

**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO

CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRICIDAD

TEMA:

Rediseño de una subestación eléctrica – estación terrena CNT –
Guayaquil 8/10 MVA

AUTOR:

Lapo Balladares, Matthew Rolando

**Trabajo de titulación previo a la obtención del título de
INGENIERÍA ELÉCTRICA**

TUTOR:

Ing. Celso Bayardo Bohórquez Escobar, Ph.D.

Guayaquil, Ecuador

4 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 titulación fue realizado en su totalidad por **LAPO BALLADARES, MATTHEW ROLANDO** como requisito para la obtención del título de **Ingeniero Eléctrico**.

TUTOR (A)

f. _____

Ing. Bohorquez Escobar Celso Bayardo, PHD.

DIRECTOR DE LA CARRERA

f. _____

Ing. Bohorquez Escobar Celso Bayardo, PHD.

Guayaquil, a los 4 del mes de septiembre del año 2024



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

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

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, **LAPO BALLADARES, MATTHEW ROLANDO**

DECLARO QUE:

El Trabajo de Titulación, **Rediseño de una subestación eléctrica – estación terrena CNT – Guayaquil 8/10 MVA**, previo a la obtención del título de (INGENIERO ELÉCTRICO), 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 Titulación referido.

Guayaquil, a los 4 del mes de septiembre del año 2024

f. _____
Lapo Balladares, Matthew Rolando



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO

CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRICIDAD

AUTORIZACIÓN

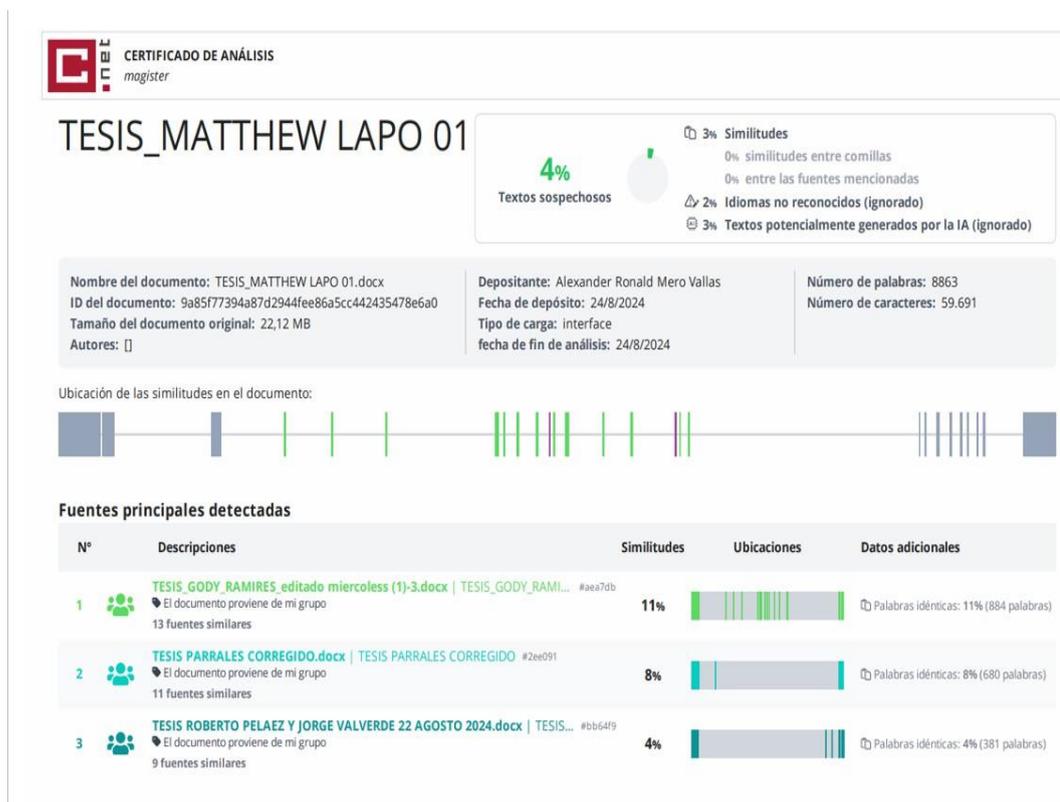
Yo, **LAPO BALLADARES, MATTHEW ROLANDO**

Autorizamos a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil a la **publicación** en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación, **Rediseño de una subestación eléctrica – estación terrena CNT – Guayaquil 8/10 MVA**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

Guayaquil, a los 4 del mes de septiembre del año 2024

f. _____
LAPO BALLADARES, MATTHEW ROLANDO

REPORTE DE COMPILATIO



Reporte compilatio del Trabajo de Titulación denominado: **Rediseño de una subestación eléctrica – estación terrena CNT – Guayaquil 8/10 MVA**, de los estudiantes: **LAPO BALLADARES, MATTHEW ROLANDO**

Se encuentra al 4 % de coincidencias.

Atentamente.

Ing. Bayardo Bohorquez Escobar. PHD.

Revisor del Trabajo de Titulación.

DEDICATORIA

A mis padres, por su amor incondicional, por ser mi guía y apoyo en cada paso de este camino. A mis hermanos, por su compañía y por siempre creer en mí. A mis amigos, que con su cariño y aliento me ayudaron a mantener la motivación en los momentos más difíciles.

Dedico también este logro a todos los profesores y mentores que compartieron su conocimiento y sabiduría, inspirándome a superarme cada día. Agradezco profundamente a todas las personas que, de una u otra manera, formaron parte de esta etapa de mi vida.

Finalmente, a Dios, por darme la fortaleza y el coraje para alcanzar esta meta.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mis padres por su amor y apoyo incondicional, a mis hermanos por su motivación constante, y a mis profesores y tutores por su orientación y conocimiento. A mi director de tesis por su dedicación y confianza en mí, y a mis amigos por su apoyo y aliento. Este logro es fruto de su apoyo y esfuerzo.



**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 GONZALEZ RICARDO XAVIER M. Sc.
COORDINADOR DE TITULACION

f. _____

ING. BONILLA SANCHEZ RONNIE ALEXANDER M. Sc.
OPONENTE

ÍNDICE

ÍNDICE	VIII
INDICE DE FIGURAS	IX
INDICE DE TABLA.....	XI
INDICE DE ECUACIONES	XI
INDICE DE ANEXOS.....	XI
RESUMEN.....	XII
ABSTRACT	XIII
ACRÓNIMOS.....	XIV
CAPITULO I: DESCRIPCIÓN GENERAL.....	2
CAPITULO II: MARCO TEORICO.....	5
CAPITULO III: LEVANTAMIENTO DE INFORMACION	30
CAPITULO IV: DISEÑO ELÉCTRICO	39
Capitulo V: ANALISIS ECONÓMICO.....	43
CONCLUSIONES	45
RECOMENDACIONES	47
ANEXOS.....	52
DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN	71

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Esquema de un sistema eléctrico	6
Figura 2. Línea de transmisión	7
Figura 3. Estructuras de un sistema eléctrico	8
Figura 4. Esquema de una Subestación Eléctrica.....	9
Figura 5. Subestación elevadora.....	10
Figura 6. topología subestación reductora	11
Figura 7. Pórtico de subestación.....	17
Figura 8. Seccionador Tripolar con apertura vertical	19
Figura 9. Pararrayos para subestación	20
Figura 10. Transformador de potencial	21
Figura 11. Transformador de corriente.....	22
Figura 12. Interruptor tanque muerto.....	23
Figura 13. Transformador de potencia	24
Figura 14. Tren de celdas en media tensión	25
Figura 15. Tablero de protección principal	26
Figura 16. Tablero AC/ DC.....	27
Figura 17. Estado físico de un relé de protección	29
Figura 18. Ubicación de subestación Guayaquil	31
Figura 19. Seccionador tripolar manual sin puesta a tierra	32
Figura 20. Relé General Electric Multilin 350.....	33
Figura 21. Estado físico de los fusibles en celda de media tensión.....	34
Figura 22. elementos internos de celda vista superior	34

Figura 23. Relé sin censar corrientes de campo en el lado primario de la S/E	35
Figura 24. Diagrama unifilar subestación Guayaquil	36
Figura 25. Diagrama general de subestación Guayaquil	37
Figura 26. Diagrama unifilar servicios auxiliares	38

INDICE DE TABLA

Tabla 1. Tensiones para sistemas superiores a 35KV	12
Tabla 2. Categoría de una subestación según su nivel de tensión	13
Tabla 3. Características técnicas seccionador.....	41
Tabla 4. Presupuesto referencial de Subestación Guayaquil.....	43

INDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1. Corriente carga actual.....	40
Ecuación 2. Corriente carga proyectada.....	40
Ecuación 3. Corriente carga máxima	40
Ecuación 4. Corriente carga actual tensión 13.8 kV	42
Ecuación 5. Corriente carga proyectada tensión 13.8 kV	42
Ecuación 6. Corriente carga máxima tensión 13.8 kV	42

INDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Memoria técnica subestación eléctrica	52
Anexo 2. Hallazgos encontrados en la intervención de overhaul de la subestación de 10MVA 69/13.8 kV.....	65

RESUMEN

La subestación eléctrica Guayaquil ubicada en el km 23 via la costa distribuye energía a la Estación Terrena CNT EP., la subestación de 8/10MVA 69 kV/13.8 kV línea – línea, ha presentado inconsistencias en la facturación eléctrica, mostrando valores muy elevados en función a un consumo estimado, Donde en un diagnóstico de las instalaciones se detectaron inconsistencias entre los equipos mostrados en el diagrama unifilar y los que realmente estaban instalados en la subestación, revelando que la subestación estaba sobredimensionada en un 90% respecto a la carga actual del sistema por tal motivo fue necesario realizar un rediseño donde se determinó que es necesario implementar un juego de transformadores de corriente con relación 200/100/50:5 y un transformador de corriente tipo interior con relación 500/300/30:5 para habilitar la protección diferencial y asegurar una medición precisa de la corriente, presentando un presupuesto estimado para el proyecto es de 55,410.00 dólares.

Palabras claves: Repotenciación, Subestación eléctrica, Mantenimiento, Distribución, Protecciones eléctricas, medición eléctrica.

ABSTRACT

The Guayaquil electrical substation located at km 23 via the coast distributes energy to the CNT EP Earth Station. The 8/10MVA 69 kV/13.8 kV line-line substation has presented inconsistencies in electrical billing, showing very high values in function to an estimated consumption, where in a diagnosis of the facilities inconsistencies are detected between the equipment shown in the one-line diagram and those that were actually installed in the substation, revealing that the substation was oversized by 90% with respect to the current load of the system, for this reason it was necessary to carry out a redesign where it is realized that it is necessary to implement a set of current transformers with a 200/100/50:5 ratio and an indoor type current transformer with a 500/300/30:5 ratio to enable the differential protection and ensure accurate current measurement, presenting an estimated budget for the project is \$55,410.00.

Keywords: Repowering, Electrical substation, Maintenance, Distribution, Electrical protections, electrical measurement.

ACRÓNIMOS

- ARCONEL: Agencia de Regulación y Control de Electricidad
- AWG: American Wire Gauge”: calibre de alambre estadounidense.
- CNEL EP: Empresa Eléctrica Pública Estratégica Corporación Nacional de Electricidad.
- DC “Direct current”: corriente directa o continua.
- CONELEC: Consejo Nacional de Electricidad en Ecuador.
- P: Potencia activa cuya unidad es el Vatio (W)
- S: Potencia Aparente cuya unidad es el Voltio Amperio (VA)
- Q: Potencia reactiva cuya unidad es el Voltio Amperio Reactivo (VAR)
- V: Voltaje cuya unidad es el voltio (V)
- I: Corriente eléctrica cuya unidad es el amperaje (A)
- SGE: Sistema de generación eléctrica

CAPITULO I: DESCRIPCIÓN GENERAL

1.1. Introducción

El suministro eléctrico, es de vital importancia para las industrias y grandes empresas, debido a que son el motor para energizar equipos para realizar productos y servicios. Para los sistemas de telecomunicaciones la energía eléctrica juega un papel fundamental para la continuidad de sus servicios, sin embargo, estas grandes empresas tienen grandes consumos de energía, por lo cual una correcta facturación mensual ayuda a disminuir valores innecesarios o sobreestimados por el suministro de la red.

Actualmente la subestación eléctrica se encuentra sobredimensionada a la carga actual que presenta el sistema eléctrico de estación terrena, por tal motivo la medición de energía no ha podido ser tomada debidamente, lo que ha llevado a facturas estimadas.

La presente investigación propone el rediseño de una subestación de 69kV/13.8kV que permita corregir la problemática actual que tiene la subestación con el fin de poder disminuir el consumo eléctrico en función a la demanda actual de energía.

1.2. Antecedentes

Los múltiples sistemas de medición desempeñan un papel fundamental en los procesos que gestionan las empresas distribuidoras de energía eléctrica. No obstante, los sistemas actuales enfrentan múltiples desafíos, como inconsistencias en las mediciones, cálculos estimados, y demoras en la entrega de información. Estos problemas pueden generar un desbalance o

desajustes y costos adicionales en las facturas de consumo eléctrico, afectando negativamente a las empresas distribuidoras.

1.3. Definición del problema

CNT EP, actualmente cuenta con estaciones que dan servicios de telecomunicaciones al Ecuador. Actualmente estas grandes estaciones por su capacidad de consumo requieren de la implementación de subestaciones eléctricas reductoras para abastecer de energía a las cargas críticas. En los últimos años la empresa eléctrica CNEL EP, a hecho un llamado de atención por anomalías que presenta el sistema de medición en la estación terrena, Subestación Guayaquil debido a que el sistema no censa correctamente los parámetros de corriente lo que ha obligado a dar una estimación en función a la demanda de diseño por lo que es de vital importancia un rediseño que permita supervisar las entradas de corriente que ingresan al predio.

¿Como mejorara la medición eléctrica para una correcta facturación del consumo de energía con el rediseño de una subestación?

