



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

TEMA:

Análisis de mejoramiento del sistema puesta a tierra para la protección de los circuitos de iluminación y fuerza 120/240v del colegio San José la Salle de Guayaquil utilizando la tecnología de soldadura exotérmica

AUTOR:

Alay Suarez, Christian Kleyner
Tumbaco Macías, Fidel Eduardo

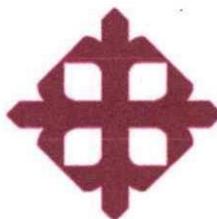
**Trabajo de Integración Curricular previo a la obtención del título de
INGENIERO EN ELECTRICIDAD**

TUTOR:

Ing. Bohórquez Escobar, Celso Bayardo. PHD.

Guayaquil, Ecuador

2 de septiembre del 2024



**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 Alay Suarez, Christian Kleyner y Tumbaco Macías, Fidel Eduardo, como requerimiento para la obtención del título de INGENIERO EN ELECTRICIDAD.

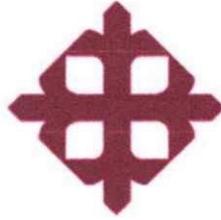
TUTOR

Ing. Bohórquez Escobar, Celso Bayardo. PHD.

DIRECTOR DE CARRERA

Ing. Bohórquez Escobar, Celso Bayardo. PHD.

Guayaquil, 2 de septiembre del 2024



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

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

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Nosotros, Alay Suarez, Christian Kleyner
Tumbaco Macías, Fidel Eduardo

DECLARO QUE:

El trabajo de Integración Curricular **“Análisis de mejoramiento del sistema puesta a tierra para la protección de los circuitos de iluminación y fuerza 120/240v del colegio San José la Salle de Guayaquil utilizando la tecnología de soldadura exotérmica”** previo a la obtención del Título de **Ingeniero en Electricidad**, 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.

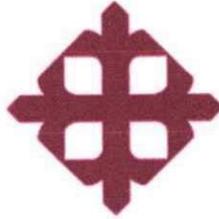
En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de Integración Curricular referido.

Guayaquil, 2 de septiembre del 2024

EL AUTOR

Alay Suarez, Christian Kleyner

Tumbaco Macías, Fidel Eduardo



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

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

AUTORIZACIÓN

Yo, Tumbaco Macías, Fidel Eduardo

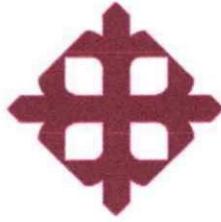
Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, la publicación, en la biblioteca de la institución del Trabajo de Integración Curricular: **“Análisis de mejoramiento del sistema puesta a tierra para la protección de los circuitos de iluminación y fuerza 120/240v del colegio San José la Salle de Guayaquil utilizando la tecnología de soldadura exotérmica”**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

Guayaquil, 2 de septiembre del 2024

EL AUTOR

Alay Suarez, Christian Kleyner

Tumbaco Macías, Fidel Eduardo



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

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

REPORTE DE COMPILATIO

CERTIFICADO DE ANÁLISIS
magister

Correcc. Fin_A2024_Tesis_Alaj Suarez y Tumbaco Macías Final (3)

3%
Textos sospechosos

- 2% Similitudes (v. similitudes entre comillas < 1% entre las fuentes internacionales)
- 2% Idiomas no reconocidos (ignorado)
- < 1% Textos potencialmente generados por la IA

Nombre del documento: Correcc. Fin_A2024_Tesis_Alaj Suarez y Tumbaco Macías Final (3).docx
ID del documento: 60c5309152b75358b16e4c4153b0fad5f617ba
Tamaño del documento original: 10.47 MB
Autores: []

Depositante: Ricardo Xavier Urbán Gonzalez
Fecha de depósito: 22/8/2024
Tipo de carga: Interface
Fecha de fin de análisis: 22/8/2024

Número de palabras: 16.082
Número de caracteres: 105.515

Ubicación de las similitudes en el documento:



Fuentes principales detectadas

Nº	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	Corrección V2 Terminada, Tesis, Gálvez Galarza y Yépez Bajajla, Semestres... El documento proviene de mi biblioteca de referencias 32 fuentes similares	5%		El idioma detectado: 5% (873 palabras)
2	Avance Final v2 de Tesis, Andre Garcia, B2023 1.docx Avance Final v2 de... El documento proviene de mi biblioteca de referencias 53 fuentes similares	4%		El idioma detectado: 4% (558 palabras)
3	TIC García F.docx TIC García F... El documento proviene de mi grupo 45 fuentes similares	3%		El idioma detectado: 3% (385 palabras)
4	TITULACIÓN MATRIZ 21.08.2024.docx TITULACIÓN MATRIZ 21.08.2024... El documento proviene de mi grupo 44 fuentes similares	2%		El idioma detectado: 2% (377 palabras)
5	PROYECTO DE TESIS - ANÁLISIS DE IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMA DE MED... El documento proviene de mi biblioteca de referencias 38 fuentes similares	2%		El idioma detectado: 2% (352 palabras)

Reporte Compilatio del 3%
Atentamente:

Ing. Bohórquez Escobar, Celso Bayardo. PHD.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por darme siempre fuerzas y permitirme culminar mi carrera profesional en la Universidad Católica Santiago de Guayaquil, que pese a los obstáculos que me ha dado la vida eh salido adelante con la ayuda de Dios es una inmensa felicidad que siento haber llegado a mi meta principal.

Agradezco a mis padres Edigo Alay y Angela Suarez que son mi pilar fundamental que tengo son un apoyo incondicional por haberme ayudado de mucho en motivarme en no rendirme y no quedarme estancado en una sola cosa y seguirme preparando como persona y profesionalmente.

A mi abuela Anthonieta Bravo por darme consejos de vida para seguir adelante y que ha estado hay conmigo desde que fui un niño.

A mis tutores de carrera y asesor de tesis por brindarme sus conocimientos día a día y aprender nuevos temas constructivos para la culminación con excelencia de este trabajo

Alay Suarez, Christian Kleyner

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mis padres porque con su ayuda y apoyo fundamental pude terminar mis estudios lo que tanto eh querido en la vida desde que culmine el colegio.

A mis tutores les dedico este trabajo de titulación por brindarme sus conocimientos de electricidad cada día que fui aprendiendo algo nuevo.

También dedico este trabajo de titulación a mi amiga Cinthia león Vargas por haber estado siempre apoyándome y dándome fuerzas de salir adelante estudiando y aprendiendo algo nuevo cada día.

Alay Suarez, Christian Kleyner

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios que ha sido la luz que guía mi camino, por regalarme la familia tan maravillosa que tengo, que pese a los obstáculos que él ha puesto en mi vida me ha enseñado a superarlos, me ha dado la fuerza necesaria para no darme por vencido y crecer como ser humano y ahora como profesional.

A mi madre Mariana, por ser ese pilar en nuestra familia que me ha enseñado a no flaquear en el camino, por sus charlas que me ha motivado a seguir adelante con lo que me propongo, por ser ese apoyo incondicional y ser parte fundamental en mi crecimiento como ser humano.

A mi esposa Merifer, por su apoyo incondicional, de estar siempre a mi lado y no dejarme que me rinda tan fácilmente. A mi hijo Einer, ya que él ha sido mi principal motivación de seguir este adelante, tanto como persona como profesional. A mi hermana Karin, que siempre me ha prestado su apoyo incondicional como hermanos y como amigo ella siempre ha estado predispuesta cuando la he necesitado.

A mi padre Fidel, que, aunque los continentes nos separan, de una u otra forma me ha ayudado con su granito de arena, y me ha motivado a seguir adelante en todo lo que me he propuesto conseguir.

Tumbaco Macías, Fidel Eduardo

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a Dios ya que sin el nada de esto fuese posible, por darme esa determinación de seguir adelante con mi carrera profesional, esa fuerza y energía de no rendirme en el camino y seguir adelante con la carrera que me propuse seguir, por mostrarme que siempre hay oportunidades si se trabaja de manera correcta, gracias por ese infinito amor y misericordia.

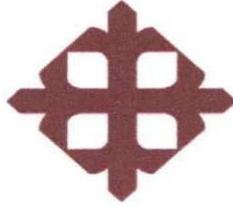
A la Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil por brindarme la oportunidad de formar parte de la comunidad estudiantil.

A mi madre Mariana, por ser esa madre generosa e incondicional brindándome su apoyo en todo momento y motivándome a que siga adelante con lo que me he propuesto no me rinda, por ser ese ejemplo de que con esfuerzo y dedicación todo se puede.

A mi esposa Merifer, por estar siempre a mi lado sobre todo cuando más la he necesitado, por ese amor incondicional que nos tenemos, por esa bondad que la caracteriza.

A mi familia en general que fueron partícipes de este proceso ya sea de manera directa o indirecta, gracias a todos ustedes por aportar su granito de arena que se ve reflejado en la culminación de mi carrera universitaria.

Tumbaco Macías, Fidel Eduardo



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

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

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

f. 

ING. Bohórquez Escobar, Celso Bayardo PHD.

DIRECTOR DE CARRERA

f. 

ING. UBILLA GONZÁLEZ, RICARDO XAVIER, M.Sc.

COORDINADOR DE ÁREA

f. 

ING. RONNIE BONILLA SÁNCHEZ, M.Sc.

OPONENTE

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE FIGURAS	XIII
INDICE DE TABLAS	XVII
Resumen	XVIII
Capítulo 1: Descripción general del trabajo de titulación	2
1.1 Introducción	2
1.2 Antecedentes	3
1.3 Definición del Problema	4
1.4 Justificación del Problema	4
1.5 Objetivos del Problema de Investigación	5
1.5.1 Objetivo general	5
1.5.2 Objetivos específicos	5
1.6 Hipótesis	6
1.7 Metodología de Investigación	6
Capítulo 2: Fundamentación Teórica	7
2.1 Definición de un sistema de puesta a tierra	7
2.1.1 Puesta a Tierra TT (Tierra-Tierra)	9
2.1.2 Puesta a Tierra TN (Tierra-Neutro)	10
2.1.3 Puesta a Tierra IT (Aislamiento-Tierra)	14
2.1.4 Electrodo de puesta a tierra	15
2.1.5 Conductores de puesta a tierra	16
2.1.6 Conexiones y empalmes en un sistema de puesta a tierra	18
2.1.7 Importancia de la resistividad del suelo en el aterrizaje eléctrico	19
2.1.8 Medición de la resistividad	21
2.1.9 Técnicas para mejorar la resistividad del suelo	22

2.1.10 Nuevas tecnologías están disponibles para mejorar los sistemas de puesta a tierra	24
2.2 Descripción general del software ETAP	26
Capítulo 3: Aportes de la investigación	29
3.1 Análisis de corrientes del tablero de distribución principal de la institución educativa.....	30
3.2 Simulación de estudio de cargas de la institución educativa	32
3.3 Elaboración y modelado del sistema de aterrizaje eléctrico para la institución educativa	45
Conclusiones y recomendaciones	56
Conclusiones	56
Recomendaciones	57
Bibliografías	58
Anexo 1	67

ÍNDICE DE FIGURAS

Capítulo 2

Figura 2.1: Conexión de sistema puesta a tierra	7
Figura 2.2: Elementos que conforma un sistema de puesta a tierra	8
Figura 2.3: Esquema de conexiones de un sistema de puesta a tierra TT	9
Figura 2.4: Esquemas de sistemas de puesta a tierra para 3 líneas.	10
Figura 2.5: Diagrama de un sistema de puesta a tierra TN-S.....	11
Figura 2.6: Esquema de conexiones de puesta a tierra TN-C.	12
Figura 2.7: Esquema de conexiones de puesta a tierra TN-C-S.....	13
Figura 2.8: Esquema de conexiones de puesta a tierra IT	14
Figura 2.9: Electrodo de un sistema de puesta a tierra por la NOM 001	15
Figura 2.10: Uso de celda de concreto en hormigón para reducción de probabilidades de corrosión en electrodos.	16
Figura 2.11: Conductor de puesta a tierra y unión principal.	17
Figura 2.12: Conductor que conecta un punto de una red eléctrica a un electrodo de puesta a tierra.....	18
Figura 2.13: Tipos de conectores utilizados en la puesta a tierra	19
Figura 2.14: Suelos con alta resistividad por su composición	20
Figura 2.15: Método Wenner para medir la resistividad del suelo a través de los electrodos instalados.	21
Figura 2.16: Método de medición de resistividad	22
Figura 2.17: Variación de resistividad por los tipos de suelo para sistemas de puesta a tierra	23
Figura 2.18: Uso de puesta a tierra para evitar electrocución.....	24

Figura 2.19: Partes de un electrodo de tipo Picrón.....	25
Figura 2.20: Electrodo usado en sistema de puesta a tierra	26
Figura 2.21: Software ETAP para la simulación de sistemas eléctricos.....	27
Figura 2.22: Diagrama general de una red eléctrica con ETAP.....	28
Capítulo 3	
Figura 3.1: Ubicación de la institución educativa en Google Earth	29
Figura 3.2: Medición del Tablero de distribución	30
Figura 3.3: Transformador de 150kVA de la institución	30
Figura 3.4: Configuración de parámetros del generador en ETAP	34
Figura 3.5: Configuración de parámetros del bus en ETAP.....	35
Figura 3.6: Configuración de parámetros básicos de estándares del transformador en ETAP	37
Figura 3.7: Configuración de parámetros principales de funcionamiento del transformador en ETAP.....	39
Figura 3.8: Configuración de parámetros generales de carga eléctrica estática en ETAP.....	40
Figura 3.9: Configuración de parámetros principales de potencia activa, reactiva, factor de potencia de la carga eléctrica estática en ETAP ...	41
Figura 3.10: Diseño de las conexiones de las cargas eléctricas registradas en el software ETAP.....	42
Figura 3.11: Resultados de la simulación ejecutada de las cargas eléctricas registradas en el software ETAP	43
Figura 3.12: Gráfica comparativa de mediciones de resistividad del terreno.	46

Figura 3.13: Configuración de parámetros del conductor del sistema de puesta a tierra IEEE en ETAP	47
Figura 3.14: Configuración de parámetros de la barra del sistema de puesta a tierra IEEE en ETAP	48
Figura 3.15: Configuración de parámetros de caso de estudio en ETAP.....	49
Figura 3.16: Configuración de parámetros de alerta y aviso en ETAP	51
Figura 3.17: Simulación del sistema de puesta a tierra en 3D de tipo malla realizada en ETAP	53
Figura 3.18: Medidas del sistema de puesta a tierra tipo malla en ETAP	54
Figura 3.19: Configuración de dimensiones de la puesta a tierra en ETAP.	54
 Anexos:	
Figura A1: Proceso de uso de molde de grafito para soldadura exotérmica.	67
Figura A2: Ejecución del proceso de soldadura exotérmica de sistema de puesta a tierra.....	67
Figura A3: Proceso de llenado de la zona utilizada para el sistema de puesta a tierra.....	68
Figura A4: Punto de unión del sistema de puesta a tierra	68
Figura A5: Recorrido de la instalación del sistema de puesta a tierra	69
Figura A6: Tapa de inspección del sistema de puesta a tierra	69
Figura A7: Llenada y sellado del área de la instalación del sistema de puesta a tierra.....	70
Figura A8: Recubrimiento del área del sistema de puesta a tierra	70
Figura A9: Configuración del meger para medir la resistencia del sistema de puesta a tierra	71

Figura A10: Resultados de medición de sistema de puesta a tierra	71
Figura 11: Medición de la línea A del área de reserva de la institución educativa San José la Salle de Guayaquil	72
Figura A12: Medición de la línea B del área de reserva de la institución educativa San José la Salle de Guayaquil	72
Figura A13: Medición de la línea A del área de cuarto de Racks de datos y teléfonos de la institución educativa San José la Salle de Guayaquil.	73
Figura A14: Medición de la línea A del área de Comunal de la institución educativa San José la Salle de Guayaquil	73
Figura A15: Medición de la línea C del área de Comunal de la institución educativa San José la Salle de Guayaquil	74
Figura A16: Medición de la línea B del área de aulas planta baja de la institución educativa San José la Salle de Guayaquil	74
Figura A17: Medición de la línea C del área de aulas planta baja de la institución educativa San José la Salle de Guayaquil	75
Figura A18: Medición de la línea C del área de aulas planta alta a la izquierda de la institución educativa San José la Salle de Guayaquil.....	75
Figura A19: Medición de la línea B del área de administración de la institución educativa San José la Salle de Guayaquil	76
Figura A20: Medición de la línea C del área de administración de la institución educativa San José la Salle de Guayaquil	76

INDICE DE TABLAS

Capítulo 3

Tabla 3.1: Medición de corriente de las áreas de la institución educativa	31
Tabla 3.2: Valores de Carga en KVA de la institución registrados.	32
Tabla 3.3: Valores del transformador y generador de la institución.....	33
Tabla 3.4: Resultados de porcentaje de pérdidas de voltaje en los conductores de la institución educativa	44
Tabla 3.5: Estudio de suelo en relación con la profundidad en metros del suelo con su resistividad en ohms.	45

Resumen

El presente trabajo de integración curricular está basado en el estudio del sistema eléctrico de la escuela la Salle para su pronta solución y verificación de puesta a tierra de la institución educativa, para determinar un mejor funcionamiento eléctrico. El objetivo efectuara la simulación de las cargas eléctricas y del sistema de puesta a tierra tipo malla para el colegio San José la Salle mediante el uso del software ETAP. Se pretende con esto el diseño de un sistema de puesta a tierra tipo malla para la institución educativa con el fin de salvaguardar la integridad física de las personas y de los dispositivos que están conectados a la red eléctrica del colegio, a su vez el diseño de este sistema de puesta a tierra será indispensable a futuro para la institución al momento de crear nuevos laboratorios. La metodología para emplear consiste en el levantamiento de análisis y simulación basados en el método científico.

Palabras claves: Puesta a tierra, protección de circuitos, soldadura exotérmica, conductividad eléctrica, resistividad de suelo.

ABSTRACT

This curricular integration work is based on the study of the electrical system of the La Salle school for its prompt solution and verification of the grounding of the educational institution, to determine a better electrical performance. The objective will carry out the simulation of the electrical loads and the mesh-type grounding system for the San José la Salle school using the ETAP software. The aim is to design a mesh-type grounding system for the educational institution to safeguard the physical integrity of people and devices that are connected to the school's electrical network. In turn, the design of this grounding system will be essential in the future for the institution when creating new laboratories. The methodology to be used consists of the raising of analysis and simulation based on the scientific method.

Keywords: Grounding, circuit protection, exothermic welding, electrical conductivity, soil resistivity.

