



UNIVERSIDAD JOSÉ CARLOS MARIÁTEGUI

VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN

FACULTAD DE CIENCIAS

ESCUELA PROFESIONAL INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

MANTENIMIENTO DE SUBESTACIONES ELÉCTRICAS DE

DISTRIBUCIÓN DE 10 KV

PRESENTADO POR

BACHILLER EBERTH FRAY HUAYNAPATA CAMAÑA

ASESOR

DR. NILTON JUAN ZEBALLOS HURTADO

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO

MECÁNICO ELÉCTRICO

MOQUEGUA – PERÚ

2025



CERTIFICADO DE ORIGINALIDAD

La que suscribe, en calidad de Jefe de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ciencias, certifica que el/la: Trabajo de Investigación (___) / Tesis (___) / Trabajo de Suficiencia Profesional (X) / Trabajo Académico (___), titulado: **MANTENIMIENTO DE SUBESTACIONES ELÉCTRICAS DE DISTRIBUCIÓN DE 10 KV**, presentado por el bachiller: **HUAYNAPATA CAMAÑA, Eberth Fray**, para obtener el: Grado Académico (___) / Título Profesional (X) / Título de Segunda Especialidad (___) de: **INGENIERO MECÁNICO ELÉCTRICO**, asesorado por el Dr. Nilton Juan Zeballos Hurtado, designado con Resolución de Decanatura N° 291-2024-DFAIA-UJCM, fue sometido a revisión de similitud textual con el software TURNITIN obteniendo un porcentaje del **31%**, el cual se encuentra dentro de los parámetros **PERMITIDOS** por la Universidad José Carlos Mariátegui, de conformidad a la normativa interna, considerándolo apto para su publicación en el Repositorio Institucional.

Se expide la presente para los fines pertinentes.

Moquegua, 31 de Julio de 2025



UNIVERSIDAD JOSÉ CARLOS MARIÁTEGUI
FACULTAD DE CIENCIAS


Dra. DORA AMALIA MAYTA HUIZA
JEFE DE LA UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

ÍNDICE

	Pág.
PÁGINA DE JURADO.....	I
DEDICATORIA.....	II
AGRADECIMIENTO.....	III
ÍNDICE.....	IV
ÍNDICE DE TABLAS.....	X
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XI
RESUMEN.....	XII
ABSTRACT.....	XIII
INTRODUCCIÓN.....	XIV

CAPÍTULO I ASPECTOS GENERALES DEL TEMA

1.1 ANTECEDENTES.....	1
1.2 DESCRIPCIÓN Y ORGANIZACIÓN DE LA EMPRESA.....	2
1.2.1 NOMBRE DE LA EMPRESA.....	2
1.2.2 UBICACIÓN DE LA EMPRESA.....	2
1.2.3 DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA.....	2
1.3 CONTEXTO SOCIO ECONÓMICO.....	3
1.3.1 DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE TRABAJO EN LA INSTITUCIÓN.....	4
1.3.2 RECURSOS.....	5
1.4 DESCRIPCIÓN DE LA EXPERIENCIA.....	5
1.5 EXPLICACIÓN DEL CARGO.....	6
1.6 PROPÓSITO DEL PUESTO.....	7