1.4. Justificación

El correcto dimensionamiento de una subestación puede proteger el sistema eléctrico contra sobre tensiones, impactos atmosféricos y otras perturbaciones

1.5. Objetivos el problema de investigación

1.5.1. Objetivo General

Realizar el rediseño de la subestación eléctrica Estación Terrena - Guayaquil 8/10 MVA.

1.5.2. Objetivos Específicos

- Realizar un levantamiento de información del estado actual de la Subestación Estación terrena - CNT.
- Diseñar las mejoras técnicas para Subestación Estación Terrena -CNT en función de la demanda proyectada.
- Elaborar un presupuesto con propuesta de mejora de la Subestación Estación Terrena - CNT.

1.6. Hipótesis

La modernización y renovación de la subestación de 69KV/138KV favorecerá una mayor precisión en las mediciones eléctricas, garantizando que las facturaciones representen con exactitud el consumo real basado en la carga existente. Este avance no solo mejorará la exactitud de los datos recopilados, sino que también disminuirá el riesgo de errores en la facturación, proporcionando tanto a las empresas distribuidoras como a los consumidores un sistema más seguro y equitativo.

1.7. Metodología

Esta investigación se basa mediante un enfoque cualitativo-cuantitativo. Se empleará un método investigativo bibliográfico utilizando libros, revistas, archivos y sitios web como fuentes de información para desarrollar el estado del arte y los fundamentos técnicos. Además, se aplicará un método descriptivo para analizar y detallar las funciones de los equipos primarios y secundarios de la subestación, y un método deductivo utilizando la normativa IEC-61850 para integrar las funciones de protección, control,

medición y supervisión a través de la comunicación, las cuales se implementarán en la estación terrena.

CAPITULO II: MARCO TEORICO

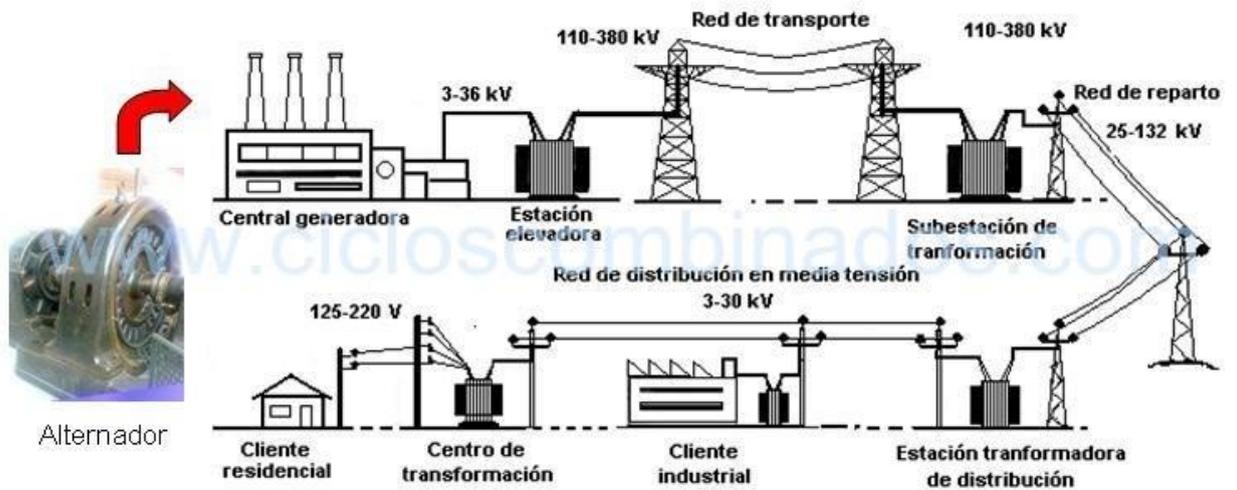
CAPÍTULO 2: Fundamentación Teórica

2.1. Sistema eléctrico general

El consumo de electricidad se realiza a través de corriente alterna, y uno de los desafíos de este tipo de corriente es que no puede almacenarse. Esto significa que el sistema debe producir toda la energía necesaria en cada momento, lo que requiere etapas de regulación y automatización (Blume, 2016).

La red de distribución eléctrica, como un sistema interconectado, permite entregar energía a los usuarios finales según su nivel de voltaje. La distribución comienza con la generación de energía y, a través de conexiones con subestaciones, la energía se distribuye a un nivel de tensión específico, y luego se transporta hasta el usuario final. La figura 1 ilustra algunas de las etapas que atraviesa la red para llegar a un cliente residencial.

Figura 1. Esquema de un sistema eléctrico



Nota: Etapas de un sistema eléctrico desde la generación, transmisión, distribución y comercialización de la energía. Fuente: Ciclos Combinados, 2012.

2.1.2. Sistema de transmisión de la energía eléctrica

El sistema de transmisión es conocido también como la etapa de transporte, esta fase comienza en la subestación eléctrica cercana al generador y lleva la energía eléctrica a través de largas líneas soportadas por estructuras trifásicas montadas en torres separadas por kilómetros, hasta llegar al punto de consumo (Arellano, 2015).

Es necesario elevar los niveles de tensión de la energía eléctrica debido a la caída de tensión que se produce en los largos tramos entre torres. Los transformadores juegan un papel crucial al asegurar que el sistema de transmisión mantenga un flujo de energía estable hasta que llegue al consumidor final.

Figura 2. Línea de transmisión



Nota: Línea de transmisión de 69KV con doble terna desde subestación Tulancingo hasta subestación monterrey Fuente: Monterrey, 2014

2.1.3. Sistema de distribución eléctrica

El sistema de distribución es un sistema que consta de muchos procesos con el objetivo de brindar suministro eléctrico ininterrumpido a los usuarios residencial, comercial e industrial (Muñoz, Armijos, & Suquilanda, 2011). A continuación, se detallan algunas de las sub etapas que comprende:

- a) Subestación eléctrica
- b) Transformadores de distribución
- c) Redes primarias
- d) Ramales, acometidas y sistema de medición

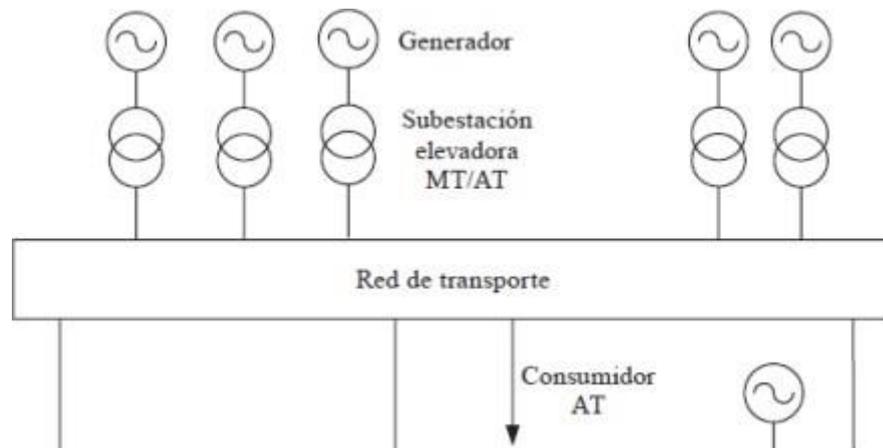
2.1.4. Topología de la red

La estructura de la red se compone de diferentes etapas, incluyendo

ramales y alimentadores, que determinan cómo se entrega la energía eléctrica según el tipo de cliente, su capacidad y voltaje, entre otros factores (Reinosa, 2012). El objetivo es proporcionar un suministro eléctrico ininterrumpido y de calidad al usuario.

Las redes eléctricas, según su aplicación, se pueden clasificar en sistemas radiales o en anillo (Vilca, 2023). La figura 16 muestra una topología de la red desde la generación hasta la distribución.

Figura 3. Estructuras de un sistema eléctrico



Nota: etapas de un sistema eléctrico Fuente: INEL, 2012

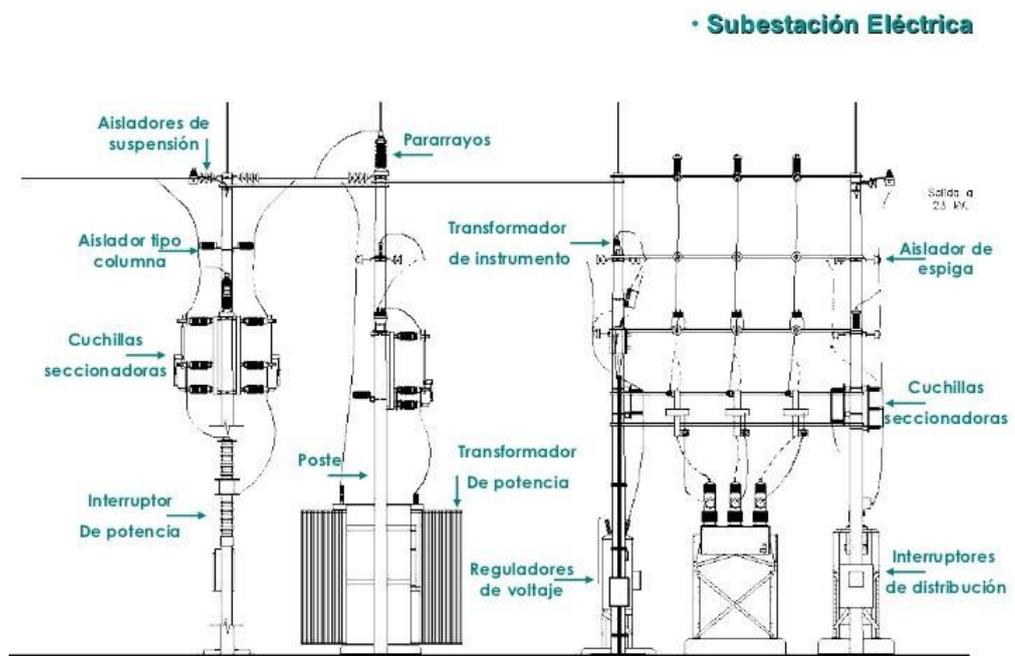
2.2. Subestación Eléctrica

La subestación eléctrica, forma parte del sistema eléctrico, se encarga de transformar el nivel de tensión para la distribución de la energía. La subestación eléctrica esta conformada por un conjunto de equipos de seccionamiento, protección, medición y transformación que funcionan de manera coordinada (Trashorras, 2015).

Una subestación eléctrica está conformada por un número determinado de circuitos de entrada y salida, los circuitos están conectado a su respectivo juego de barras, donde se pueden realizar maniobras de apertura, cierre y bypass (Gonen, 2014).

Los equipos que componen una subestación generalmente son el transformador, quipos de corte y seccionamiento, entre otros (Aguilar & Pino, 2013).

Figura 4. Esquema de una Subestación Eléctrica



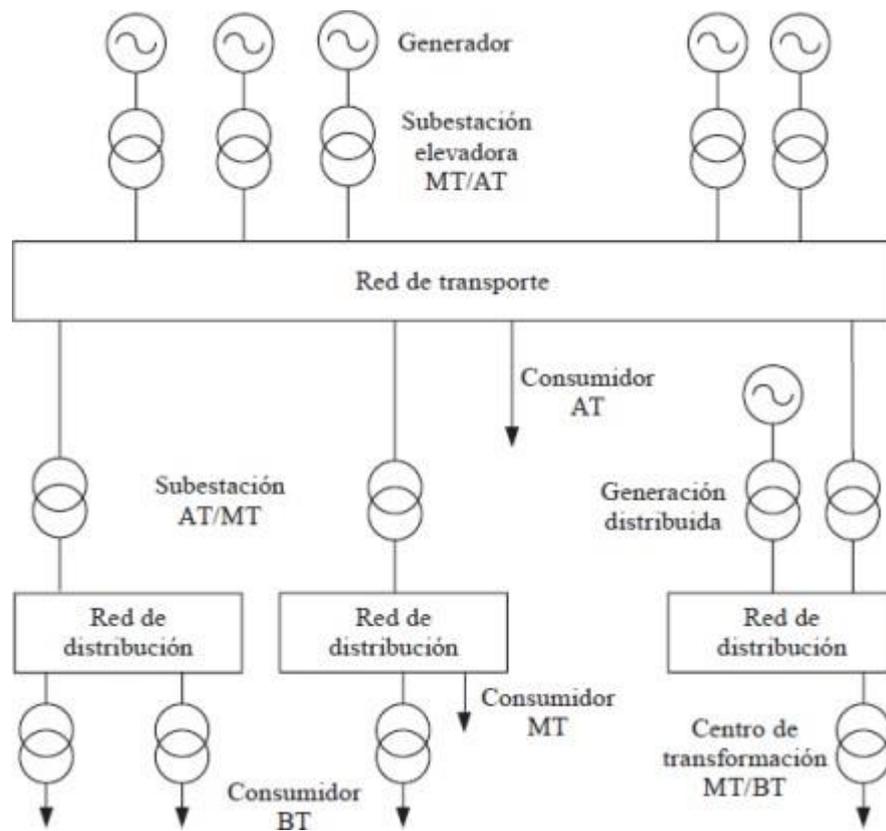
Nota: Esquema que representa los equipos primarios de una subestación eléctrica Fuente: INEL, 2012

2.1.1. Subestación eléctrica elevadora

Su función principal es aumentar el nivel de tensión a la salida. Es utilizado en los sistemas de transmisión sistema de transmisión. Sin embargo, las subestaciones elevadoras suelen ubicarse cerca de la

fuente de generación (Rubio, 2015). El voltaje primario del transformador se determina según el voltaje del generador, mientras que el voltaje secundario del transformador depende de la distancia a la que se transmitirá la energía, así como de los proyectos que puedan conectarse a la línea como se muestra en la figura 4.