Capítulo 1: Descripción general del trabajo de titulación

1.1 Introducción

En las instalaciones eléctricas, resulta esencial integrar dispositivos eléctricos tanto como en el sector residencial, comercial e industrial con el propósito de satisfacer las demandas operativas y de confort de manera segura y eficiente.

En los sistemas eléctricos se cuenta en la actualidad con protecciones descarga y sobrecargas, las cuales pueden afectar a nuestras instalaciones, equipos y demás artefactos eléctricos. Así como también a la integridad de las personas.

Esto es necesario que en cada instalación eléctrica cuente con un sistema de puesta a tierra para proteger nuestros equipos, la corriente al momento de tener una anomalía en general dentro de la instalación eléctrica la misma desvía hacia la tierra y no causa ninguna afectación o daño (Marroquín, 2021).

El sistema de aterrizaje eléctrico es una pieza importante en toda instalación eléctrica y tiene como objetivo canalizar de manera segura las corrientes de falla, para garantizar que actúen de forma correcta las protecciones y suprimir o minimizar la probabilidad de afrontar un riesgo de una avería en el material eléctrico utilizado (Quispe, 2022).

Estas protecciones actúan derivando la energía de la sobretensión hacia el aterrizaje eléctrico, con lo que se evitan los efectos destructivos en equipos eléctricos y electrónicos. La calidad de la protección contra sobretensiones está estrechamente ligada al sistema a la puesta a tierra, ya que un camino de impedancia elevada expone a los equipos muy sensibles a los efectos de la sobretensión. Por otra parte, directamente, la protección contra sobretensiones pierde toda eficacia, en el caso de una pérdida o inexistencia del aterrizaje eléctrico (Palomo & Puenayan, 2020).

1.2 Antecedentes

A principios del siglo XIX, los sistemas de telégrafos dependían de dos o más conductores que permiten llevar o transportar la señal y respectivamente su retorno de las corrientes. En ese mismo tiempo, el científico alemán Carl August Steinheil identificó que se podía utilizar la tierra como un camino de regreso para conectar o cerrar el circuito; sin embargo, también este sistema era problemático, ejemplificando por la línea de telégrafo transcontinental construida en principios de siglo XIX, los sistemas ´por la Western Union Company comprobó que la tierra conduce electricidad en telegrafía por hilo. En 1918 C.S..Peters desarrollo el método de los tres electrodos para medir la resistencia de puesta a tierra. La norma internacional IEC 60364 define claramente los diversos elementos en las conexiones a tierra (Marca, 2019).

En el sistema eléctrico tanto como residencial industrial y comercial debemos tomar en cuenta tener un sistema de puesta a tierra, por lo tanto al

no tener este sistema a un corto plazo del trabajo podemos tener problemas a futuro debido a anomalías eléctricas que nos pueden causar daño este proyecto es puesto que la acometida o panel principal no tiene un sistema de puesta a tierra donde hay estudios y obligación de acuerdo por las normas NEC (Norma Ecuatoriana de la Construcción) tiene por objeto fijar las condiciones mínimas de seguridad que deben cumplir las instalaciones eléctricas en bajo voltaje (A. R. Chicaiza & Guanoluisa, 2020).

1.3 Definición del Problema

El problema principal radica en la insuficiente protección eléctrica de los circuitos de iluminación y fuerza 120/240V en el colegio San José la Salle. Los métodos tradicionales de conexión a tierra han mostrado limitaciones en términos de durabilidad y resistencia, lo que pone en riesgo tanto la infraestructura como la seguridad de los estudiantes y personal.

1.4 Justificación del Problema

Con el análisis de estudio para el diseño del sistema de aterrizaje eléctrico en el colegio La Salle de Guayaquil, se pretende cubrir de manera que el usuario pueda tener una seguridad al usar un equipo eléctrico, aportando un medio seguro para la disipación de las corrientes eléctricas a tierra sin exceder los niveles de operación de la red y de los equipos a utilizar, ofreciendo protección a las personas limitando tensiones de paso y de contacto.

Los beneficios de este proyecto se verán evidenciado en diferentes áreas, para una buena distribución de electricidad por variedad de 110v y 220v

también una línea neutro-aterrizada y por su parte una correcta puesta a tierra para protección de equipos y nuestra propia seguridad de niños y profesores.

Este trabajo de integración curricular ayuda al estudiante de la facultad de Educación técnica para el desarrollo a poner en práctica los conocimientos adquiridos, la cual es necesaria en medio de un ambiente laboral tan competitivo, además de dejar en evidencia la buena enseñanza adquirida en la universidad Católica Santiago de Guayaquil.

1.5 Objetivos del Problema de Investigación

1.5.1 Objetivo general

Analizar y mejorar el sistema de puesta a tierra para la protección de los circuitos de iluminación y fuerza de 120/240V del Colegio San José la Salle de Guayaquil, mediante la implementación de la tecnología de soldadura exotérmica.

1.5.2 Objetivos específicos

- Estudio del sistema eléctrico del colegio San José la Salle.
- Desarrollar la simulación de las cargas eléctricas obtenidos de cada una de las áreas de la institución educativa, mediante el empleo del software ETAP.
- Establecer el diseño y simulación del sistema de aterrizaje eléctrico para el colegio San José la Salle mediante el uso de ETAP.

1.6 Hipótesis

En el presente trabajo de titulación, se busca ofrecer el diseño de un sistema de puesta a tierra tipo malla para la institución educativa con el fin de salvaguardar la integridad física de las personas y de los dispositivos que están conectados a la red eléctrica del colegio, a su vez el diseño de este sistema de puesta a tierra será indispensable a futuro para la institución al momento de expandir su red eléctrica.

1.7 Metodología de Investigación

En este análisis de estudio se recopilará información que se utilizara para el levantamiento siendo de tipo deductivo en esta indagación o investigación se centrará en fundamentos basados al método científico, como los tipos de sistemas de puesta a tierra, también en metodología de mejora continua y priorizando la seguridad industrial en genera (Garcia et al., 2023).

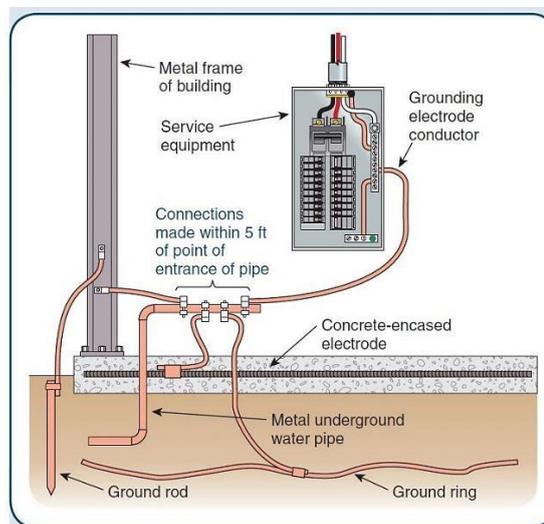
Además, se utilizará el diseño y simulación, para el análisis del rendimiento del sistema de puesta tierra ante corriente de fallas y otros factores relevantes, que generen un perjuicio a las distintas áreas de la institución educativa.

Capítulo 2: Fundamentación Teórica

2.1 Definición de un sistema de puesta a tierra

La conexión a tierra cumple un propósito multifacético en las instalaciones eléctricas, actuando principalmente como una medida de seguridad para prevenir fallas y proteger tanto la vida humana como la de animales, a su vez garantizar la integridad y el funcionamiento del equipo como se ve en la figura 2.1. En esencia, la conexión a tierra implica enlazar superficies conductoras expuestas a un punto no energizado. De este modo, cualquier corriente de falla encuentra un camino directo a tierra, facilitando la desconexión del suministro a través de dispositivos como interruptores diferenciales o sistemas de monitoreo de aislamiento (Alvarado et al., 2021).

Figura 2.1: Conexión de sistema puesta a tierra.



Nota: Componentes de un sistema de puesta a tierra para su correcto funcionamiento. Fuente: Piroeléctrico, 2020

Este sistema, a menudo denominado erróneamente tierra física, constituye fundamentalmente un medio para estabilizar los niveles de voltaje

generados por descargas atmosféricas o sobretensiones en la línea. Además, proporciona un punto de referencia común para los voltajes en un circuito. Los componentes clave, como los electrodos de tierra y los conductores de los electrodos de tierra como se observa en la figura 2.2, son esenciales para crear una masa equipotencial. Esta masa equipotencial minimiza las diferencias de voltaje y garantiza la estabilidad operativa (Barbecho & Pérez, 2022).

Figura 2.2: Elementos que conforma un sistema de puesta a tierra.



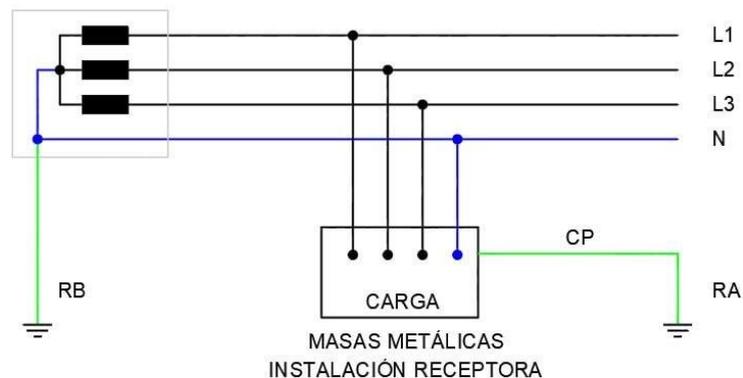
Nota: Partes que se conectan a un electrodo de un sistema de puesta a tierra. Fuente: Ávila, 2019

La influencia de la configuración del electrodo de tierra se atribuye a la distribución del potencial sobre la superficie del suelo. Dicha influencia afecta directamente la eficiencia general del sistema de tierra de la instalación y no ofrecerá protección contra el voltaje al que está sujeta la persona. Una vez establecida una conexión a tierra independiente, se crea una ruta segura para que la corriente eléctrica fluya hacia la tierra y, por lo tanto, el riesgo de aumento del voltaje disminuye y se crean perfiles de voltaje específicos sobre la superficie del terreno (Lozano, 2020).

2.1.1 Puesta a Tierra TT (Tierra-Tierra)

El sistema de puesta a tierra TT se caracteriza utilizando el neutro del sistema de alimentación conectado directamente a tierra en el punto de origen de la instalación, que suele ser un transformador. Las carcasas metálicas de los equipos eléctricos también se conectan a tierra, pero a través de un sistema de puesta a tierra local independiente. La principal ventaja de este sistema es la separación entre la tierra del sistema de alimentación y el neutro que evita que la caída a tierra afecte directamente al neutro del sistema. Este sistema es el uso en áreas rurales y lugares sin una red de tierra común (Garay & Toledo, 2023).

Figura 2.3: Esquema de conexiones de un sistema de puesta a tierra TT.



Nota: Conexiones de las líneas con respecto a la carga del sistema de puesta a tierra. Fuente: Martínez, 2023

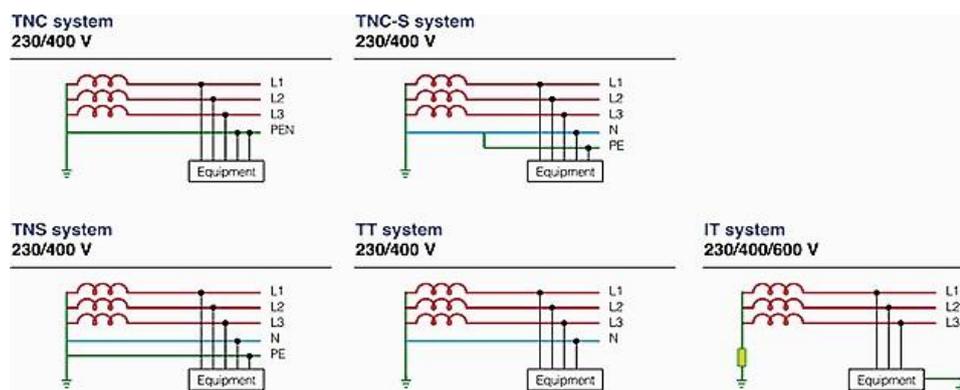
Instalar un sistema TT es mucho más fácil que un sistema TN o IT, ya que no requiere un segundo conductor de tierra separado, en cambio, un cable a tierra simple conecta todas las carcasas. Sin embargo, puede ser costoso de instalar debido a la necesidad de proporcionar un sistema de puesta a tierra local independiente. Además, las caídas de tierra pueden variar considerablemente entre diferentes ubicaciones, lo que afecta la seguridad y

las prestaciones del sistema. Las caídas de tierra deben ser bajas para proporcionar una buena protección por caída a tierra (Domínguez Villa, 2022).

2.1.2 Puesta a Tierra TN (Tierra-Neutro)

El sistema de aterrizaje eléctrico TN es una de las formas más extendidas de protección eléctrica en la construcción; es una abreviatura de su raíz de fuente y uso universal en instalaciones centrales y residenciales. El rasgo distintivo de la designación en letras “N” es la conexión a tierra del neutro en la fuente; se utiliza principalmente en un transformador o en un cuadro de distribución central. Según la variante, se distinguen los sistemas TN-S, TN-C y TN-C-S . Cada una de las variantes está dominada por una descripción del campo, por lo que es correcto seleccionar el sistema de partida deseado. La diferencia impuesta entre ellas se refiere a cómo se usan los conductores de protección PE y neutro (Fernández et al., 2023).

Figura 2.4: Esquemas de sistemas de puesta a tierra para 3 líneas.

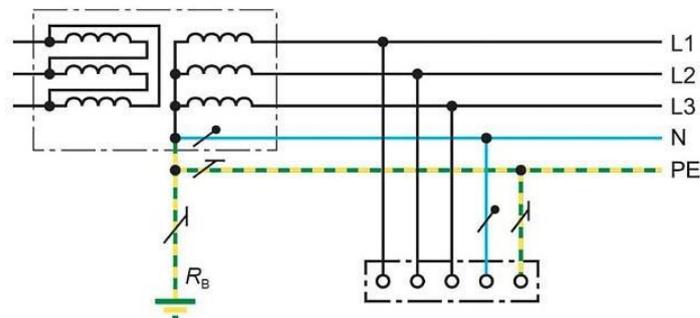


Nota: Diferentes tipos de conexiones de tierra – neutro del sistema de puesta a tierra para 230, 400 y 600 voltios. Fuente: Crushtymks, 2019

Es el sistema TN-S (Tierra Neutro-Separado), en el cual el conductor de protección PE y el conductor de neutro N se mantienen separados a través de toda la red eléctrica como se observa en la figura 2.5. El conductor está

completamente separado para la protección y un conductor separado para el neutro son llevados directamente desde el origen hasta los puntos de consumo. Tiene varias ventajas sobre otras formas de TI: genera niveles extremadamente altos de seguridad y protección debido a la separación física de los conductores. Un sistema de este tipo reduce significativamente el riesgo de contaminación entre el conductor de protección y neutro y el conductor. En caso de fallas o cortocircuitos, es imposible que la corriente de falla fluya a través del conductor y entre en contacto con el conductor neutro o viceversa. Sin embargo, además de estos beneficios en términos de seguridad, la separación física también reduce las pérdidas de energía en comparación con otros sistemas TN (Orbea, 2023).

Figura 2.5: Diagrama de un sistema de puesta a tierra TN-S.

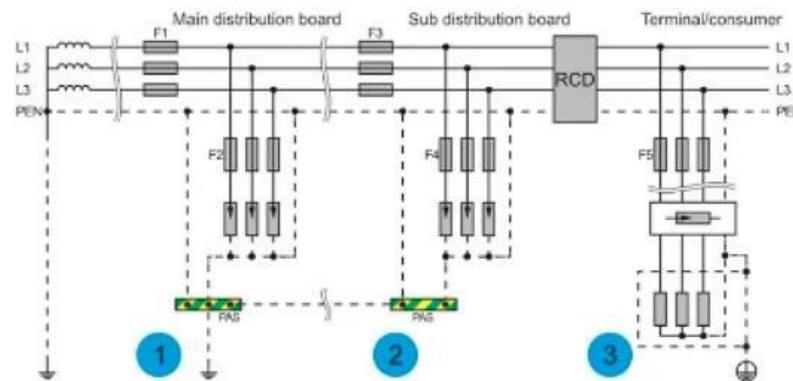


Nota: Conexiones de las líneas, del neutro y el conductor de protección del sistema de aterrizado con el neutro separado. Fuente: Martínez, 2023

El sistema TN-S se usa de manera más extensa en instalaciones en las que la seguridad es particularmente vital, por ejemplo, en hospitales, laboratorios, edificios de oficinas. No obstante, la desventaja de este es un impacto directo en los costos de instalación, ya que puede aumentarse gracias al mayor número de conductores, infraestructura, en general. La inversión a

largo plazo puede reembolsarse a través de un mantenimiento regular y largo con un gasto menor. (Oliva & Alberto, 2021).

Figura 2.6: Esquema de conexiones de puesta a tierra TN-C.

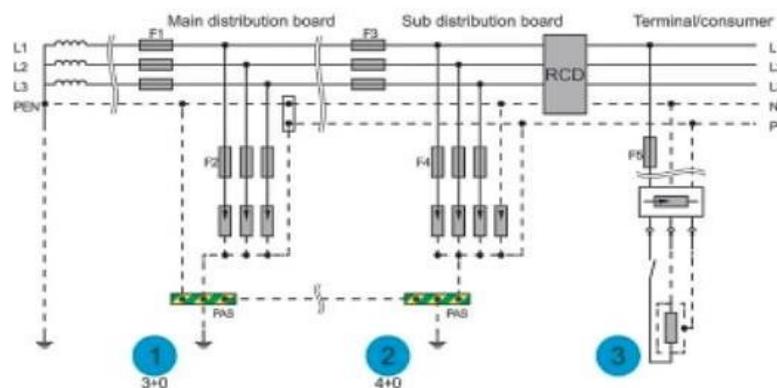


Nota: Conexiones de las líneas, neutro y conductor de protección del sistema de tierra neutro combinado. Fuente: Zhu, 2022

Sistema TN-C (Tierra Neutro-Combinado) como se observa en la figura 2.6 en contraste con TN-S combina el conductor de protección y el conductor neutro en un solo conductor PEN (conductor combinado de protección y neutro). TN-C es notablemente más barato de instalar debido a la menor cantidad de cables requeridos. Esto lo hace atractivo en términos de costo de sistemas presupuestarios. Sin embargo, el sistema TN-C tiene desventajas significativas en términos de riesgo de seguridad y EMV. Existe un mayor riesgo con las fallas en TN-C, por ejemplo, la pérdida de PEN conduce a la falta de protección y un camino neutro. TN-C es más susceptible a interferencias electromagnéticas. TN-C se usa a menudo en aplicaciones industriales y donde los costos a corto plazo son los más críticos. Sin embargo, se necesita un mantenimiento más detallado adicional por razones de seguridad (Lanzas, 2021).