1.7	PRODUCTO O PROCESO QUE SERÁ OBJETO DEL INFORME.....	8
1.8	RESULTADOS CONCRETOS QUE SE HA ALCANZADO.....	9

CAPÍTULO II FUNDAMENTACIÓN

2.1	SUBESTACIONES ELÉCTRICAS DE DISTRIBUCIÓN DE 10 kV.....	11
2.1.1	VENTAJAS.....	12
2.1.2	DESVENTAJAS	12
2.1.3	USOS.....	12
2.2	TIPOS DE SUBESTACIONES ELÉCTRICAS	13
2.2.1	SUBESTACIONES ELEVADORAS.....	13
2.2.2	SUBESTACIONES REDUCTORAS.....	14
2.2.3	SUBESTACIONES DE DISTRIBUCIÓN.....	14
2.2.4	SUBESTACIONES MÓVILES.....	14
2.2.5	SUBESTACIONES COMPACTAS.....	14
2.3	PARTES O COMPONENTES DE UNA SUBESTACIÓN ELÉCTRICA DE DISTRIBUCIÓN DE 10 kV.....	15
2.3.1	ACOMETIDA	15
2.3.2	TRANSFORMADORES DE POTENCIA.....	15
2.3.3	CELDA DE MEDIA TENSIÓN	16
2.3.4	BARRAJES	17
2.3.5	SECCIONADORES	17
2.3.6	INTERRUPTORES.....	17
2.3.7	PUESTA A TIERRA.....	17
2.3.8	SISTEMAS DE CONTROL Y PROTECCIÓN	18

2.3.9 EQUIPOS AUXILIARES	18
2.3.10 EDIFICIOS Y ESTRUCTURAS.....	18
2.3.11 CONSIDERACIONES ADICIONALES	19
2.4 MANTENIMIENTO DE SUBESTACIONES ELÉCTRICAS DE DISTRIBUCIÓN	19
2.4.1 TIPOS DE MANTENIMIENTO.....	19
2.4.1.1 Mantenimiento preventivo.....	19
2.4.1.2 Mantenimiento predictivo.....	20
2.4.1.3 Mantenimiento correctivo.....	20
2.4.2 PLAN DE MANTENIMIENTO	21
2.5 NORMATIVA SOBRE SUBESTACIONES ELÉCTRICAS	21
2.5.1 NORMATIVA PRINCIPAL.....	21
2.5.2 OTRAS NORMATIVAS RELEVANTES	22
2.5.3 ORGANISMOS RESPONSABLES.....	22

CAPÍTULO III APORTES Y DESARROLLO DE EXPERIENCIAS

3.1 APORTES UTILIZANDO LOS CONOCIMIENTOS O BASES TEÓRICAS ADQUIRIDAS DURANTE LA CARRERA	23
3.1.1 INTRODUCCIÓN	23
3.1.2 APORTES TÉCNICOS.....	23
3.1.2.1 Inspección y diagnóstico.....	24
3.1.2.2 Reparación y mantenimiento.	24
3.1.2.3 Modernización y actualización.	24
3.1.2.4 Gestión del mantenimiento.	25
3.1.2.5 Beneficios de los aportes técnicos	25

3.1.3	APORTES DE GESTIÓN.....	25
3.2	DESARROLLO DE EXPERIENCIAS	27
3.2.1	COMPONENTES PRINCIPALES DE LA SUBESTACIÓN ELÉCTRICA DE 10 KV.....	29
3.2.1.1	Barras.....	29
3.2.1.2	Transformador de potencia.....	29
3.2.1.3	Celda de seccionamiento.	29
3.2.1.4	Interruptor automático.	29
3.2.1.5	Reconectador.	30
3.2.1.6	Relay de protección.	30
3.2.1.7	Sistema de medición.....	30
3.2.1.8	Sistema de comunicaciones.	30
3.2.1.9	Sistema de protección contra incendios	30
3.2.2	PREPARATIVOS PARA INICIAR EL MANTENIMIENTO DE LA SUBESTACIÓN ELÉCTRICA DE 10 KV.	31
3.2.2.1	Planificación.	31
3.2.2.2	Preparación.....	31
3.2.3	PROCEDIMIENTO DEL MANTENIMIENTO DE LA SUBESTACIÓN ELÉCTRICA DE 10 KV.....	32
3.2.3.1	Desconexión.	32
3.2.3.2	Desmontaje	33
3.2.3.3	Trabajos a realizar.	33
3.2.4	CONDICIONES AMBIENTALES.....	34
3.2.5	CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL SERVICIO ELÉCTRICO.....	35