Figura 5. Subestación elevadora



Nota: Estructura una subestación elevadora hasta la etapa de transporte Fuente: INEL, 2012

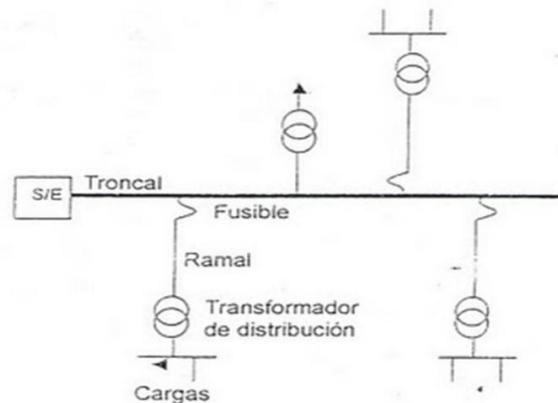
La figura 4. Muestra una subestación elevadora, misma que es encargada de elevar el nivel de tensión del generador eléctrico, esta tensión es transportada hasta llegar a una subestación reductora.

2.1.2. Subestación eléctrica reductora

Tienen como función disminuir el voltaje que recibe desde la línea de transmisión. Transforma Altos niveles de tensión, normalmente 69kV y 138kV a tensiones de 13.8KV, 22KV hasta 36KV utilizados para la distribución, la cual dependerá del proyecto. Debido a que la subestación está diseñada para alimentar una ciudad entera su ubicación tiene que ser lo más cercano a la ciudad, por lo que se considera su ubicación en función de los proyectos urbanísticos de la zona (Serpa, 2022).

El lado secundario del transformador reductor va a genera la barra de distribución, la cual se alimenta de todas las cargas de una ciudad. Tanto los niveles del secundario del transformador elevador y los niveles de voltaje del transformador reductor dependen del sistema eléctrico de cada país (Gusqui, 2022).

Figura 6. topología subestación reductora



Nota: Estructura una subestación reductora hasta el cliente Fuente: INEL, 2012

2.1.3. Características Principales de una subestación eléctrica

Dentro de las características principales: a tener en cuenta en el diseño de una subestación se incluyen:

- Topología de la red
- Nivel de tensión de la infraestructura

- Aislamiento ante cortocircuito
- Aislamiento de las fallas a tierra
- protección rápida de fallas
- Operación selectiva de la operación
- Comunicación

2.2. Niveles de Tensión para las Subestaciones Eléctricas

Según la norma IEC 60038, la tensión asignada representa el valor máximo que puede alcanzar la subestación eléctrica dentro de la red para la cual fue diseñada, mientras que la tensión de servicio corresponde al valor real de la tensión en un punto específico, medido en un momento determinado (Cobo, 2012). Los valores de tensión asignada y de servicio se presentan en la Tabla 1.

Tabla 1. Tensiones para sistemas superiores a 35KV

Tensión asignada		Tensión de Servicio
45		52*
66	69	72,5*
110	115	123*
132	138	145*
150		170*
220	230	245*

Fuente: IEC, 2008

La tabla 1. Muestra los niveles de tensión asignados para el sistema de transmisión y la tensión de servicio es el valor que tiene en un instante determinado, siendo las tensiones asignadas mas frecuentes aquellas que oscilan entre 69KV considerado como alta tensión y 500KV como extra alta tensión.

Tabla 2. Categoría de una subestación según su nivel de tensión

Categoría	Rango
Alta tensión AT	52KV hasta 300KV
Extra alta tensión EAT	300KV hasta 550KV
Ultra alta tensión UAT	Mayor 800KV

Fuente: IEC, 2008

La tabla 2. Muestra las categorías de tensión asignada según el estándar IEC, donde considera Alta tensión a valores mayores 52kV y menores a 300kV, extra alta tension a valores mayores a los 300kV y menores a los 550kV y Ultra alta tensión valores que superiores que no superen los 800kV.

2.3. Conocimiento del nivel de cortocircuito

El estudio de cortocircuitos se realiza en los sistemas eléctricos para determinar cómo se comporta la energía en caso de una falla de aislamiento, para el contacto directo con el cableado del equipo o la fuente de alimentación (Abanto, 2010).

Si un elemento eléctrico instalado en el sistema tiene una capacidad en la parte interna la corriente en su punto de instalación, esto puede provocar la explosión del elemento de protección o daños colaterales

Es importante identificar las magnitudes de falla debido a que el sistema debe diseñarse para resistir fallos. El análisis en el que se puede calcular los diferentes tipos de corrientes de falla en un sistema eléctrico son los siguientes:

Si un elemento eléctrico instalado en el sistema su capacidad es menor que la corriente en el punto donde se instala, esto puede provocar la explosión del elemento de protección o daños colaterales.

2.3.1. Procedimientos para aislar fallas a tierra

Dado que la mayoría de las fallas en los sistemas eléctricos comienzan como una falla de línea a tierra, la protección por relés en este aspecto de diseño se enfoca principalmente en las fallas de línea a tierra en un punto del interruptor más cercano a ella. La interrupción de tales fallas en los sistemas eléctricos (2 a 4 ciclos) causa un daño permanente mínimo (Fernandez & Pino, 2022).

Los sistemas de voltaje promedio de 2,4KV a 13,8kV deben estar conectados a la tierra a través de una resistencia para reducir el daño por fallas a tierra que pueden ocurrir en las máquinas cuyos neutros están conectados a la tierra a este nivel de voltaje. El relé de sensor de tierra

puede funcionar instantáneamente con corrientes tan bajas como 15A hasta 30 A (Barrera, 2015).

2.3.2. Liberación de fallas rápidas

Si se trata de sistemas eléctricos con tensión media del tipo industrial, este rango debe estar entre 8 y 10 ciclos a la frecuencia del sistema. Mientras que los interruptores para sistemas de mayor tensión deben permitir la interrupción de fallas en tiempos que permitan la estabilidad del sistema (Lopez & Ruiz, 2018).

2.3.3. Operación selectiva de la protección

Este punto al realizar la selectiva protección de forma que mientras se encuentre en la operación actúe sobre el elemento más cercano a una falla, tratando de desconectar al menor número de elementos (Navas, 2017).

2.2.4. Parámetros de diseño de una Subestación eléctrica

Los parámetros relacionados con las condiciones ambientales y los esfuerzos físicos establecen los requisitos mínimos que deben considerarse al diseñar una subestación eléctrica. Cualquier alteración en estos parámetros puede causar un cambio significativo en el desarrollo del diseño. Entre los aspectos considerados en el diseño se encuentran la confiabilidad, la continuidad, la rentabilidad, el espacio, el entorno, el voltaje y la carga (Lopez E. , 2021).

2.2.5. Criterios de diseño

Uno de los aspectos importantes es el índice de confiabilidad, el cual tiene relación con el nivel básico de aislamiento (BIL) y debe estar encima de las sobretensiones que se presentan durante la operación de los equipos de la Subestación (Cusco, 2016).

En el diseño se considerará también los esfuerzos físicos causados por las corrientes de corto circuito, considerando varias fuerzas externas, como aisladores, montaje de conductores, fuerza ejercida por la presión del viento, entre otros. También es importante considerar los factores externos menos comunes, tales como, la prevención del paso de animales o bien personas no autorizadas que se dirijan hacia los conductores energizados (Jimenez & Moyano, 2007). Los efectos producidos por las tensiones mecánicas y el calentamiento debido a las corrientes de cortocircuito, también se deben considerar para medir correctamente la protección, el equipo de medición y seleccionar el equipo más importante que es el interruptor. Uno de los equipos más crítico, ya que debe ser capaz de cortar las corrientes de falla sin causar daños a los equipos de la subestación (Romero, 2014).

2.3. Componentes de una Subestación

2.3.1. Pórtico

Forma parte de la infraestructura de una Subestación eléctrica, Es la base donde se interconecta un segmento de la línea de transmisión, junto con los elementos de seccionamiento de la subestación, está compuesto por el

pórtico o bahía de entrada. Este conjunto, formado por piezas metálicas galvanizadas, tiene la función de aislar y soportar los dispositivos de seccionamiento y protección contra descargas atmosféricas (Chalen, 2019).

Según el número de líneas que intercepten la subestación, el pórtico puede ser tipo H y tipo cuadrante como lo muestra la figura 7.

Figura 7. Pórtico de subestación



Fuente: Escacero, 2014

2.3.2. Seccionador

Un seccionador tripolar es un dispositivo eléctrico diseñado para desconectar de manera segura los tres polos (fases) de un circuito de alta

tensión, permitiendo su aislamiento completo. Se utiliza principalmente en sistemas de transmisión y distribución de energía eléctrica para asegurar que una sección del sistema esté completamente desenergizada antes de realizar trabajos de mantenimiento o reparación. Al operar los tres polos simultáneamente, el seccionador tripolar garantiza la interrupción segura y eficiente del flujo de corriente en todas las fases, minimizando el riesgo de arcos eléctricos o fallos en el sistema (Boada & Endara, 2013).

Son equipos encargados de las maniobras de apertura y cierre en una subestación, son utilizados para seccionar y aislar la subestación con fines de mantenimientos.

Los seccionadores cumplen un mismo objetivo, sin embargo, existen distintas clases según, los siguientes aspectos.

- a) Operación (Manual/ Motorizado)
- b) Orientación (Horizontal/Vertical)
- c) Aislamiento (con puesta a tierra y sin puesta a tierra)

Figura 8. Seccionador Tripolar con apertura vertical



Fuente: Taikai, 2012

2.3.3. Pararrayos

Un pararrayo de subestación es un dispositivo de protección eléctrica diseñado para desviar descargas atmosféricas, como rayos, lejos de los equipos sensibles de una subestación. Su función principal es proteger los transformadores, interruptores y otros componentes críticos de la subestación contra sobretensiones causadas por rayos o eventos de conmutación. El pararrayos actúa conduciendo la energía de la descarga hacia tierra, evitando así daños costosos y prolongadas interrupciones del servicio eléctrico. Este equipo es esencial para mantener la fiabilidad y seguridad de la red de distribución de energía (Rios, 1983).

Los pararrayos en una subestación se consideran componentes de los equipos de alta tensión y se encuentran instalados en la parte superior del pórtico, justo a la salida de los seccionadores, con una conexión a tierra mediante un conductor desnudo de cobre calibre #4/0. La figura 9 a continuación ilustra la ubicación de un pararrayos de alta tensión.

Figura 9. Pararrayos para subestación



Nota: Pararrayo tipo estación 72.5 kV Fuente: Ankaseramik, 2012

2.3.4. Transformador de potencial

Un transformador de potencial (TP) en una subestación es un dispositivo que reduce la alta tensión de un sistema eléctrico a niveles más bajos y seguros, adecuados para la medición y protección. Los TPs permiten que los instrumentos de medición, como voltímetros y relés de protección, midan con precisión el voltaje del sistema sin exponerse a los peligros de la alta tensión. Al reducir la tensión a un nivel estándar, como 110V o 120V, el TP garantiza que el monitoreo y control del sistema eléctrico se realice de manera segura y precisa, desempeñando un papel crucial en la operación y seguridad de la subestación (Lozano & Melgar, 2019).

Figura 10. Transformador de potencial



Nota: Transformador de potencial 72.5kV Fuente: Esitas transformer, 2016

2.3.5. Transformador de corriente

Un transformador de corriente (TC) en una subestación eléctrica es un equipo que disminuye la corriente. de un circuito de alta tensión a niveles más bajos y seguros, adecuados para la medición, protección y control del sistema eléctrico. Los TCs permiten que los instrumentos de medición, como amperímetros y relés de protección, registren la corriente del sistema sin estar expuestos a corrientes extremadamente altas. Al reducir la corriente a un nivel estándar, el TC garantiza que los dispositivos de protección, medición y monitoreo puedan operar con precisión y seguridad, siendo fundamental para el funcionamiento y seguridad de la subestación (Arrieta, 1978).

Figura 11. Transformador de corriente



Nota: Transformador de corriente MR 100/50/25:5 72.5kV Fuente: Crompton Grid, 2014

2.3.6. Interruptor de potencia

Un interruptor de potencia en una subestación eléctrica es un componente esencial que se utiliza para conectar o desconectar circuitos eléctricos de alta tensión de manera segura y controlada. Su función principal es detener el flujo de corriente en situaciones de sobrecarga, cortocircuito u otras fallas, protegiendo tanto los equipos como la red eléctrica de posibles daños. Además de su función protectora, los interruptores facilitan el mantenimiento y las reparaciones dentro de la subestación al permitir el aislamiento de partes específicas del sistema. Son fundamentales para el funcionamiento seguro y confiable de una subestación, garantizando la continuidad del suministro eléctrico y la estabilidad del sistema (Bustamante, 2022).

Los interruptores de potencia pueden clasificarse según los siguientes criterios, de acuerdo con su uso y nivel de aislamiento:

- a) De acuerdo con el nivel de aislamiento, que puede ser en hexafluoruro de azufre (SF6) o en vacío.
- b) Según la aplicación en el terreno, como en tanque vivo o tanque muerto.

Figura 12. Interruptor tanque muerto



Nota: Interruptor tanque muerto con 6 juegos de CTs relación MR 200/100/50:5 Fuente: Alstom, 2015

2.3.7. Transformador de potencia

En una subestación, el transformador de potencia es un componente esencial para la transferencia de energía eléctrica entre circuitos con distintos niveles de voltaje. Su función principal es ajustar el voltaje, ya sea incrementándolo para facilitar la transmisión a largas distancias o

reduciéndolo para asegurar una distribución segura a los usuarios. Esta etapa de transformación es crucial para reducir las pérdidas de energía durante la transmisión y garantizar una entrega eficiente y confiable de electricidad. Los transformadores de potencia son clave en la infraestructura de una subestación, ya que permiten manejar grandes cantidades de energía y mantener la estabilidad del sistema eléctrico. (De La Torre & Orquera, 2021). La figura 14 se caracteriza de observar las partes que conforman un transformador de potencia.