El sistema TN-C-S (Tierra Neutro-Combinado y Separado) como se observa en la figura 2.7 es una combinación de los sistemas TN-C y TN-S y se diseñó para utilizar lo mejor de ambos mientras clasificaba sus debilidades. En este sistema, el PEN se utiliza desde su lugar de origen -generalmente el transformador o la caja de distribución principal- y se divide en un lugar designado dentro de la instalación, como la caja de distribución de potencia. El conductor PEN se divide en dos aspectos separados: uno para protección PE y otro para la función de N. Esta configuración ofrece ventajas en costos y seguridad (G. V. Chicaiza & Pérez, 2020).

Figura 2.7: Esquema de conexiones de puesta a tierra TN-C-S.



Nota: Conexiones de las líneas, neutro y conductor de protección del sistema de tierra neutro separado y separado. Fuente: Zhu, 2022

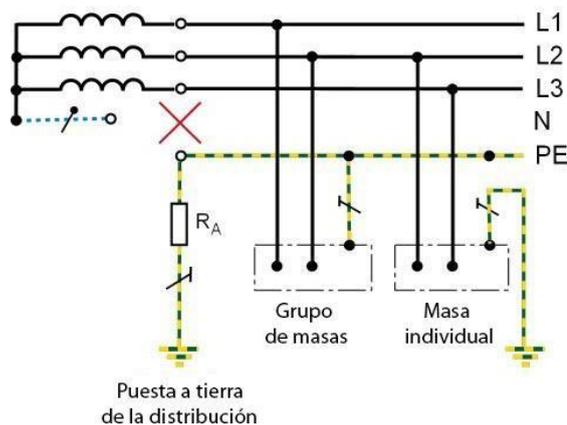
El PEN se utiliza desde el comienzo de la instalación, reduciendo costos y simplificando la infraestructura de cableado, la cual puede ser problemática en partes alejadas de la instalación. El proceso de dividir emite una señal de mejor calidad, mejorando la seguridad y confiabilidad. Si bien esta configuración es ventajosa, requiere de planificación y monitoreo continuo. Para garantizar que no haya divisiones peligrosas, la transferencia de PEN a PE y N debe ocurrir en un solo lugar claramente definido.

Conexiones seguras y aislantes limpios también son necesarios para evitar fallas eléctricas. Normalmente usado en instalaciones modernas residenciales y comerciales, donde dependiendo del costo, el estado del lugar cambio o el lugar de instalación, varía entre naturaleza y necesidad, esta opción modular clásica brinda adaptabilidad (Machaca, 2022).

2.1.3 Puesta a Tierra IT (Aislamiento-Tierra)

En un sistema IT como se observa en la figura 2.8 el punto neutro del sistema de alimentación está aislado de la tierra o conectado a tierra con una alta impedancia. Las carcasas de los equipos se conectan a tierra a través de un sistema de puesta a tierra local. Este enfoque garantiza una alta continuidad de servicio porque, durante la primera falla a tierra, se puede mantener el suministro de energía de la mayor parte de los consumidores en el circuito (Meinsa, 2021).

Figura 2.8: Esquema de conexiones de puesta a tierra IT.



Nota: Conexiones de las líneas, neutro y conductor de protección del sistema de tierra de tipo aislamiento. Fuente: Bender, 2020

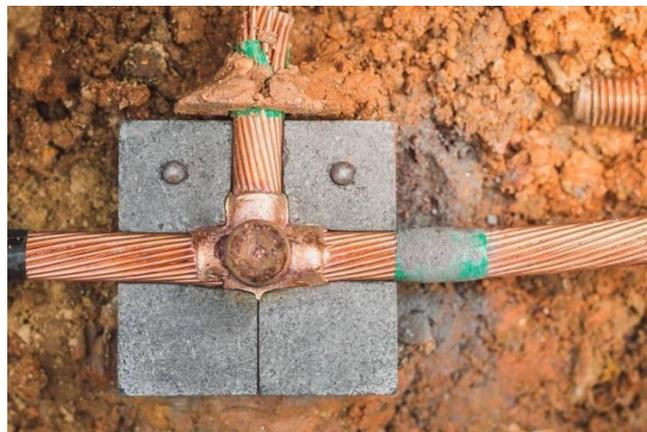
Los sistemas IT son particularmente valiosos para las aplicaciones en las que la continuidad del servicio es crítica, como los hospitales y las plantas industriales. La disminución de las corrientes de falla a tierra en comparación

con el sistema TN reduce el riesgo de daños y aumenta la seguridad. Sin embargo, los sistemas IT también presentan desventajas, ya que se debe monitorear en busca de fallos a tierra (Etkho, 2020).

2.1.4 Electrodo de puesta a tierra

Los electrodos de puesta a tierra como se observa en la figura 2.9 son componentes críticos para la protección eléctrica y, por lo tanto, tienen múltiples funciones críticas que desempeñar en los sistemas eléctricos. En primer lugar, dan una conexión ininterrumpida y varias veces accidental a la tierra, asegurando que cualquier corriente de falla o energía conducida a tierra, como la causada por descargas, se disipe a la vida silvestre. Dicho acceso se facilita a través de electrodos enterrados, fabricados generalmente con cobre por su baja resistencia eléctrica (Velasco, 2022).

Figura 2.9: Electrodo de un sistema de puesta a tierra por la NOM 001.

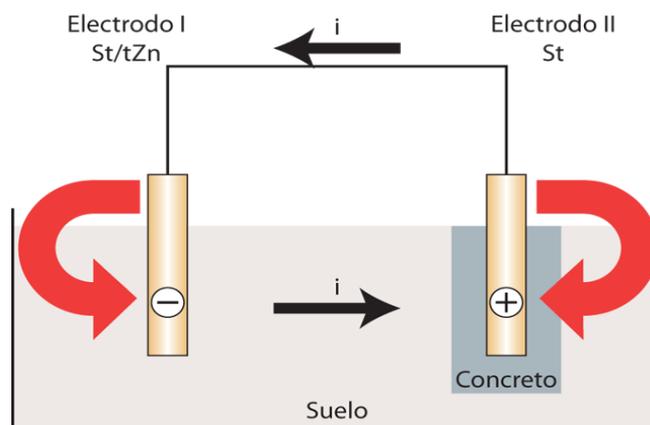


Nota: Conexiones del electrodo de sistema de puesta a tierra con su respectiva unión. Fuente: JWT Industrial, 2022

Además, aseguran un camino de baja resistencia de hecho a la tierra, lo que garantiza que el voltaje presente en las superficies metálicas sea muy bajo, reduciendo las descargas accidentales de energía y asestando golpes

en el hardware. Establecen una plataforma equipotencial que asegura que no haya mucha diferencia de potencial dentro del sistema. Esto se logra al garantizar que todas las estructuras metálicas conductoras adultas tengan casi el mismo potencial, lo que garantiza la seguridad de los ciudadanos y la protección del hardware. Estos electrodos forman parte integral de todo el sistema de puesta a tierra. Se requiere que la instalación correcta desempeñe un papel integral para garantizar que los electrodos se mantengan enterrados y que los materiales adquiridos sean de alta calidad para evitar la corrosión y mantener una baja resistencia como se observa en la figura 2.10. Asegurar la seguridad regular puede garantizar el funcionamiento repetido al realizar inspecciones regulares y reemplazar los accesorios según sea necesario (Ramírez & Argoti, 2020).

Figura 2.10: Uso de celda de concreto en hormigón para reducción de probabilidades de corrosión en electrodos.



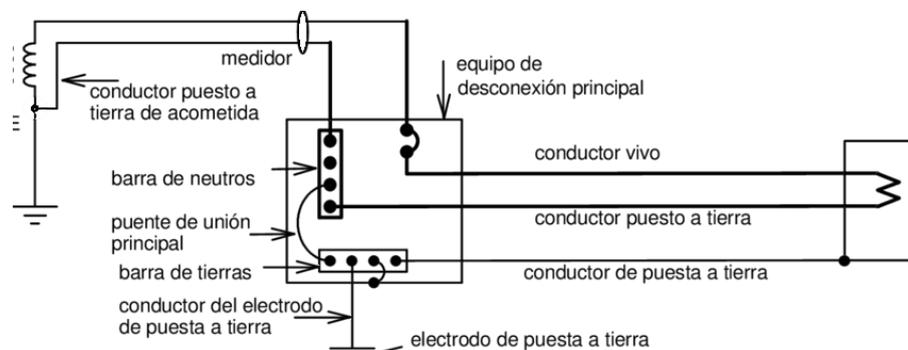
Nota: Celda de concreto el electrodo 2 en la parte positiva para reducir posibilidades de corrosión. Fuente: Srl, 2020

2.1.5 Conductores de puesta a tierra

Los conductores de puesta a tierra, como se observa en la figura 2.11 son componentes cruciales de todo el sistema eléctrico, son esenciales para

conectar varias partes del sistema a la superficie conductora de la tierra. Estos conductores están disponibles en una variedad de formas, con el conductor circular convencional comúnmente utilizado llamado anillo de puesta a tierra siendo crucial para formar la ruta a tierra de baja resistencia y estable. La elección del conductor de puesta a tierra dependerá del nivel de resistencia a tierra, la topografía y la naturaleza de la instalación, ya sea comercial, industrial o residencial (Toaso, 2024).

Figura 2.11: Conductor de puesta a tierra y unión principal.

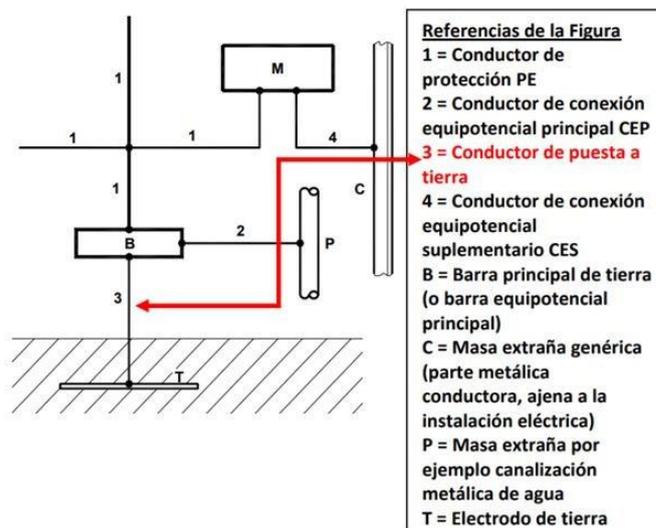


Nota: Medidor, barra de neutro, equipos de desconexión, etc. utilizados en sistemas de puesta a tierra. Fuente: Llamas, 2020

Además, los conductores de puesta a tierra son esenciales para manejar las corrientes de falla potencialmente dañinas, canalizándolas de una manera que no será peligrosa como se observa en la figura 2.12, sin embargo, sin una ruta de fuga al suelo, probarán una severa presión sobre el sistema eléctrico. Los conductores horizontales, con cables verticales o electrodos, ayudan a reducir la resistencia a suelo y mejorar la eficiencia del sistema. Acaba con cualquier riesgo asociado con las fallas eléctricas significan que este sistema conectado es crucial para tratar con las descargas atmosféricas. Como tal, el diseño y la instalación cuidadosa de los conductores de conexión

a tierra son esenciales para el funcionamiento y la seguridad de todo sistema (Beltrán & Luna, 2023).

Figura 2.12: Conductor que conecta un punto de una red eléctrica a un electrodo de puesta a tierra.



Nota: Diagrama de conexiones del conductor equipotencial y la barra principal de protección del sistema de puesta a tierra. Fuente: Cpiaya, 2020

2.1.6 Conexiones y empalmes en un sistema de puesta a tierra

La disposición de las conexiones y los empalmes en un sistema de puesta a tierra como se observa en la figura 2.13 se hace meticulosamente mediante una variedad de elementos, cada uno con propósitos específicos para garantizar la efectividad y seguridad general de todo el sistema. El objetivo principal es proporcionar un recorrido seguro para las corrientes de falla, conectando las masas a tierra y reduciendo la posibilidad de electrocutar a las personas y dañar gravemente los equipos. Se espera que el sistema de puesta a tierra use una malla robusta hecha de cables de cobre con calibres 4/0 AWG comúnmente (Morales, 2021).

Figura 2.13: Tipos de conectores utilizados en la puesta a tierra.



Nota: Distintos modelos de conectores empleados en sistemas de puesta a tierra dependiente su aplicación. Fuente: Singenieria, 2022

Están conectados entre sí a través de electrodos de barra de soldadura de cobre, que se extienden hasta capas más profundas de la tierra, garantizando un recorrido de baja resistencia par a las corrientes de falla. Además, las ramas del sistema están conectadas a cada dispositivo mediante cables más frágiles como cables de calibre 500 MCM o calibre 4/0 AWG para garantizar que la red siga siendo pura y que todos los equipos estén conectados a tierra en consecuencia. Por medio de esta configuración, todos los elementos metálicos se mantienen equipotenciales entre sí eliminando las posibilidades de diferencia potencial. Además, cumple con rigurosos estándares de seguridad que protegen a los usuarios y a los equipos en caso de riesgo. Sin embargo, se debe tener mucho cuidado para integrarlos en un sistema de puesta a tierra para garantizar su confiabilidad y seguridad en un entorno eléctrico (Hercilla, 2021).

2.1.7 Importancia de la resistividad del suelo en el aterrizaje eléctrico

La resistividad o impedancia del suelo es un aspecto esencial por tomar en consideración en el diseño y la eficacia de los sistemas de conexión a

tierra, dado que tiene un efecto directo en la predisposición de estos a transportar de manera segura las corrientes de falla al suelo. Para suelos altamente resistentes, predominantes en áreas rocosas o arenosas como se observa en la figura 2.14, el paso de las corrientes de falla a la tierra puede verse obstaculizado, lo cual aumenta el riesgo de daños a la maquinaria y la electrocución por contacto de las estructuras eléctricas con elevado voltaje. En estos escenarios, es indispensable tomar medidas suplementarias para reducir la resistividad en áreas fiscales y asegurar la fiabilidad del sistema (Coronel & Sinchi, 2021).

Figura 2.14: Suelos con alta resistividad por su composición.



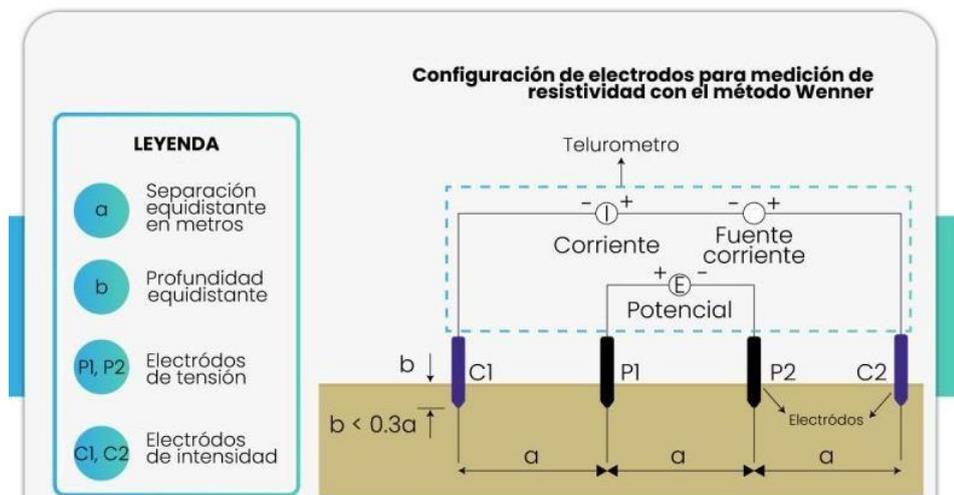
Nota: Suelo de textura arenosa, con bajo índice de humedad y minerales presentes. Fuente: Barros, 2020

Realizar pruebas de resistividad anteriores al lugar también es vital para obtener información sobre los lugares idóneos para la instalación, dado que el suelo influye mucho en el rendimiento del sistema. Al comprender e intervenir sobre el problema de resistividad del suelo, los ingenieros podrán asegurar la idoneidad de los equipos para fallas a tierra, con lo que se garantiza la seguridad y rentabilidad de las estructuras eléctricas en general (Fuentes, 2023).

2.1.8 Medición de la resistividad

El método directo original para medir la resistividad del suelo implica la técnica Wenner de cuatro electrodos como se observa en la figura 2.15. Este método se implementa enterrando cuatro electrodos de la misma longitud en el suelo a la misma distancia. La corriente fluye a través de los electrodos externos, mientras que el voltaje entre los electrodos internos se mide de la misma manera. El voltaje y la corriente determinados por las mediciones se usan para determinar la resistividad del suelo, que es esencialmente la resistencia longitudinal promedio por unidad en la sección transversal (Llerena & Fuentes, 2024).

Figura 2.15: Método Wenner para medir la resistividad del suelo a través de los electrodos instalados.