3.2.5.1 Red primaria.....	35
3.2.5.2 Subestación de distribución convencional en caseta.....	35
3.2.5.3 Equipos para sistema de medición de energía eléctrica.....	36
3.2.6 MANTENIMIENTO DE LA SUBESTACIÓN ELÉCTRICA	36
3.2.6.1 Limpieza.....	36
3.2.6.2 Ajustes y verificaciones.....	37
3.2.6.3 Revisión de fugas y medición de aceite.....	37
3.2.7 RESPONSABILIDADES GENERALES	38
3.2.7.1 Ingeniero residente.....	38
3.2.7.2 Jefe de control de calidad.....	39
3.2.7.3 Supervisor de calidad electricista	39
3.2.7.4 Supervisor de campo.....	40
3.2.7.5 Trabajadores.....	40
3.2.8 EQUIPOS DE PROTECCIÓN PERSONAL BÁSICO.....	41
3.2.9 EQUIPOS DE PROTECCIÓN PERSONAL ESPECÍFICO.....	41
3.2.10 EQUIPOS Y HERRAMIENTAS	42
3.2.11 PRUEBAS AL TRANSFORMADOR DE POTENCIA	42
3.2.11.1 Pruebas de aceptación.....	42
3.2.11.2 Pruebas de mantenimiento.....	43
3.2.12 CONDICIONES AMBIENTALES.....	44
3.2.13 MEDICIÓN Y MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE PUESTAS A TIERRA	45
3.2.14 DOCUMENTACIÓN APLICABLE	47
3.2.15 MATERIALES Y EQUIPOS UTILIZADOS	48

3.2.15.1 Materiales.	48
3.2.16 EQUIPOS Y HERRAMIENTAS	49
3.2.17 PRESENTACIÓN DE LOS RESULTADOS.....	49
3.2.17.1 Maximizar la confiabilidad y disponibilidad.....	49
3.2.17.2 Optimizar la eficiencia.	50
3.2.17.3 Prolongar la vida útil de los equipos.	50
3.2.17.4 Asegurar la seguridad del personal y las instalaciones.....	51
3.2.17.5 Mejorar la calidad del suministro eléctrico.	51
3.2.18 PREVENCIÓN DE ACCIDENTE Y EQUIPOS DE PROTECCIÓN PERSONAL.....	52
3.2.18.1 Requerimientos de seguridad de servicio.	52
3.2.18.2 Equipos de protección personal.....	53
3.2.18.3 Prevención de accidentes.....	54
CONCLUSIONES	56
RECOMENDACIONES	57
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	58

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1 <i>Resultados de la medición pozo a tierra 01</i>	46
Tabla 2 <i>Resultados de la medición pozo a tierra 02</i>	46
Tabla 3 <i>Equipos y herramientas de mantenimiento de subestación</i>	49

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1 <i>Organigrama de la empresa</i>	3
Figura 2 <i>Subestación eléctrica de distribución</i>	11
Figura 3 <i>Subestación eléctrica elevadora</i>	13
Figura 4 <i>Transformadores de potencia de una subestación eléctrica</i>	15
Figura 5 <i>Celdas de media tensión</i>	16
Figura 6 <i>Subestación eléctrica</i>	31
Figura 7 <i>Desmontaje de interruptores</i>	34
Figura 8 <i>Limpieza de aisladores</i>	36
Figura 9 <i>Mantenimiento de transformador</i>	38
Figura 10 <i>Mediciones de pozos a tierra</i>	47

RESUMEN

El trabajo de mantenimiento de la subestación eléctrica de 10 kV es una actividad esencial para garantizar el correcto funcionamiento de la instalación y evitar posibles fallos o averías. El objetivo principal de este tipo de mantenimiento es detectar y corregir cualquier anomalía que pueda afectar al funcionamiento de la subestación. Para ello, se realizan una serie de tareas efectuadas a través del personal altamente capacitado de la Empresa TECELEC S.R.L. que incluyen:

Inspección visual: Se realiza una revisión detallada de toda la instalación, prestando especial atención a los equipos y componentes más críticos.