Figura 13. Transformador de potencia



Nota: Transformador 8/10MVA ONAN/ONAF 69/ 13.8 kV 3F Fuente: Compton Grid, 2014

2.3.8. Celda de media tensión

Las celdas de media tensión en una subestación eléctrica son módulos de acople que albergan equipos de conmutación, protección y medición para la distribución de energía eléctrica para media tensión es hasta 36 kV.

Cada celda de media tensión suele incluir interruptores automáticos, relés de protección, seccionadores, fusibles y medidores, etc., todos montados dentro de un gabinete compacto, los gabinetes son aislados a tierra. Estas celdas permiten la desconexión segura de circuitos para maniobras de mantenimiento, la protección contra fallas a la red, y la distribución controlada de energía (Sarmiento, 2022). La figura 14. Muestra los compartimentos de un tren de celdas.

Figura 14. Tren de celdas en media tensión



Nota: Tren de celdas compuesto por una 2 remonte, 1 interruptor, 4 seccionador fusible Fuente: Schneider Electric, 2008

3.3.9. Tablero principal de protección

El panel de control principal es el núcleo operativo que facilita la supervisión y gestión integral del sistema eléctrico. Este panel centraliza el manejo de los equipos y circuitos de la subestación, asistiendo a los

operadores en el monitoreo del sistema, la realización de maniobras de conmutación y la reacción ante fallos o emergencias.

El tablero se encuentra equipado con diversos instrumentos, como indicadores de voltaje, relés de protección, interruptores, alarmas y sistemas de comunicación, asegurando así una operación segura y eficiente. La figura 15. Muestra los elementos mencionados empotrados en un tablero de control.

Figura 15. Tablero de protección principal



Nota: Tablero de control con protecciones, rele e indicadores de voltaje y corriente por fase Fuente: Tabicón, 2008

2.3.10. Tableros eléctricos

En una subestación, el tablero DC y el tablero AC cumplen una función muy importante, debido a que gestionan la alimentación eléctrica para diferentes sistemas y equipos. Siendo el Tablero DC: Es responsable de

distribuir la corriente continua a los equipos de control, protección y comunicaciones que integran la subestación. Este tablero es crucial utilizado en la operación de los sistemas de emergencia, debido a que asegura el funcionamiento de relés de protección, interruptores y otros dispositivos incluso si falla la alimentación principal (*Villamizar & Gutierrez, 2016*).

Los tableros de corriente continua (DC) están comúnmente conectados a un banco de baterías que garantiza una fuente de energía continua. Por otro lado, el tablero de corriente alterna (AC) distribuye electricidad a los equipos auxiliares de la subestación, como sistemas de iluminación, climatización y ventilación, que requieren corriente alterna. Este tablero se conecta a la red eléctrica principal y puede incorporar sistemas de respaldo para asegurar el suministro en caso de interrupciones. (*Cevallos, Alarcon, & Palomino, 2016*). La figura 16. Muestra los tableros DCy AC, cerca del tablero de control.

Figura 16. Tablero AC/ DC



2.3.11. Relés de protección

Los relés forman parte de la protección en una subestación, ya que se encargan de detectar y reaccionar ante fallas en el sistema eléctrico de manera inmediata, como: sobrecargas, cortocircuitos o desequilibrios en la fase. Su propósito es proteger los equipos y mantener la seguridad del sistema activando automáticamente el interruptor que aísla las áreas afectadas, lo que ayuda a prevenir daños mayores y a reducir las interrupciones en el suministro de energía (Moscoso & Silva, 2021).

Los relés de protección más comunes en una subestación eléctrica incluyen:

Relé de sobrecorriente: Identifica corrientes excesivas en el sistema y activa el interruptor para prevenir daños a los equipos.

Relé de distancia: Mide la impedancia en las líneas de transmisión para localizar fallas y permitir su aislamiento rápido.

Relé diferencial: Compara las corrientes de entrada y salida de un transformador o línea para detectar discrepancias o falta de energía debido a fallas internas.

Relé de tierra: Monitorea la corriente que va hacia la tierra para detectar fallas de tierra y proteger el sistema contra este tipo de fallas.

Relé de tensión: Supervisa los niveles de voltaje y toma acción en caso de detectar variaciones peligrosas, como una subtensión.

Dependiendo de su función, los relés pueden estar montados en tableros o celdas. La figura 16 ilustra el aspecto físico de un relé.

Figura 17. Estado físico de un relé de protección



Nota: Relé 751 protección del alimentador Fuente: SEL, 2011

2.3.12. Sistema de servicios auxiliares

Los sistemas de servicios auxiliares son considerados aquellos sistemas que alimentan los circuitos de iluminación, video vigilancia, climatización, y otras cargas que se consideren parte de la subestación eléctrica.

Sistema alimentado por un transformador de distribución tipo pedestal y en algunos casos un sistema de respaldo de energía. Los servicios auxiliares son de vital importancia dentro de una subestación para asegurar la alimentación de las protecciones y otros equipos.

CAPITULO III: LEVANTAMIENTO DE INFORMACION

3.1. Generalidades

El presente capítulo, detallara el estado actual de la subestación eléctrica, capacidad instalada y demanda máxima del cliente con el propósito de diagnosticar y justificar algún cambio o mejora al sistema eléctrico.

3.1.1. Antecedentes

La Subestación eléctrica Guayaquil, pertenece a la corporación Nacional de Electricidad CNT, misma que distribuye energía a la estación Terrena y al Data Center. El cliente por su tecnología y aplicaciones es considerado como TIER III (Alta disponibilidad y redundancia), debido a que esta estación maneja una parte muy importante de las telecomunicaciones de Guayaquil, es de vital importancia preservar la calidad de energía ininterrumpida. Actualmente la subestación instaurada cuenta con una capacidad de 8/10MVA a un nivel de tensión de 69 kV/13.8 kV de línea a línea.

Sin embargo, un último estudio, revelo que la demanda máxima actual de la carga principal entre estación terrena y Data Center no supera el 1MVA, lo que a generado inconsistencias y una sobrefacturación estimada en función a la capacidad y demanda proyectada de la subestación. La estimación a lo largo de los años a generado perdidas sustanciales a CNT, por lo que mediante este levantamiento de información se pretende diagnosticar el estado actual de los equipos, verificar la demanda máxima y conocer la topología del sistema.

3.1.2. Antecedentes de la urbanización

La subestación Guayaquil, se encuentra ubicada en el km 23 via la costa, del lado derecho del sector pueblo viejo con coordenadas UTM X: 601614.42 Y: 9756996. La subestación está inmersa dentro de los predios de CNT con un área 12433, 53 km² como lo muestra la figura 18.

Figura 18. Ubicación de subestación Guayaquil



Nota: Estación Terrena CNT EP Fuente: Google Earth, 2024

La figura 18, indica que la subestación se encuentra en el lado noroeste del predio, con un área de 516,23 m².

3.2.1. Estado actual de la Subestación Eléctrica

Se realizó una intervención técnica, para visualizar el estado físico de los equipos primarios y secundarios que conforman la subestación Guayaquil. Dentro de la cual se hallaron las siguientes novedades detalladas a continuación:

Seccionador Tripolar no cumple con las especificaciones técnicas

En los planos entregados por parte de CNT se indica que existe un seccionador motorizado de apertura vertical con puesta a tierra, la realidad es que el seccionador que se encuentra instalado en el pórtico del lado de 69 kV es un seccionador de accionamiento manual que además por la falta de mantenimiento tiene los contactos sulfatados, el mecanismo de apertura y cierre se encuentra en malas condiciones y sin estar con conexión de puesta a tierra.

Figura 19. Seccionador tripolar manual sin puesta a tierra



Nota: Seccionador con problemas de maniobra de apertura en cuchilla central Fuente: autor, 2024

Relé de celda principal no operativo

La celda protección principal de media tensión marca General Electric con numero serie: SERI-V-24/630D, al momento del replanteo se encontró que su relé de protección General Electric modelo multilin 350 está fuera de servicio.

Figura 20. Relé General Electric Multilin 350

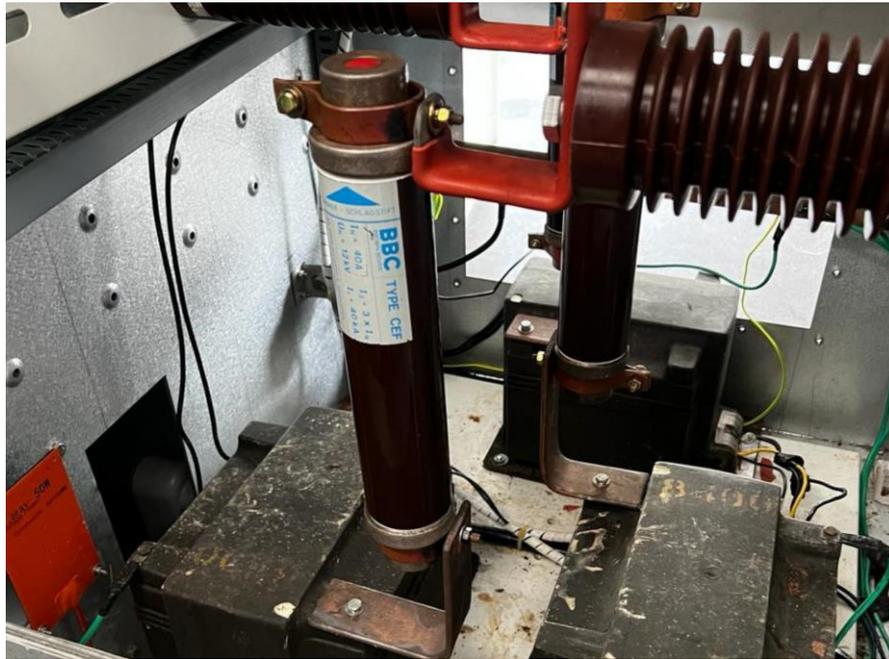


Nota: Relé fuera de servicio. Fuente: autor, 2024

Celdas de media tensión con fusibles sobredimensionados

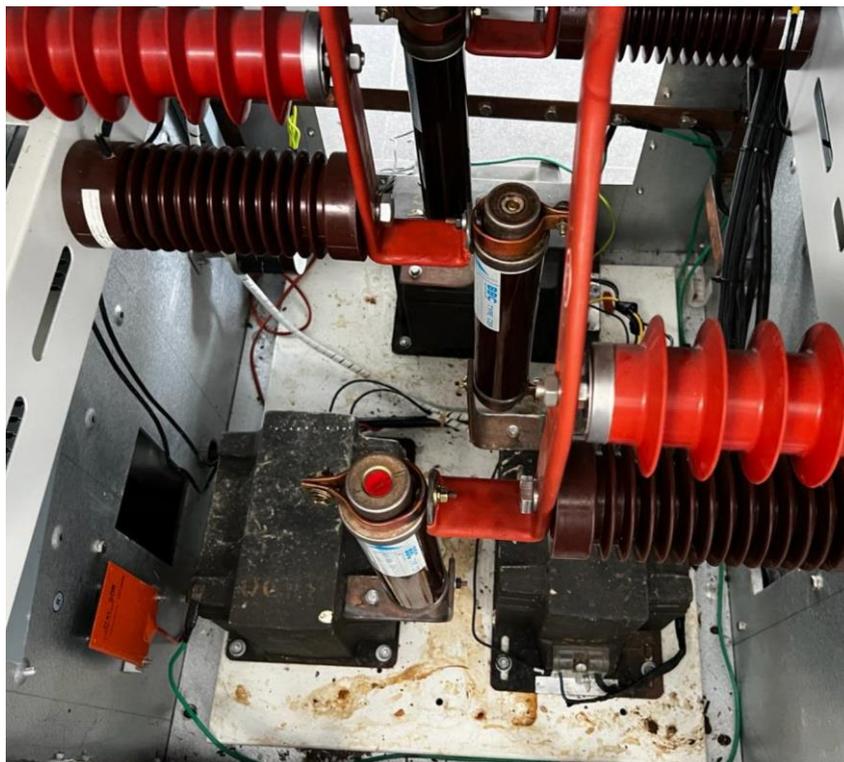
Dentro de la intervención de la celda de medición con número de serie: SERI-PT-24/630ID que envía la señal al medidor de la Empresa Eléctrica (CNEL), se realizó la medición de los transformadores de potencial, ajuste y revisión de 3 portafusibles, los fusibles cilíndricos de 40A existentes se encuentran sobredimensionados como se muestra en las figuras 21 y 22.

Figura 21. Estado físico de los fusibles en celda de media tensión



Nota: Fusibles tipo Botella 40A sobredimensionados. Fuente: autor, 2024

Figura 22. elementos internos de celda vista superior



Nota: Transformadores de potencial con suciedad. Fuente: autor, 2024

Tablero de control y protección de transformador 10MVA

Dentro de la intervención del tablero principal de control y protección del transformador de 10MVA de fabricante TABLICON S.A., se encontró un relé GENERAL ELECTRIC modelo MULTILIN 345 TRANSFORMER PROTECTION SYSTEM sin censar y sin ninguna protección al transformador de poder ONAN 8MVA, ONAF 10.5KVA.