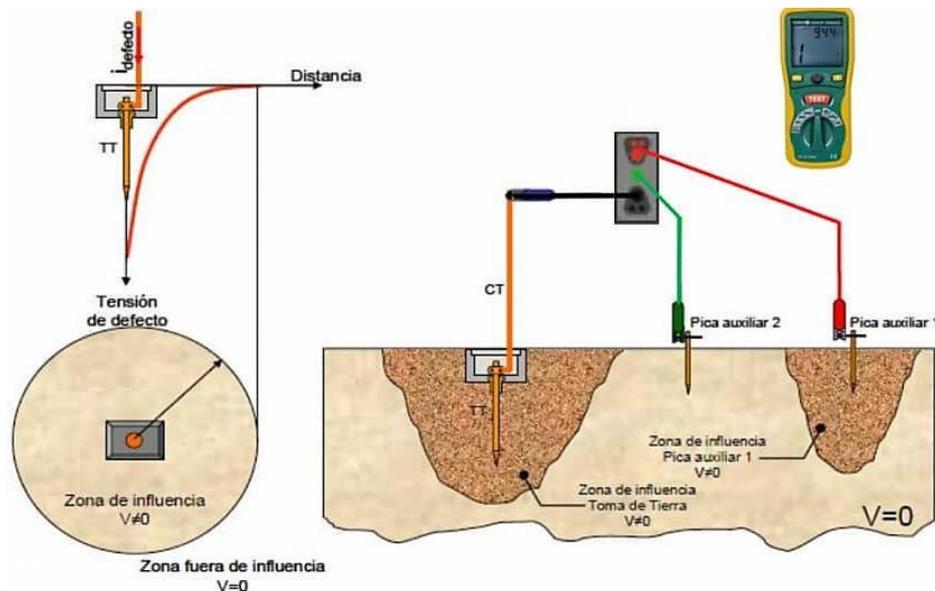


Nota: Orden y establecimiento de los electrodos para la medición de su resistividad. Fuente: Inel, 2024

Una variación de ese método es el método Schlumberger este método se basa en el uso de cuatro electrodos en diferentes distancias entre sí. Por lo tanto, es posible obtener una imagen más detallada y diversa de las capas del suelo y su resistividad evaluada. En definitiva, los métodos comparten la

técnica de nivelar varios efectos en una sola cantidad que facilitará la interpretación de los datos de resistividad subterránea que enseñan a los ingenieros a variar la resistividad en el campo y a tomar decisiones informadas sobre la ubicación de la puesta a tierra y el cableado. Me metro. Además, estas mediciones son importantes ya que la resistividad del suelo no depende exclusivamente de la composición: hay presencias de sales solubles, humedad y temperatura de contenido, que pueden afectar la variabilidad de la resistividad del suelo como se observa en la figura 2.16 (Malpica, 2022).

Figura 2.16: Método de medición de resistividad.



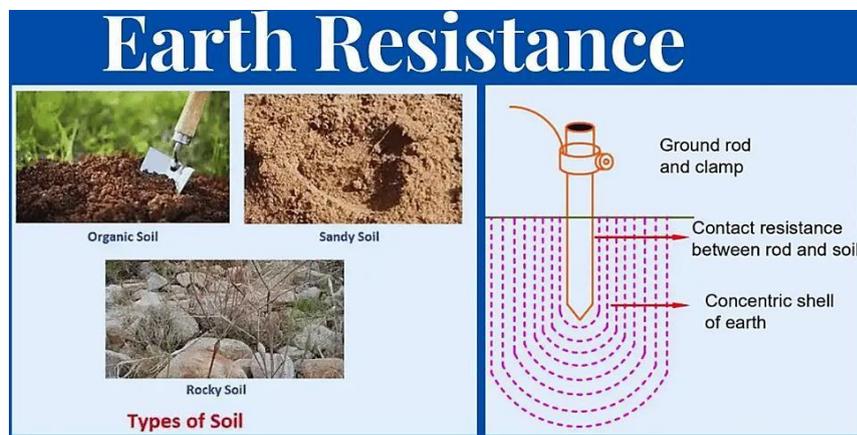
Nota: Conexión de pines de multímetro para determinar los valores de resistividad correspondiente. Fuente: Peris, 2021

2.1.9 Técnicas para mejorar la resistividad del suelo

Una de las técnicas que pueden utilizarse para mejorar la resistividad del suelo se implantan mediante materiales de mejora conductiva, que pueden ser una opción práctica y eficiente, sobre todo en entornos en los que la conductividad sea alta por naturaleza, como suelos rocosos y arenosos como

se observa en la figura 2.17. Esta categoría de materiales incluye tanto el carbono como las sales o las sustancias químicas fabricadas específicamente para mejorar la conexión a tierra, disminuyendo significativamente el valor de resistencia a tierra. Sin embargo, las ventajas de estos materiales radican en que su eficacia no depende de la resistencia de los electrodos adicionales ni del espacio necesario para su inserción (Castro, 2020).

Figura 2.17: Variación de resistividad por los tipos de suelo para sistemas de puesta a tierra.

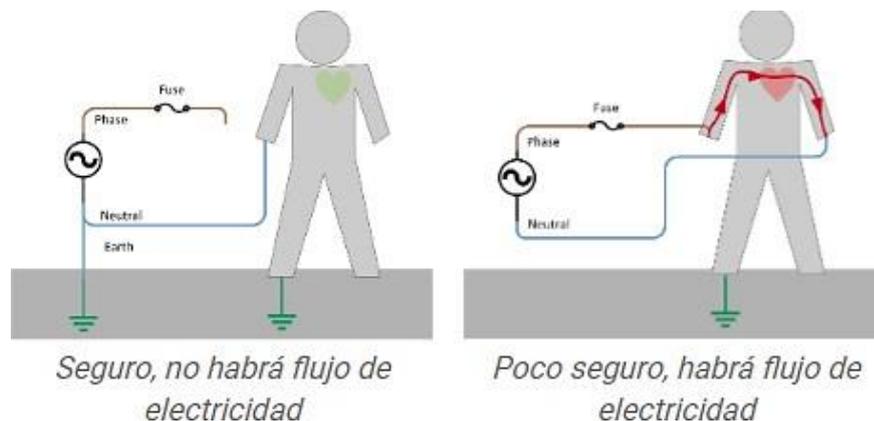


Nota: Diferentes valores de resistividad dependiendo el tipo de suelo a implementar un sistema de puesta a tierra. Fuente: Itztli, 2023

Por ende, los resultados obtenidos son fiables y no dependen de factores externos vinculados a la instalación de los electrodos. Por consiguiente, los aspectos señalados son una solución factible para conseguir el valor deseado de resistencia de tierra donde no basta con la inserción sencilla de los electrodos para obtener la seguridad y el rendimiento necesarios. Por lo tanto, la capacidad de abordar el problema de la resistividad alta del suelo a través de los medios mencionados subraya la importancia de elegir los materiales y las técnicas necesarias, lo que asegurará una resistencia óptima del subsuelo del equipo. Como consecuencia, mejoraría la

protección de las instalaciones eléctricas y la prevención de los riesgos relacionados con la electrocución como se observa en la figura 2.18, por un lado, y daños al equipo, por el otro (Changoluisa & Monga, 2021).

Figura 2.18: Uso de puesta a tierra para evitar electrocución.

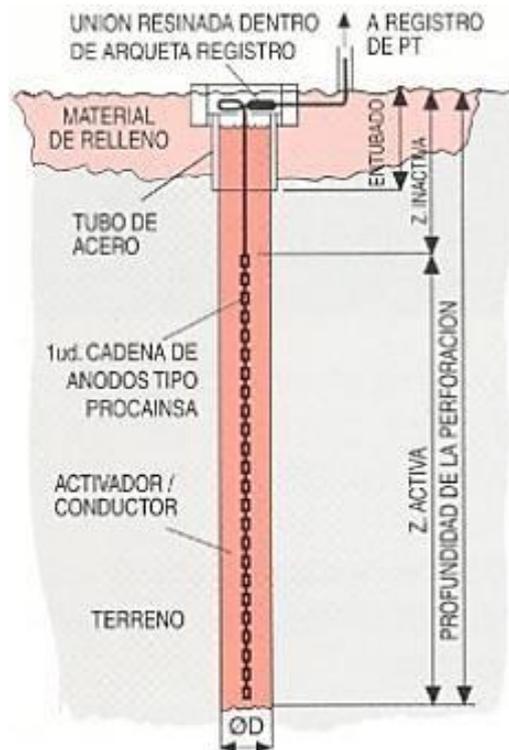


Nota: Situaciones en las que un sistema de puesta a tierra evita la electrocución a una persona. Fuente: Victronenergy, 2023

2.1.10 Nuevas tecnologías están disponibles para mejorar los sistemas de puesta a tierra

Los electrodos PICRÓN son una innovación significativa en la tecnología de sistemas de puesta a tierra en su conjunto y presentan ventajas únicas para las instalaciones eléctricas de alta y baja tensión. Sean particularmente efectivos en condiciones ambientales adversas, como áreas marinas y aplicaciones directas de agua de mar, los electrodos PICRÓN como se observa en la figura 2.19 superan los desafíos que enfrentan los sistemas de puesta a tierra tradicionales (Granero, 2020).

Figura 2.19: Partes de un electrodo de tipo Picrón.

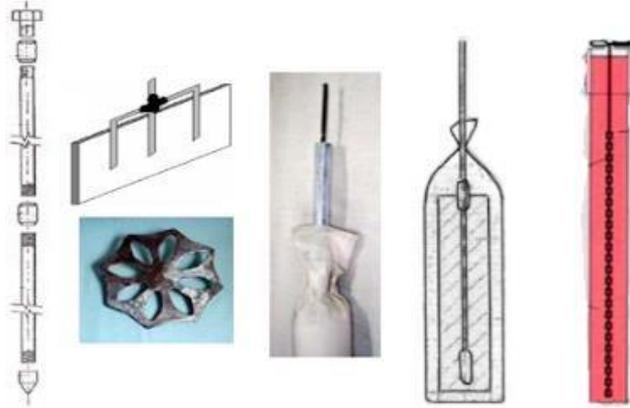


Nota: Elementos que componen la estructura de un electrodo de tipo Picrón y su respectiva instalación en el suelo. Fuente: Granero, 2020

Además, su naturaleza adaptable al suelo los convierte en una opción viable para enterramientos profundos o semi profundos en suelos con niveles freáticos elevados y regiones deltaicas, donde los métodos convencionales como se observa en la figura 2.20 fallan en vista de las condiciones del suelo. Por lo tanto, no es sorprendente que los electrodos PICRÓN sean recomendados no solo para su uso en áreas difíciles, sino también en una variedad de aplicaciones críticas, a saber, sistemas de pararrayos, equipos informáticos y robóticos. Toda esta adaptación a los múltiples entornos único para los electrodos PICRÓN es agravado principalmente por sus relativamente bajas tasas de corrosión, lo que garantiza una larga vida útil con requisitos mínimos de mantenimiento. Además de permitir un rendimiento a corto plazo, las tasas de corrosión bajas también reducen los costos

operativos y mejoran la confiabilidad a lo largo de la vida útil de los sistemas (Procainsa, 2024).

Figura 2.20: Electrodo usado en sistema de puesta a tierra.



Nota: Tipos de electrodos más utilizados en los sistemas de puesta a tierra.

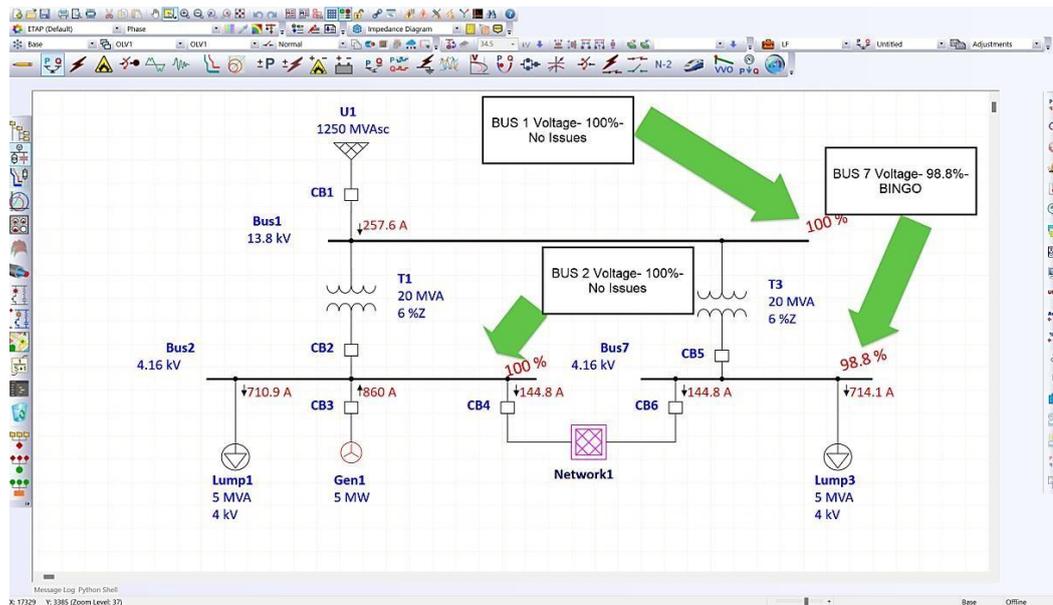
Fuente: Granero, 2020

2.2 Descripción general del software ETAP

ETAP (Electrical Transient Analyzer Program) es un software avanzado y muy influyente que se utiliza en la mayoría de las situaciones para la operación, el diseño, la simulación y la automatización de sistemas eléctricos. ETAP es distinguido por su gran fortaleza y habilidad para abarcar los desafíos concernientes a los sistemas eléctricos modernos. Una de sus características distintivas es la capacidad de poder adaptarse a cualquier cambio y en todo escenario mientras se encuentra en el sistema eléctrico. Esto es importante ya que asegura que los ingenieros diseñadores logren asegurar que los sistemas puedan operar adecuadamente en cualquier condición y desafío fluctuante. ETAP constituye Las necesidades de ingenieros y diseñadores para realizar análisis y hacer ajustes sobre varios aspectos de cualquier sistema eléctrico que pueda requerir cambios. Estos incluyen análisis de

cortocircuitos, flujo de carga, análisis de transitorios, análisis de la estabilidad del sistema como se observa en la figura 2.21, entre otros en cualquier sistema eléctrico (Velásquez, 2020).

Figura 2.21: Software ETAP para la simulación de sistemas eléctricos.

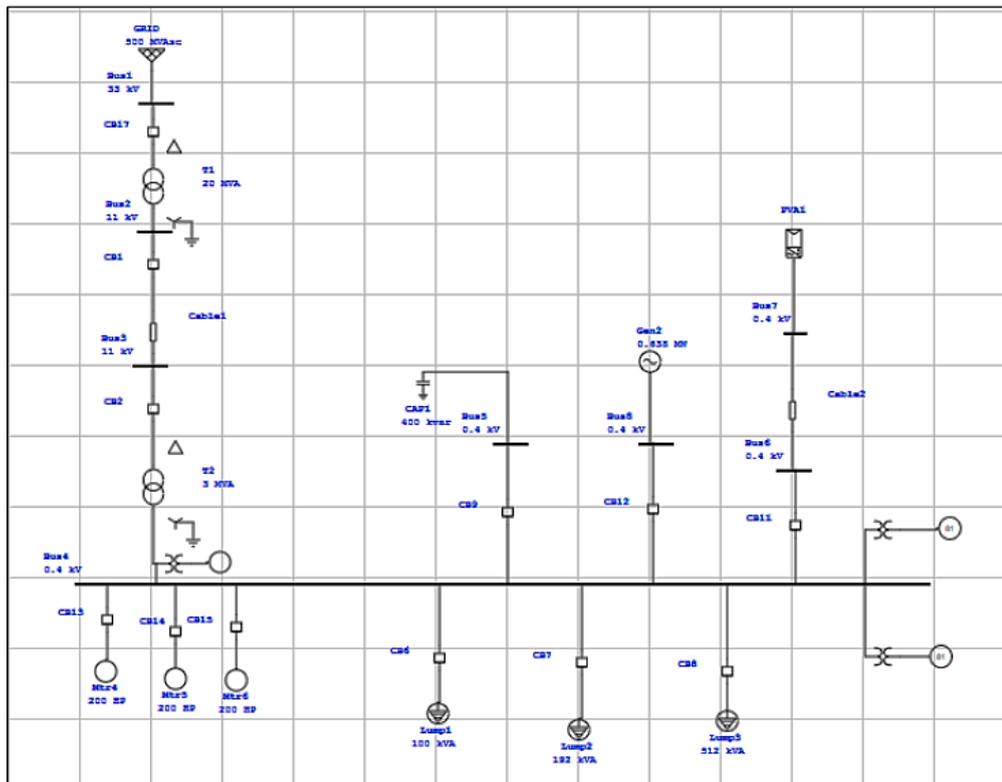


Nota: Análisis de pérdida de tensión en porcentajes de las líneas de un sistema eléctrico. Fuente: Epassa, 2023

Todas estas funciones son compatibles con ETAP teniendo en cuenta que asegura que el usuario sea capaz de abordar aspectos eléctricos diversos y hacer operaciones con precisión y detenimiento. La controversia de uso con la interfaz con ETAP es otra razón por la cual ETAP es preferible a otros programas de software. Esto puede atribuirse al hecho de que ETAP tiene una interfaz amigable que facilita que el usuario agregue los criterios y estándares internacionales a sus proyectos con mucha facilidad y de la manera más práctica como se observa en la figura 2.22. Por lo tanto, esto simplifica el proceso de diseño y análisis de un lado y minimiza la ocurrencia de errores por otro y aumenta la eficacia y eficiencia del asunto. Asimismo, las

capacidades de modelado avanzado y ajustes precisos realizados por ETAP garantizan que el último diseño sea confiable y seguro y rendimiento optimizado. Es capaz de hacer simulaciones mientras da resultados después de cada ajuste al sistema a través del impacto que podría ocurrir en el sistema (Haz et al., 2024).

Figura 2.22: Diagrama general de una red eléctrica con ETAP.



Nota: Simulación de un sistema eléctrico de 8 barras con un suministro de 33kV y potencia de 500MVA. Fuente: Abu et al., 2020

Capítulo 3: Aportes de la investigación

En el presente capítulo 3 se aborda el estudio completo y detallado del sistema eléctrico del Colegio San José La Salle como se observa en la figura 3.1, utilizando avanzadas herramientas de simulación y diseño eléctrico tales como ETAP (Electrical Transient and Analysis Program). Este capítulo consta de dos partes principales, En la primera sección, se lleva a cabo la simulación de las cargas eléctricas del Colegio, en la cual se tiene en cuentas las áreas tales como aulas, sector administrativo, de refrigeración, estadio, etc.

Figura 3.1: Ubicación de la institución educativa en Google Earth.



Nota: Representación 3D de la ubicación del colegio San José la Salle de Guayaquil. Elaborada por: Autor

La segunda parte de este capítulo se enfocará en la simulación y diseño de la puesta a tierra. Un sistema moderno y seguro es fundamental para la protección contra corrientes de falla y preservación de las instalaciones. Se ha diseñado un sistema de tierra bajo la utilización de ETAP que cumplen y garantizan en base a normas IEEE la seguridad de la institución educativa.

3.1 Análisis de corrientes del tablero de distribución principal de la institución educativa

En la figura 3.2 hace referencia al levantamiento de datos mediante medición y registro de datos con un multímetro sobre el voltaje y corriente, de cada una las líneas de las áreas que tiene la institución educativa.

Figura 3.2: Medición del Tablero de distribución.



Nota: Registro de mediciones con multímetro. Elaborada por: Autor

En la figura 3.3 se toma los datos técnicos del transformador, y su estado actual de condiciones.

Figura 3.3: Transformador de 150kVA de la institución.