Mediciones y pruebas: Se realizan mediciones y pruebas para evaluar el estado de los equipos y componentes de la subestación.

Reparación y sustitución de equipos: Si se detectan anomalías, se procede a la reparación o sustitución de los equipos afectados.

El mantenimiento de una subestación eléctrica debe realizarse de forma periódica, según las indicaciones del fabricante. En general, se recomienda realizar revisiones trimestrales o semestrales, y trabajos de mantenimiento más profundos anualmente.

Palabras clave: Mantenimiento, Subestación Eléctrica, Inspección, Medición.

ABSTRACT

The maintenance work of the 10 kV electrical substation is an essential activity to guarantee the correct operation of the installation and avoid possible failures or breakdowns. The main objective of this type of maintenance is to detect and correct any anomaly that may affect the operation of the substation. To do this, a series of tasks are carried out through the highly trained personnel of the Company TECELEC S.R.L. including:

Visual inspection: A detailed review of the entire installation is carried out, paying special attention to the most critical equipment and components.

Measurements and tests: Measurements and tests are carried out to evaluate the condition of the substation equipment and components.

Repair and replacement of equipment: If anomalies are detected, the affected equipment is repaired or replaced.

Maintenance of an electrical substation must be carried out periodically, according to the manufacturer's instructions. In general, it is recommended to carry out quarterly or semi-annual reviews, and more in-depth maintenance work annually.

Keywords: Maintenance, Electrical Substation, Inspection, Measurement.

INTRODUCCIÓN

En este informe, presento mi experiencia en el mantenimiento y reparación de subestaciones eléctricas de 10 kV. He trabajado con el personal de la empresa TECELEC S.R.L., que tiene una amplia experiencia en el sector eléctrico. Hemos realizado trabajos en una variedad de instalaciones, incluidas industrias, comercios, instituciones educativas y entidades públicas y privadas. También incluimos en el informe los procedimientos y protocolos que utilizamos para las pruebas de funcionamiento y operación.

El desarrollo del presente informe consta de tres capítulos, en los cuales encontramos datos de la empresa donde se efectuaron los trabajos, así como de las actividades realizadas según los requerimientos del usuario. En el primer capítulo se describen aspectos concernientes al tema, razón social de la empresa, su ubicación, su descripción, la organización, además de lugares y momentos donde se realizaron los trabajos. En el segundo capítulo se habla de los fundamentos teóricos, de los aspectos de la memoria del proyecto, de los alcances, así como de la descripción total del proyecto. En el tercer y último capítulo describimos la secuencia de las actividades ejecutadas en forma detallada. Para finalizar el informe, presentamos las conclusiones, recomendaciones, anexos y panel con fotos de los trabajos efectuados.

CAPÍTULO I

ASPECTOS GENERALES DEL TEMA

1.1 Antecedentes

El compromiso de efectuar un buen mantenimiento de una subestación eléctrica debe basarse en los principios de la seguridad, eficiencia y calidad; todos estos aspectos los hemos cumplido en nuestras labores a través de la Empresa TECELEC S.A.C.

El mantenimiento de una subestación eléctrica de 10 KV, es una actividad que conlleva riesgos, por lo que es fundamental garantizar la seguridad de los trabajadores que lo realizan. Para ello, se deben cumplir las normas de seguridad aplicables, y se deben utilizar los equipos de protección personal adecuados.

El mantenimiento debe realizarse de forma eficiente, para evitar costos innecesarios, para ello, es importante planificar las actividades de mantenimiento de forma adecuada, y utilizar las herramientas y técnicas adecuadas.

Este mantenimiento fue planificado y realizado con la máxima calidad, para garantizar el funcionamiento adecuado de los equipos y componentes de la subestación. Para ello, es importante utilizar personal cualificado y contar con los equipos y herramientas necesarios.