Figura 23. Relé sin censar corrientes de campo en el lado primario de la S/E



Nota: Relé no muestra corrientes en las bobinas de alta y media por problema de los transformadores de corriente. Fuente: Autor,2024

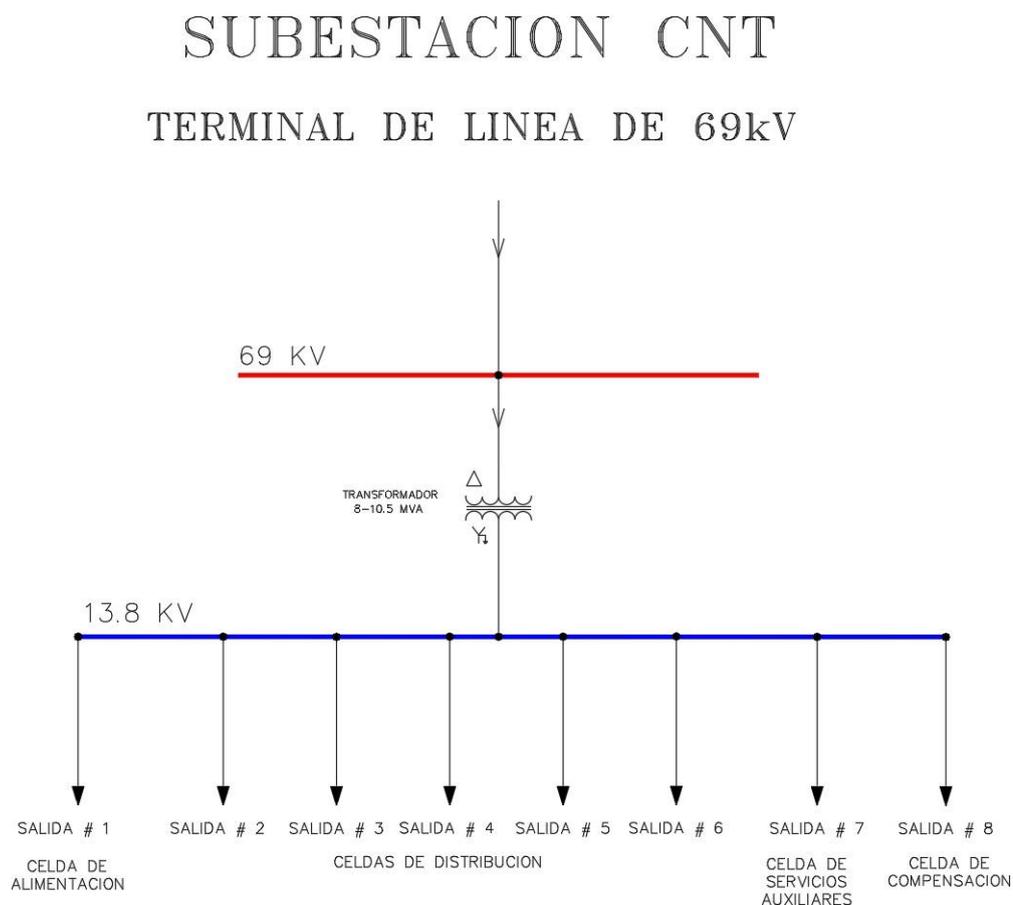
3.2.2. Demanda máxima del sistema

De acuerdo a un análisis energético de la carga instalada, la demanda máxima de la estación terrena es de 990KW.La Empresa Eléctrica (CNEL), quien supervisa la energía transmitida y distribuida a la carga, indica que está trabaja al 10% de la capacidad total de la Subestación Eléctrica.

3.2.3. Diagrama Unifilar

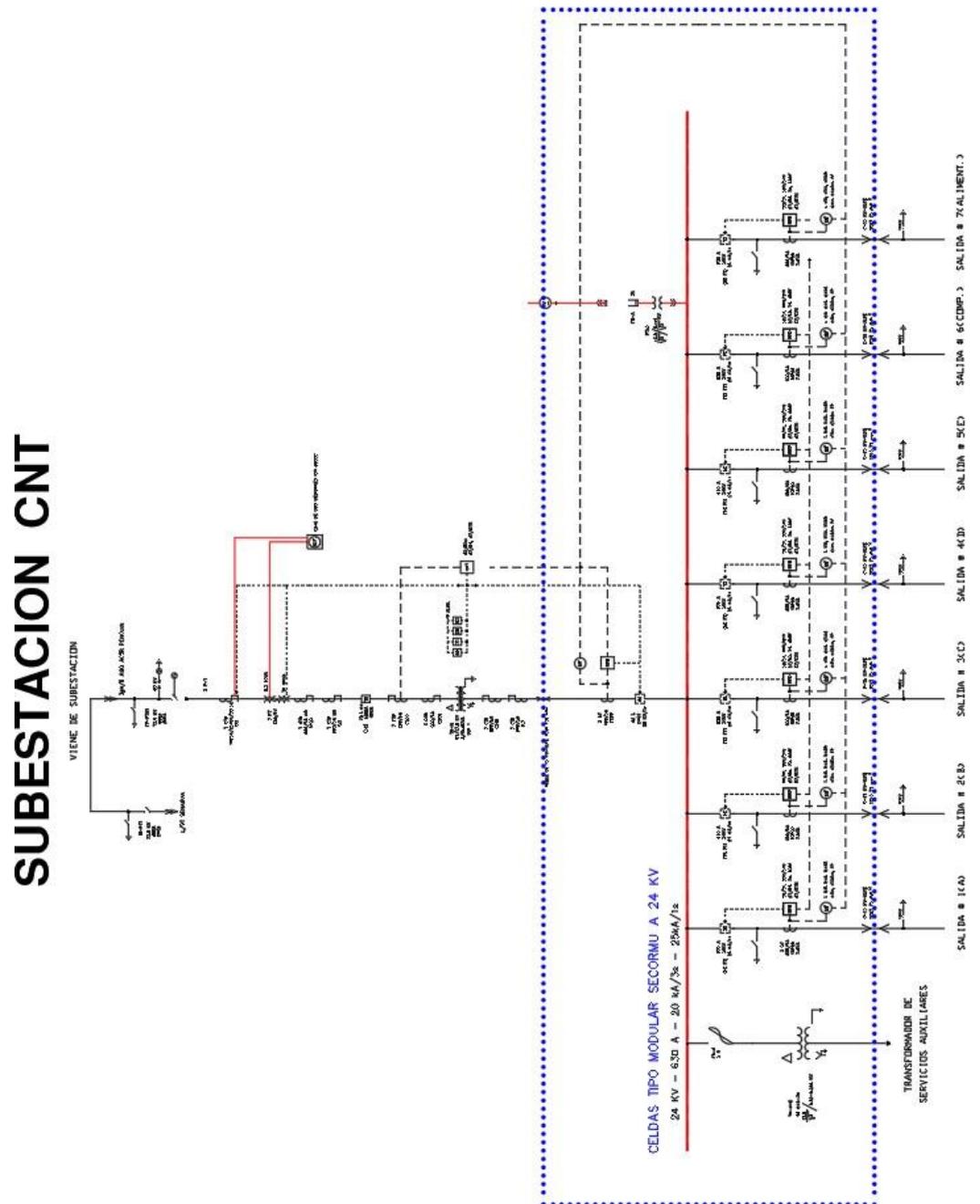
El apartado muestra el diagrama unifilar de la subestación Eléctrica Guayaquil detallando los componentes internos en visita general y vista completa como lo muestran las figuras 24,25 y 26.

Figura 24. Diagrama unifilar subestación Guayaquil



Nota: Diagrama unifilar desde la derivación de línea de transmisión de 69kV hasta las cargas a 13.8 kV . Fuente: Autor, 2024

Figura 25. Diagrama general de subestación Guayaquil



Nota: Diagrama unifilar con ubicación de equipos primarios y secundarios hasta llegar a las cargas eléctricas . Fuente: Autor, 2024

CAPITULO IV: DISEÑO ELÉCTRICO

4.1. Generalidades

De acuerdo con el análisis del capítulo anterior, se pudo evidenciar que actualmente la demanda máxima que tiene la carga total de estación terrena representa el 10% de la capacidad máxima de la subestación eléctrica. De acuerdo al diagrama unifilar de la figura 25. Existen 6 transformadores de corriente tipo exterior a 69 kV ubicados en el interruptor tanque muerto, es decir la medición en alta tensión es tomada por un medidor ION 8650A cuyas señales de voltaje las da el TP $69\sqrt{3}/115\sqrt{3}$ y CT de 600/200/100:5.

Los equipos de medición sobredimensionados generan una incoherencia en los sistemas de medición, debido a que la corriente de alta tensión es tan pequeña que los CTs no lo censan, la corriente con la demanda máxima es de 9.20 A. En el levantamiento de información se evidencio que el relé de protección diferencial estaba deshabilitado, quiere decir que se encuentra encendido pero la protección se encuentra apagada debido a que la corriente de entrada y salida es tan minúscula que el relé lo censa como 0A, lo que obligaría al relé a disparar el interruptor.

Se realizara un rediseño con el fin de solucionar los problemas que presenta la subestación, el rediseño únicamente estará enfocado en considerar una correcta medición en base a la demanda actual y proyectada, habilitación de relé de protección diferencial y cambio de seccionador tripolar.

4.2. Selección de los nuevos Transformadores de Corriente 69 kV

La selección del transformador de corriente se toma en función de la corriente de la carga actual 990 kW y la carga proyectada 5.5 MW como lo define las ecuaciones 1,2 y 3.

Ecuación 1. Corriente carga actual

$$I_{carga\ actual} = \frac{\textit{Demanda actual}}{\sqrt{3} \times \textit{Voltaje de linea a linea} \times \textit{FP}}$$

$$I_{carga\ actual} = \frac{990\ kW}{\sqrt{3} \times 69\ KV \times 0,92}$$

$$I_{carga\ actual} = 9,00\ A$$

Ecuación 2. Corriente carga proyectada

$$I_{carga\ proyectada} = \frac{\textit{Demanda proyectada}}{\sqrt{3} \times \textit{Voltaje de linea a linea} \times \textit{FP}}$$

$$I_{carga\ proyectada} = \frac{5.5\ MW}{\sqrt{3} \times 69\ KV \times 0,92}$$

$$I_{carga\ proyectada} = 50,02\ A$$

Ecuación 3. Corriente carga máxima

$$I_{carga\ maxima} = \frac{\textit{Demanda maxima}}{\sqrt{3} \times \textit{Voltaje de linea a linea} \times \textit{FP}}$$

$$I_{carga\ maxima} = \frac{10\ MW}{\sqrt{3} \times 69\ KV \times 0,92}$$

$$I_{carga\ maxima} = 90,94\ A$$

De acuerdo con las corrientes indicadas en las ecuaciones 1, 2 y 3. El transformador de corriente será multi relación 100/60/10: 5. Debido a que ya existe un interruptor tanque muerto donde los cachos (CT) forman parte del equipo el diseño propone, la implementación de 3 CTs tipo exterior con su respectiva base ubicados a la salida de los transformadores de potencial con el fin de lanzar la señal directa hacia el medidor ION 8650 A.

4.3. Selección de nuevo seccionador tripolar 69 kV

Por la infraestructura que maneja CNT, los equipos deben estar debidamente aterrizados, los seccionadores indicados en la memoria son motorizados con puesta a tierra, sin embargo, el instalado es manual sin puesta a tierra, se solicita el cambio de las cuchillas respetando los criterios técnicos de la memoria eléctrica como lo muestra la tabla 1.

Tabla 3. Características técnicas seccionador

Características Técnicas Seccionador Tripolar Motorizado	
Voltaje nominal	69 kV
Voltaje máximo	72,5 kV
Nivel máximo de aislamiento (BIL)	350 kV
Frecuencia	60 Hz
Corriente nominal	1250 A
Corriente de interrupción momentánea,	1seg. 31.5kA
Corriente de interrupción pico	80kA
Distancia de fuga	2260 mm

Fuente: Autor

4.4. Selección de los nuevos Transformadores de Corriente 13.8 kV

Los transformadores de corriente tipo interior ubicados en las celdas de media tensión serán reemplazados, se toma en función de la corriente de la

carga actual 990 kW y la carga proyectada 5.5 MW como lo define las ecuaciones 4,5 y 6.

Ecuación 4. Corriente carga actual tensión 13.8 kV

$$I_{\text{carga actual}} = \frac{\text{Demanda actual}}{\sqrt{3} \times \text{Voltaje de línea a línea} \times \text{FP}}$$

$$I_{\text{carga actual}} = \frac{990 \text{ kW}}{\sqrt{3} \times 13.8 \text{KV} \times 0,92}$$

$$I_{\text{carga actual}} = 40,92 \text{ A}$$

Ecuación 5. Corriente carga proyectada tensión 13.8 kV

$$I_{\text{carga proyectada}} = \frac{\text{Demanda proyectada}}{\sqrt{3} \times \text{Voltaje de línea a línea} \times \text{FP}}$$

$$I_{\text{carga proyectada}} = \frac{5.5 \text{ MW}}{\sqrt{3} \times 13.8 \text{KV} \times 0,92}$$

$$I_{\text{carga proyectada}} = 250,10 \text{ A}$$

Ecuación 6. Corriente carga máxima tensión 13.8 kV

$$I_{\text{carga maxima}} = \frac{\text{Demanda maxima}}{\sqrt{3} \times \text{Voltaje de línea a línea} \times \text{FP}}$$

$$I_{\text{carga maxima}} = \frac{10 \text{ MW}}{\sqrt{3} \times 13.8 \text{KV} \times 0,92}$$

$$I_{\text{carga maxima}} = 454,73 \text{ A}$$

De acuerdo con las corrientes indicadas en las ecuaciones 4, 5 y 6. El transformador de corriente tipo dona será multi relación 500/300/50: 5. Las señales ingresaran directo al medidor ION 7400.

Capítulo V: ANALISIS ECONÓMICO

5.1. Generalidades

El Capítulo V presenta un presupuesto referencial de los cambios sugeridos en el rediseño del proyecto con el fin de corregir los problemas actuales presentados en la subestación. También presenta una proyección de la ejecución del proyecto.

5.2. Presupuesto Eléctrico

El presupuesto describe los rubros considerados en la etapa de diseño, con la finalidad de ser una mejora para la infraestructura actual de la Subestación eléctrica como lo muestra la tabla 4.