Nota: Revisión de características del transformador. Elaborada por: Autor

En la tabla 3.1 y figuras de los Anexos se presenta un conjunto detallado de mediciones de corriente en diversas áreas de una institución educativa, ofreciendo una visión comprensiva de la distribución y demanda eléctrica en diferentes zonas.

Tabla 3.1

Medición de corriente de las áreas de la institución educativa.

Nombre	Fase 1 (A)	Fase 2 (A)	Fase 3 (A)
Reserva	11,61	12,1	1,22
Cuarto de Racks Datos Teléfonos	0,16	12,15	1,89
Área Comunal Escuela	0,76	30,56	0,22
Aulas Planta Baja	2,21	4,99	5,41
Aulas Planta Alta Ala Izquierda	20	5,42	7,67
Administración	2,03	3,22	2,95
Aulas Planta Alta Ala Derecha	16	3,44	10,79
Refrigeración	65	12	3,56
Estadio	1,57	23	80
Iluminación General	1,2	3,55	3,55

Nota: Registro de corrientes de cada una de las líneas. Elaborada por: Autor

Estas mediciones son esenciales para comprender cómo es el consumo eléctrico en cada área específica, permitiendo a los administradores y técnicos identificar patrones de uso, detectar posibles anomalías y planificar intervenciones para optimizar la eficiencia energética. La tabla incluye datos de corriente para tres fases en áreas clave como la Reserva, el Cuarto de Racks de Datos y Teléfonos, las Aulas, el Área Comunal, la Administración, la Refrigeración, el Estadio y la Iluminación.

3.2 Simulación de estudio de cargas de la institución educativa

El estudio de carga de una institución educativa es un proceso importante para comprender y manejar el consumo de energía en todas las áreas. La carga simulada ayuda a establecer la eficiencia del sistema eléctrico y aplanar la mejora en condiciones que garantice la continuidad y la seguridad en la previsión del sistema. Los patrones de carga, las áreas con una alta demanda y los posibles desequilibrios se revelan a través de la simulación. La Tabla 3.2 muestra los valores de carga en kilovoltio-amperio que se registraron en las áreas en la institución. Los valores registrados abordaron la demanda de área suministrando datos suficientes para un respectivo análisis del sistema eléctrico.

Tabla 3.2

Valores de Carga en kVA de la institución registrados.

Área	Carga (kVA)
Aulas PA Ala Izquierda	7.55
Administración	1.08
Aulas PA Ala Derecha	7.42
Aulas PB	2.77
Cuarto de Racks	3.12
Área Comunal	6.94
Reserva	5.48
Iluminación General	2.22
Zona de Refrigeración	18.02
Estadio	23.29
Piscinas	7.42

Nota: Registro de la carga de cada una de las áreas. por: Autor

La Tabla 3.3 proporciona las especificaciones clave del transformador y generador que sirven a la institución educativa. Estos componentes son

fundamentales para el suministro y la gestión de la energía eléctrica dentro de la institución. El transformador, con una capacidad de 150 kVA, se encarga de adecuar la tensión eléctrica a niveles compatibles con los equipos y sistemas internos, asegurando una distribución eficiente y segura de la energía.

Tabla 3.3

Valores del transformador y generador de la institución.

Componente	Especificación
Generador	127.5 kW
Transformador	150 kVA

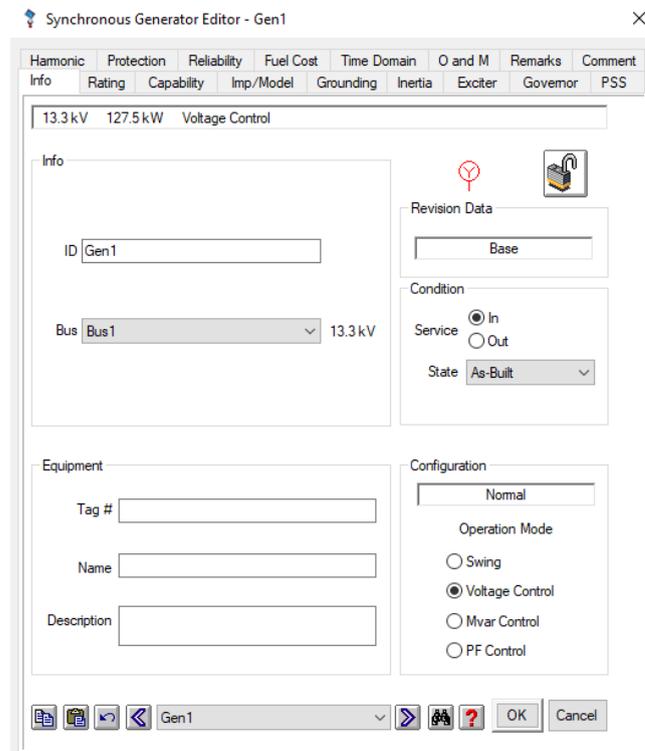
Nota: Datos generales del transformador y generador. Elaborada por: Autor

En la figura 3.4 se observa los parámetros de configuración en la pestaña de "Información" de la simulación en ETAP, se ajustan diversos datos para el análisis del sistema eléctrico, particularmente enfocados en un generador identificado con la etiqueta de "Gen 1", conectado al bus "Bus1".

El generador, con la etiqueta de "ID Gen 1", está asociado con el "Bus1", el cual está operando a un nivel de tensión de 13,3 kV. El generador tiene una capacidad de 127,5 kW. Implica un instrumento se menciona como el Tag, el cual es único para identificar el generador claramente del sistema. En la simulación, el generador se muestra In Service, afirmando que está operativo y, por lo tanto, tal como se mantiene en la simulación. El equipo se mantiene As-Built, lo que indica que el modelo y los datos usados coinciden con el sistema actual, ya que no hay alteraciones realizadas durante la simulación. La configuración está funcionando normalmente, lo que sugiere

que las condiciones de operación son correctas y están siendo simuladas sin alguna contingencia en especial.

Figura 3.4: Configuración de parámetros del generador en ETAP.

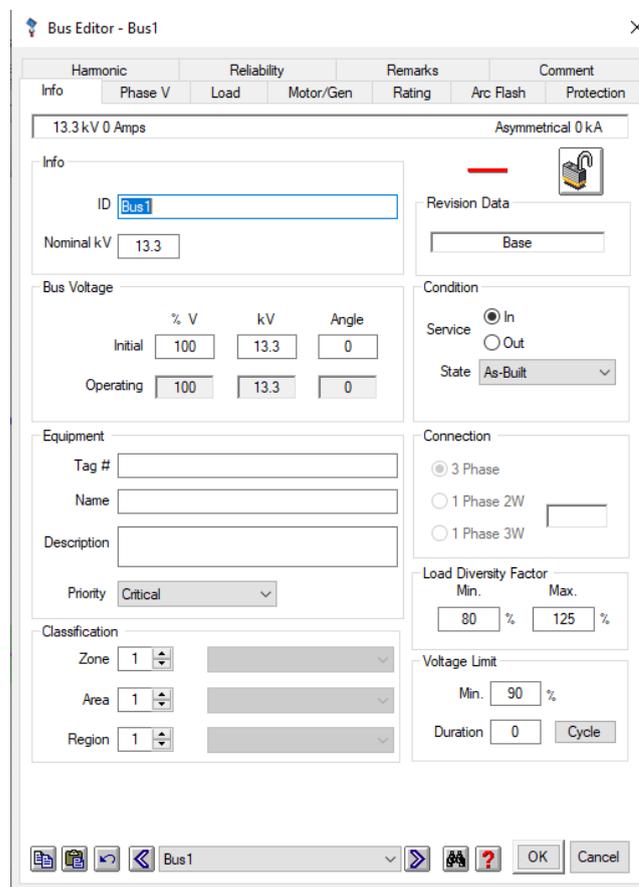


Nota: Ajustes para desarrollar la simulación. Elaborada por: Autor

Se establece el modo Voltage Control (Voltaje de Control), lo que significa que el generador tiene la tarea de mantener la tensión en el bus. No se establecen los modos Mvar Control y OPF Control. Por lo tanto, en este caso no se regula expresamente el flujo de potencia reactiva ni se optimizan las variables del flujo de potencia activa. De acuerdo con los ajustes anteriores, el generador apoyará la estabilidad del sistema eléctrico a través del mantenimiento de la tensión en el bus al que está conectado. Esto resulta crucial para garantizar la calidad y la continuidad del suministro de energía.

En la figura 3.5 se muestran los parámetros de configuración en la pestaña “Información del Bus 1” en ETAP. Se proporcionan los datos antes mencionados que definen las características operativas y de configuración del bus. En especial, el Bus 1 opera que tiene un voltaje nominal de 13.3 kV. El campo de la corriente en la que se muestra es de 0A, indicando que el bus está activo. Este voltaje da una guía al software para funcionar y analizar un sistema eléctrico entero con respecto al bus.

Figura 3.5: Configuración de parámetros del bus en ETAP.



Nota: Ajustes del programa para la simulación. Elaborada por: Autor

El voltaje del bus está al 100%, ya sea el inicial o el operativo, el cual asegura que el bus esté funcionando dentro del valor de tensión nominal

esperada sin desviaciones significativas o notables. El Autobús mantiene la tensión esperada durante las operaciones normales. El kV y el ángulo que especifica kV nominal es de 13.3 kV y dicho ángulo no se especifica en la sección, esto permite establecer un análisis con referencia estándar general. Mientras que el término “Asymmetrical Ok” (Ok Asimétrico) se refiere a la tolerancia operativa en situaciones o eventos asimétricos.

El bus está en estado As-Built (Tal como está construido), indicando que los datos reflejan la configuración actual y real del sistema. La Conexión es de 3 Fases, que es el tipo de conexión típico para sistemas trifásicos, aunque se enumeran también las opciones de 1 Fase 2W y 1 Fase 3W para posibles configuraciones alternativas. El Load Diversity Factor (Factor de diversidad de carga) tiene valores de mínimo de 125%. Esto implica que el bus puede experimentar variaciones en la carga de hasta un 125% de la capacidad nominal. El Voltage Limit (Límite de voltaje) tiene un mínimo de 90% de la tensión nominal, aplicable durante un ciclo, lo que establece los límites aceptables para la tensión en el bus.

En la figura 3.6 se aprecia los parámetros de configuración en la pestaña de "Información del Editor de Transformadores" en ETAP para el transformador identificado como su ID "T1", se especifican varios ajustes cruciales para el análisis y funcionamiento del transformador. El transformador tiene una capacidad de 150 kVA, este número indica la potencia nominal máxima, que puede operar sin sobrecalentamiento. La especificación del transformador afirma “ANSI Liquid-Fill Other 65°C” (ANSI

Relleno líquido Otros 65 °C). A partir de esta, se puede asumir que el transformador utiliza un líquido aislante aprobado por las normas ANSI cuyas las siglas significan American National Standards Institute (Instituto Nacional de Normas Estadounidenses). Este grupo define las especificaciones técnicas, los requisitos para el diseño y el funcionamiento de diversos equipos eléctricos, transformadores entre ellos. Este tipo de líquido se utiliza para proporcionar aislamiento y refrigeración para el transformador.

Figura 3.6: Configuración de parámetros básicos de estándares del transformador en ETAP.

The screenshot shows the '2-Winding Transformer Editor - T1' window. At the top, there are tabs for 'Reliability', 'Remarks', and 'Comment'. Below these are sub-tabs for 'Info', 'Rating', 'Impedance', 'Tap', 'Grounding', 'Sizing', 'Protection', and 'Harmonic'. The 'Info' tab is active, displaying the following data: '150 kVA ANSI Liquid-Fill Other 65 C' and '13.3 0.22 kV'. The 'Info' section includes an 'ID' field with a blue border, 'Prim. Bus1' (13.3 kV), and 'Sec. Bus2' (0.22 kV). The 'Standard' section has radio buttons for 'ANSI' (selected) and 'IEC'. The 'Condition' section has radio buttons for 'In' (selected) and 'Out', and a 'State' dropdown set to 'As-Built'. The 'Equipment' section has fields for 'Tag #', 'Name', and 'Description', with a checkbox for 'Traction Transformer'. The 'Connection' section has radio buttons for '3-Phase' (selected) and '1-Phase', a 'Shell' dropdown, and a checkbox for 'Secondary CenterTap'.

Nota: Ajustes para desarrollar la simulación. Elaborada por: Autor

La conexión del transformador está conectada entre dos buses: Prim. Bus1 y Sec. Bus2. Como se puede observar en la figura 3.6, Prim. Bus1 es un bus primario. Su tensión es de 13,3 kV. Sec. Bus2 se considera el bus secundario, y su tensión es de 0.22 kV. Tales cantidades de voltaje significan

que el transformador reduce considerablemente el voltaje de Prim. Bus1 significativamente hasta Sec. Bus2.

En la figura 3.7 se aprecia los parámetros de configuración en la pestaña de "Ajustes del Editor de Transformadores" en ETAP. La capacidad de potencia nominal del transformador es de 150 kVA. Este valor representa la máxima cantidad de energía que el dispositivo puede manejar sin sobrecalentarse. Este valor está asociado tanto al Rated (Clasificada) como un valor completo, un Derated (Desclasificada), de valor reducido y se define el Derating de 0% (Reducción de potencia del 0%), lo que significa que el valor expresado es el valor nominal sin reducir debido a condiciones adversas. El transformador también muestra su capacidad a una tensión primaria de 13.3 kV y secundaria de 0.22 kV. Este valor es la tensión a la que fluye la energía en el transformador. La primaria es alta, mientras que la secundaria es más baja, lo que confirma un transformador que reduce la corriente que fluye a través de él para su uso. FLA es 6.511A para primaria y 393.6 A para secundaria. Estos dos valores representan la cantidad máxima de energía que puede controlar el dispositivo en plena carga antes de sobrecalentó. Other 65 (Otros 65) es una clasificación de temperatura máxima del líquido de aislamiento de un transformador de 65°C.

En el caso de este transformador, su altitud en la ubicación es de 1000 m, lo que puede afectar su rendimiento debido a la densidad del aire reducida y la refrigeración relacionada. La temperatura ambiente en la ubicación es de 30 °C, es decir, el entorno en el que opera el transformador, la cual también

afecta su rendimiento y refrigeración. Su tipo de refrigeración es Liquid-Fill (Relleno de líquido), es decir, usa un líquido aislante para su enfriamiento. Más datos son el Tipo y Sub-Tipo como Other y Class (Otros y clase) también como Other, estos lo permiten especificarse aún más, es decir, es una clasificación aún más específica o personalizada para este transformador. Otro parámetro es Temp (Temperatura). Rise (elevar), que es 65 °C, es decir, el aumento máximo permitido en la temperatura del transformador sobre la del ambiente, es decir, puede ser desde el cambio de temperatura hasta la temperatura del ambiente. Además, el Alert – Max kVA (Alerta máxima de kVA) es 150 kVA, es una alerta diseñada para evitar que el transformador trabaje en más de su capacidad nominal. Dentro de Derated kVA (Desclasificar kVA), no hay, es decir, no se establece una reducción de la capacidad asignable, y está orientada a la User-Defined (Definido por el usuario) por parámetros específicos.

Figura 3.7: Configuración de parámetros principales de funcionamiento del transformador en ETAP.

The screenshot shows the '2-Winding Transformer Editor - T1' window. The main configuration area is titled '150 kVA ANSI Liquid-Fill Other 65 C' with a 'Z Base' of '13.3 0.22 kV'. The 'Voltage Rating' section includes 'Prim.' (13.3 kV), 'FLA' (6.511), 'Nominal Bus kV' (13.3), and 'Sec.' (0.22, 393.6, 0.22). The 'Power Rating' section shows 'Rated' (150 kVA) and 'Derated' (150 kVA) under 'Other 65'. The 'Alert - Max' section has 'Alert - Max' (150 kVA) and 'Derated kVA' selected. The 'Installation' section shows 'Altitude' (1000 m) and 'Ambient Temp.' (30 °C). The 'Type / Class' section at the bottom shows 'Type' (Liquid-Fill), 'Sub Type' (Other), 'Class' (Other), and 'Temp. Rise' (65 °C).

Nota: Ajustes para desarrollar la simulación. Elaborada por: Autor

En la figura 3.8 se aprecia los parámetros de configuración en la pestaña de información del "Editor de Carga Estática" en ETAP para la carga identificada como "ID RESERVA". La carga está configurada con una potencia activa de 4.38 kW, potencia reactiva 3.29 kvar y voltaje 0.22 kV. El primero es relativamente la cantidad de carga que la instalación está consumiendo en términos de potencia activa y potencia reactiva, la tensión a la que está conectada la carga. Todos los mencionados anteriormente juntos permiten evaluar la influencia de la carga en el sistema eléctrico y realizar un análisis de flujo de carga.

Figura 3.8: Configuración de parámetros generales de carga eléctrica estática en ETAP.

Static Load Editor - RESERVA

Reliability	Loading	Cable/Vd	Remarks	Comment
1	4.38 kW	3.29 kvar	0.22 kV	Cable Info not available

Info

ID: RESERVA

Bus: Bus12 0.22 kV

Equipment

Tag #: []

Name: []

Description: []

Data Type: Estimated

Priority: Other

Load Type: Other

Demand Factor

Continuous: 100%

Intermittent: 50%

Spare: 0%

Revision Data

Base: []

Condition

Service: In Out

State: As-Built

Configuration

Normal

Status: Continuous

Connection

3 Phase 1 Phase

Quantity: 1

Reference kV

Calculated User-Defined (0 kV)

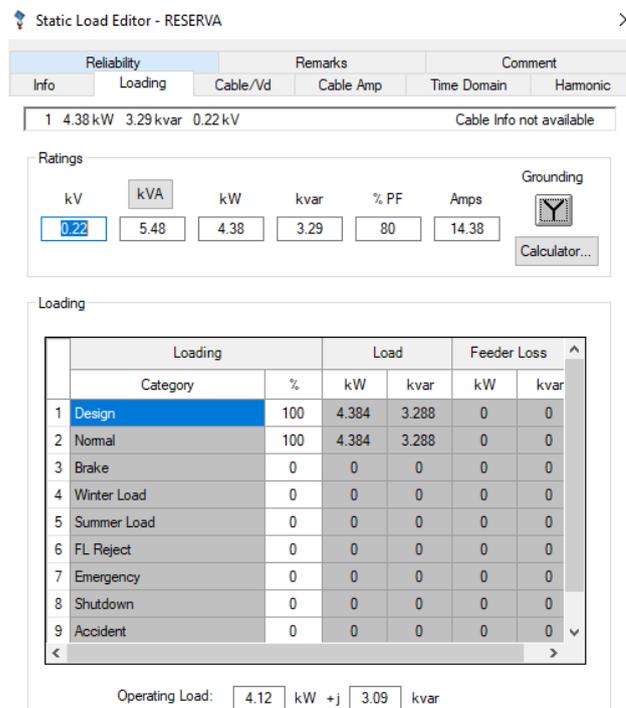
Nota: Ajustes para desarrollar la simulación. Elaborada por: Autor

El Demand Factor (Factor de demanda) se define para diferentes condiciones de operación. Para cargas Continuas, se establece en 100%, lo que indica que la carga se considera en su totalidad bajo condiciones de

operación continua. Para Intermittent (cargas intermitentes), el factor es del 50%, reflejando una reducción en la demanda esperada cuando la carga no es constante. Para Spare (carga de reserva), el factor es del 10%, indicando una demanda mucho menor para cargas que se utilizan solo ocasionalmente o como reserva. La Conexión se especifica como 3 Fases, lo que indica que la carga está conectada en un sistema trifásico, aunque también se enumeran opciones para 1 Fase. La Cantidad no está especificada en la información proporcionada.