1.2 Descripción y organización de la empresa

1.2.1 Nombre de la empresa.

“TECELEC S.R.L” Técnicos Electromecánicos y Contratistas Generales

1.2.2 Ubicación de la empresa.

Urbanización Luis E. Valcárcel Mz. 64, Lote 15 Ilo – Moquegua

1.2.3 Descripción de la empresa.

“TECELEC S.R.L” Técnicos Electromecánicos y Contratistas Generales, es una empresa que se dedica a brindar servicios electricos de instalacion y mantenimiento. Siendo su principal objetivo entregar productos de reconocida calidad al cliente, en el tiempo estipulado y optimizando costos, con materiales de fabricantes de buena reputacion. Algunas características de que goza la empresa incluyen son las siguientes:

Calidad de los productos o servicios: La empresa ofrece productos o servicios de alta calidad que cumplen con las expectativas de sus clientes.

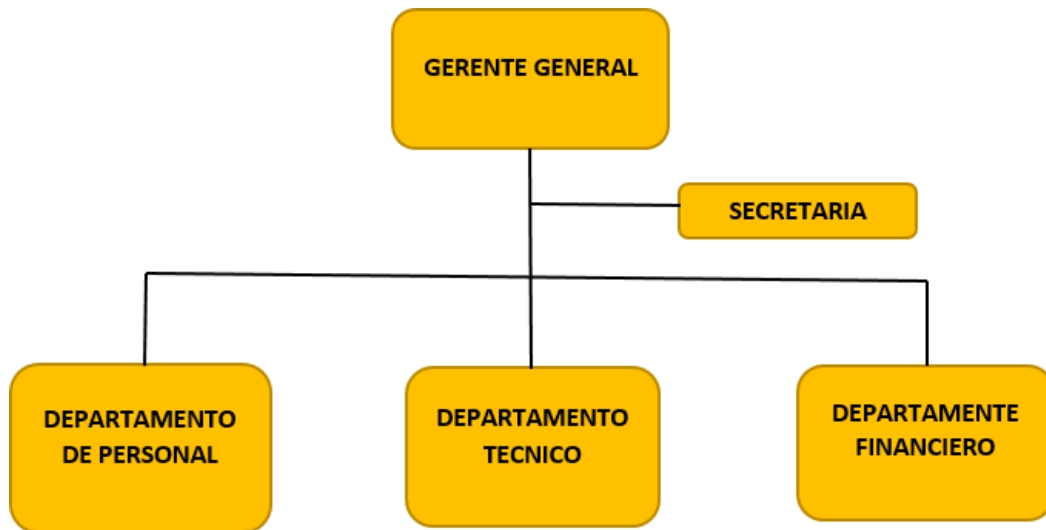
Responsabilidad social corporativa: La empresa se preocupa por el impacto de sus actividades en la sociedad y el medio ambiente.

Integridad y ética: Actúando de manera honesta y transparente, y cumple con sus compromisos.

Gestión eficaz: Tiene una cultura empresarial sólida.

Figura 1

Organigrama de la empresa



1.3 Contexto socio económico

El contexto socioeconómico de la empresa TECELEC S.A.C. es el conjunto de factores económicos, sociales y culturales que influyen en su funcionamiento. Estos factores pueden ser tanto internos como externos a la empresa, y pueden tener un impacto significativo en su rendimiento.

Los factores internos del contexto socioeconómico de la empresa incluyen:

- La situación financiera de la empresa: El nivel de ingresos y gastos de la empresa, así como su capacidad de financiación, está acorde a su capacidad para ofrecer sus servicios.
- La estructura organizativa de la empresa: La forma en que está organizada la empresa influye en su eficiencia y productividad.
- La cultura empresarial de la empresa: Los valores y creencias compartidos por los empleados repercute en su motivación y compromiso.