Tabla 4. Presupuesto referencial de Subestación Guayaquil

No.	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total
1	Seccionador tripolar motorizado 69 kV con puesta a tierra con apertura vertical	U.	1	\$14.600,00	\$14.600,00
2	Instalación de seccionador tripolar motorizado Pruebas y puesta en operación	U.	1	\$ 600,00	\$ 600,00
3	Desmontaje de seccionador manual existente	U.	1	\$ 360,00	\$ 360,00
4	Relé SEL-751 Protección de Barra	U.	1	\$ 7.600,00	\$ 7.600,00
5	Cambio de Relé y parametrización de datos	U.	1	\$ 420,00	\$ 420,00
6	Estudio de coordinación de protecciones	U.	1	\$ 2.600,00	\$ 2.600,00
7	Construcción de bases para CTs 69 kV	U.	3	\$ 400,00	\$ 1.200,00
8	Transformadores de Corriente MR: 200/100/50:5	U.	3	\$ 7.650,00	\$22.950,00
8	Montaje de CTs, prueba y puesta en operación	U.	3	\$ 360,00	\$ 1.080,00
Subtotal:					\$51.410,00
IVA 15%					\$ 7.711,50
TOTAL					\$59.121,50

Fuente: Autor, 2024

La tabla 4. presenta el presupuesto referencial con un monto de 55,410.00 dólares sin IVA, se puede apreciar que los rubros que encarecen al proyecto son el suministro de 3 transformadores de corriente multi relación 200/100/50: 5 y seccionado tripolar motorizado 69 kV con puesta a tierra.

5.3. Tiempo de ejecución

La propuesta, presentada tiene un tiempo de ejecución de 150 días. Siendo los primeros 120 días contemplados para el suministro de equipos de patio importados como el seccionador tripolar motorizado con puesta a tierra, los transformadores de corriente y relé de protección del barra SEL-751,. Los 30 días restantes, considerados para el cambio de equipos e instalación de transformadores de corriente a 69 kV y construcción de las bases.

CONCLUSIONES

Dentro del levantamiento de información se evidencio inconsistencias entre los equipos indicados en el diagrama unifilar y los equipos instalados en la subestación, estando sobredimensionada con un 90% de la carga actual del sistema.

En el rediseño se estableció que es necesario la implementación de un juego de transformadores de corriente con relación 200/100/50:5 y transformador de corriente tipo interior relación 500/300/30:5 para habilitar la protección diferencial y también para una correcta medición de la corriente.

El presupuesto referencial del proyecto fue de 55,410.00 dólares sin IVA mismo que estima una ejecución de 150 días contemplando las etapas de suministro, instalación, construcción de bases, pruebas, estudio de coordinación de protecciones y puesta en servicio.

RECOMENDACIONES

Se recomienda realizar el cambio del seccionador tripolar motorizado de 69 kV con apertura vertical y puesta a tierra para mejorar y dar mayor seguridad a Subestación eléctrica.

Se recomienda realizar un mantenimiento preventivo anual a los equipos de patio, pórtico, celdas, relés, tableros, cargador y banco de baterías, para preservar la vida útil de la subestación eléctrica.

Se sugiere llevar a cabo un estudio actualizado de la coordinación de protecciones en función de la carga actual, para establecer la nueva curva de disparo a los relés de protección.

Se recomienda un estudio actual del sistema puesta a tierra, debido a conformar parte de la infraestructura de telecomunicaciones, la resistencia debe ser inferior a 1 Ohm.

Bibliografía

- Abanto, M. (2010). *Capacidad para soportar cortocircuitos en las subestaciones Lima – 1*. Peru: Universidad Nacional Centro de Peru.
- Aguilar, J., & Pino, J. (2013). *Diseño eléctrico de la subestación El Bosque de 20/24 MVA a 69 KV con 4 circuitos de salida de 13,8 KV en la ciudad de Machala*. Guayaquil: Universidad Politecnica Salesiana.
- Arellano, E. (2015). *Línea de transmisión Milagro Recinto*. Quito: Escuela Politecnica Nacional.
- Arrieta, G. (1978). *Selección técnica-económica del equipo de medición en una subestación*. Quito: Escuela Politecnica Nacional.
- Barrera, M. (2015). *Diseño de un sistema de protección de los generadores en conexión y no aterrizados para detectar fallas a tierra en la central hidroeléctrica “la península” perteneciente a la EEASA en el período agosto 2013– agosto 2014*. Ambato: Universidad Tecnica de Cotopaxi.
- Blume, S. (2016). *Electric Power System Basics for the Nonelectrical Professional (IEEE Press Series on Power and Energy Systems)*. USA: Wiley-IEEE Press; 2nd edición.
- Boada, E., & Endara, F. (2013). *Manual de procedimientos tecnicos y estudio comparativo del montaje electromecanico de una bahia GIS de linea y otra convencional a nivel de tensión de 69kV en la S/E Ibarra*. Quito: Universidad Tecnica del Norte.
- Bustamante, L. (2022). *Análisis de factibilidad técnica y económica para la instalación de transformadores de potencial con alimentación para servicios auxiliares en subestaciones de seccionamiento*. Ambato: Universidad Tecnica de Cotopaxi.
- Cevallos, H., Alarcon, & Palomino, J. (2016). *Diseño de un tablero de control, protección y medición de una subestación eléctrica*. Guayaquil: Escuela Superior Politecnica del Litoral.

- Chalen, C. (2019). *Análisis para el desarrollo de un diseño electromecánico para un patio de seccionamiento en 69KV*. Guayaquil: Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.
- Cobo, A. (2012). *Diseño de la subestación elevadora 20/55 kV para evacuación de la energía generada por el parque eólico Pico Jano*. España: Universidad de Cantabria.
- Cusco, M. (2016). *Estudio de la influencia de la altitud en el nivel aislamiento eléctrico de líneas de 138 kv y 230 kv debido a la reducción de la presión atmosférica*. Quito: Escuela Politecnica Nacional.
- De La Torre, A., & Orquera, G. (2021). *Análisis de fallas en transformadores de potencia de centrales de generación eléctrica*. Guayaquil: Universidad Politecnica Salesiana.
- Fernandez, C., & Pino, C. (2022). *Análisis de protección diferencial para la detección de fallas a tierra en el estator de generadores*. Guayaquil: Universidad Politecnica Salesiana.
- Gonen, T. (2014). *Electric Power Distribution Engineering*. USA: CRC Press; 3er edición .
- Gusqui, J. (2022). *Diseño eléctrico de la subestación de la Central Hidroeléctrica de Generación (ALAO) de la Empresa Eléctrica Riobamba (EERSA)*. Quito: Universidad Politecnica Salesiana.
- Jimenez, R., & Moyano, R. (2007). *Estudio de la coordinación del aislamiento de la Subestación Obrapia - Empresa Eléctrica Regional del Sur S.A. - Loja*. Cuenca: Universidad Politecnica Saleciana.
- Lopez, E. (2021). *Estudio de alternativas para optimizar la repotenciación de la línea de transmisión en 60 kV Chiclayo – Íllimo*. Peru: Universidad Cesar Vallejo.
- Lopez, M., & Ruiz, M. (2018). *Ubicación de fallas en redes de distribución eléctrica basado en sensado comprimido*. Guayaquil: Universidad Politecnica Salesiana.

- Lozano, J., & Melgar, D. (2019). *Confiabilidad en sistemas con transformadores de potencia con devanado de compensación interna o aterramiento ficticio externo mediante transformador Zig-Zag*. Peru: Universidad Continental.
- Moscoso, V., & Silva, N. (2021). *Diseño e Implementación de un Sistema de Protección contra Sobrecorriente en una Red de Distribución Mediante el uso de Relé SEL-751 y SEL-3530 RTAC*. Guayaquil: Universidad Politecnica Salesiana.
- Muñoz, J., Armijos, A., & Suquilanda, C. (2011). *Rediseño de la red distribución eléctrica y alumbrado público para las calles regeneradas de Saraguro*. Loja: Universidad Nacional de Loja.
- Navas, R. (2017). *Estudio de coordinación de protecciones de los alimentadores primarios de la subestación San Agustín y creación de un manual de procedimientos empleando la metodología aplicada en EMELNORTE*. Quito: Escuela Politecnica Nacional.
- Reinosa, J. (2012). *Análisis y estudio de la red eléctrica de media tensión de la Universidad Nacional de Colombia sede Bogotá como medio de transmisión de servicio portador e identificación de aportes de la tecnología PLT a la mitigación del cambio climático*. Colombia: Universidad Nacional de Colombia.
- Rios, G. (1983). *Elección del nivel de aislamiento para el equipo de alto voltaje de la subestación No. 7 de la Empresa eléctrica Regional Centro Sur*. Cuenca: Universidad Politecnica Salesiana.
- Romero, J. (2014). *Diseño de subestaciones eléctricas*. Colombia: Escuela Colombiana de Ingenieria Julio Garavito.
- Rubio, J. (2015). *Estudio del sistema de protección para una subestación de distribución de 5000 KVA*. Quito: Escuela Politecnica Nacional.
- Sarmiento, G. (2022). *Criterios de instalación y mantenimiento de una subestación eléctrica móvil 230/69 KV 45MVA*. Guayaquil: Universidad Catolica de Santiago de Guayaquil.

Serpa, D. (2022). *CONTROL REMOTO DE SUBESTACION ELECTRICA PARA REDUCIR PROBLEMAS POR SOBRECARGA EN TRANSFORMADOR DE POTENCIA DE SUBESTACION DE TRANSMISION OROPESA - CUSCO*. Peru: Universidad Nacional Centro del Peru.

Trashorras, J. (2015). *Subestaciones eléctricas*. España: Ediciones Paraninfo, S.A.

Vilca, M. (2023). *Análisis de la topología de redes en media tensión para minimizar las interrupciones de servicio eléctrico en el alimentador A4256*. Peru: Universidad Nacional Centro de Peru.

Villamizar, C., & Gutierrez, C. (2016). *Diagnostico de la subestación eléctrica a y tableros principales en baja tensión del edificio la cúpula chata. palacio de gobierno de Norte de Santander con base en el reglamento técnico electricista (retie) y normas Cens*. Colombia: Universidad Francisco de Paula Santander.

ANEXOS

Anexo 1. Memoria técnica subestación eléctrica

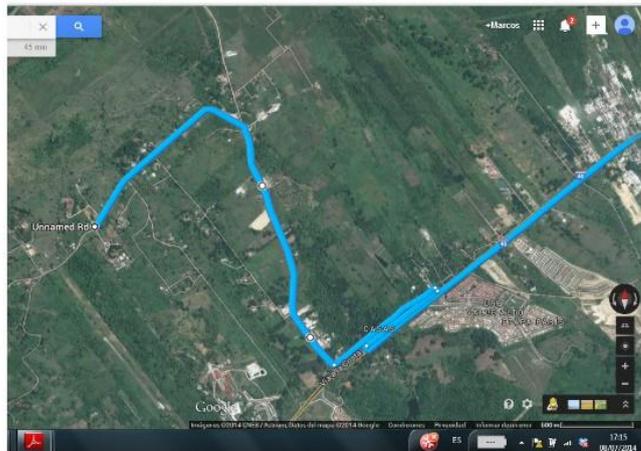
MEMORIA TÉCNICA ELÉCTRICA- SUBESTACION ELÉCTRICA DE 69KV - ESTACION TERRENA GUAYAS					
REV	DESCRIPCIÓN DESCRIPTION	FECHA DATE	POR BY	REVISÓ CHECK	APROB APPR
0	PARA REVISION	01/04/2015	E.M.	C.C.	J.P.
-	PARA REVISION	-----	----	---	----
<p>Copyright</p> <p>Reservados todos los derechos. No se permite reproducir o transmitir ninguna parte de este documento en forma alguna o por medio alguno, ya sea por procedimiento electrónico o mecánico, incluyendo copiado, procesamiento o transferencia de archivos en línea, sin el permiso escrito de Pileggi Construcciones C. Ltda.</p> <div style="display: flex; align-items: center;">  <div> <p>Pileggi Construcciones C. Ltda.</p> </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-between; margin-top: 20px;"> <div style="width: 45%;"> <p>Urdesa, Av. Del Rotarismo #401 y Calle 4ta. Tel: (593-4) 2882044/2882054/2882016 Fax: (593-4) 2380497 Cel: 09 6372381 Guayaquil - Ecuador</p> </div> <div style="width: 45%;"> <p>Shyris N35-52 y Portugal, Ofc.:Nº6 Tel: (593-2) 2457184/2257008/2273839 Fax: (593) 22457184 Quito - Ecuador www.pileggi-construcciones.com</p> </div> </div>					
PROYECTO: PROJECT:			SUBESTACION ELÉCTRICA DE 69KV ESTACION TERRENA GUAYAS		
CÓDIGO PROYECTO: PROJECT CODE: REGEN-CNTEP-BS-1300000622-2013			:CODIGO DOCUMENTO DOCUMENT CODE: CNT-ELE-TR-001		
					

	SUBESTACION ELÉCTRICA Y LÍNEA DE SUBTRANSMISIÓN DE 69KV - ESTACION TERRENA GUAYAS	 Pileggi Construcciones C. Ltda.
Doc. Nº: ANRS-ELE-TR-001	MEMORIA TÉCNICA ELÉCTRICA SUBESTACIÓN ELÉCTRICA	Hoja Nº 7 de 47
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA		

CAPÍTULO I CONSIDERACIONES GENERALES

UBICACIÓN DEL PROYECTO

La subestación construida, está localizada en Subestación Terrena Guayaquil, propiedad de la CNT EP, cercana al km. 23 Vía a la Costa.



DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO

Esta subestación se alimenta a 69 kV desde una estructura Terminal, a través de una línea de sub-transmisión de aproximadamente 3,5 km. de longitud y en su arranque se instala un seccionador tripolar a 69KV, 600A, 61KA, 350KV-BIL. La subestación se ha construido considerando los requerimientos técnicos de la Empresa Eléctrica Pública de Guayaquil. Se deja prevista una estructura tipo H para la implementación futura de protecciones de los TAP's de 69KV. (Se adjunta documento).

