las subestaciones secundarias durante todo el año. Además, se requiere un procedimiento específico que tome en consideración la disponibilidad de fondos, a la vez que evite intrusismos en la internet y garantiza una distribución uniforme de las zonas de carga. De esta manera, se aspira a lograr una óptima y eficaz administración del sistema de distribución eléctrica (Keihan Asl et al., 2020).

### 2.2.2 Tipos de sistemas de distribución eléctrica

Los sistemas de distribución de electricidad tienen un rol importante dentro de la proveeduría de energía, y se pueden clasificar en dos clases principales: sistemas de CA y de CC. Los sistemas de CA se utilizan a nivel mundial debido a que son

populares y tienen una rentabilidad comprobada a través del tiempo. Sin embargo, los sistemas de corriente alterna están recibiendo popularidad debido a su habilidad de disminuir la pérdida de energía y aumentar la eficiencia del sistema en su totalidad (Razavi et al., 2019).

**Figura 2.9:** Fuente de AC en sistemas de distribución eléctrica



Fuente: (*Industrial Quick*, 2023)

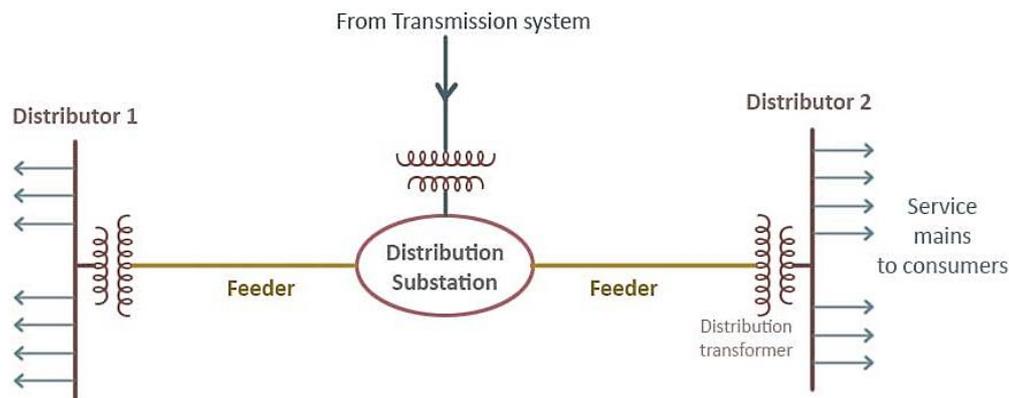
En los métodos de CC, se utilizan convertidores de potencia electrónicos para instaurar el vínculo entre el ferrocarril de CC y la red de CA, y en cada uno de los puntos de conexión con el ferrocarril de CC para proveer energía de manera repartida. Estos convertidores de potencia electrónicos son capaces de generar flujos o voltajes de un mismo carácter en el sistema, esto a su vez puede influir de manera adversa en la calidad de la energía. Para reducir la magnitud de la corriente armónica, se utilizan filtros y convertidores que tienen dirección de dos vías, los cuales ayudan a preservar una buena calidad de energía en el sistema (Razavi et al., 2019).

### 2.2.3 Tipos de fuentes de energía que se utilizan en sistemas de distribución eléctrica

En una red de distribución de energía, los componentes que la conforman tienen un rol importante y se clasifican en dos categorías en base a su voltaje: 1000V

y más de 1000V. Dentro del sistema de abastecimiento de energía de una compañía o industria, se hallan componentes como subestaciones de suministro, distribución, transformadores y convertidores, además de una red de cables, líneas de electricidad aéreas y conductores (Semenov et al., 2019).

**Figura 2.10:** Sistema de distribución eléctrica de AC radial simple



Fuente: (Daware, 2021)

También, dentro del sistema de distribución se mezclan fuentes de energía alternativa (RES, por sus iniciales en inglés). Estos recursos cuentan con energía solar fotovoltaica, un sistema de almacenamiento, un vehículo eléctrico híbrido enchufable (PHEV) y una fuente de energía de diésel. Asimismo, se emplean aerogeneradores eólicos (WT), generadores de energía fotovoltaica y pilas de combustible (FC). En este contexto, se utilizan estaciones de carga para automóviles de energía eléctrica (EVCS) y motores de origen renovable (REG) (Semenov et al., 2019).

#### **2.2.4 Medidas de seguridad al utilizar una fuente de energía en un sistema de distribución eléctrica**

La fiabilidad es una característica de gran importancia en el ámbito de las fuentes de energía de una red o sistema de distribución. La fiabilidad del sistema en cuestión está cercanamente ligada a la preservación y comodidad de los individuos

que dependen de él. A pesar de ello, los riesgos de la electricidad son una intimidación grande, particularmente en el momento en que el estímulo corporal ante estas circunstancias se ve perjudicado. La reducción de la seguridad del personal aumenta el peligro de riesgos y pone en riesgo su existencia. Es fundamental tener en cuenta que inclusive niveles bajo de energía han sido posible causa de heridas graves, como la parálisis de la respiración o la fibrilación del corazón, las cuales son posible que sean fatales para la integridad de las personas (D. Wang et al., 2018).

De modo que, como consecuencia, es fundamental disponer de métodos que regulen la fuente de energía y garanticen un máximo rendimiento en todo momento. Una excelente manera de conseguirlo es a través de la utilización de un programa de monitoreo automático. Este programa tiene la habilidad de advertir inmediatamente cualquier alteración o fallo que ocurra en tiempo real. Cuando se hace esto, apoya a mitigar significativamente el peligro de que los dispositivos se desplomen o fallen, esto sería de gran peligro para las personas. También, la monitorización de los componentes de la alimentación en tiempo real simplifica la administración de las labores de preservación, tanto las ordinarias como las extraordinarias. Este monitoreo constante y especificado es importante para garantizar la fiabilidad del personal (D. Wang et al., 2018).

### **2.2.5 Optimizar un sistema de distribución eléctrica para lograr eficiencia y seguridad**

La optimización de un sistema de distribución eléctrica para la seguridad y la eficiencia es un proceso complejo. Implica considerar los diferentes componentes del sistema, como el sistema de almacenamiento híbrido de batería-supercondensador y el sistema de alimentación de múltiples fuentes. La simulación es necesaria para

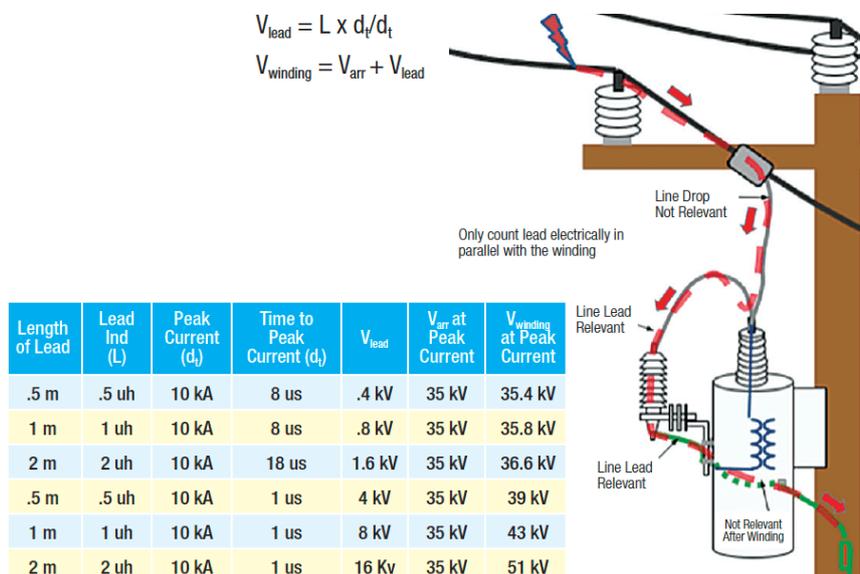
determinar la configuración óptima para cada caso. El dimensionamiento óptimo propuesto debería considerar diferentes modos de operación y dos dinámicas diferentes en términos de almacenamiento de energía. La optimización debe tener en cuenta la satisfacción de las necesidades de los consumidores, mientras que el objetivo es garantizar el menor costo nivelado de suministro de energía (LPSP) y minimizar el costo total de la electricidad (TCE). El modelado matemático de los componentes de la microrred es esencial, y se puede utilizar software como el solucionador HOMER, GAMS y CPLEX para realizar programas de optimización (Abdelkader et al., 2018).

Todo el sistema de distribución de energía debe diseñarse como un sistema de convertidores controlables para optimizar el costo y la confiabilidad general del sistema. La aplicación de una estructura nanogrid-microgrid ayuda en el desacoplamiento dinámico jerárquico de generación, distribución y consumo, con convertidores bidireccionales utilizados como centros de control de energía. La implementación de un programa de respuesta a la demanda puede reducir la cantidad de baterías, inversores y capacidad de celdas fotovoltaicas requeridas, lo que a su vez reduce los costos actuales netos totales. También puede reducir el pico de cargas consumidas, aumentar el factor de carga consumida y el factor de correlación y, por lo tanto, optimizar el sistema de distribución eléctrica. En general, la optimización de un sistema de distribución eléctrica implica determinar la configuración óptima para cada caso, con el fin de lograr un sistema confiable y rentable (Abdelkader et al., 2018).

## 2.2.8 Medidas de seguridad son necesarias al instalar un sistema de distribución eléctrica

Con el fin de reducir el peligro de dañar los sistemas de distribución de electricidad, es fundamental llevar a cabo ciertas prácticas recomendadas. Una de las más importantes es aumentar la aislación de los dispositivos, esto ayuda a disminuir la probabilidad de que el aislante se rompa a causa de una sobreintensidad. Además, la utilización de cableados blindados añade una seguridad extra en contra de sobretensiones de alta energía. Finalmente, es importante poner pararrayos en cada uno de los postes de la red de distribución para cuidar el sistema de descargas de relámpagos. Estos artefactos son muy efectivos para dispersar la energía que genera la tormenta y además disminuyen el peligro de dañar el sistema de transmisión ocasionado por sobrevoltajes (Barradas et al., 2020).

**Figura 2.11:** Protección contra rayos electricos



Fuente: (INMR, 2020)

La mezcla de estas soluciones, que incluye la utilización de aisladores de mayor grado, cabos blindados y pararrayos, ofrece la mayor protección frente a las

sobretensiones que genera el origen del planeta. Aparte de estas adecuadas prácticas, la incorporación de artefactos de protección contra sobreintensidad es posible que sea provechoso para preservar los sistemas de alimentación eléctrica. Estos artefactos son capaces de hallar y cuidar para que no se generen aumentos súbitos de corriente, esto ayuda a disminuir el peligro de daños a los equipos de electricidad y a mantener su funcionamiento óptimo (Sulligoi et al., 2020).