En la figura 3.9 se aprecia los parámetros de configuración en la pestaña de "Ajustes" del Editor de Carga Estática en ETAP para una carga con las especificaciones de 4.38 kW, 3.29 kvar y 0.22 kV.

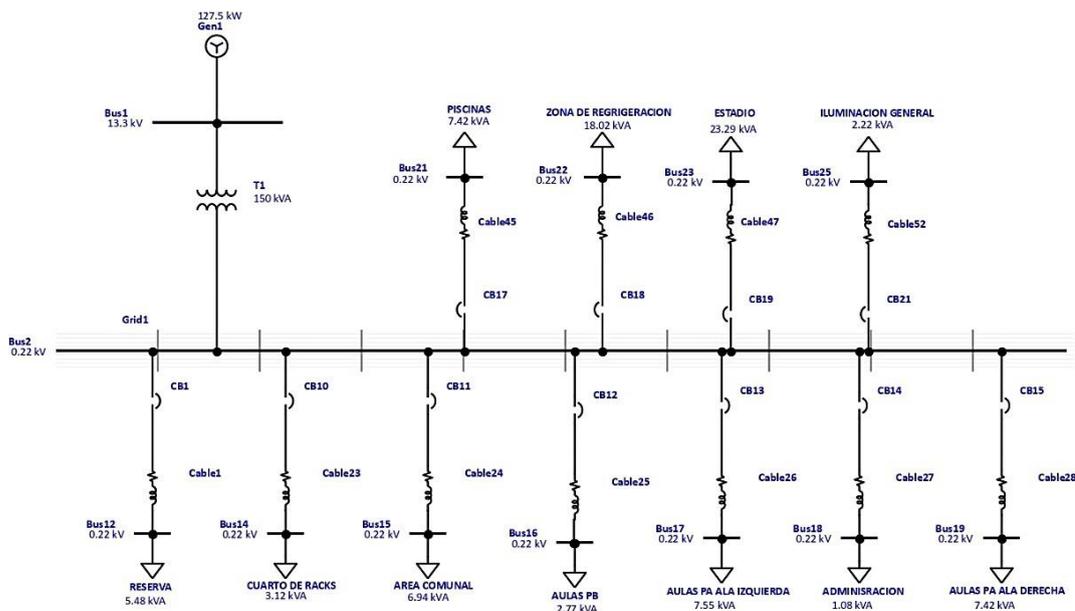
Figura 3.9: Configuración de parámetros principales de potencia activa, reactiva, factor de potencia de la carga eléctrica estática en ETAP.



Nota: Ajustes para desarrollar la simulación. Elaborada por: Autor

La carga está configurada con una tensión de 0.22 kV. La potencia aparente (kVA) es de 5.48 kVA, calculada a partir de la potencia activa (4.38 kW) y la potencia reactiva (3.29 kvar). La carga tiene una potencia reactiva de 3.29 kvar y un factor de potencia de 80%. El amperaje asociado es de 14.38 A, calculado a partir de la potencia aparente y la tensión. Se definen varias categorías de carga: Normal, Brake (Freno), Winter Load (Carga de invierno), Summer Load (Carga de verano), Emergency (Emergencia), Shutdown (Parada), Accident (Accidente), y FL Reject (Rechazo FL). Estas categorías permiten clasificar la carga en diferentes condiciones operativas, cada una con un factor de carga específico que puede influir en el análisis de pérdidas y rendimiento del sistema. Se muestran los valores calculados para la carga en condiciones operativas, con una carga operativa de 4.12 kW y una potencia reactiva de 3.09 kvar.

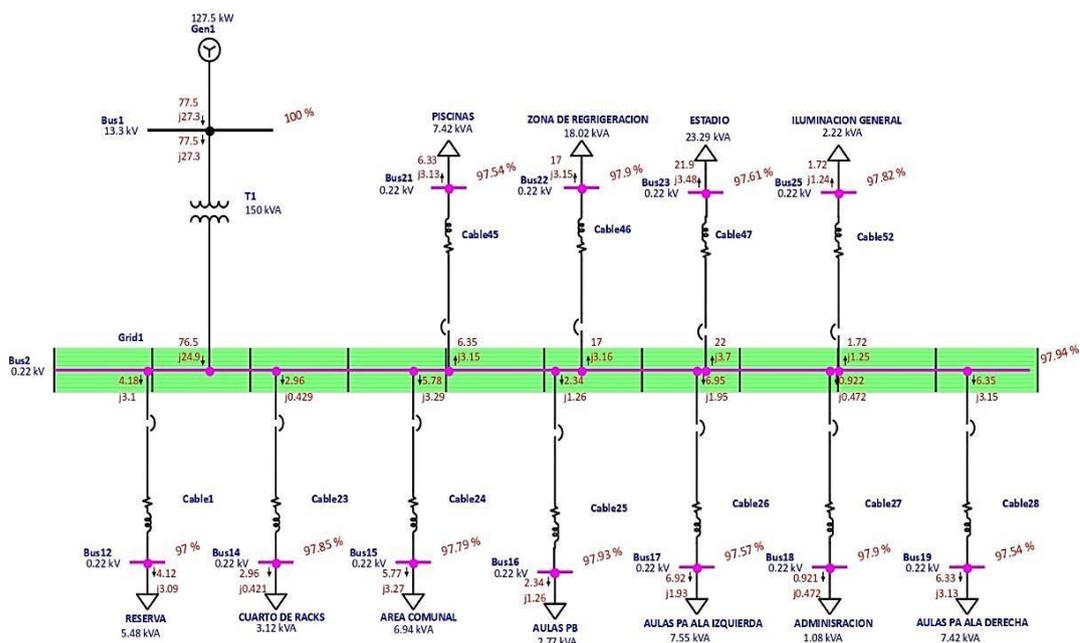
Figura 3.10: Diseño de las conexiones de las cargas eléctricas registradas en el software ETAP.



Nota: Diseño final para etapa de simulación. Elaborada por: Autor

En la figura 3.10 se aprecia la simulación de un diagrama unifilar que muestra un sistema eléctrico, con puntos de carga de las cargas a través de múltiples circuitos identificados. Por otro lado, cada circuito tiene una carga etiquetada con su código correspondiente, en este caso, se da la potencia en kilovoltios-amperios. La simulación destaca la presencia de un generador de 127.5 kW y un transformador con su capacidad de 150 kVA.

Figura 3.11: Resultados de la simulación ejecutada de las cargas eléctricas registradas en el software ETAP.



Nota: Obtención de resultados de la simulación. Elaborada por: Autor

En la figura 3.11 se observa las cargas que varían según las áreas, con un consumo notable en la zona de refrigeración y el estadio. Estos resultados indican la demanda de energía de cada área en kVA, destacando los puntos de mayor consumo en el sistema. Las mediciones de tensión en diferentes buses muestran que, aunque hay una ligera variación en los valores, las tensiones se mantienen dentro de un rango aceptable cercano al 97% al 100%

de la tensión nominal. Esto sugiere una buena estabilidad en el sistema, aunque algunas áreas muestran una ligera caída de tensión.

En la tabla 3.4 se puede apreciar respectivamente las tensiones en los buses de la simulación, en la cual se visualizan los resultados de las mediciones de los voltajes en los distintos puntos críticos del sistema. La columna de Tensión (kV) es la tensión en kilovoltios para cada bus y en la columna de Porcentaje de Tensión (%) se relacionan las tensiones tomadas con respecto al valor nominal en porcentaje.

Tabla 3.4

Resultados de porcentaje de pérdidas de voltaje en los conductores de la institución educativa.

Bus	Tensión (kV)	Porcentaje de Tensión (%)
Bus1	13.3	100
Bus2	0.22	97.94
Bus12	0.22	97
Bus14	0.22	97.85
Bus15	0.22	97.79
Bus16	0.22	97.93
Bus17	0.22	97.57
Bus18	0.22	97.9
Bus19	0.22	97.54
Bus21	0.22	97.54
Bus22	0.22	97.9
Bus23	0.22	97.61
Bus25	0.22	97.82

Nota: Registro de porcentaje de pérdida de tensión. Elaborada por: Autor

Estos datos permiten identificar posibles desviaciones de tensión que incidirán en el funcionamiento de los equipos conectados y garantizar que el

sistema opere conforme a lo requerido. La mayoría de los buses registran tensiones cercanas al 100% de su valor esperado, por lo que el sistema eléctrico está funcionando adecuadamente.

3.3 Elaboración y modelado del sistema de aterrizaje eléctrico para la institución educativa

Para el desarrollar el sistema de puesta a tierra de forma eficaz y segura, es necesario comprender las propiedades del suelo, en particular la resistividad. La resistividad del suelo, medida en ohmios (Ω), es la cantidad que determina la capacidad del sistema para disipar la corriente de falla o en casos semejantes. En el estudio, se aplicó el método profesional de Wenner, una técnica reconocida para medir la resistividad del suelo bajo la superficie con diferentes niveles. La tabla 3.5 proporciona datos actuales sobre la resistividad del suelo con base en la profundidad, desde 0.7 hasta 7 metros.

Tabla 3.5

Estudio de suelo en relación con la profundidad en metros del suelo con su resistividad en ohms.

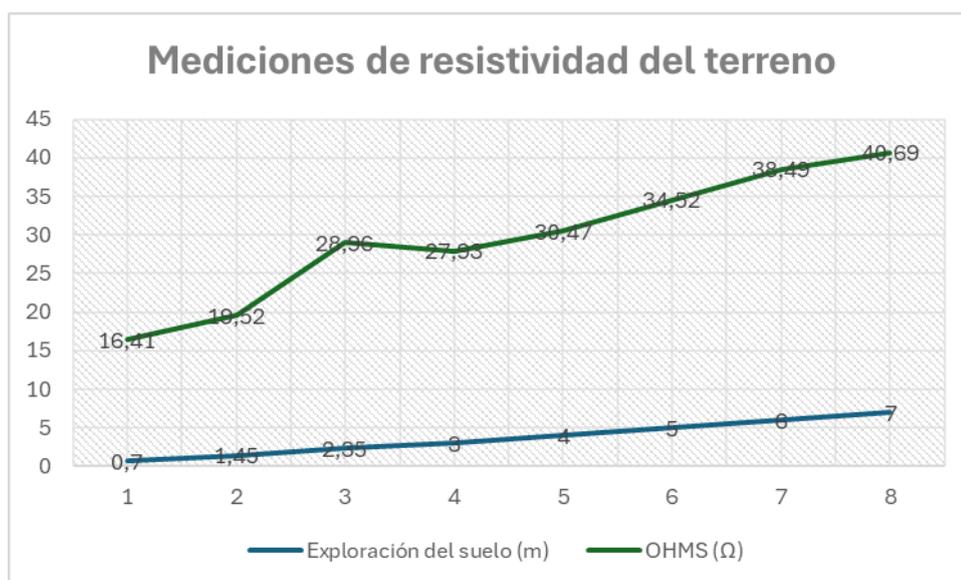
Exploración del suelo (m)	OHMS (Ω)
0,7	16,41
1,45	19,52
2,35	28,96
3	27,93
4	30,47
5	34,52
6	38,49
7	40,69

Nota: Registro de valores de resistividad en base a la profundidad del suelo con relación a la varilla. Elaborada por: Autor

Los datos son únicos para cada nivel porque la heterogeneidad es común en el subsuelo, por lo que la información es crítica para diseñar el sistema de puesta a tierra. La fuente es esencial para optimizar la cantidad de electrodos con el fin de reducir el total de resistencia de puesta a tierra y disipar cualquier corriente de falla peligrosa, ya que con esto las personas y los equipos en la institución educativa tienen un nivel alto de seguridad.

La figura 3.12 proporciona una forma clara de visualizar la variación de la resistividad con la profundidad, lo que ayuda en el proceso de análisis y toma de decisiones con respecto al nivel ideal al que se deben instalar los electrodos. Esta información es esencial para ayudar en la decisión del sistema ideal para el aterrizaje que ofrecerá la máxima eficiencia y minimizará los costos, al tener en cuenta factores como; la profundidad de instalación, el tipo de electrodos y los tratamientos del suelo necesarios para reducir los valores de resistividad en el área.

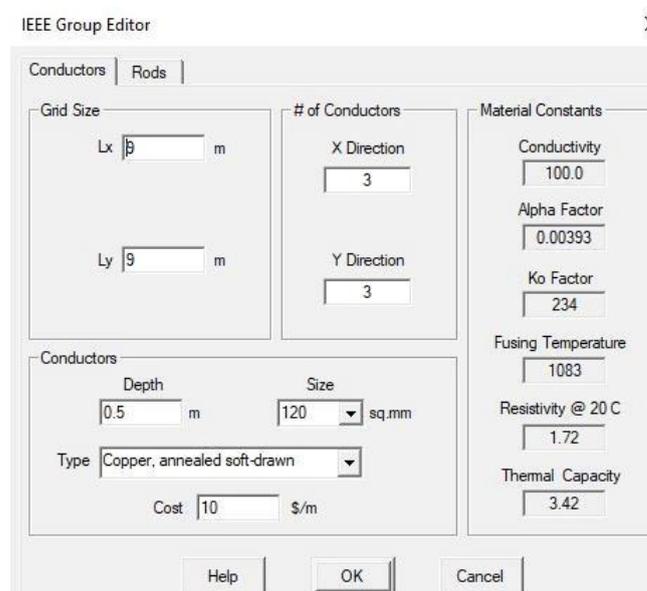
Figura 3.12: Gráfica comparativa de mediciones de resistividad del terreno.



Nota: Análisis de ohmiaje del terreno. Elaborada por: Autor

En la figura 3.13 se aprecia los parámetros de configuración en la pestaña de ajustes del conductor. En primer lugar, se establece el tamaño de la cuadrícula de puesta a tierra del sistema, aunque el área exacta no se define. La disposición de los controladores debe ser de 3 en la dirección X y 3 en la dirección Y con un tamaño de cuadrícula de 9m por 9m creando así una malla de puesta a tierra. Los conductores se introducen hasta una profundidad de 10.5 m, un parámetro crítico para determinar la resistencia a tierra y la efectividad del sistema para disipar corriente de falla. Se utiliza cobre recocido blando (annealed soft drawn copper), cuyo tamaño es de 120 mm², seleccionado por su alto nivel de conductividad y relativamente baja rigidez, lo que significa que se comporta bien durante la torsión.

Figura 3.13: Configuración de parámetros del conductor del sistema de puesta a tierra IEEE en ETAP.



Nota: Ajustes de simulación de puesta a tierra. Elaborada por: Autor

Se selecciona un cobre de conductividad 100.0 con un factor alfa de 10.00393, junto con un factor Ko de 234, que es una constante utilizada en

las correcciones de temperatura para la resistividad. La temperatura de fusión, 1083°C, se incluye para garantizar que el material no alcance un estado de sobrecalentamiento tan extremo que se vaporicé. La resistividad a 20°C es 1.72 microhmios por cm, una medida relativa de la capacidad del material para resistir el flujo de corriente eléctrica, con una capacidad térmica de 3.42, la cantidad de energía necesaria para elevar la temperatura del conductor.

En la figura 3.14 se aprecia los parámetros de configuración en la pestaña de ajustes del editor de varilla en el editor de ETAP. En primer lugar, se declara que el arreglo consta de 5 varillas en total y cada una de las varillas tiene un diámetro de 12 cm y una longitud de 10 metros es suficiente para alcanzar capas de compuestos más conductivos o para incrementar la superficie efectiva de contacto con el terreno, lo que mejora la conductividad del sistema.

Figura 3.14: Configuración de parámetros de la barra del sistema de puesta a tierra IEEE en ETAP.

The screenshot shows the 'IEEE Group Editor' dialog box with the 'Rods' tab selected. The 'Rods' section contains the following parameters:

- # of Rods: 5
- Diameter: 12 cm
- Length: 10 m
- Arrangement: Rods Throughout Grid Area
- Type: Copper, annealed soft-drawn
- Cost: 100 \$/Rod

The 'Material Constants' section contains the following parameters:

- Conductivity: 100.0
- Alpha Factor: 0.00393
- Ko Factor: 234
- Fusing Temperature: 1083
- Resistivity @ 20 C: 1.72
- Thermal Capacity: 3.42

Nota: Ajustes de simulación de puesta a tierra. Elaborada por: Autor

El arreglo de las varillas en el suelo se detalla como “distribuidas por toda el área de la cuadrícula”, lo que significa que cada una de ellas está colocada a una distancia suficiente para maximizar la efectividad de la puesta a tierra en toda el área de la cuadrícula. El material de las varillas declarado anteriormente es cobre recocido blando, que es un material comúnmente utilizado en aplicaciones de puesta a tierra debido a su alta conductividad eléctrica y resistencia a los agentes químicos.

En la figura 3.15 se aprecia los parámetros de configuración en la pestaña de caso de estudio, esta configuración permite realizar un análisis detallado y obtener resultados precisos para la implementación y optimización del sistema. El ID del caso de estudio se ha nombrado Caso 1, este nombre sirve para identificar y diferenciar este conjunto específico de condiciones y ajustes dentro de la simulación en ETAP.

Figura 3.15: Configuración de parámetros de caso de estudio en ETAP.