La subestación construida es de tipo convencional, conformada básicamente por dos niveles de tensión uno a 69 kV y otro a 13,8kV; se ha seleccionado a nivel de 69 kV un esquema de barra simple, conformada de la siguiente forma:

A la llegada de la línea de 69 kV se insto un pórtico de hierro galvanizado para colocar los pararrayos de 60 kV, así como también los seccionadores, además en la llegada de la

	SUBESTACION ELÉCTRICA Y LINEA DE SUBTRANSMISIÓN DE 69KV - ESTACION TERRENA GUAYAS	
Doc. Nº: ANRS-ELE-TR-001	MEMORIA TÉCNICA ELÉCTRICA SUBESTACIÓN ELÉCTRICA	Hoja Nº 8 de 47
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA		

línea se conecta los tres transformadores de potencial fase—tierra, requeridos para la medición de la energía de acuerdo a lo solicitado por la Eléctrica de Guayaquil.

Continuando con el esquema de la subestación se instaló un seccionador tripolar con puesta a tierra para efectos de mantenimiento, un disyuntor tripolar automático en SF6, los cuales permitirán la energización y desenergización del transformador de potencia con capacidad de 8/10.5 MVA, con las protecciones indicadas en el diagrama unifilar de la subestación. Los bushings del transformador en el lado de 69 kV tienen facilidades para la conexión aérea.

En el lado de 13,8 KV se instaló un switchgear de potencia tipo interior en una sala de control con siete salidas, el cual alimenta a los tableros de distribución ubicado en las cuatro etapas.

CAPÍTULO II ESPECIFICACIONES GENERALES PARA EL EQUIPO DE LA SUBESTACIÓN

A. ESPECIFICACIONES GENERALES DE EQUIPOS Y MATERIALES

2. INFORMACIÓN GENERAL

2.1 INTRODUCCIÓN

Estas especificaciones están descritas para los equipos de corte, protección, medición, control y transformación de la subestación de sub-transmisión con niveles de voltaje de 69Kv - 13,8Kv–208V - 120V.

2.2 CONDICIONES AMBIENTALES

Todo el equipo a instalado operará satisfactoriamente, en las siguientes condiciones ambientales:

ALTITUD	50 msnm
PRECIPITACION MEDIA ANUAL	1 101mm
HUMEDAD RELATIVA	71-80 %
TEMPERATURA MÍNIMA ABSOLUTA	14°C
TEMPERATURA MEDIA	27 °C

	SUBESTACION ELÉCTRICA Y LINEA DE SUBTRANSMISIÓN DE 69KV - ESTACION TERRENA GUAYAS	 Construcciones C. Ltda.
Doc. Nº: ANRS-ELE-TR-001	MEMORIA TÉCNICA ELÉCTRICA SUBESTACIÓN ELÉCTRICA	Hoja Nº 9 de 47
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA		

TEMPERATURA MÁXIMA ABSOLUTA 37 °C
PRESION ATMOSFERICA 14,7psia

2.3 EQUIPOS INSTALACIÓN EXTERIOR

Los equipos que son instalados en el exterior son adecuados para tal fin, es decir cumplen las normas correspondientes.

2.4 LIMPIEZA Y ACABADO DE LAS SUPERFICIES

El acabado de las superficies interiores de la cobertura metálica debe facilitar la limpieza e inspección. Todas las pinturas o cualquier tipo de recubrimiento deben ser de tal naturaleza que no se deterioren al contacto con el gas SF₆, aceite u otros vapores.

2.5 PREVENCIÓN DE CONDENSACIÓN

El interruptor de 69 kV, tablero de control del transformador de potencia, tablero de control y protección de los interruptores y los switchgears de 13,8kV, estan equipados con calentadores de capacidad adecuada para prevenir la condensación que pudieran presentar.

2.6 CABLEADO DE CONTROL Y CONEXIÓN

Todo el cableado de control de los equipos, tableros, switchgears y alimentación auxiliar, son ejecutados con conductor cableado 12 AWG, con aislamiento de PVC 600V; a menos que se indique lo contrario.

Las conexiones se realizaron en borneras terminales con divisiones aisladas, dispuestas en pares para conductores de entrada y salida. Además se suministro los rótulos y nomenclatura necesarios en las borneras y conductores.

2.7 EMBALAJE DE EQUIPOS Y MATERIALES

Cada equipo o accesorio fue adecuadamente embalado para el embarque y transporte hasta el sitio de instalación. Pileggi Construcciones fue enteramente responsable para que el embalaje sea el más adecuado para el transporte pudiendo ser inspeccionado por el fiscalizador, previo al embarque, sin que esto signifique que cualquier pérdida o daño exima la responsabilidad del suministrador.

2.8 MONTAJE ELECTROMECAÁNICO

	SUBESTACION ELÉCTRICA Y LINEA DE SUBTRANSMISIÓN DE 69KV - ESTACION TERRENA GUAYAS	 Pileggi Construcciones C. Ltda.
Doc. Nº: ANRS-ELE-TR-001	MEMORIA TÉCNICA ELÉCTRICA SUBESTACIÓN ELÉCTRICA	Hoja Nº 10 de 47
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA		

Los trabajos de montaje electromecánico de los equipos, fueron efectuados por Pileggi Construcciones con mano de obra especializada.

CAPÍTULO III INFORMACIÓN TÉCNICA

3.1 PROPORCIONADOS POR PILEGGI CONSTRUCCIONES CIA. LTDA.

Con el propósito de cumplir con altos estándares de confiabilidad y eficiencia, se adjuntan los siguientes diagramas e información:

- A) Diagrama unifilar.
- B) Disposición general de la subestación.
- C) Disposición de equipos e interconexión de los mismos.
- D) Especificaciones técnicas de equipos.
- E) Boletines o catálogos de los equipos principales y secundarios.
- F) Configuración del equipo principal, con dimensiones y pesos.
- G) Planos generales de los tableros y cubículos que indique la disposición de los instrumentos de medida, protección y señalización.
- H) Detalle de pruebas tipo, realizados en equipos similares.

B. EQUIPO DE CORTE, PROTECCIÓN Y MEDIDA A 69 KV

CAPÍTULO I DISYUNTOR DE 69 KV.

1.1 DESCRIPCIONES GENERALES

El disyuntor es trifásico, con medio de extinción de gas SF₆, apropiado para instalación a la intemperie y en estructura metálica completa para su soporte, posee todas las facilidades para inspección interior y permite el mantenimiento de los contactos tanto móviles como fijos. traer a la entrada y salida, transformadores de corriente montados en fábrica

El poder de ruptura del interruptor está garantizado para una presión mínima del gas SF₆ para la tensión mínima de mando a la cual dicho sistema de mando funciona correctamente.

El interruptor cuenta con dispositivos de alarma y protección contra pérdidas lentas y súbitas de gas, de modo que el equipo no accione fuera de sus condiciones nominales de diseño.

Los bushings son de porcelana mientras que los terminales son de aluminio.

	SUBESTACION ELÉCTRICA Y LINEA DE SUBTRANSMISIÓN DE 69KV - ESTACION TERRENA GUAYAS	
Doc. Nº: ANRS-ELE-TR-001	MEMORIA TÉCNICA ELÉCTRICA SUBESTACIÓN ELÉCTRICA	Hoja Nº 11 de 47
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA		

1.2. CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS DISYUNTOR

- Voltaje nominal 69 KV
- Voltaje máximo 72,5 KV
- Voltaje de impulso (BIL) 350 KV
- Frecuencia 60 Hz
- Número de polos 3
- Medio de extinción SF6
- Distancia mínima de fuga 2235 mm
- Corriente nominal 1 200 A
- Corriente nominal de cortocircuitos 40 KA, 3seg
- Voltaje nominal para control 120—208 3 hilos AC. 125 VDC
- Corriente oposición en int. de fases: 10KA

REGISTRO FOTOGRAFICO



	SUBSTACION ELÉCTRICA Y LINEA DE SUBTRANSMISIÓN DE 69KV - ESTACION TERRENA GUAYAS	 Pileggi Construcciones C. Ltda.
Doc. Nº: ANRS-ELE-TR-001	MEMORIA TÉCNICA ELÉCTRICA SUBESTACIÓN ELÉCTRICA	Hoja Nº 12 de 47
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA		

1.3. CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS TRANSFORMADORES DE CORRIENTE

Los transformadores de corriente para protección del transformador de fuerza están instalados en el disyuntor de 69 kV. La salida de cada transformador de corriente es apropiada para la operación de los relés de protección e instrumentos de medida.

Todos los terminales secundarios son sacados a los tableros de control. Las conexiones se efectuaron con conectores sin solda, en bloques terminales apropiados que permitan cortocircuitar las salidas de los TC'S

Voltaje máximo	72,5 KV
Voltaje nominal	69 KV
Voltaje de impulso	350 KV
Frecuencia	60 Hz
Corriente mínima instantánea 3 seg.	31,5 KA
Relación de transformación (MR)	600/5
Distancia de fuga	700mm
Distancia de contorno	1810mm

Clase de precisión y capacidad

a) Para protección diferencial	5P20
b) Para protección de sobrecorriente	5P20
c) Para medida	Clase de precisión 0.3B0.9

1.3 MECANISMO DE OPERACIÓN

El disyuntor es suministrado con mecanismo de operación mecánica con resortes cargados por motor.

Los tres polos del interruptor son mecánicamente acoplados para permitir la operación de los tres polos con un solo mecanismo.

1.4 ACCESORIOS

El disyuntor es suministrado con los siguientes accesorios:

- Pernos de anclaje con tuercas y arandelas
- Estructura metálica de soporte
- Contador de operaciones

	SUBESTACION ELÉCTRICA Y LINEA DE SUBTRANSMISIÓN DE 69KV - ESTACION TERRENA GUAYAS	
Doc. Nº: ANRS-ELE-TR-001	MEMORIA TÉCNICA ELÉCTRICA SUBESTACIÓN ELÉCTRICA	Hoja Nº 13 de 47
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA		

- Tablero de control, tipo exterior a prueba de humedad e insectos
- Mecanismos indicadores de posición abierto o cerrado
- Mecanismos indicadores de resorte cargado o descargado
- Switch de contactos auxiliares
- Mecanismo para cargar manualmente los resortes
- Mecanismo para operación local y remoto
- Conectores terminales para conductor ACSR 2/0 AWG — 250 MCM
- Equipos auxiliares como relés, indicadores de presión, alarmas, etc. que garanticen el correcto funcionamiento del disyuntor
- Mecanismo para cierre y apertura lenta, para fines de comprobación y mantenimiento.
- Cilindros de gas SF6 para llenado en sitio.

1.5 REPUESTOS

Con el disyuntor cuenta con los siguientes repuestos básicos:

- 1 cilindro adicional de gas SF6
- 1 polo completo
- 2 bobinas de cierre y disparo
- 2 juegos de empaques
- 1 juego de herramientas especiales para la instalación, operación y mantenimiento
- Otros a sugerencia del fabricante, previa aprobación del fiscalizador.

CAPÍTULO II SECCIONADORES

2.1 DESCRIPCIONES GENERALES

Los seccionadores de 69 kV son apropiados para operar con corrientes de líneas en vacío, e interrumpir la corriente de magnetización de los transformadores de fuerza.

Los seccionadores son adecuados para instalación a la intemperie, de doble apertura lateral, operados mediante mecanismo motorizado en conjunto los tres polos a la vez.

2.2 CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS

Voltaje nominal	69 kV
Voltaje máximo	72,5 kV
Nivel máximo de aislamiento(BIL)	350 kV
Frecuencia	60 Hz
Corriente nominal	1250 A

	SUBESTACION ELÉCTRICA Y LINEA DE SUBTRANSMISIÓN DE 69KV - ESTACION TERRENA GUAYAS	
Doc. N°: ANRS-ELE-TR-001	MEMORIA TÉCNICA ELÉCTRICA SUBESTACIÓN ELÉCTRICA	Hoja N° 14 de 47
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA		

Corriente de interrupción momentánea, 1seg. 31.5kA
Corriente de interrupción pico 80kA
Distancia de fuga 2260 mm

2.3 MECANISMO DE OPERACIÓN

Los seccionadores de 69 kV son operados mediante mecanismo motorizado mediante palancas aisladas que están ubicadas en las columnas de la estructura metálica.

2.4 ACCESORIOS

a) Los seccionadores incluyen cuchillas de puesta a tierra, incluyen lo siguiente:

- Bases
- Aisladores de soporte
- Varillas de operación
- Conectores terminales para conductor ACSR 2/0 AWG — 250 MCM
- Conectores para puesta a tierra
- Seguro mecánico
- Contactos auxiliares para señalización de posición
- Cuchillas de puesta a tierra

2.6 NORMAS

Mientras no se indique explícitamente lo contrario dentro de estas especificaciones, los seccionadores cumplen las normas de la Comisión Electrotécnica Internacional -CEI- (Internacional Electrotechnical Comisión -IEC-) y particularmente las publicaciones No. 129, 60694 y 62271-102 de dichas normas.

REGISTRO FOTOGRAFICO



	SUBESTACION ELÉCTRICA Y LINEA DE SUBTRANSMISIÓN DE 69KV - ESTACION TERRENA GUAYAS	 Construcciones C. Ltda.
Doc. Nº: ANRS-ELE-TR-001	MEMORIA TÉCNICA ELÉCTRICA SUBESTACIÓN ELÉCTRICA	Hoja Nº 16 de 47
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA		

CAPÍTULO IV EQUIPO DE MEDICIÓN

4.1 TRANSFORMADORES DE POTENCIAL (TP'S)

4.1.1 Descripciones Generales

Los transformadores de potencial son para conectarse entre fase y neutro y formado de un devanado secundario, adecuados para instalación exterior sobre estructura metálica.

4.1.2 Características Eléctricas

Voltaje nominal del sistema	69 kV
Voltaje máximo del sistema	72,5 kV
Número de bobinados secundarios	3
Voltaje Primario	69 / $\sqrt{3}$ kV
Voltaje secundario (normas VDE)	115-115 / $\sqrt{3}$ V
Voltaje de impulso (BIL)	350kV
Frecuencia	60 Hz
Clase de precisión	0,2
Distancia de contorno	3625mm

4.1.3 Accesorios

Todos los TP's son suministrados con los siguientes accesorios:

- Conectores terminales para lado primario para conductores de aluminio de 2/0 AWG-250 MCM.
- Conector terminal para puesta a tierra de la carcasa.
- Estructura metálica para soporte.