### **2.2.9 Mantenimiento de un sistema de distribución eléctrica**

La política correcta de administración de energía (EDS) es fundamental para reducir los costos de funcionamiento y mantenimiento al tiempo que se incrementa la fiabilidad. Este es un asunto complejo de solucionar para los especialistas en ingenierías y los gerentes, y existe diversas formas de entender la matemática para apoyar a la optimización de las labores de preservación. Varias actividades de mantenimiento y gestión son realizadas por equipos de expertos que forman parte de la sección de operación de las empresas de distribución de electricidad. El objetivo principal es de proporcionar electricidad segura, estable y segura para las personas o público en general (Y. Wang et al., 2023).

Reducir el número de paradas es un indicador importante de la satisfacción del cliente y de la industria. Las otras partes de las empresas de distribución de electricidad incluyen el departamento de programación e ingeniería, ventas y servicios al cliente, finanzas y soporte. La programación matemática y los algoritmos heurísticos son dos métodos que se pueden utilizar para optimizar las tareas de mantenimiento y reducir las paradas. Los límites superior e inferior se pueden utilizar para validar los resultados de los algoritmos. La programación del mantenimiento preventivo es importante para reducir las paradas y mejorar la eficiencia financiera en el mercado

eléctrico. Además, el mantenimiento es un elemento importante orientado a los costos en las empresas de distribución de energía, ya que juega un papel importante en el mantenimiento de la confiabilidad del sistema (Alimohammadi & Behnamian, 2021).

### **2.2.10 Problemas comunes con los sistemas de distribución eléctrica**

Los problemas frecuentes con respecto a los sistemas de electricidad se deben a interrupciones en la distribución a causa de eventos climáticos severos que pueden poseer consecuencias fatales a corto y largo plazo. Para solucionar esto, la capacidad de resiliencia de los sistemas de distribución de energía se ha convertido en una meta fundamental para la energía renovable. Incidentes naturales como tormentas de viento y terremotos representan una amenaza para el funcionamiento óptimo de las redes de distribución. Se implementan programas de respuesta a la demanda ajustables e interrumpibles (DRP) para mejorar la operación resiliente de las microrredes (MG). El impacto de la incertidumbre del precio de la red aguas arriba en la programación óptima de las MG se modela utilizando el enfoque de optimización robusta. Debido a las incertidumbres siempre presentes, la operación óptima de las MG orientada a la resiliencia es aún más crítica y debe modelarse mediante herramientas eficientes de modelado de incertidumbre. En este sentido, se requieren soluciones operativas para mejorar la resiliencia de la red. Se utiliza un enfoque de optimización robusta estocástica híbrida (HSRO) para obtener la programación óptima de una MG en modo de operación normal y resiliente. Las incertidumbres dominantes, como la energía eólica, la energía fotovoltaica (PV) y las cargas eléctricas activas/reactivas, se modelan mediante optimización estocástica. Las microrredes se consideran una solución viable para mejorar la resiliencia de las redes de distribución. Los procedimientos de suministro y restauración de energía son una preocupación permanente cuando se operan los sistemas de distribución eléctrica. Las empresas

eléctricas buscan mejorar los procesos de negocio relacionados con la gestión de los recursos humanos y materiales para tener una operación eficaz sin aumentar los costos operativos (Dehghani et al., 2021).

Las estrategias de fortalecimiento de la red se encuentran entre los métodos efectivos para mejorar la resiliencia y la dependencia de las infraestructuras aéreas para la distribución de electricidad ha requerido un cambio de paradigma en la gestión de la red hacia la mejora de la resiliencia. Con la flexibilidad y las ventajas del modelo validadas a través de la investigación empírica, el establecimiento del umbral de diagnóstico de importancia condicional y los métodos de cálculo del estándar de diagnóstico de importancia están diseñados para lidiar con la distribución de datos desequilibrada que ocurre comúnmente. El modelo de predicción auto adaptativo propuesto, puede proporcionar una alerta temprana de posibles riesgos de fallas en los sistemas de distribución. El algoritmo propuesto permite que un porcentaje relativamente alto de la carga permanezca en servicio después de fallas en la línea y puede identificar la topología de la red radial en función del rango de la matriz de incidencia. Se resuelve un problema de programación de DER óptimo para minimizar el costo acumulativo de la operación de DER y la reducción de carga. Los recientes eventos climáticos extremos y cibernéticos han expuesto la vulnerabilidad de la red eléctrica y planteado un nuevo requisito para la resiliencia del sistema. En consecuencia, las estrategias de planificación impulsadas por la resiliencia para los recursos del sistema aún están en desarrollo y requieren más investigación (Dehghani et al., 2021).

#### **2.2.11 Mejores prácticas para mantener un sistema de distribución eléctrica**

Los mejores métodos para conservar un sistema de electricidad son esenciales para conseguir el grado deseado de fiabilidad. La administración del mantenimiento

es una pieza fundamental de las técnicas de gestión de activos que tienen la capacidad de aumentar la fiabilidad de los sistemas de suministro de energía. El programa de mantenimiento debe contemplarse a largo y corto plazo, y su propósito es priorizar las labores en función del efecto que puede tener una equivocación. Se pueden implementar estrategias como línea directa, línea fría y neutral para reducir los costos de un sistema de distribución eléctrica. El mantenimiento basado en riesgos es el enfoque más reciente utilizado para planificar el mantenimiento de las redes. Para la planificación a largo plazo del mantenimiento de las redes aéreas de distribución de media tensión, se puede proponer una formulación lineal entera mixta extendida que tenga en cuenta varias restricciones, como el presupuesto anual, la energía no suministrada y la energía promedio no suministrada (Mirsaeedi et al., 2018).

**Figura 2.12:** Sistema de distribución para mantenimiento y revisiones



Fuente: (Roderick, 2021)

El Análisis de Modos y Efectos de Falla (FMEA), es una herramienta útil para identificar posibles modos de falla y sus efectos en el sistema, se puede emplear para minimizar el costo total de confiabilidad que incluye acciones de mantenimiento correctivo, tareas de PM, e inversiones de cambio automático. Además, el

mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM) es una mejor práctica que puede ayudar a seleccionar estrategias óptimas para cada modo de falla y reducir los costos de mantenimiento. Además, la instalación de interruptores controlados remotamente (RCS) puede mejorar el tiempo de interrupción y la reconfiguración del alimentador de distribución puede conducir a una reducción en los costos operativos. El modelo propuesto para la planificación del mantenimiento [está diseñado como un problema de dos niveles, con microrredes realizando la planificación del mantenimiento en el primer nivel y DSO realizando la programación diaria en el segundo nivel (Enjavimadar & Rastegar, 2022)].

Los servicios de mantenimiento pueden dar lugar a una reducción significativa de los costes operativos y serán rentables a largo plazo. Además, la operación coordinada de los sistemas de almacenamiento y los programas de respuesta a la demanda pueden reducir los costos operativos, y la planificación del mantenimiento es importante para mejorar la confiabilidad de las microrredes y satisfacer las limitaciones técnicas y económicas. El enfoque propuesto para la evaluación de riesgos de escenarios en cascada considera los criterios de vulnerabilidad y las restricciones de operación, y ha sido probado en un sistema de prueba de confiabilidad estándar (RBTS4) y ha demostrado eficacia y rendimiento. Finalmente, las políticas de planificación y toma de decisiones del sistema de distribución eléctrica deben abordar cuidadosamente la mejora del rendimiento de la confiabilidad del cliente, y la gestión del mantenimiento debe ser oportuna y eficiente para disminuir las tasas de falla del equipo EDS (Mirsaeedi et al., 2018).

### **2.3 Bancos de transformadores en los sistemas de energía eléctrica**

Los bancos de transformadores tienen un rol importante dentro de los sistemas de energía eléctrica, debido a que son considerados como parte fundamental para la transmisión, distribución y utilización de la energía eléctrica. Estos artefactos, denominados como transformadores de potencia, tienen la capacidad primordial de cambiar la magnitud del voltaje en los sistemas de distribución de energía, de manera que la transformación de energía eléctrica desde un circuito a otro se realice de manera segura y sin daños. La habilidad que tienen de elevar o bajar el voltaje sin cambiar la magnitud de la corriente eléctrica los vuelven en una categoría versátil y fundamental para el ámbito de la energía (Krishnan et al., 2020).

Aparte de su labor en la administración del voltaje, los bancos de transformadores asimismo tienen un rol importante en la eficiencia y fiabilidad de la energía eléctrica. En este sentido, apoyan a las compañías de servicios públicos al posibilitar el uso de potencias más elevadas, esto ayuda a reducir las pérdidas de energía durante la transmisión y a aumentar la eficiencia del sistema en general. Estos artefactos se responsabilizan de cambiar la magnitud del voltaje según la particularidad de cada sitio de suministro, esto garantiza una distribución óptima de la energía eléctrica (Krishnan et al., 2020).

**Figura 2.13:** Banco de Transformadores



Fuente: (Alvarado, 2020)

Los bancos de transformadores tienen una variedad de usos y se emplean en diversas circunstancias. Es posible hallarse en las entradas de los sistemas de bombeo, las vías de tren, los negocios, los parques eólicos y las unidades de generación de energía. En esencia, su primordial propósito es distribuir y regular la electricidad a través de extensos trechos, posibilitando su entrada en diferentes áreas, como son las oficinas, los hogares y los lugares de labor (Lazimov & Saafan, 2019)

### **2.3.1 Funcionan los bancos de transformadores**

Los bancos de transformadores juegan un papel crucial para garantizar un suministro eléctrico eficiente, ya que permiten transferir electricidad entre diferentes niveles de tensión. Desde la invención del transformador, se pueden utilizar diferentes niveles de voltaje para garantizar la eficiencia de varios segmentos de la red eléctrica. Para garantizar la eficiencia óptima de los niveles de media tensión (MV) y baja tensión (LV), las empresas de servicios públicos se agregan para asegurarse de que se

tengan en cuenta todos los datos específicos de la empresa. Además, es importante comprender las interacciones entre las redes de distribución y transmisión (Howlader et al., 2018).

**Figura 2.14:** Transformador de tipo poste



Fuente: (Newline, 2023)

Para comprender el material, es necesario tener una comprensión profunda de cómo funcionan los sistemas de potencia desde la perspectiva de la ingeniería eléctrica. Esto se debe a que los componentes del sistema de potencia, como condensadores, transformadores y máquinas rotativas, deben modelarse para garantizar la precisión. El transformador permite transportar la energía eléctrica y también ayuda a reducir la pérdida de energía durante la transmisión. Para garantizar la calidad de la energía del cliente, se debe implementar una estrategia de control para asegurar que los voltajes se mantengan dentro de los límites aceptados. Esta estrategia de control también debe usarse cuando los alimentadores tienen múltiples bancos de transformadores. Además, el uso de un banco de transformadores de puesta a tierra adyacente es un enfoque que se puede adoptar (Howlader et al., 2018).