The screenshot shows the 'GRD Study Case Editor' window with the following configuration details:

- Study Case ID:** CASO1
- Options:** Weight: 50 kg (selected), 70 kg; Ambient Temperature: 40 °C
- Method:** Finite Element, IEEE 80 - 2000/2013 (selected), IEEE 80 - 1986, IEEE 665 - 1995
- Reports & Plots:** Auto Display Summary & Alert (checked), Report Details (unchecked)
- Update:** # of Conductors and Rods (Optimization) (unchecked)
- Fault Durations:** tf: 0.5 Sec, tc: 0.5 Sec, ts: 0.5 Sec
- Ground Short-Circuit Current:** User Specified (selected), Ifg: 0.5 kA, X/R: 1; Short-Circuit Study (unchecked)
- Grid Current Factors:** Sf: 100 %, Cp: 100 %
- Remarks 2nd line:** (empty text box)

Nota: Ajustes de simulación de puesta a tierra. Elaborada por: Autor

Además, se ha marcado la opción de Auto Display Summary & Alert (Resumen y alerta de visualización automática), lo que implica que, al terminar la simulación, se crea un resumen con los resultados más importantes con cualquier alerta generada se presentará automáticamente. Esta será una ventaja al momento de evaluar los resultados, especialmente para un rápido entendimiento de la situación. Asimismo, el tiempo de la duración de la falla, y las corrientes de cortocircuito a tierra calculadas son 0.5 segundos respectivamente. Este valor supone la duración de tiempo, durante el cual se asume que la corriente de cortocircuito se mantiene antes de ser interrumpidas; esto es, necesario para la determinación del comportamiento del sistema bajo condiciones de falla.

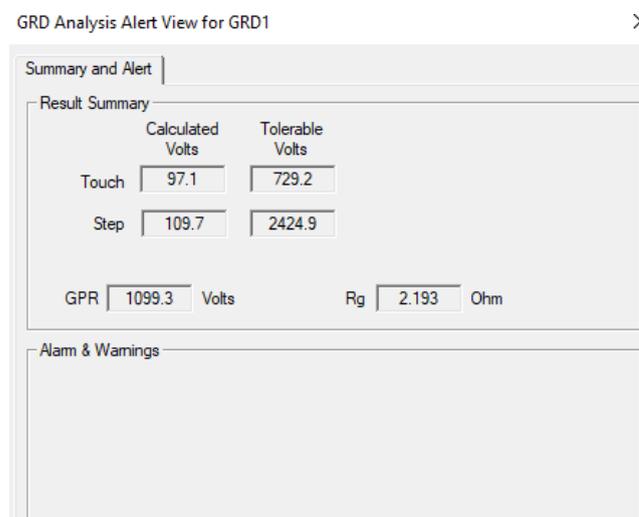
La corriente de cortocircuito a tierra se ha establecido como User Specified (Especificada por el usuario), lo que permite introducir manualmente un valor específico para este parámetro, basado en estudios previos o datos operacionales. Además, se ha seleccionado el Short-Circuit Study (Estudio de cortocircuito), un análisis fundamental para evaluar la capacidad del sistema de manejar fallas a tierra. En cuanto a las opciones especificadas, fueron dos opciones de peso: 50 kg, y 70 kg estos pesos estén relacionados con la carga mecánica o térmica considerada para los conductores y otros componentes del sistema durante el análisis.

La temperatura ambiente, se especificó en 40 ° C; esto es importante para evaluar el desempeño térmico. Puede afectar ambos; la resistividad del suelo y la conductividad del material del conductor. En cuanto a la opción de

método de cálculo, se dieron varias opciones: Finite Element (Elemento finito), IEEE 80 – 2000/2013, IEEE 80 – 1986, y IEEE 665 – 1995. Todos los métodos se utilizan para calcular los parámetros críticos del sistema de puesta a tierra; resistencia y gradiente de potencial. La elección del método dependerá de las regulaciones vigentes y la precisión de necesaria. La opción para actualizar de manera óptima al número de conductores y varillas incluye permite al usuario ajustarlos según los resultados del estudio y mejorar la eficiencia del sistema. En cuanto a los puntos de corriente de la cuadrícula; se establece Sf y Cp: 100 %, que sugiere que se consideran las condiciones más críticas de operación sin márgenes de seguridad.

En la figura 3.16 se aprecia los parámetros de configuración en la pestaña de "Resumen y alerta" del diseño y simulación del sistema de puesta a tierra de la institución educativa en ETAP, se muestran los resultados más importantes del análisis, enfocándose en la seguridad y el rendimiento del sistema.

Figura 3.16: Configuración de parámetros de alerta y aviso en ETAP.



Nota: Ajustes de simulación de puesta a tierra. Elaborada por: Autor

Existen dos tipos de voltajes críticos para la seguridad reportados tales como el voltaje de contacto y voltaje de paso. El voltaje de contacto calculado es de 97.1 V y el voltaje de paso es de 109.7 V. Estos valores representan los voltajes asociados con el contacto de una persona con un dispositivo conectado a tierra o al caminar sobre el suelo en caso de una falla eléctrica.

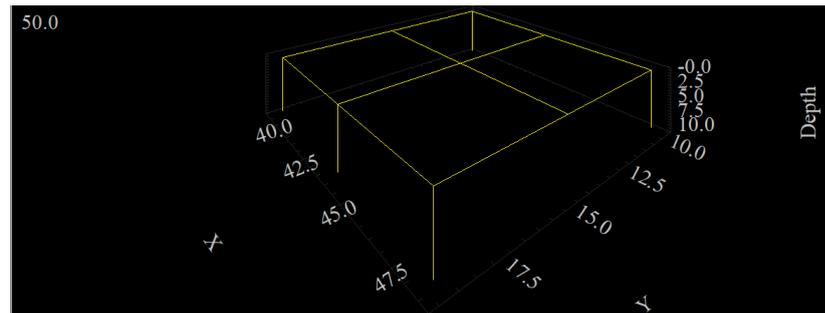
Los valores máximos seguros permitidos para el voltaje de contacto son 729.2 V mientras que para el voltaje de paso seguro permitido es 2424.9 V. Estos valores óptimos siguen una normativa internacional que asegura que los sistemas no sean peligrosos para las personas. El gradiente de potencial de tierra medido es de 1099.3 V. Esta diferencia define los valores permitidos limitados que pueden existir entre la superficie del suelo y el punto de referencia durante un desplome. Un gradiente de potencial de tierra alto siempre es peligroso porque se acercará a recibir una descarga.

La resistencia de la malla de puesta a tierra (R_g) se ha calculado en 2.193 ohmios. Una resistencia baja es deseable porque permite disipar rápidamente la corriente de falla en el suelo, reduciendo los riesgos. Según las normas, se busca que esta resistencia sea lo más baja posible.

Los valores de contacto y paso de voltaje calculados son mucho menores que los valores aceptables; por lo tanto, el sistema de puesta a tierra formulado es seguro y efectivo en las condiciones simuladas. A pesar de ser alto, el GPR es mundialmente aceptado y se puede evaluar y manejar el riesgo

determinar cómo se encuentra en la posición más profunda con respecto a otros. Por lo tanto, como una visualización tridimensional, ayuda a detectar cualquier consistencia o cualquier área donde sea necesario modificar los electrodos para lograr una malla bien estructurada y eficiente.

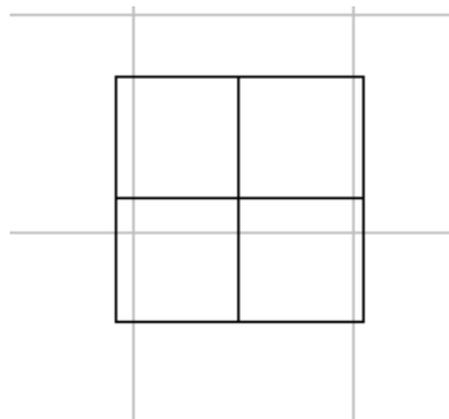
Figura 3.18: Medidas del sistema de puesta a tierra tipo malla en ETAP.



Nota: Resultado de simulación de puesta a tierra. Elaborada por: Autor

Como se puede apreciar, a través de la figura 3.19 se ha dispuesto las configuraciones para simular la malla de puesta a tierra, de tal manera que se brinda un marco detallado respecto a su diseño y rendimiento.

Figura 3.19: Configuración de dimensiones de la puesta a tierra en ETAP.



Nota: Resultado de simulación de puesta a tierra. Elaborada por: Autor

Esta configuración resulta vital puesto, que permite simular cómo se comportarse en base a las condiciones reales, de tal modo que se asegura el

cumplimiento en materia de seguridad y eficiencia. En este sentido, se ha observado las medidas precisas respecto al tamaño de la malla, a través de coordinar el arreglo y la separación de los electrodos. Estos aspectos resultan fundamentales convincentemente, en lo que respecta al cubrimiento de la malla en el área de cobertura exigida, así como en su capacidad para disipar las corrientes de falla de manera efectiva.

Conclusiones y recomendaciones

Conclusiones

- El análisis detallado de las corrientes en las diferentes áreas del colegio San José La Salle ha permitido identificar que existe un desbalance de cargas en la instalación. Esto brinda una mejor perspectiva de cómo se está distribuyendo la carga, de esta forma, es posible priorizar qué áreas requieren de atención inmediata.
- La simulación que se realizó con el ETAP fue crucial para modelar el comportamiento del sistema en términos eléctricos. Esto permitió establecer una visualización muy precisa del sistema y de cómo están afectando las pérdidas de tensión en las cargas.
- La simulación y diseño del sistema de puesta tierra con ETAP ha resultado ser una herramienta crucial para garantizar una óptima prevención de fallas y con ello una mejora significativa en la estabilidad de este. El diseño de manera adecuada ayuda a operar en forma segura y eficiente.
- En base a la simulación del sistema eléctrico correspondiente a las cargas, se dimensiono la simulación del sistema de puesta a tierra, en la cual indica que para obtener un sistema optimo y eficiente, es necesaria la cantidad de 5 varillas, con un diámetro de 2 cm y una longitud de 10 m, con una profundidad de los conductores de 0.5 m y un tamaño del sistema de 9*9 m, por lo cual el voltaje calculado es de 97.1 v y el voltaje de paso es de 109,7 v.

Recomendaciones

- En base a los resultados de la simulación es factible cambiar el sistema actual, al manejar estos rangos de voltajes eléctricos, demuestran su eficacia ante corrientes de fallas lo cual es factible para el actual sistema eléctrico de la institución y para futuras ampliaciones de su infraestructura eléctrica, a través de la creación de nuevos laboratorios o áreas, etc.
- Se recomienda establecer un plan de mantenimiento preventivo del sistema de puesta a tierra planteado, con el fin de poder extender su vida útil y que su rendimiento se mantenga en correcto funcionamiento a lo largo de los años.
- Se sugiere realizar revisiones anuales de la resistividad del suelo de la institución educativa, con el fin de verificar si los valores se mantienen semejantes y en caso contrario tomar medidas correctivas para reducir dichos valores de resistividad si se viesen incrementados.

Bibliografías

- Abu, N., Azmi, A., Rosle, N., Abd Wahid, S. S., & Ramli, M. (2020). Load shedding analysis on microgrid during island mode. *Journal of Physics: Conference Series*, 1432, 012012.
<https://doi.org/10.1088/1742-6596/1432/1/012012>
- Alvarado, M. T., Baca, R. M., & Ynga, A. J. (2021). *Modelado de un Sistema de Puesta a Tierra en Función a la Frecuencia y el Comportamiento de los Electrodoes Ante Descargas Atmosféricas, Callao 2020*.
<http://repositorio.unac.edu.pe/handle/20.500.12952/5877>
- Ávila, P. (2019, enero 17). *7 consecuencias de un mal sistema de puesta a tierra*. <https://blog.elvatron.com/equipos-de-puesta-a-tierra-y-aislamiento/7-consecuencias-de-un-mal-sistema-de-puesta-a-tierra>
- Barbecho, J. F., & Pérez, C. A. (2022). *Propuesta para optimización sistemas de malla de puesta a tierra de las áreas de producción de UCEM - Planta Guapán* [bachelorThesis].
<http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/24013>
- Barros, H. (2020, marzo 20). *EL PROBLEMA DE LOS ADITIVOS PARA EL MEJORAMIENTO DE PUESTAS A TIERRA*. | *LinkedIn*.
<https://www.linkedin.com/pulse/el-problema-de-los-aditivos-para-mejoramiento-puestas-hector-velozo/>
- Beltrán, D. F., & Luna, E. G. (2023). *Diseño de un sistema puesta a tierra para aplicación en una industria utilizando la normativa IEEE 80 – 2000* [bachelorThesis].
<http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/26010>

Bender. (2020). *Los sistemas IT en el espejo de las normas*.

<https://www.bender-latinamerica.com/informacion-tecnica/tecnologia/sistema-it/los-sistemas-it-en-el-espejo-de-las-normas/>

Castro, L. A. (2020). Diseño de un sistema de puesta a tierra para mejorar las condiciones de operación del área de Cancha de Materiales, CPSAA. *Repositorio Institucional - UCV*.

<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/56705>

Changoluisa, C. J., & Monga, D. P. (2021). *Análisis del sistema de puesta a tierra y apantallamiento eléctrico, mediante modelamiento en software para garantizar el funcionamiento y desempeño de las instalaciones, considerando una futura expansión en la central de generación "GASGREEN S.A.", ubicada en el relleno sanitario del Distrito Metropolitano de Quito*. [masterThesis, Ecuador: Latacunga: Universidad Técnica de Cotopaxi: UTC.].

<http://localhost/handle/27000/7798>

Chicaiza, A. R., & Guanoluisa, M. G. (2020). *Diseño de las instalaciones eléctricas e implementación de la puesta a tierra de protección de la «Unidad Educativa Mariano Negrete». Para reducir las fallas del sistema*. [bachelorThesis, Ecuador: Latacunga: Universidad Técnica de Cotopaxi; Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas.].

<http://localhost/handle/27000/6784>

Chicaiza, G. V., & Pérez, H. F. (2020). *Evaluación y rediseño de instalaciones eléctricas del campus de la Universidad Central del Ecuador considerando criterios de eficiencia energética y generación*

fotovoltaica para autoabastecimiento [bachelorThesis, Quito, 2020.].

<http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/20984>

Coronel, C. G., & Sinchi, F. M. (2021). *Diseño y evaluación de configuraciones de puesta a tierra en diferentes tipos de suelo empleando materiales de baja resistividad* [masterThesis].

<http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/20439>

Cpiaya. (2020). *Los errores más preocupantes en instalaciones de Puesta a Tierra—CPIAyA*. <https://cpiaya.org.ar/los-errores-mas-preocupantes-en-instalaciones-de-puesta-a-tierra/>

Crushtymks. (2019). *Montaje de disposiciones de puesta a tierra (TNC, TN-S, TNC-S, TT)*. <https://crushtymks.com/es/protection/1435-erection-of-earthing-arrangements-tnc-tn-s-tnc-s-tt.html>

Domínguez Villa, E. A. (2022). *Diseño de mallas de puesta a tierra bajo la norma IEEE STD 80-2013 con macros en Excel*. *Institución Universitaria Pascual Bravo*.

<https://repositorio.pascualbravo.edu.co/handle/pascualbravo/1900>

Epassa, T. J. (2023, diciembre 3). *WHAT IS: A power system simulation software? ETAP Software? WHY does every electrical facility need such critical software?* | LinkedIn.

<https://www.linkedin.com/pulse/what-power-system-simulation-software-etap-why-does-thierry-julio-5a91c/>

Etkho. (2020, mayo 25). *Sistemas IT y su aplicación en hospitales*. *ETKHO Hospital Engineering*. <https://www.etkho.com/sistemas-it-y-su-aplicacion-en-hospitales/>

Fernández, M. C., Llanes, M. V., Benitez, Y. G., & González, Y. R. (2023).

Puesta a tierra en viviendas con sistema solar fotovoltaico como alternativa de generación de electricidad: Grounding of homes with solar photovoltaic system as an alternative for electricity generation. *Ingeniería Energética*, 44(2), Article 2.

Fuentes, C. D. (2023). *Diseño de investigación para el análisis del sistema de puesta a tierra de la subestación Guatemala Oeste con base en la Normativa IEEE STD. 80*. [Other, Universidad de San Carlos de Guatemala]. <https://biblioteca.ingenieria.usac.edu.gt/>

Garay, P. S., & Toledo, C. M. (2023). *Análisis de normativa de puesta a tierra para sistemas fotovoltaicos* [bachelorThesis].

<http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/24679>

Garcia, J. M. O., Achig, E. R. S., & Caiza, C. I. Q. (2023). Análisis del sistema de protección de puesta a tierra y apantallamiento eléctrico en una planta minera: Analysis of the protection system for grounding and electrical shielding in a mining plant. *LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades*, 4(2), Article 2. <https://doi.org/10.56712/latam.v4i2.838>

Granero, A. (2020, julio 7). Ingeniería de Máquinas y Sistemas Eléctricos:

Comparación entre los distintos electrodos de puesta a tierra.

Ingeniería de Máquinas y Sistemas Eléctricos.

<https://imseingenieria.blogspot.com/2020/07/comparacion-entre-los-distintos.html>

Haz, F., Mustopa, A., Setia, G. A., Furqon, D., Charisma, A., & Hidayat, M. R. (2024). Reliability Index Assessment-Section Technique pada

- Distribusi Listrik Penyulang Suci Menggunakan Software ETAP. *Jurnal Teknik: Media Pengembangan Ilmu dan Aplikasi Teknik*, 23(1), Article 1. <https://doi.org/10.55893/jt.vol23no1.528>
- Hercilla, N. R. (2021). *Diseño Asistido Por Software En Un Sistema Puesta A Tierra Para Una Subestación En Pachacamac De 10000 Kva*. <https://repositorio.untels.edu.pe/jspui/handle/123456789/605>
- Inel. (2024). *Método Wenner para la medición de resistividad en el suelo*. https://www.linkedin.com/posts/inelinc_m%C3%A9todo-wenner-para-la-medici%C3%B3n-de-resistividad-activity-7108569197676253184-FRK0/
- Itztli. (2023, junio 29). *¡Descubre el secreto oculto de la resistividad del suelo y su impacto en la resistencia de la tierra!* <https://www.itztli.es/como-afecta-la-resistividad-del-suelo-a-la-resistencia-de-la-tierra/>
- JWT Industrial. (2022, enero 21). *Electrodos de puesta a tierra aprobados por la NOM 001 SEDE. | LinkedIn*. <https://www.linkedin.com/pulse/electrodos-de-puesta-tierra-aprobados-por-la-nom-001-sede/>
- Lanzas, J. (2021). *Análisis del impacto de la puesta a tierra en redes de baja tensión desequilibradas modeladas en OpenDSS*. <https://idus.us.es/handle/11441/126888>
- Llamas, A. (2020). *Tierras eléctricas*. https://www.researchgate.net/publication/267414905_Tierras_electricas
- Llerena, V. M., & Fuentes, C. G. (2024). *Diseño y simulación del sistema de puesta tierra en una subestación de MT 69/4. 16 KV de una planta*

procesadora de alimentos [masterThesis].