4.3 TABLERO DE MEDICIÓN

El tablero de medición, se instalo junto al pórtico de llegada, en el sitio indicado en el plano de implantación de equipos. Son metálicos, autosoportados, grado de protección IP56, contruidos en plancha de hierro de 2 mm de espesor, con fondo anticorrosivo y remate en esmalte secado al horno color gris. Las dimensiones del tablero se indican en planos adjunto.

El tablero tiene llegada de los conductores de los TC's y PT's a borneras para

	SUBESTACION ELÉCTRICA Y LINEA DE SUBTRANSMISIÓN DE 69KV - ESTACION TERRENA GUAYAS	 Pileggi Construcciones C. Ltda.
Doc. Nº: ANRS-ELE-TR-001	MEMORIA TÉCNICA ELÉCTRICA SUBESTACIÓN ELÉCTRICA	Hoja Nº 17 de 47
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA		

interconexión con equipo de medición indirecta, las características del mismo se detallan a continuación:

- Medidor trifásico de medición indirecta Forma 9S.
- 32 canales de grabación.
- 2MB de capacidad de memoria.
- Precisión de 0,2 con fuente de alimentación a través de PT's.
- Comunicación RS 232/485.
- Puerto Ethernet con 10 bases.
- Puerto óptico frontal.

CAPÍTULO V PRUEBAS

5.1 GENERALIDADES

Las pruebas se realizaron de acuerdo a las normas IEC, 517, 185, 129, 56 por el fabricante en un laboratorio apropiado.

5.2 PRUEBAS DE RUTINA

Cada componente o el equipo completo de corte y control fueron sometidos a las siguientes pruebas en presencia de los representantes del fiscalizador.

- a) Pruebas de operación mecánica de los interruptores, seccionadores y seccionadores de puesta a tierra.
- b) Comprobación de la calibración de los interruptores, seccionadores y seccionadores de puesta a tierra.
- c) Pruebas de rigidez dieléctrica a frecuencia industrial en interruptores, seccionadores, seccionadores de puesta a tierra, transformadores de potencial, transformadores de corriente, pararrayos
- d) Pruebas de fuga de gas en interruptores.
- e) Pruebas de resistencia de los contactos, en los interruptores, seccionadores, seccionadores de puesta a tierra.
- f) Pruebas de los transformadores de corriente y potencial de acuerdo con las normas IEC.
- g) Revisión del cableado de control en los interruptores, seccionadores, seccionadores de puesta a tierra.
- h) Pruebas de presión de todos los componentes cerrados de gas y aire que trabajen a presión.

C. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL TRANSFORMADOR DE POTENCIA

	SUBESTACION ELÉCTRICA Y LÍNEA DE SUBTRANSMISIÓN DE 69KV - ESTACION TERRENA GUAYAS	 Construcciones C. Ltda.
Doc. Nº: ANRS-ELE-TR-001	MEMORIA TÉCNICA ELÉCTRICA SUBESTACIÓN ELÉCTRICA	Hoja Nº 18 de 47
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA		

CAPÍTULO I REQUERIMIENTOS PRIMARIOS

1.1 GENERALIDADES

Estas especificaciones cubren el diseño, fabricación, pruebas, transporte al sitio e instalación.

El transformador de potencia cumple básicamente lo establecido en estas especificaciones y la última revisión de las normas IEC 76 o ANSI C57.

El transformador es del tipo sumergido en aceite, con tanque de expansión, apropiado para la instalación a la intemperie, capaz de entregar su potencia nominal en cualquiera de los taps colocados en el lado alta tensión, y soporta una sobrecarga del 10 % de acuerdo a las normas utilizadas.

1.2 CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA

1.2.1 Sistema de 69 kV

- Voltaje nominal de operación (fase - fase) 69 kV
- Voltaje máximo de operación (fase - fase) 72,5 kV
- Tipo de puesta a tierra Sólidamente puesto a tierra
- Frecuencia 60 Hz

1.2.2 Sistema de 13.8 KV

- Voltaje nominal de operación (fase – fase) 13,8kV
- Voltaje máximo de operación (fase – fase) 15,1kV
- Tipo de puesta a tierra Sólidamente puesto a tierra
- Frecuencia 60 Hz

1.2.3 Sistema de 208-120 V

- Voltaje nominal de operación (fase—fase) 208V
- Voltaje máximo de operación (fase—fase) 218 V
- Tipo de puesta a tierra Sólidamente puesto a tierra
- Frecuencia 60 Hz

	SUBSTACION ELÉCTRICA Y LINEA DE SUBTRANSMISIÓN DE 69KV - ESTACION TERRENA GUAYAS	
Doc. Nº: ANRS-ELE-TR-001	MEMORIA TÉCNICA ELÉCTRICA SUBESTACIÓN ELÉCTRICA	Hoja Nº 15 de 47
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA		

CAPÍTULO III PARARRAYOS DE 60 kV

3.1 DESCRIPCIONES GENERALES

Los pararrayos son, adecuados para instalación a la intemperie, auto-soportantes, clase estación, para montaje sobre estructura metálica.

Deberán cumplir con las normas IEC Publicación No. 99-4 IEEE C 62-11-1987.

3.2 CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS

- | | |
|---|-----------|
| • Voltaje nominal del sistema L-L | 69 kV |
| • Voltaje máximo del sistema | 72.5 kV |
| • Voltaje del pararrayo | 60 kV |
| • Voltaje de impulso (BIL) | 319kV |
| • Voltaje máximo de descarga, IR(10 KA) | 146kV |
| • Frecuencia | 60 Hz |
| • Distancia mínima de fuga | 2730.5 mm |

3.3 ACCESORIOS

Los pararrayos incluyen los siguientes accesorios:

- Conductores terminales para puesta a tierra con cable de cobre 2/0 AWG
- Contador de operaciones
- Conectores terminales para cable de Aluminio 2/0 AWG — 266,8 MCM.

REGISTRO FOTOGRAFICO





**INFORME TÉCNICO DE LOS HALLAZGOS ENCONTRADOS
EN LA INTERVENCIÓN DE OVERHAUL DE LA
SUBESTACION DE 10MVA-69KV-13.8KV DE DATA
CENTER DE CNT**

CONTRATISTA: CONSORCIO QUITO C & Y

CONTRATO: 4100007768 "Soporte técnico de los sistemas de energía, climatización, auxiliares de los Data Center de Quito y Guayaquil y soporte técnico de la Subestación Eléctrica del Data Center Guayaquil de la CNT EP"

**FECHA DE EJECUCIÓN DE INTERVENCIÓN DE
SUBESTACIÓN DEL OVERHAUL: 26 DE FEBRERO DEL 2024**

INFORME TÉCNICO DE LOS HALLAZGOS ENCONTRADOS EN LA INTERVENCIÓN DE OVERHAUL DE LA SUBESTACION DE 10MVA-69KV-13.8KV DE DATA CENTER DE CNT

N.º Contrato: 4100007768 "Soporte técnico de los sistemas de energía, climatización, auxiliares de los Data Center de Quito y Guayaquil y soporte técnico de la Subestación Eléctrica del Data Center Guayaquil de la CNT EP"

Contratista: Consorcio Quito C-Y

Fecha de Intervención: 26 de febrero del 2024

Ubicación: Km. 22, Vía a La Costa Urbanización Tiffany

Informe general de intervención de Overhaul

1. Antecedentes

Como parte de los rubros del proceso Soporte técnico de los sistemas de energía, climatización, auxiliares de los Data Center de Quito y Guayaquil y soporte técnico de la Subestación Eléctrica del Data Center Guayaquil de la CNT EP", en la primera Intervención overhaul de la subestación, encontramos las siguientes novedades.

2. Intervención a Equipos y elementos de la Subestación Eléctrica

2.1. Intervención al seccionador tripolar 69KV de apertura vertical

En los planos entregados por parte de CNT se indica que existe un seccionador motorizado de apertura vertical con puesta a tierra, la realidad es que el seccionador que se encuentra instalado en el pórtico del lado de 69KV es un seccionador de accionamiento manual que además por la falta de mantenimiento tiene los contactos sulfatados, el mecanismo de apertura y cierre se encuentra en malas condiciones y sin estar con conexión de puesta a tierra.

Hallazgos encontrados durante la intervención



Figura 1. Seccionador tripolar con apertura vertical sin puesta a tierra

Nota: Seccionador con problemas de maniobra de apertura en cuchilla central



Figura 2. Seccionador tripolar con apertura vertical sin puesta a tierra

Nota: Verificación del sistema mecánico del seccionador

Hallazgos encontrados durante la intervención



Figura 4. Intervención en celda de medición
Nota: Fusibles tipo Botella 40A sobredimensionados



Figura 5. Celda de medición con presencia de suciedad
Nota: Transformadores de potencia con suciedad

2.4. Intervención Tablero de control y protección de transformador 10MVA

Dentro de la intervención del tablero principal de control y protección del transformador de 10MVA de fabricante TABLICON S.A., se encontró un relé GENERAL ELECTRIC modelo MULTILIN 345 TRANSFORMER PROTECTION SYSTEM, el relé se encuentra operativo sin embargo se lo encontró con la protección diferencial deshabilitada, debido a que el relé no sensa las corrientes en los bushing de 69KV, las corrientes enviadas al relé son en micro Amperios

y estas no se visualizan en el relé. Al tener en las entradas de alta 0A y en las corrientes de las bobinas de media 80 A esto podría generar que la protección se dispare al detectar ausencia de corriente en las entradas del relé. Por tal motivo, para habilitar esta protección es necesario realizar los cambios sugeridos con el juego de Cts a nivel de 69KV y 13.8KV.

En la segunda intervención se va a dejar operativo la protección 87 de la protección del transformador a nivel de 69KV y 13.8KV para esto, hay que instalar transformadores de corriente a nivel de 69KV con relación de 25: 5 y 60: 5 y a nivel de 13.8KV transformadores de corriente de relación 200:5. Valores de los transformadores de corriente que fueron solicitados por la baja demanda que actualmente tiene la subestación.

Hallazgos encontrados durante la intervención



*Figura 6. Relé General Electric Multilin 345
Nota: Relé y borneras pasantes y cortocircuitables y gabinete con presencia de suciedad*

2.2. Intervención Celda Principal 13.8KV

La celda protección principal de media tensión marca General Electric con numero serie: SERI-V-24/630D, al momento del replanteo se encontró que su relé de protección GENERAL ELECTRIC modelo MULTILIN 350 esta fuera de servicio.



Figura 3. Relé General Electric Multilin 350

Nota: Relé fuera de servicio

2.3. Intervención celda de medición 13.8KV

Dentro de la intervención de la celda de medición con número de serie: SERI-PT-24/630ID que envía la señal al medidor de la Empresa Eléctrica (CNEL), se realizó la medición de los transformadores de potencial, ajuste y revisión de 3 portafusibles, los fusibles cilíndricos de 40A existentes se encuentran sobredimensionados, se recomienda que el cambio de los fusibles por unos de 0.5 A - 24KV para la protección de la medición de la Empresa Eléctrica (CNEL), quien indica que la carga esta trabajando al 10% de la capacidad total de la Subestación Eléctrica.



DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **Lapo Balladares Matthew Rolando** con C.C: # 0704492792 autor/a del trabajo de titulación: **Rediseño de una subestación eléctrica – estación terrena CNT – Guayaquil 8/10 MVA**, previo a la obtención del título de **Ingeniero eléctrico** 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 titulación 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 titulación, con el propósito de generar un repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Guayaquil, **04 de septiembre de 2024**

f. _____

Nombre: **LAPO BALLADARES MATTHEW ROLANDO**

C.C: **0704492792**



<i>REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA</i>			
FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN			
TEMA Y SUBTEMA:	Rediseño de una subestación eléctrica – estación terrena CNT – Guayaquil 8/10 MVA		
AUTOR(ES)	Lapo Balladares, Matthew Rolando		
REVISOR(ES)/TUTOR(ES)	Bohorquez Escobar Celso Bayardo		
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:	5 de septiembre del 2024	No. DE PÁGINAS:	70
ÁREAS TEMÁTICAS:	Redes inteligentes, Eficiencia energética, Instalaciones eléctricas		
PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:	Repotenciación, Subestación eléctrica, Mantenimiento, Distribución, Protecciones eléctricas, medición eléctrica.		
RESUMEN/ABSTRACT (150-250 palabras):			
<p>La subestación eléctrica Guayaquil ubicada en el km 23 via la costa distribuye energía a la Estación Terrena CNT EP., la subestación de 8/10MVA 69 kV/13.8 kV línea – línea, ha presentado inconsistencias en la facturación eléctrica, mostrando valores muy elevados en función a un consumo estimado, Donde en un diagnóstico de las instalaciones se detectaron inconsistencias entre los equipos mostrados en el diagrama unifilar y los que realmente estaban instalados en la subestación, revelando que la subestación estaba sobredimensionada en un 90% respecto a la carga actual del sistema por tal motivo fue necesario realizar un rediseño donde se determinó que es necesario implementar un juego de transformadores de corriente con relación 200/100/50:5 y un transformador de corriente tipo interior con relación 500/300/30:5 para habilitar la protección diferencial y asegurar una medición precisa de la corriente, presentando un presupuesto estimado para el proyecto es de 55,410.00 dólares.</p>			
ADJUNTO PDF:	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	
CONTACTO CON AUTOR/ES:	Teléfono: +593-4-	E-mail: mathew.lapo@cu.ucsg.edu.ec	
CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN (COORDINADOR DEL PROCESO UTE):	Nombre: Ubilla González Ricardo Xavier		
	Teléfono: 0999528515		
	E-mail: mailto:ricardo.ubilla@cu.ucsg.edu.ec		
SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA			
Nº. DE REGISTRO (en base a datos):			
Nº. DE CLASIFICACIÓN:			
DIRECCIÓN URL (tesis en la web):			