### 2.3.2 Tipos de bancos de transformadores

Los bancos de transformadores son necesarios para garantizar el transporte de energía eléctrica a largas distancias. Existen varios tipos de bancos de transformadores que difieren entre sí en cuanto a su uso y aplicación. Generalmente, la composición del banco de transformadores se basa en si es un transformador monofásico o trifásico. Esto se debe a los requisitos únicos del sistema en particular y a cómo se conecta cada banco de transformadores según el sistema de potencia. Por ejemplo, comprender las diferencias entre los tipos de carga, como los sistemas balanceados y desbalanceados, es esencial para explicar el comportamiento del sistema de potencia (Diahovchenko et al., 2022).

**Figura 2.15:** Transformador monofásico y trifásico



Fuente: (*Industry Surfer*, 2023)

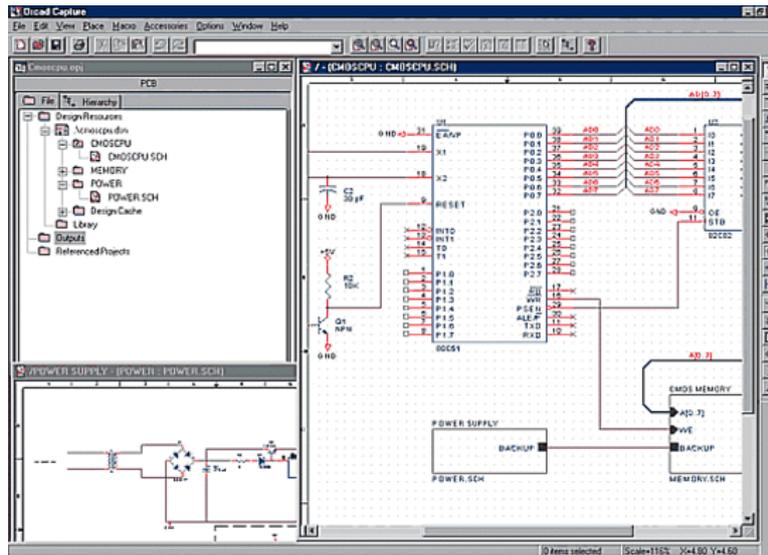
Adicionalmente, el comportamiento interno de los bancos de transformadores también debe ser estudiado y entendido. Esto requiere una comprensión profunda del material para garantizar un control y una gestión adecuados del sistema. Los bancos de transformadores también deben estar equipados para manejar grandes diferencias de voltaje y otros problemas de calidad de energía. Es importante asegurarse de que el ingeniero tenga un buen conocimiento del material antes de intentar energizar los bancos de transformadores. Como tal, las encuestas de los sectores del mercado

pueden ayudar a indicar las diversas diferencias y requisitos para diferentes bancos de transformadores (Ross et al., 2019).

### **2.3.3 Factores deben considerarse al seleccionar bancos de transformadores para un sistema de distribución de energía eléctrica**

La selección de bancos de transformadores para un sistema de distribución de energía eléctrica es un factor importante en la calidad de la energía y el rendimiento del sistema. Deben tenerse en cuenta el desplazamiento angular de fase entre las tensiones primaria y secundaria, las pérdidas en el cobre y en el núcleo y las derivaciones fuera de lo nominal. Los bancos de transformadores trifásicos asimétricos con conexiones de cinco devanados son ideales para proporcionar un servicio trifásico de cuatro hilos para cargas de iluminación monofásicas y cargas de energía trifásicas simultáneamente. Estos bancos de transformadores también deben ser capaces de atender cargas combinadas desequilibradas. Además, se debe considerar el grado de desequilibrio de voltaje y corriente, ya que afecta significativamente la operación del relé de protección y la calidad de la energía. Además, se deben investigar las capacidades, las impedancias y las conexiones de los devanados de los transformadores en el banco. Se deben desarrollar modelos matemáticos para estudiar los efectos de los bancos de transformadores en el sistema (Ameli et al., 2017).

Figura 2.16: Software PSpice



Fuente: (Waxoo, 2020)

El software de simulación como EMTP o PSpice se puede utilizar para modelar con precisión las características inherentes de los bancos de transformadores asimétricos, mientras que los modelos de coordenadas de fase propuestos consideran todos los factores necesarios. El análisis del sistema tradicional asumía que todos los transformadores en el banco tenían la misma clasificación de kVA, pero en realidad por lo general tenían diferentes capacidades por razones económicas. Los transformadores monofásicos deben conectarse en diferentes configuraciones (GY-D, Y-D, D-D, U-V, V-V) para formar un banco de transformadores trifásicos. Finalmente, la toma intermedia del devanado secundario de uno de los transformadores monofásicos debe conectarse a tierra y conectarse al conductor neutro secundario (Ameli et al., 2017).

### 2.3.4 El tamaño de un banco de transformadores afecta su eficiencia en un sistema de distribución de energía eléctrica

El tamaño de un banco de transformadores en un sistema de distribución de energía eléctrica también afecta su eficiencia. Para reducir la pérdida de potencia, los

bancos de transformadores se conectan a los transformadores de distribución. Para calcular la pérdida de potencia de un sistema de distribución radial, se debe encontrar el punto de conexión a tierra de los bancos de transformadores. Adicionalmente, la instalación de sistemas fotovoltaicos, bancos de capacitores shunt y sistemas de almacenamiento de energía en baterías en las subestaciones mejoran la eficiencia del transformador. El tamaño del transformador está determinado por la capacidad del sistema para manejar la gran magnitud de potencia. Además, la selección del transformador es esencial para reducir el factor de potencia de desplazamiento y aumentar la eficiencia general del sistema de potencia. Sin embargo, el crecimiento de la carga puede afectar el margen del transformador y afectar su eficiencia (Khalid et al., 2019).

El efecto neto del desequilibrio de voltaje es una eficiencia y un factor de potencia reducidos. Por lo tanto, es necesaria una selección adecuada de transformadores de distribución para equilibrar los bancos de transformadores en estrella abierta y en triángulo abierto. Al medir la eficiencia de cada componente, es posible calcular la eficiencia de los bancos de transformadores. Además, el transformador primario es la opción lógica ya que se puede monitorear la caída de voltaje pico, junto con los eventos de conmutación como el banco de capacitores y el transformador. Pruebas recientes de CVR de bancos de transformadores de subestaciones indicaron resultados estadísticamente significativos. Por lo tanto, la selección adecuada de los bancos de transformadores es esencial para maximizar la eficiencia del sistema de distribución de energía eléctrica (Khalid et al., 2019).

### **2.3.4 La ubicación de un banco de transformadores afecta su eficiencia en un sistema de distribución de energía eléctrica**

La ubicación de los bancos de transformadores en el sistema de distribución de energía también es un factor importante al considerar la eficiencia. Esto se debe a que se ha demostrado que la colocación de bancos de capacitores cerca de los transformadores de distribución es una forma efectiva de reducir las pérdidas de energía y proporcionar un valor presente neto positivo. Además, es posible calcular directamente la pérdida de potencia de los sistemas de distribución radial a través de diseños de sistemas como la selección de conductores, la configuración de tomas de subestaciones y transformadores de distribución, y bancos de capacitores fijos (Short, 2018).

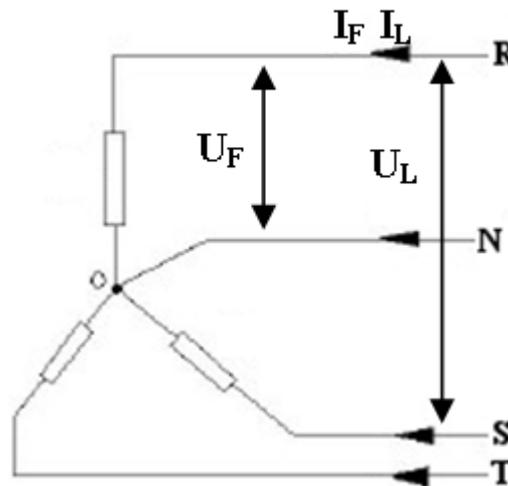
Cuando un transformador está ubicado cerca de una carga, hay una disminución significativa en las pérdidas de línea. Como han sugerido las pruebas de CVR en bancos de transformadores de subestaciones, el transformador primario suele ser la mejor opción, ya que tiene la menor caída de tensión máxima. Esto se debe a que el flujo de energía en una red de alta tensión normalmente tiene lugar a niveles de tensión cercanos al punto de conexión a tierra de los bancos de transformadores. Además, cada transformador se puede vincular a una fuente específica y, a menudo, se utiliza la conmutación automática. Esto permite calcular las pérdidas del sistema, ya que los transformadores de distribución de energía suelen ser más eficientes cuando su infraestructura está instalada. Otras consideraciones importantes para la eficiencia del transformador incluyen el cálculo de las clasificaciones del factor  $k$ , la selección de CT y el crecimiento de la carga. Además, cuando las fases están equilibradas, el sistema está en una posición óptima para reducir las pérdidas. Por lo

tanto, la selección adecuada de los transformadores de distribución es clave para obtener una buena eficiencia, incluido el equilibrio de los bancos de transformadores en estrella y triángulo abiertos (Short, 2018).

#### **2.4 Conexión en estrella en sistemas de potencia trifásicos**

La conexión en estrella es una conexión comúnmente utilizada en los sistemas de energía trifásicos para distribuir cargas balanceadas desde una fuente de voltaje CA. La conexión en estrella tiene un punto común o punto de estrella, donde se conectan los tres terminales. Esto tiene la ventaja de proporcionar un punto neutro que se puede utilizar para conectar a tierra o alimentar cargas monofásicas. Como el neutro no lleva corriente en condiciones de equilibrio, no se utiliza. Sin embargo, el uso de la conexión en estrella requiere un cuarto cable adicional para el punto neutro, lo que aumenta el costo de instalación. Además, la conexión en estrella puede reducir los efectos de las cargas desequilibradas en el sistema. Proporciona un cable neutro que es útil para proporcionar una ruta de retorno para cargas desequilibradas, protegiendo así el transformador. Se prefiere la conexión en estrella para sistemas de alimentación trifásicos en aplicaciones domésticas y residenciales, y también se puede utilizar para sistemas trifásicos de cuatro hilos, siendo el neutro opcional para sistemas trifásicos de tres hilos. Si bien la conexión en estrella tiene la ventaja de proporcionar un punto neutro, no puede manejar altos voltajes y cargas de energía en comparación con la conexión delta (Sudipta, 2021).