<http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/28017>

Lozano, R. D. (2020). Optimización del diseño de puestas a tierra, utilizando elementos finitos en la SET constitución. *Universidad Nacional del Centro del Perú*.

<http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/6206>

Machaca, L. V. (2022). *Metodología para realizar pruebas eléctricas en sistemas de distribución secundaria*.

<https://repositorio.ucsm.edu.pe/handle/20.500.12920/12023>

Malpica, N. (2022). *Sistemas de puesta a tierra. Caracterización del suelo por dos estratos. Método Schlumberger—Wenner*.

<http://saber.ucv.ve/handle/10872/22545>

Marca, M. (2019). *Instalación y mantenimiento de sistemas de radiodifusión en frecuencia modulada* [Thesis].

<http://repositorio.umsa.bo/xmlui/handle/123456789/29236>

Marroquín, J. P. (2021). *Diseño de investigación para el desarrollo de un plan de mantenimiento preventivo al sistema de tierras basado en análisis de mediciones de resistividad y protección contra descargas eléctricas atmosféricas en un centro comercial ubicado en zona 16 de Guatemala* [Other, Universidad de San Carlos de Guatemala].

<https://biblioteca.ingenieria.usac.edu.gt/>

Martínez, R. C. (2023, noviembre 28). Esquema TT - Todo sobre este esquema de conexión a tierra. *IngenieroEléctrico.NET*.

<https://ingenieroelectrico.net/esquema-tt/>

- Meinsa. (2021, mayo 19). Las características del sistema IT. *Meinsa*.
<https://meinsa.com/2021/05/caracteristicas-sistema-it/>
- Morales, J. A. (2021). Influencia del sistema puesta a tierra tipo varilla para la protección de la subestación de 30 kVA en la Minera Zanja—Cajamarca 2021. *Repositorio Institucional – Continental*.
<https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/10445>
- Oliva, L., & Alberto, C. (2021). *Estudio comparativo de métodos de medición de la resistividad del terreno y propuesta de protocolo de medición*.
<https://hdl.handle.net/11042/4987>
- Orbea, J. M. (2023). *Análisis del sistema de protección de puesta a tierra y apantallamiento eléctrico en una planta minera*. [masterThesis, Ecuador: Latacunga: Universidad Técnica de Cotopaxi; UTC.].
<http://localhost/handle/27000/10936>
- Palomo, L. F., & Puenayan, Á. A. (2020). *Implementación de puntos de energía seguros para protección de equipos electrónicos en la ESFOT-EPN (Zona-1)* [bachelorThesis, Quito, 2020.].
<http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/21007>
- Peris, J. (2021, septiembre 9). *Cómo realizar la medición de la resistencia de la toma de tierra*. APIEM. <https://www.apiem.org/como-realizar-la-medicion-de-la-resistencia-de-la-toma-de-tierra/>
- Procainsa. (2024, marzo 25). Grounding Systems: Star plates, javelins and electrodes. *Protección Catódica y Gestión de La Integridad | Procainsa*. <https://procainsa.com/en/grounding-systems/>
- Proelectrica. (2020). *Sistema de puesta a tierra*.
<https://www.proelectrica.net/blog/sistema-de-puesta-a-tierra.html>

- Quispe, E. (2022). *Rediseño del sistema de puesta a tierra, para el condominio Torres del Poeta* [Thesis].
<http://repositorio.umsa.bo/xmlui/handle/123456789/32651>
- Ramírez, J. D., & Argoti, M. (2020). Análisis de electrodos de puesta a tierra simples con una, dos y tres varillas considerando la seguridad de la vida humana. *Investigación Tecnológica IST Central Técnico*, 2(2), Article 2.
https://www.investigacionistct.ec/ojs/index.php/investigacion_tecnologica/article/view/83
- Singeniería. (2022, marzo 3). Sistemas de puesta a tierra y conectores. *4s ingeniería*. <https://www.4singenieria.com/sistemas-de-puesta-a-tierra-y-conectores/>
- Srl. (2020). *Corrosión de electrodos de puesta a tierra | Editores*.
https://www.editores-srl.com.ar/revistas/ie/330/angel_reyna_electrodos
- Toaso, I. G. (2024). *Diseño de un sistema de puesta a tierra para el CEPUR: Diseño de un sistema de puesta a tierra*.
<http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/25466>
- Velasco, B. G. (2022). *Desarrollo de una herramienta computacional para el estudio del comportamiento de los electrodos de puesta a tierra frente a altas frecuencias aplicado a descargas atmosféricas* [bachelorThesis]. <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/22331>
- Velásquez, A. G. (2020). *Diseño y análisis mediante software ETAP de una instalación fotovoltaica de generación distribuida en la red de*

distribución para autoconsumo de la UCSM en Arequipa.

<https://repositorio.ucsm.edu.pe/handle/20.500.12920/10177>

Victronenergy. (2023). *Conexión a tierra, tierra y seguridad eléctrica.*

https://www.victronenergy.com/media/pg/The_Wiring_Unlimited_book/es/ground,-earth-and-electrical-safety.html

Zhu, G. (2022, diciembre 2). *Sistemas de puesta a tierra.* Surge Protective

Device. <https://lsp.global/es/earthing-systems/>

Anexo 1

Figura A1: Proceso de uso de molde de grafito para soldadura exotérmica.



Nota: Instalación de molde para establecer la unión de las barras del sistema. Foto tomada por: El Autor

Figura A2: Ejecución del proceso de soldadura exotérmica de sistema de puesta a tierra.



Nota: Colocación de material para realizar la soldadura exotérmica. Foto tomada por: El Autor

Figura A3: Proceso de llenado de la zona utilizada para el sistema de puesta a tierra.



Nota: Trayecto del camino para el recorrido de la zona para el sistema de puesta a tierra. Foto tomada por: El Autor

Figura A4: Punto de unión del sistema de puesta a tierra.



Nota: Unión del sistema de puesta a tierra donde las conexiones a tierra se encuentran y se unen. Foto tomada por: Autor

Figura A5: Recorrido de la instalación del sistema de puesta a tierra.



Nota: Disposición de los conductores y conexiones a los electrodos del sistema de puesta a tierra. Foto tomada por: Autor

Figura A6: Tapa de inspección del sistema de puesta a tierra.



Nota: Tapa para acceder al interior del pozo del sistema a tierra cuando se necesite realizar una inspección o mantenimiento. Foto tomada por: Autor

Figura A7: Llenada y sellado del área de la instalación del sistema de puesta a tierra.



Nota: Mezcla empleada para llenar el área trabajada del sistema de puesta a tierra. Foto tomada por: Autor

Figura A8: Recubrimiento del área del sistema de puesta a tierra.



Nota: Finalización del llenado del trayecto utilizado para el sistema de puesta a tierra. Foto tomada por: Autor

Figura A9: Configuración del meger para medir ohmiaje del sistema de puesta a tierra.



Nota: Ajustes de parámetros para lectura de ohmiaje de las varillas del sistema de puesta a tierra. Foto tomada por: Autor

Figura A10: Resultados de medición de sistema de puesta a tierra.



Nota: Análisis de valores de resistividad obtenidos de la varilla del sistema de puesta a tierra en relación con el suelo. Foto tomada por: Autor

Figura 11: Medición de la línea A del área de reserva de la institución educativa San José la Salle de Guayaquil.



Nota: Registro de 11,6A del multímetro en la línea A. Foto tomada por: Autor

Figura A12: Medición de la línea B del área de reserva de la institución educativa San José la Salle de Guayaquil.



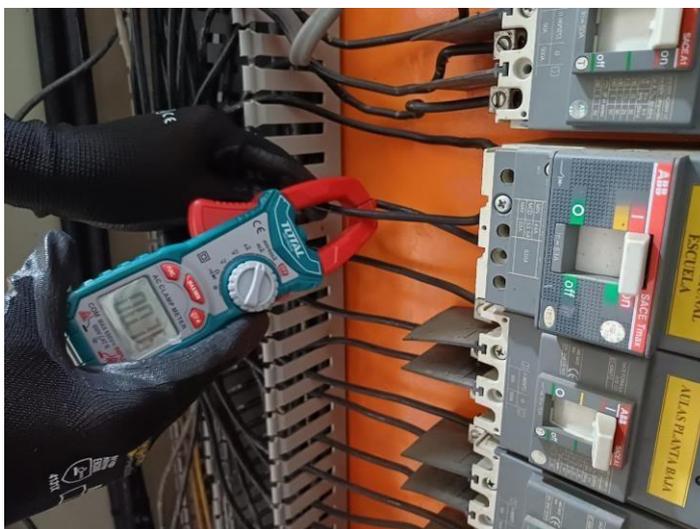
Nota: Registro de 12,1A del multímetro en la línea B. Foto tomada por: Autor

Figura A13: Medición de la línea A del área de cuarto de Racks de datos y teléfonos de la institución educativa San José la Salle de Guayaquil.



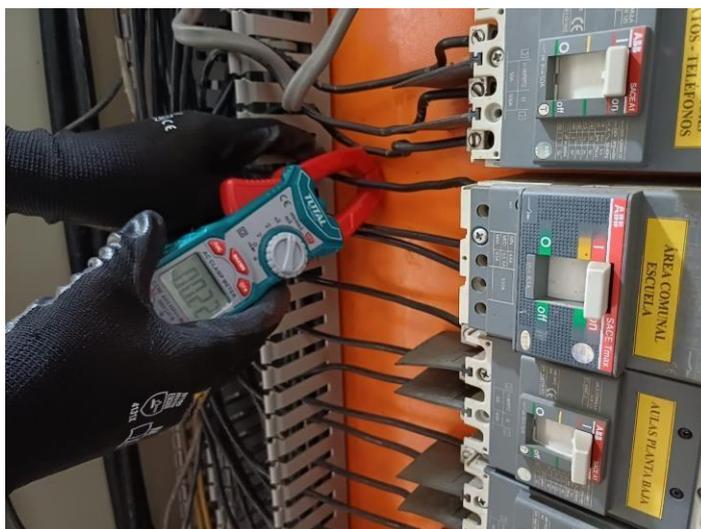
Nota: Registro de 0,16A del multímetro en la línea A. Foto tomada por: Autor

Figura A14: Medición de la línea A del área de Comunal de la institución educativa San José la Salle de Guayaquil.



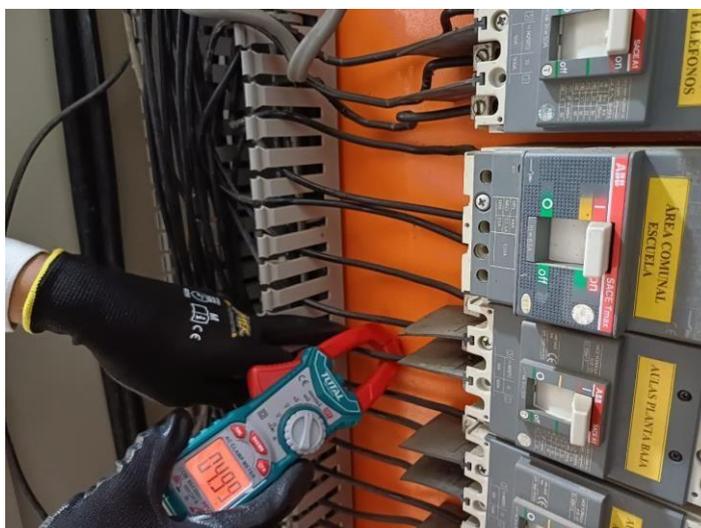
Nota: Registro de 0,76A del multímetro en la línea A. Foto tomada por: Autor

Figura A15: Medición de la línea C del área de Comunal de la institución educativa San José la Salle de Guayaquil.



Nota: Registro de 0,22A del multímetro en la línea C. Foto tomada por: Autor

Figura A16: Medición de la línea B del área de aulas planta baja de la institución educativa San José la Salle de Guayaquil.



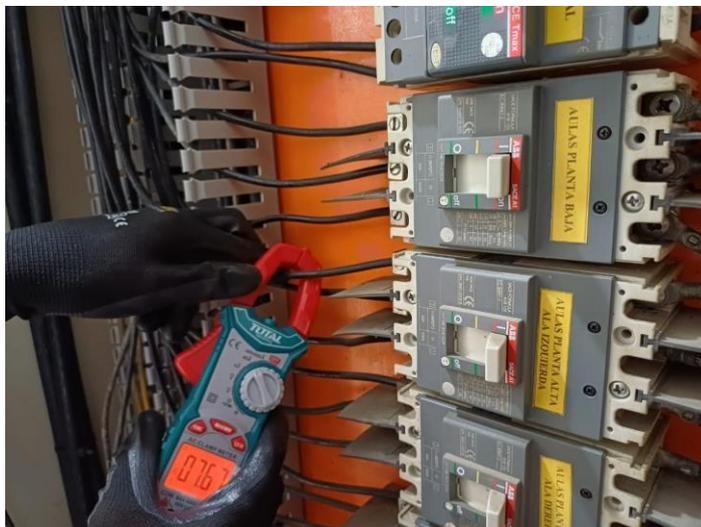
Nota: Registro de 4,99A del multímetro en la línea B. Foto tomada por: Autor

Figura A17: Medición de la línea C del área de aulas planta baja de la institución educativa San José la Salle de Guayaquil.



Nota: Registro de 5,41A del multímetro en la línea C. Foto tomada por: Autor

Figura A18: Medición de la línea C del área de aulas planta alta a la izquierda de la institución educativa San José la Salle de Guayaquil.



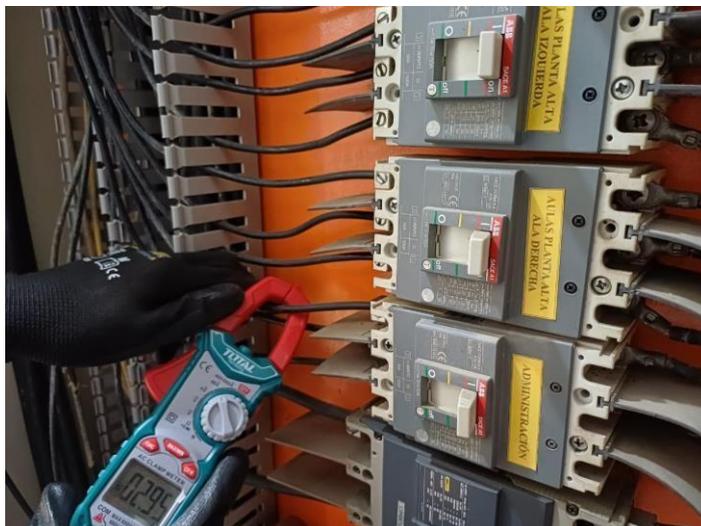
Nota: Registro de 7,67A del multímetro en la línea C. Foto tomada por: Autor

Figura A19: Medición de la línea B del área de administración de la institución educativa San José la Salle de Guayaquil.



Nota: Registro de 3,22A del multímetro en la línea B. Foto tomada por: Autor

Figura A20: Medición de la línea C del área de administración de la institución educativa San José la Salle de Guayaquil.



Nota: Registro de 2,95A del multímetro en la línea C. Foto tomada por: Autor



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

Nosotros, **Alay Suarez, Christian Kleyner** con C.C: **0921155537** y **Tumbaco Macías, Fidel Eduardo** con C.C: **0925604225** autores del Trabajo de Integración Curricular: **Análisis de mejoramiento del sistema puesta a tierra para la protección de los circuitos de iluminación y fuerza 120/240v del colegio San José la Salle de Guayaquil utilizando la tecnología de soldadura exotérmica**, previo a la obtención del título de **Ingeniero en Electricidad**, 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, del año 2024

Alay Suarez, Christian Kleyner

C.C: 0921155537

Tumbaco Macías, Fidel Eduardo

C.C: 0925604225



REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA			
FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR			
TÍTULO Y SUBTÍTULO:	Análisis de mejoramiento del sistema puesta a tierra para la protección de los circuitos de iluminación y fuerza 120/240v del colegio San José la Salle de Guayaquil utilizando la tecnología de soldadura exotérmica.		
AUTOR(ES)	Alay Suarez, Christian Kleyner Tumbaco Macías, Fidel Eduardo		
REVISOR(ES)/TUTOR(ES)	Ing. Bohórquez Escobar, Celso Bayardo. PHD.		
INSTITUCIÓN:	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.		
FACULTAD:	Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo		
CARRERA:	Ingeniería en Electricidad		
TITULO OBTENIDO:	Ingeniero en Electricidad		
FECHA DE PUBLICACIÓN:	2 de septiembre del 2024	No. DE PÁGINAS:	76
ÁREAS TEMÁTICAS:	Seguridad eléctrica, medición eléctrica, gestión de infraestructura eléctrica.		
PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:	Puesta a tierra, protección de circuitos, soldadura exotérmica, conductividad eléctrica, resistividad de suelo.		
<p>El presente trabajo de integración curricular está basado en el estudio del sistema eléctrico de la escuela la Salle para su pronta solución y verificación de puesta a tierra de la institución educativa, para determinar un mejor funcionamiento eléctrico. El objetivo efectuara la simulación de las cargas eléctricas y del sistema de puesta a tierra tipo mallapara el colegio San José la Salle mediante el uso del software ETAP. Se pretende con esto el diseño de un sistema de puesta a tierra tipo malla para la institución educativa conel fin de salvaguardar la integridad física de las personas y de los dispositivos que están conectados a la red eléctrica del colegio, a su vez el diseño de este sistema de puesta a tierra será indispensable a futuro para la institución al momento de crear nuevos laboratorios. La metodología para emplear consiste en el levantamiento de análisis y simulación basados en el método científico.</p>			
ADJUNTO PDF:	SI	NO	
CONTACTO CON AUTOR/ES:	Teléfono: +593978877941 +593980846058	E-mail: christian.alay@cu.ucsg.edu.ec fidel.tumbaco@cu.ucsg.edu.ec	
CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN: COORDINADOR DEL PROCESO DE UTE	<input checked="" type="checkbox"/> Nombre: Ricardo Xavier Ubilla González		
	Teléfono: +593999528515		
	E-mail: Ricardo.ubilla@cu.ucsg.edu.ec		
SECCION PARA USO DE BIBLIOTECA			
Nº. DE REGISTRO (en base a datos):			
Nº. DE CLASIFICACIÓN:			
DIRECCIÓN URL (tesis en la web):			