**Figura 2.17:** Conexión en estrella



Fuente: (Vaello, 2021)

#### **2.4.1 Aplicaciones de la conexión en estrella en sistemas de energía trifásicos**

La conexión en estrella es una aplicación común de los sistemas de energía trifásicos. En esta conexión, los cables trifásicos se conectan a un punto común, llamado punto neutro. Esta conexión también se conoce como conexión en estrella debido a su parecido con la letra inglesa 'Y'. La conexión en estrella se utiliza tanto para el suministro de energía monofásico como trifásico a los consumidores. También se utiliza en sistemas trifásicos de tres hilos y sistemas trifásicos de cuatro hilos. En este sentido, las cargas de potencia, como los motores trifásicos, se conectan a través de las líneas, mientras que las cargas de iluminación se conectan a través de las tres fases. La conexión en estrella se utiliza para obtener dos voltajes diferentes de un sistema trifásico, como 440V y 230V. También se utiliza para conectar circuitos operados a diferentes voltajes en un sistema de potencia trifásico. Además, la conexión en estrella se utiliza en generadores trifásicos. Asegura que solo  $1/\sqrt{3}$  del voltaje de la línea aparezca en cada devanado de fase, y requiere menos vueltas de bobina por fase en comparación con los generadores conectados en delta. La

conexión en estrella también es ventajosa para la transmisión de energía y corriente a larga distancia, ya que el cable neutro está conectado al punto neutro. La resistencia de puesta a tierra neutra también se utiliza para mantener el sistema equilibrado (Manish, 2021).

#### **2.4.2 Limitaciones de la conexión en estrella en los sistemas de potencia trifásicos**

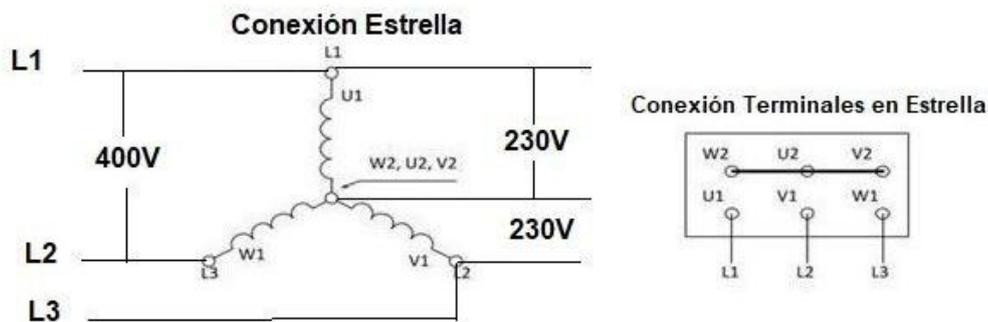
La conexión en estrella en sistemas de potencia trifásicos tiene ciertas limitaciones debido a su diseño. Cuando una de las fases del primario de un transformador conectado en estrella está sujeta a una carga desequilibrada, la corriente de magnetización de los otros transformadores que alimentan en serie la carga desequilibrada puede ser relativamente pequeña, lo que lleva a una gran reducción en el voltaje primario del transformador. Alimentando la carga desequilibrada. Esto, a su vez, puede dar lugar a malas cualidades de regulación en el transformador que alimenta la carga desequilibrada debido a la pequeña corriente de magnetización. Para contrarrestar este efecto, se deben tomar medidas especiales en la etapa de diseño, como el uso de cables neutros adicionales o la instalación de un transformador adicional entre los otros transformadores que alimentan en serie la carga desequilibrada. Esto ayuda a garantizar que el voltaje primario del transformador se mantenga dentro de los límites especificados, incluso en condiciones de carga altamente desequilibradas (Teja, 2021).

#### **2.4.3 Conexión en estrella en motores**

La conexión en estrella se usa comúnmente en aplicaciones de carga pequeña para mejorar el rendimiento del sistema. Esta disposición reduce la corriente de arranque en la etapa inicial y se utiliza en el sistema de arranque estrella-triángulo. El

motor está conectado a la conexión en estrella en el momento de arranque y es aceptable hacerlo funcionar en conexión en estrella. Dado que el motor recibe  $1/\sqrt{3}$  de la tensión en conexión estrella, la velocidad del motor disminuye (Rupani, 2022).

**Figura 2.18:** conexión estrella en un motor trifásico de corriente alterna



Fuente: (Fernandez, 2021)

Por lo tanto, la conexión en estrella afecta el rendimiento del sistema al reducir la velocidad del motor. Además, es importante señalar que la conexión en estrella ayuda a reducir la corriente de arranque, que es de cinco a diez veces mayor que la corriente de funcionamiento. Con la conexión en estrella, la corriente utilizada es una fracción del voltaje total, lo que a su vez reduce el requisito de corriente durante el arranque y mejora el rendimiento del sistema. Sin embargo, dar corriente delta en el arranque puede reducir la vida útil del motor, lo que debe tenerse en cuenta (Rupani, 2022).

## 2.5 Amperímetro de Gancho

El amperímetro de gancho, también llamado pinza amperimétrica, es un instrumento que está muy popular en las mediciones de electricidad, en particular para la medición de la corriente. A diferencia de un amperímetro tradicional, este instrumento posibilita realizar mediciones sin la necesidad de detener la circulación o

abrir el paso, esto es muy provechoso. Además de calcular la corriente, ciertas versiones de un amperímetro de tornillo además son capaces de calcular la resistencia y la tensión (García Suárez & García Carchi, 2021).

**Figura 2.19:** Amperímetro de gancho digital



Fuente: («Protgt», 2020)

El funcionamiento inicial de este instrumento se basa en la recolección de datos indirectos sobre la cantidad de corriente que fluye a través de un conductor a través del campo de fuerza generado por esta corriente. El imán del amperímetro se encuentra alrededor del cable por el cual se deseaba medir la corriente, y a través de la identificación de los campos de fuerza generados, se puede obtener una información precisa de la corriente sin necesidad de ingresar o interrumpir el circuito. Esta forma de hacer no solo evita la necesidad de abrir el paso, sino que además reduce las posibilidades de que ocurra una caída de la tensión al utilizar un amperímetro usual (Huto Pacheco, 2022).

**Figura 2.20:** Amperímetro de gancho flexible UT821A



Fuente: (Velasco, 2015)

La pinza o agarradera del amperímetro se llama así porque tiene una forma de pinza y se abre en el lugar que se desea medir y se ajusta alrededor del cable que se quiere medir. Esta característica le hace ser una ayuda confiable y provechosa a los electricistas además de los expertos en la resolución de dificultades de electricidad. No es necesario crear una conexión eléctrica directa con el circuito que se está midiendo, y esto es aún más cierto en el caso de los cables que están aislados. Esto asegura la fiabilidad del personal y disminuyen las probabilidades de accidentes: electricistas (Robles Barragán, 2019).

El amperímetro de gancho es útil particularmente en las situaciones en los que es necesario una solución a problemas de electricidad, debido a que es frecuente que se necesiten dos mediciones de corriente y de tensión en simultáneo. Muchos electricistas y técnicos encuentran más práctico y rentable comprar un multímetro digital destinado principalmente a la medición de tensión, junto con un amperímetro dedicado que se utiliza para medir la corriente. La mezcla correcta de herramientas

de medición está sujeta al grupo que se trabaja junto a ellas y a las particularidades de las mediciones que sean necesarias (*Ecured*, 2020).

## **Capítulo 3:**

### **Aportes de la investigación**

En el presente capítulo, se hace una descripción en detalle de la parte práctica del estudio, focalizando en la esta parte práctica, esto es, en la manera específica de cómo se puede abordar el problema de electricidad en la facultad de educación técnica para el desarrollo de la universidad católica de Santiago de Guayaquil. Luego, se hace una explicación de los primordiales aportes de este estudio.

#### **3.1 Situación actual de la facultad técnica**

A continuación, se realizará un recorrido por las instalaciones eléctricas de la Facultad Técnica para el Desarrollo de la Universidad Católica Santiago de Guayaquil. Este recorrido permitirá apreciar y comprender la infraestructura eléctrica de la institución, evidenciando la seguridad, eficiencia y confiabilidad en el suministro de energía.

**Figura 3.1:** Poste de hormigón ubicado cerca del cuarto de transformación.



El Autor

En las proximidades del cuarto eléctrico, se puede observar en la figura 3.1 la presencia de un poste que exhibe una notable transición de cables eléctricos, pasando de una configuración aérea a una subterránea. Esta transición se logra mediante el uso de una tubería EMT de 6 pulgadas con un codo reversible, que desempeña un papel crucial al permitir el tránsito seguro y protegido de los cables de voltaje reducido. La existencia de este poste y la implementación de esta transición de cables dan indicios claros de una planificación minuciosa y eficiente en cuanto a la distribución de energía eléctrica en la facultad. El cambio de una configuración aérea a una subterránea ofrece numerosas ventajas, tanto desde el punto de vista estético como en términos de protección contra daños externos y la disminución de posibles interferencias eléctricas.

La tubería EMT de 6 pulgadas empleada en esta transición brinda una ruta de conducción segura y fiable para los cables eléctricos. Este tipo de tubería ha sido concebida especialmente para preservar los cables y que funcione de manera correcta, brindando resistencia a la acción de la corrosión y una duración mayor en condiciones diversas de funcionamiento. El codo reversible integrado en la tubería EMT facilita enormemente la instalación y adaptación a las necesidades específicas de la red eléctrica. Gracias a este componente, es posible cambiar la dirección de la tubería con facilidad, lo que se traduce en un enrutamiento más sencillo y una distribución de los cables de manera eficiente y flexible.

### **3.1.1 Cuarto eléctrico de la facultad técnica**

En la figura 3.2 presentada, se puede apreciar con detalle el Cuarto Eléctrico de la Facultad Técnica para el Desarrollo. Este espacio es de suma importancia dentro del sistema eléctrico de la institución, ya que alberga elementos esenciales como el

tablero de distribución principal, los transformadores y el tablero de automatización principal. Además, resulta evidente la presencia de señaléticas que advierten sobre los riesgos eléctricos, lo cual cumple con rigurosos estándares de seguridad. Resulta relevante destacar la presencia de señaléticas de prevención y aviso de riesgo eléctrico en el Cuarto Eléctrico. Estas señaléticas, estratégicamente ubicadas, cumplen rigurosamente con los estándares de seguridad y proporcionan una información visual clara sobre los posibles riesgos eléctricos presentes en el área, contribuyendo así a la protección y bienestar de todos los involucrados en el entorno.

**Figura 3.2:** Cuarto eléctrico de la facultad técnica para el desarrollo



El Autor

El cuarto eléctrico, debido a su tipo, se transforma en el centro de administración y control de la energía eléctrica de la facultad. Es allí donde se encuentran ubicados los componentes esenciales para garantizar una suministración de energía eléctrica segura y constante en todas las zonas y herramientas de la institución. El tablero de distribución primordial, como eje principal del sistema eléctrico de la facultad, tiene la labor de acatar y distribuir la energía eléctrica hacia los diferentes departamentos y áreas de la academia. Su posicionamiento en el cuarto

eléctrico les proporciona un acceso sencillo y una administración precisa a manos de los especialistas en electricidad y los técnicos.

En cercanía al tablero de distribución principal, se encuentran los transformadores, piezas clave en el suministro de energía. Estos transformadores desempeñan un papel crucial al adecuar la tensión eléctrica proveniente de la red de distribución externa a los niveles requeridos por los equipos y dispositivos presentes en la facultad. Por otro lado, en el Cuarto Eléctrico se sitúa el tablero de automatización principal, un elemento de gran relevancia que coordina y controla los procesos automatizados de la facultad. Gracias a este tablero, es posible programar y gestionar eficientemente las acciones tecnológicas, optimizando el funcionamiento de los equipos y dispositivos presentes en el entorno académico.

### **3.1.2 Medidor de las instalaciones de la facultad técnica**

En la figura 3.3 presentada se distingue claramente el Medidor de las instalaciones de la Facultad Técnica para el Desarrollo, clasificado como clase 20. Este dispositivo desempeña un papel fundamental al permitir la lectura y monitoreo precisos de las instalaciones eléctricas de la institución. Su presencia estratégica en las instalaciones posibilita la medición confiable de la cantidad de energía eléctrica utilizada en cada sector y área específica de la facultad. El Medidor se encuentra en un espacio medio de las instalaciones, esto garantiza su disponibilidad y asegura la precisión de la medición de los datos de consumo de energía eléctrica.

**Figura 3.3:** Medidor de las instalaciones de la facultad técnica para el desarrollo de clase 20.120 a 480v.



El Autor

Gracias a el medidor en cuestión, es posible detectar posibles irregularidades y realizar ajustes con el objetivo de mejorar la eficiencia y reducir los costos energéticos. Además de su función principal de medición, el Medidor puede contar con capacidades de monitoreo en tiempo real. Esto proporciona una visión actualizada del consumo energético y permite tomar decisiones informadas en cuanto a la gestión y el control de la energía en la facultad. Al contar con datos en tiempo real, es posible implementar estrategias de eficiencia energética más efectivas y tomar medidas correctivas de manera oportuna.

### **3.1.3 Tablero de distribución principal de la facultad técnica**

En la figura 3.4 presentada se puede apreciar la distribución y conexiones de los disyuntores de alimentación en el tablero de distribución principal de la Facultad Técnica para el Desarrollo. Este es un elemento de vital importancia en el funcionamiento y suministro de energía eléctrica en dicha institución. El tablero de distribución principal es el núcleo del sistema eléctrico de la facultad, que se encarga de tomar y distribuir la energía eléctrica a diferentes zonas y sectores de la institución.

La correcta distribución de los diferenciales de alimentación dentro de este cuadro es importante para garantizar una alimentación eléctrica constante y segura.

**Figura 3.4:** Distribución y conexionado de los disyuntores de alimentación en tablero de distribución principal



El Autor

En cada uno de los disyuntores de alimentación ubicados en la figura se encuentra la función de resguardar los circuito de electricidad asociados a cada espacio o sector de la institución. Estos disyuntores obran como interruptores automáticos en el momento en que hay una sobrealimentación eléctrica o un cortocircuito, esto evita que se genere algún daño en los dispositivos y asegura la fiabilidad de las instalaciones. La disposición estratégica de los disyuntores en el tablero de distribución permite un eficiente control y monitoreo de la alimentación eléctrica en la facultad técnica. Cada disyuntor se encuentra conectado a su correspondiente circuito, y su posición en el tablero indica claramente la zona a la que está destinado suministrar energía. La figura proporciona una visualización clara y detallada de la distribución de los disyuntores en el tablero de distribución principal. Esta representación gráfica es de gran utilidad para los técnicos y encargados del

mantenimiento eléctrico, ya que les facilita la identificación de los circuitos asociados a cada área y les permite actuar rápidamente en caso de fallos o averías.

#### **3.1.4 Tablero de automatización de la facultad técnica**

En la figura 3.5 presentada se puede apreciar el conexionado y la distribución de componentes en el tablero de automatización de la Facultad Técnica para el Desarrollo. Este es un elemento de vital importancia en el sistema de control y gestión de los procesos automatizados de la institución. El centro de control de automatización es el núcleo neurálgico del sistema automatizado de la facultad, que se encarga de ordenar y dirigir los flujos de información y las señales de control de los diferentes dispositivos y tecnología presentes en el ámbito académico.

La correcta disposición y conexiones de los componentes en este tablero son fundamentales para garantizar un funcionamiento óptimo y eficiente de los sistemas automatizados de la facultad. La figura proporciona una representación visual detallada y precisa de cómo se conectan y distribuyen los diferentes elementos en este tablero. Cada conexión y distribución en el tablero de automatización tiene un propósito específico. Los componentes están estratégicamente dispuestos para permitir una comunicación fluida entre los diversos equipos y dispositivos. Esto facilita la coordinación y sincronización de las acciones automatizadas, optimizando así los procesos de la facultad.

**Figura 3.5:** Conexión y distribución del tablero de automatización de la facultad técnica para el desarrollo



El Autor

La figura asimismo indica la disposición planificada de los cables y las interconexiones de electricidad sobre el tablero. Estas conexiones son planificadas con cuidado para garantizar una correcta transmisión de datos y una alimentación eléctrica segura y confiable. La representación visual proporcionada en la figura es de gran utilidad para los técnicos y especialistas en automatización. Les permite comprender rápidamente la estructura y la interconexión de los componentes en el tablero, lo cual es fundamental para el mantenimiento, la resolución de problemas y la implementación de mejoras en el sistema de automatización.

### **3.1.5 Disyuntor principal del tablero de distribución de la facultad técnica**

En la figura 3.6 se puede observar el disyuntor principal ubicado en el tablero de distribución de la Facultad Técnica para el Desarrollo. Este disyuntor desempeña un papel importante en la protección de todo el sistema eléctrico de la FETD. Su posicionamiento sobre la distribución del tablero principal le otorga el rol de tomar y

regular la energía eléctrica suministrada por la Corporación Nacional de Electricidad. (CNELEP)

**Figura 3.6:** Disyuntor principal de 630A trifásico conductor de 350 MCM tipo THHN en el tablero principal de distribución (TDP)



El Autor

El disyuntor principal de alimentación actúa como protección del sistema eléctrico de la institución de posibles sobrecargas, cortocircuitos u otras alteraciones de electricidad. En la eventualidad de que ocurra alguna circunstancia de peligro, el interruptor se pondrá en funcionamiento de manera automática, cortando la corriente de fluido y previniendo daños en los artefactos y las instalaciones.

### **3.1.6 Tablero de transferencia manual (TTM) de la facultad técnica**

En la figura 3.7 se puede observar con precisión el Tablero de Transferencia manual de la Facultad Técnica para el Desarrollo. Este tablero desempeña un papel fundamental en el sistema de alimentación eléctrica de la institución, permitiendo una distribución y transferencia de energía eficiente y segura. El Tablero de Transferencia manual es fundamental para la suministración de energía eléctrica AC, debido a que su suministro energético es obtener la alimentación a través del generador. Esto

asegura que la institución tenga un suministro de electricidad confiable y constante, sea el caso de que la fuente fundamental de energía se encuentre desactualizada.

**Figura 3.7:** Tablero de Transferencia Manual (TTM) de la facultad técnica para el desarrollo



El Autor

La implementación de este tablero de transferencia manual optimiza en gran medida el funcionamiento del sistema eléctrico de la institución. Permite una conmutación ágil y eficiente entre la fuente principal de energía y el generador, garantizando un suministro ininterrumpido y evitando posibles cortes de energía que podrían afectar las actividades académicas y tecnológicas de la facultad. La posición con respecto al Tablero de Transferencia manual dentro del ámbito de la técnica tiene una importancia fundamental.

### **3.1.7 Cuarto de transformación de la facultad técnica para el desarrollo.**

El cuarto de transformadores que se observa en la figura 3.7 es un espacio fundamental que contiene los transformadores de tipo tanque en conexión estrella, que tienen la función de la distribución de energía a baja potencia. Estos transformadores tienen una importancia principal dentro de la facultad, que son fundamentales para la distribución a nivel comercial e industrial. El cuarto de

transformadores representa un elemento fundamental dentro del sistema de electricidad de la institución, ya que alberga los transformadores encargados de adaptar el voltaje proveniente de la red de suministro eléctrico a niveles apropiados para su distribución interna en la facultad.

La existencia de dos clases de parámetros eléctricos, como son la tensión y la corriente eléctrica. Los niveles de voltaje se adaptan a las particularidades propias del sector residencial, comercial e industrial, garantizando un suministro constante y preciso para las diferentes áreas de una institución. La disposición de los transformadores en el cuarto está diseñada con el fin de maximizar la eficacia y las pérdidas de energía durante la distribución de esta. Además, se asegura una entrada viable para ejecutar las labores de mantenimiento y controles regulares que realizan los especialistas en electricidad, quienes se comprometen a garantizar la óptima operatividad de los transformadores y la falla del sistema eléctrico en general.

**Figura 3.7:** Cuarto de transformación con una potencia de 100 kva por transformador en conexión estrella trifásico.



El Autor

### 3.2 Mediciones de carga/fase en hora pico

Los valores obtenidos que se representan en la figura 3.8 a través del multímetro de gancho fluke cuyas características técnicas son de 0 a 1000 AMP. La carga medida de la fase 1 en baja tensión es de 194,1 AMP cuyo conductor es de 350 MCM tipo THHN el mismo que tiene una capacidad de carga de 350 a 570 amperios dependiendo del entorno. Estas mediciones no solo garantizan el correcto funcionamiento del sistema eléctrico, sino que también contribuyen a optimizar su rendimiento, asegurando así un suministro confiable y seguro de energía eléctrica en el entorno industrial y comercial.

**Figura 3.8:** Medición de amperaje en fase 1



El Autor

Posteriormente en la figura 3.9 se muestra la medición de la carga correspondiente de la fase 2, resultando en un valor de 82,1 amperios.

**Figura 3.9:** Medición de amperaje en la fase 2



El Autor

En la figura 3.10 se procedió a medir la carga de la fase 3, lo que arrojó un valor significativo de 213,9 amperios, según las mediciones efectuadas en el área de interés.

**Figura 3.10:** Medición de amperaje en la fase 3



El Autor

Tabla 1: Mediciones de cargas por fases

Fases	Medición de Amperaje (A)	Calibre del Conductor (MCM)	Tipo de conductor
Fase 1	194,1A	2x350	THHN
Fase 2	82,1A	2x350	THNN

<b>Fase 3</b>	213,9A	2x350	THNN
---------------	--------	-------	------

El Autor

### 3.3 Mediciones de valores de tensiones en AC trifásico en el banco de transformadores de la facultad técnica para el desarrollo

Según los valores obtenidos en la figura 3.11 a través de las mediciones efectuadas, se ha registrado un voltaje trifásico entre línea (a) y neutro (n)  $V_{an} = 126,1$  Vrms en el primer transformador.

**Figura 3.11:** Voltaje trifásico del primer transformador



El Autor

En las mediciones posteriores que se observan en la figura 3.12, se pudo obtener un segundo valor de  $V_{bn} = 128,1$  Vrms en el segundo transformador ubicado en el cuarto de transformación.

**Figura 3.12:** Voltaje trifásico del segundo transformador



El Autor

En las mediciones que se visualizan en la figura 3.13, se pudo obtener un tercer valor de  $V_{cn} = 126,8 \text{ Vrms}$  se observa que el voltaje es aproximadamente constante en todas las fases y también que el parámetro variable es la corriente eléctrica la misma que está relacionada con la carga.

**Figura 3.13:** Voltaje trifásico del tercer transformador.



El Autor

Tabla 2: Mediciones de tensión/fase en el sistema de potencia FETD

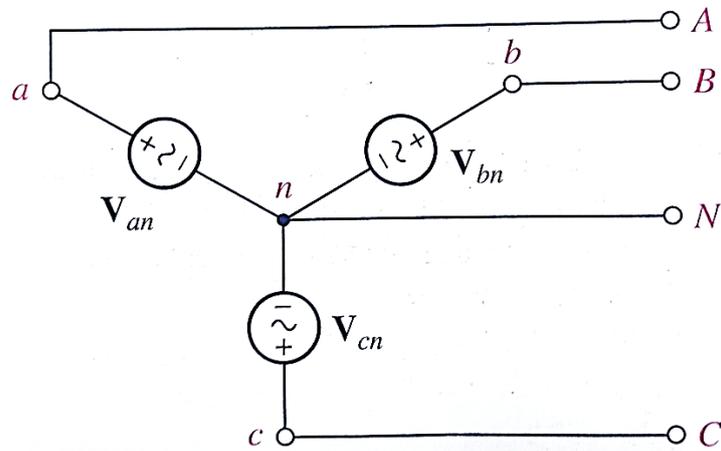
Transformadores	Tensión de Fase	Medición de Voltaje	Unidad
Transformador 1	$V_{an}$	126	Vrms
Transformador 2	$V_{bn}$	128,1	Vrms
Transformador 3	$V_{cn}$	126,8	Vrms

El Autor

De acuerdo con las mediciones realizadas, se ha detectado un desbalance de cargas en el banco de transformadores. Este desbalanceamiento en las fases 1, 2 y 3 indica que no existe un balance de cargas eléctricas por fases, esto sucede cuando no interviene una mano calificada en el estudio de carga y a su vez poder balancear aproximadamente en el sistema, dicho desbalance puede ocasionar problemas en la eficiencia y la estabilidad del sistema eléctrico. Por lo tanto, es imperativo tomar

medidas para balancear las cargas respectivamente y garantizar un funcionamiento óptimo y seguro.

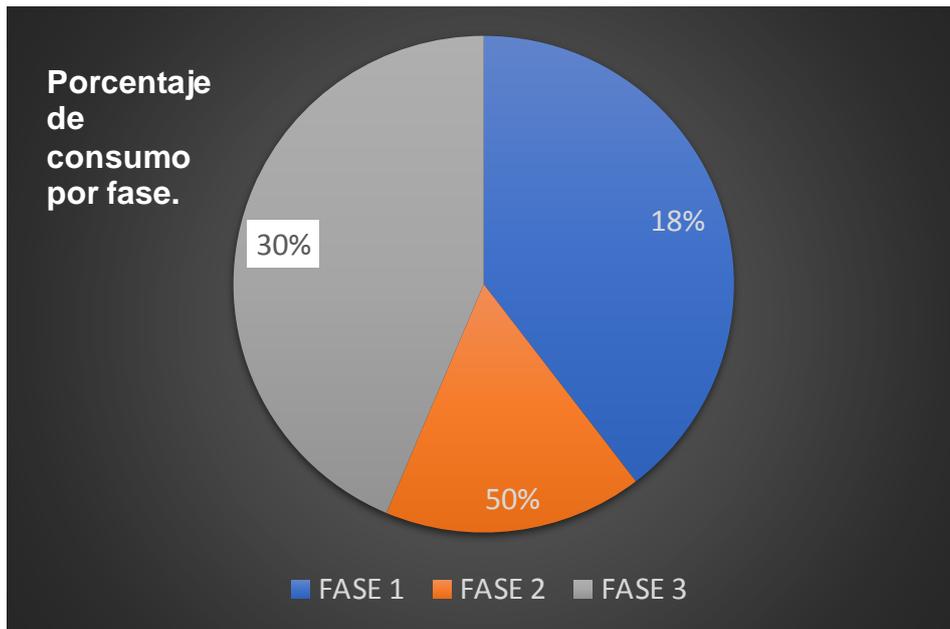
**Figura 3.14:** Conexión estrella [ Y ]



Fuente: (William et al., 2019)

El desbalance de cargas es una preocupación significativa en sistemas eléctricos trifásicos, ya que puede resultar en una distribución no uniforme del consumo energético, sobrecargando algunas fases y otras no. Esto puede llevar a situaciones de sobrecalentamiento, pérdidas de energía y un mayor desgaste de los equipos eléctricos.

**Figura 3.15:** Porcentaje de Incidencia por cada/fase.



El Autor

En la Figura 3.15, se exhibe detalladamente el porcentaje de incidencia en cada una de las fases correspondientes. Este cálculo se realiza mediante la suma de las corrientes presentes en las tres fases, tal como se detalla en la Tabla 1 adjunta. Posteriormente, esta suma es dividida entre las tres fases pertinentes con el propósito de obtener un análisis más preciso.

El proceso de derivación del Promedio de Fases se ejecuta mediante la fórmula siguiente:

$$\text{Promedio de carga/fase} = (194,1 \text{ A} + 82,1 \text{ A} + 213,9 \text{ A}) / 3 = 164,4 \text{ A}$$

Este cálculo es esencial para continuar con la determinación del porcentaje en cada fase individualmente. En primer lugar, se obtiene el Porcentaje de la Fase 1, donde la corriente en la Fase 1 (194,1 A) se divide entre el Promedio de Fases calculado previamente (164,4 A):

**Porcentaje de Incidencia en Fase 1** =  $(194,1 \text{ A} / 164,4 \text{ A}) * 100 = 118 \text{ A}$ , resultando en un 18% de incidencia.

Del mismo modo, para calcular el Porcentaje de la Fase 2, se divide la corriente en la Fase 2 (82,1 A) entre el Promedio de Fases:

**Porcentaje de Incidencia en Fase 2** =  $(82,1 \text{ A} / 164,4 \text{ A}) * 100 = 50\%$ , lo que representa la mitad del total.

Finalmente, para evaluar el Porcentaje de la Fase 3, se realiza la división de la corriente en la Fase 3 (213,9 A) entre el Promedio de Fases:

**Porcentaje de Incidencia en Fase 3** =  $(213,9 \text{ A} / 164,4 \text{ A}) * 100 = 130 \text{ A}$ , lo que equivale al 30% del total.

## Conclusiones y recomendaciones

### Conclusiones

- Se obtuvo un estudio detallado u información precisa sobre la forma en que se utiliza el fluido eléctrico en la Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo, incluida la información en el registro de consumo de energía. Este procedimiento conduce a una percepción precisa del tamaño y las formas de consumo de energía de la facultad.
- Se realizaron diferentes mediciones de los parámetros eléctricos en baja tensión, estableciendo un desbalanceamiento del consumo energético por fase, dentro de la facultad. Estos temas abordan problemas prácticos y factibles, los mismos que requieren de la manera más urgente, el balanceamiento de carga/fase. Con lo que se lograría disminuir la carga en aquellas fases sobrecargadas y así obtener el consumo de energía eléctrica aproximadamente balanceado, lo que permitiría bajar el costo en la planilla eléctrica.

## Recomendaciones

- Implementar un programa de monitoreo en tiempo real de la utilización de energía en la institución para hallar patrones y zonas de mayor consumo.
- Realizar acciones de información entre los colegas de la institución para concientizar el uso responsable de la energía eléctrica.
- Reemplazar dispositivos antiguos y de gran consumo de energía por dispositivos más económicas y energéticamente eficientes.
- Realizar un cuidado constante de los sistemas de electricidad para evitar errores y garantizar una buena operatividad.
- Elegir la instalación de fuentes de energía alternativa, como, por ejemplo, un generador o una batería, con el fin de evitar que se interrumpan en el caso de que se corte la energía.
- Implementar iluminación LED de bajo consumo en todo el edificio.
- Utilizar sensores de movimiento para posibilitar el control de la iluminación en zonas de baja circulación, y, por lo tanto, la reducción de la energía consumida de manera innecesaria.
- Se recomienda que el tablero de distribución principal TDP sea rediseñado.

## Bibliografía

- Abdelkader, A., Rabeh, A., Mohamed Ali, D., & Mohamed, J. (2018). Multi-objective genetic algorithm based sizing optimization of a stand-alone wind/PV power supply system with enhanced battery/supercapacitor hybrid energy storage. *Energy*, 163, 351-363. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2018.08.135>
- Alimohammadi, M., & Behnamian, J. (2021). Preventive maintenance scheduling of electricity distribution network feeders to reduce undistributed energy: A case study in Iran. *Electric Power Systems Research*, 201, 107509. <https://doi.org/10.1016/j.epsr.2021.107509>
- Alvarado, J. (2020, febrero 26). El banco Yd en la distribución de energía eléctrica (Parte II/II). *Sector Electricidad | Profesionales en Ingeniería Eléctrica*. <https://www.sectorelectricidad.com/16752/el-banco-yd-en-la-distribucion-de-energia-electrica-parte-iiii/>
- Ameli, A., Ahmadifar, A., Shariatkah, M.-H., Vakilian, M., & Haghifam, M.-R. (2017). A dynamic method for feeder reconfiguration and capacitor switching in smart distribution systems. *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, 85, 200-211. <https://doi.org/10.1016/j.ijepes.2016.09.008>
- Anguera, T., Blanco, A., Losada, J., & Sánchez, P. (2020). Integración de elementos cualitativos y cuantitativos en metodología observacional. *Ámbitos. Revista Internacional de Comunicación*, 49, Article 49. <https://doi.org/10.12795/Ambitos.2020.i49.04>
- Barradas, R. P. de S., Rocha, G. V. S., Muniz, J. R. S., Bezerra, U. H., Nunes, M. V. A., & Silva, J. S. e. (2020). Methodology for Analysis of Electric Distribution

- Network Criticality Due to Direct Lightning Discharges. *Energies*, 13(7), Article 7. <https://doi.org/10.3390/en13071580>
- Birchfield, A. B., & Overbye, T. J. (2018). Techniques for Drawing Geographic One-Line Diagrams: Substation Spacing and Line Routing. *IEEE Transactions on Power Systems*, 33(6), 7269-7276.  
<https://doi.org/10.1109/TPWRS.2018.2854172>
- Boris, T. (2022, enero 24). *Sistemas de Información Geográfica Definición: Sirve para*. <https://ingenieriaambiental.net/sistemas-de-informacion-geografica-definicion/>
- Cervantes, R. (2021). Revisión Bibliográfica: La Metodología del Aprendizaje basado en la Investigación. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 5(1), Article 1. [https://doi.org/10.37811/cl\\_rcm.v5i1.312](https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v5i1.312)
- Conejero, J. (2020). UNA APROXIMACIÓN A LA INVESTIGACION CUALITATIVA. *Neumología Pediátrica*, 15(1), 242-244. <https://doi.org/10.51451/np.v15i1.57>
- Córdova, J. L. (2019, octubre 16). *Diagrama Unifilar*.  
<https://domus.mx/blog/diagrama-unifilar>
- Daware, K. (2021). *Electric Power Distribution System Basics*.  
<https://www.electriceasy.com/2018/01/electric-power-distribution-system.html>
- Dehghani, N. L., Jeddi, A. B., & Shafieezadeh, A. (2021). Intelligent hurricane resilience enhancement of power distribution systems via deep reinforcement learning. *Applied Energy*, 285, 116355.  
<https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2020.116355>
- Diahovchenko, I., Petrichenko, R., Petrichenko, L., Mahnitko, A., Korzh, P., Kolcun, M., & Čonka, Z. (2022). Mitigation of transformers' loss of life in power

- distribution networks with high penetration of electric vehicles. *Results in Engineering*, 15, 100592. <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2022.100592>
- Ecured*. (2020). [https://www.ecured.cu/Amper%C3%ADmetro\\_de\\_gancho](https://www.ecured.cu/Amper%C3%ADmetro_de_gancho)
- Electrical Technology*. (2021, octubre 19). ELECTRICAL TECHNOLOGY. <https://www.electricaltechnology.org/2021/10/electric-power-distribution-network.html>
- Electrónica Online*. (2019, marzo 23). <https://electronicaonline.net/circuito-electrico/esquema-electrico/esquema-unifilar/>
- Energy X*. (2022, noviembre 7). <https://energyx.pe/sistemas-electricos-de-potencia-sep-definicion-y-partes/>
- Enjavimadar, M., & Rastegar, M. (2022). Optimal reliability-centered maintenance strategy based on the failure modes and effect analysis in power distribution systems. *Electric Power Systems Research*, 203, 107647. <https://doi.org/10.1016/j.epsr.2021.107647>
- Feng, X., Ouyang, M., Liu, X., Lu, L., Xia, Y., & He, X. (2018). Thermal runaway mechanism of lithium ion battery for electric vehicles: A review. *Energy Storage Materials*, 10, 246-267. <https://doi.org/10.1016/j.ensm.2017.05.013>
- Fernandez, H. (2021). *¿Cómo se realiza la conexión estrella en un motor trifásico de corriente alterna?* Quora. <https://es.quora.com/Cómo-se-realiza-la-conexión-estrella-en-un-motor-trifásico-de-corriente-alterna>
- García Suárez, C. F., & García Carchi, K. F. (2021). *Análisis y diseño en Digsilent de la transferencia de carga entre alimentadores de las subestaciones Daule Sur y Daule Norte – Cnel Ep Unidad de Negocios Guayas – Los Ríos* [BachelorThesis]. <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/19908>

- Hincapie, S. (2021). *DIAGRAMA UNIFILAR 2107-899-3 TABLERO DISTRIBUCION 300A*. <https://online.pubhtml5.com/voyb/nibg/>
- Hong, J., Li, Y., Xu, Y., Yuan, C., Fan, H., Liu, G., & Dai, R. (2019). Substation One-Line Diagram Automatic Generation and Visualization. *2019 IEEE Innovative Smart Grid Technologies - Asia (ISGT Asia)*, 1086-1091.  
<https://doi.org/10.1109/ISGT-Asia.2019.8881340>
- Howlader, A. M., Sadoyama, S., Roose, L. R., & Sepasi, S. (2018). Distributed voltage regulation using Volt-Var controls of a smart PV inverter in a smart grid: An experimental study. *Renewable Energy*, *127*, 145-157.  
<https://doi.org/10.1016/j.renene.2018.04.058>
- Hussain, A., Aslam, M., & Arif, S. M. (2018). A standards-based approach for Auto-drawing single line diagram of multivendor smart distribution systems. *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, *96*, 357-367.  
<https://doi.org/10.1016/j.ijepes.2017.10.003>
- Huto Pacheco, M. B. (2022). *Propuesta de suministro de energía con fuentes renovables al centro de educación preescolar Tierno Amanecer de Moa* [Tesis, Maestría de Electromecánica].  
<http://ninive.ismm.edu.cu/handle/123456789/3932>
- Industrial Quick*. (2023). <https://www.iqsdirectory.com/articles/power-supply/ac-dc-power-supply.html>
- Industry Surfer*. (2023, febrero 26). <https://industrysurfer.com/blog-industrial/ingenieria/ingenieria-electrica-ingenieria/hogar/diferencia-entre-transformador-monofasico-y-transformador-trifasico/>
- INMR*. (2020, febrero 1). <https://www.inmr.com/best-practice-lightning-protection-distribution-systems/>

- Keihan Asl, D., Seifi, A. R., Rastegar, M., & Mohammadi, M. (2020). Optimal energy flow in integrated energy distribution systems considering unbalanced operation of power distribution systems. *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, 121, 106132.  
<https://doi.org/10.1016/j.ijepes.2020.106132>
- Khalid, M. R., Alam, M. S., Sarwar, A., & Jamil Asghar, M. S. (2019). A Comprehensive review on electric vehicles charging infrastructures and their impacts on power-quality of the utility grid. *ETransportation*, 1, 100006.  
<https://doi.org/10.1016/j.etrans.2019.100006>
- Krishnan, V., Bugbee, B., Elgindy, T., Mateo, C., Duenas, P., Postigo, F., Lacroix, J.-S., Roman, T. G. S., & Palmintier, B. (2020). Validation of Synthetic U.S. Electric Power Distribution System Data Sets. *IEEE Transactions on Smart Grid*, 11(5), 4477-4489. <https://doi.org/10.1109/TSG.2020.2981077>
- Lazimov, T., & Saafan, E. A. (2019). Computational Features of Numerical Simulation of Some Transitions in Electric Power Systems. *2019 Modern Electric Power Systems (MEPS)*, 1-4.  
<https://doi.org/10.1109/MEPS46793.2019.9395006>
- Li, X., Feng, X., Zeng, Z., Xu, X., & Zhang, Y. (2017). *Distribution feeder one-line diagrams automatic generation from geographic diagrams based on GIS*. 2228-2232. <https://doi.org/10.1109/DRPT.2008.4523781>
- Ma, X., & She, Y. (2020). The metric dimension of the enhanced power graph of a finite group. *Journal of Algebra and Its Applications*, 19(01), 2050020.  
<https://doi.org/10.1142/S0219498820500206>

- Manish, S. (2021, agosto 13). *Star-Star Connection of Transformer Three—Phase Transformer Connection*. <https://www.tutorialspoint.com/star-star-connection-of-transformer-three-phase-transformer-connection>
- Márquez, R. (2023). *Diagrama unifilar eléctrico en AutoCAD | CAD (24.06 KB)*. Bibliocad. [https://www.bibliocad.com/es/biblioteca/diagrama-unifilar-electrico\\_54163/](https://www.bibliocad.com/es/biblioteca/diagrama-unifilar-electrico_54163/)
- Mirsaeedi, H., Fereidunian, A., Mohammadi-Hosseininejad, S. M., Dehghanian, P., & Lesani, H. (2018). Long-Term Maintenance Scheduling and Budgeting in Electricity Distribution Systems Equipped With Automatic Switches. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, 14(5), 1909-1919. <https://doi.org/10.1109/TII.2017.2772090>
- Montes, I. (2020). Epistemología y metodología de investigación en administración en universidades de Lima y Junín. *Horizonte de la Ciencia*, 10(19), Article 19. <https://doi.org/10.26490/uncp.horizonteciencia.2020.19.593>
- Newline. (2023). <https://corpnewline.com/transformadores-tipo-poste.htm>
- Pattnaik, M., Sharma, S., Sarswat, M., & Varshney, L. (2020). Analysis of Equipment Sizing and Designing of 132/33/11KV Substation. *2020 IEEE International Students' Conference on Electrical, Electronics and Computer Science (SCEECS)*, 1-6. <https://doi.org/10.1109/SCEECS48394.2020.163>
- PowerGraph. (2019). <http://www.powergraph.ru/en/soft/>
- Protgt. (2020). *Pro-TGT*. <https://www.pro-tgt.com/producto/ut281a/>
- Razavi, S.-E., Rahimi, E., Javadi, M. S., Nezhad, A. E., Lotfi, M., Shafie-khah, M., & Catalão, J. P. S. (2019). Impact of distributed generation on protection and voltage regulation of distribution systems: A review. *Renewable and*

*Sustainable Energy Reviews*, 105, 157-167.

<https://doi.org/10.1016/j.rser.2019.01.050>

Robles Barragán, J. D. (2019). *Prácticas en el área de mantenimiento y soporte técnico en la empresa roma Digital Business Group SA de CV.*

<https://repository.upb.edu.co/handle/20.500.11912/6721>

Roderick, A. (2021, octubre 16). *Utility Power Transmission and Distribution Systems—Technical Articles*. <https://eepower.com/technical-articles/utility-power-transmission-and-distribution-systems/>

Ross, S. C., Vuylsteke, G., & Mathieu, J. L. (2019). Effects of Load-Based Frequency Regulation on Distribution Network Operation. *IEEE Transactions on Power Systems*, 34(2), 1569-1578. <https://doi.org/10.1109/TPWRS.2018.2879464>

Rupani, H. (2022, junio 21). *Challenge Circuit 8 | Infinispark.*

<https://infinispark.com.au/challenge-circuit-8-star-vs-delta-motor-connections-solution/>

Sáchica, J. A. (2020). Metodología para la optimización del consumo energético bajo el análisis de eficiencia financiera con un alto impacto en la reducción de emisiones de GEI. Caso exitoso de aplicación en el campo más grande de Colombia. *Fuentes, el reventón energético*, 18(2), Article 2.

<https://doi.org/10.18273/revfue.v18n2-2020007>

*Sector Electricidad*. (2014). <https://www.sectorelectricidad.com/9602/distribucion-de-energia-electrica/>

Semenov, A. S., Semenova, M. N., & Bebikhov, Y. V. (2019). Development of Universal Mathematical Model of Electrical Power Supply System of Area of Industrial Enterprise. *2019 International Russian Automation Conference (RusAutoCon)*, 1-5. <https://doi.org/10.1109/RUSAUTOCON.2019.8867704>

- Short, T. A. (2018). *Electric Power Distribution Handbook*. CRC Press.
- Sudipta, R. (2021, febrero 1). *Star Delta Connection: 5 Important Factors Related To It* -. <https://lambdageeks.com/star-delta-connection/>
- Sulligoi, G., Bosich, D., Vicenzutti, A., & Khersonsky, Y. (2020). Design of Zonal Electrical Distribution Systems for Ships and Oil Platforms: Control Systems and Protections. *IEEE Transactions on Industry Applications*, 56(5), 5656-5669. <https://doi.org/10.1109/TIA.2020.2999035>
- Tapias, J. G., Sandoval, C. L., & Sánchez, J. J. C. (2018). ANÁLISIS DE PROSPECTIVA DEL SECTOR ENERGÉTICO DE COLOMBIA, PARA LA INTEGRACIÓN DE FUENTES FOTOVOLTAICAS EN LOS SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA APLICANDO UNA REVISIÓN EN BASES DE DATOS CIENTÍFICAS. *REVISTA COLOMBIANA DE TECNOLOGIAS DE AVANZADA (RCTA)*, 2(32), Article 32. <https://doi.org/10.24054/16927257.v32.n32.2018.3034>
- Teja, R. (2021, abril 3). *Comparison between Star and Delta Connections*. ElectronicsHub. <https://www.electronicshub.org/comparison-star-delta-connections/>
- Vaello, J. (2021, noviembre 5). *Conexiones estrella o triángulo de cargas trifásicas equilibradas*. Formación para la Industria 4.0. <https://automatismoindustrial.com/curso-carnet-instalador-baja-tension/a-instalaciones-de-enlace/a-2-corriente-alterna/0-1-19-conexiones-estrella-triangulo-de-cargas-trifasicas-equilibradas/>
- Velasco. (2015). <http://www.velasco.com.ec/velasco/producto.php?id=1202>
- Wang, D., Liu, L., Jia, H., Wang, W., Zhi, Y., Meng, Z., & Zhou, B. (2018). Review of key problems related to integrated energy distribution systems. *CSEE Journal*

*of Power and Energy Systems*, 4(2), 130-145.

<https://doi.org/10.17775/CSEEJPES.2018.00570>

Wang, Y., He, R., & Tian, Z. (2023). Opportunistic condition-based maintenance optimization for electrical distribution systems. *Reliability Engineering & System Safety*, 236, 109261. <https://doi.org/10.1016/j.ress.2023.109261>

Waxoo. (2020). <https://pspice.waxoo.com>

William, H., Kemmerly, J., & Phillips, J. (2019). *Análisis de circuitos en ingeniería (9a. Ed.)*. McGraw-Hill Interamericana.

Zangara, M. A., & Sanz, C. (2020). Trabajo colaborativo mediado por tecnología informática en espacios educativos: Metodología de seguimiento y su validación. *Revista Iberoamericana de Tecnología en Educación y Educación en Tecnología*, 25, 8-20.

## Anexos

**Figura A1:** Ingreso al cuarto eléctrico para mediciones en el banco de transformadores



El Autor

**Figura A2:** Indicaciones de seguridad antes de realizar las mediciones



El Autor

**Figura A3:** Análisis de distribución de las cargas antes de realizar las mediciones



El Autor

**Figura A4:** Equipo de medición utilizado para realizar las mediciones de amperaje y voltaje por fases



El Autor

## Glosario

**CC:** Corriente continua. Es un tipo de corriente eléctrica en la que la dirección del flujo de electrones es constante.

**CVR:** Regulación de voltaje en tiempo real. Técnica para mantener el voltaje dentro de límites aceptables en la red eléctrica.

**CT:** Transformador de corriente. Dispositivo utilizado para medir corrientes eléctricas elevadas.

**DER:** Recursos energéticos distribuidos. Fuentes de energía ubicadas cerca del punto de consumo, como paneles solares o generadores eólicos pequeños.

**D-D:** Conexión delta a delta. Configuración de conexión eléctrica para sistemas trifásicos.

**DC-DC:** Convertidor de corriente continua a corriente continua. Dispositivo utilizado para convertir una tensión continua a otra.

**DSO:** Operador del sistema de distribución. Entidad responsable de operar la red de distribución de energía.

**DRP:** Gestión de la demanda. Estrategias para equilibrar el consumo de energía con la oferta disponible.

**EDS:** Sistema de almacenamiento de energía. Conjunto de dispositivos que almacenan energía para su uso posterior.

**EMT:** Transitorio electromagnético. Perturbación breve en el sistema eléctrico debido a eventos como descargas eléctricas o conmutaciones rápidas.

**EVCS:** Sistema de carga de vehículos eléctricos. Conjunto de equipos y dispositivos para cargar vehículos eléctricos.

**FC:** Celda de combustible. Es un dispositivo electroquímico que convierte la energía química de un combustible en energía eléctrica.

**FMEA:** Análisis de modo y efecto de fallas. Método para identificar y evaluar posibles fallas en un sistema o proceso.

**GY-D:** Conexión delta a tierra. Configuración de conexión eléctrica para sistemas trifásicos.

**HSRO:** Operación segura y confiable de alta penetración de renovables. Estrategias para garantizar una operación segura y confiable con alta penetración de energías renovables en la red eléctrica.

**LPSP:** Punto de suministro de baja tensión. Punto de conexión de un consumidor al sistema eléctrico de baja tensión.

**LV:** Baja tensión. Nivel de tensión eléctrica en el rango de cientos de voltios.

**MCM:** Área transversal de un determinador conductor de tipo eléctrico.

**MG:** Microred. Pequeña red eléctrica autónoma que puede operar de manera independiente o conectada a la red principal.

**MV:** Media tensión. Nivel de tensión eléctrica en el rango de varios miles de voltios.

**PM:** Mantenimiento preventivo. Acciones planificadas para evitar fallas en equipos o sistemas.

**PV:** Energía solar fotovoltaica. Energía eléctrica generada a partir de paneles solares fotovoltaicos.

**RCM:** Mantenimiento centrado en la confiabilidad. Enfoque de mantenimiento que se centra en la confiabilidad del equipo.

**RBTS4:** Sistema de prueba de referencia para reguladores. Un conjunto de pruebas estandarizadas para evaluar el rendimiento de reguladores de voltaje.

**RCS:** Sistema de comunicación remota. Sistema que permite la comunicación a distancia con dispositivos o equipos.

**REG:** Regulador. Dispositivo que mantiene constante una magnitud eléctrica, como la tensión o la corriente.

**RMS:** Valor eficaz.

**TCE:** Tiempo de conexión a la red eléctrica. Período durante el cual un generador o consumidor está conectado a la red eléctrica.

**U-V:** Conexión trifásica no balanceada. Configuración de conexión eléctrica en la que las tensiones de las fases no son iguales.

**V-V:** Conexión trifásica balanceada. Configuración de conexión eléctrica en la que las tensiones de las fases son iguales.

**WT:** Turbina eólica. Dispositivo que convierte la energía del viento en energía eléctrica mediante un generador.

**Y-D:** Conexión estrella a tierra. Configuración de conexión eléctrica para sistemas trifásicos.



**Presidencia  
de la República  
del Ecuador**



**Plan Nacional  
de Ciencia, Tecnología,  
Innovación y Saberes**



**SENESCYT**  
Secretaría Nacional de Educación Superior,  
Ciencia, Tecnología e Innovación

## **DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN**

Yo, **Cedeño Aguilar, Sídney Doménica** con C.C: **0942982190** autor del Trabajo de Integración Curricular: **Estudio de Carga Eléctrica Actualizada de la Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo**, previo a la obtención del título de **INGENIERO ELECTRICO**, en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las instituciones de educación superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de integración curricular para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la SENESCYT a tener una copia del referido trabajo de integración curricular, con el propósito de generar un repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Guayaquil, 7 septiembre del año 2023

*Sidney Cedeño A.*

**Cedeño Aguilar, Sídney Doménica**

**C.C: 0942982190**



Presidencia  
de la República  
del Ecuador



Plan Nacional  
de Ciencia, Tecnología,  
Innovación y Saberes



**SENESCYT**

Secretaría Nacional de Educación Superior,  
Ciencia, Tecnología e Innovación

### REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

#### FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

<b>TÍTULO Y SUBTÍTULO:</b>	Estudio de Carga Eléctrica Actualizada de la Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo.		
<b>AUTOR(ES)</b>	Cedeño Aguilar, Sídney Doménica		
<b>REVISOR(ES)/TUTOR(ES)</b>	Ing. Bohórquez Escobar, Celso Bayardo. MsC.		
<b>INSTITUCIÓN:</b>	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.		
<b>FACULTAD:</b>	Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo		
<b>CARRERA:</b>	Ingeniería en Electricidad		
<b>TÍTULO OBTENIDO:</b>	Ingeniero Eléctrico		
<b>FECHA DE PUBLICACIÓN:</b>	2023	<b>No. DE PÁGINAS:</b>	79
<b>ÁREAS TEMÁTICAS:</b>	Instalaciones eléctricas		
<b>PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:</b>	red eléctrica, diagrama unifilar, transformador, subestación, consumo eléctrico.		
<p>El presente trabajo de titulación se enfoca en un estudio exhaustivo de las cargas eléctricas en la Facultad Técnica para el Desarrollo, con el objetivo de determinar el consumo de energía durante las horas de mayor demanda, conocido como Factor de Consumo en Horas Pico. Se llevará a cabo un amplio estudio que incluirá mediciones detalladas en el lugar designado, seguido de un levantamiento de información y un análisis pertinente. Este análisis permitirá ejecutar una nueva reforma técnica para mejorar el estudio actualizado del consumo y brindar recomendaciones para optimizar el sistema eléctrico. Además, se aspira que este proyecto de integración de curricular contribuya al progreso en la esfera de la administración de energía, mediante la transmisión de conocimientos nuevos y aplicables en condiciones parecidas y el avance hacia métodos más provechosos en el uso de la energía eléctrica.</p>			
<b>ADJUNTO PDF:</b>	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	
<b>CONTACTO CON AUTOR/ES:</b>	<b>Teléfono:</b> +593-0961173226	<b>E-mail:</b> sidney242000@gmail.com	
<b>CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN: COORDINADOR DEL PROCESO DE UTE</b>	<b>Nombre:</b> Ing. Bohórquez Escobar, Celso Bayardo PHD.		
	<b>Teléfono:</b> +593- 995147293		
	<b>E-mail:</b> celso.bohorquez@cu.ucsg.edu.ec		
<b>SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA</b>			
<b>Nº. DE REGISTRO (en base a datos):</b>			
<b>Nº. DE CLASIFICACIÓN:</b>			
<b>DIRECCIÓN URL (tesis en la web):</b>			