Los factores externos del contexto socioeconómico de la empresa incluyen:

- La situación económica general: El crecimiento económico, la inflación y las tasas de interés afectan a la demanda de los servicios de la empresa.
- La legislación y la regulación: Las leyes y regulaciones vigentes afectan a la forma en que opera la empresa.
- Las tendencias sociales y culturales: Los cambios en los hábitos de consumo, los valores sociales y las actitudes culturales afectan a la demanda de los servicios de la empresa.

1.3.1 Descripción del área de trabajo en la institución.

Para la ejecución del mantenimiento de la subestación eléctrica de 10 KV ubicada en Pampa Cata Catas Provincia de Ilo, los trabajos de la experiencia profesional se realizaron dentro y fuera de las instalaciones de “TECELEC S.R.L” Empresa de Técnicos Electromecánicos y Contratistas Generales.

El mantenimiento de la mencionada subestación de distribución eléctrica que transforma energía eléctrica de 10 KV a 380 V, para alimentar a las empresas pesqueras de ese sector, se efectuaron según normatividad de electricidad permitida, respetando los procedimientos y protocolos establecidos para tal fin, así como la ley y el reglamento de seguridad y salud en el trabajo.

Para conseguir el éxito de las operaciones de mantenimiento en la subestación, se tuvo que recurrir a la planificación y programación de tareas y actividades se lleven a conseguir la meta y los resultados esperados.

1.3.2 Recursos.

La empresa está preparada para atender a sus clientes con los recursos necesarios, tanto en términos económicos como humanos y tecnológicos.

La empresa cuenta con los medios necesarios para cumplir sus compromisos con sus clientes, gracias a su personal cualificado, sus recursos financieros y sus equipos de última generación.

La empresa está en condiciones de ofrecer un servicio de calidad a sus clientes, gracias a su sólida base económica, su personal altamente cualificado y sus modernas instalaciones.

Las herramientas y equipos de última generación son necesarios para realizar trabajos de mantenimiento correctivo, preventivo y predictivo.

En resumen, la empresa cuenta con los recursos humanos, económicos y tecnológicos necesarios para cumplir con sus objetivos.

1.4 Descripción de la experiencia

El mantenimiento de una subestación eléctrica es una tarea compleja y desafiante que requiere una amplia gama de habilidades y conocimientos. Los técnicos de mantenimiento de subestaciones eléctricas deben ser capaces de trabajar en entornos peligrosos y hostiles, y deben estar familiarizados con una amplia gama de equipos y procedimientos.

La experiencia obtenida en el mantenimiento de la subestación eléctrica de 10 KV, son variadas y gratificantes. Junto a los técnicos de mantenimiento de la subestación eléctrica hemos podido adquirir una amplia gama de habilidades y conocimientos, incluyendo:

Habilidades técnicas: Las cuales las hemos demostrado al momento del mantenimiento de la subestación eléctrica, con una sólida formación en electricidad, mecánica, automatización y otras disciplinas técnicas.

Habilidades de resolución de problemas: Para el mantenimiento de la subestación eléctrica hemos sido capaces de identificar y solucionar problemas presentados.

Habilidades de trabajo en equipo: El mantenimiento de la subestación eléctrica es un trabajo de equipo, y los técnicos de mantenimiento hemos podido ser capaces de trabajar de forma segura y eficaz con otros.

Habilidades de comunicación: Para efectuar el mantenimiento de la subestación eléctricas debemos ser capaces de comunicar de forma eficaz con una variedad de personas, incluyendo ingenieros, supervisores y clientes.

Además de las habilidades técnicas y de resolución de problemas, los técnicos de mantenimiento de subestaciones eléctricas también deben tener una actitud segura y responsable. El trabajo en una subestación eléctrica puede ser peligroso, y los técnicos deben estar dispuestos a tomar precauciones para protegerse a sí mismos y a los demás.

1.5 Explicación del cargo

El desempeño de funciones de Asistente Técnico en Mantenimiento Electromecánico en la Empresa TECELEC S.A.C. la hice tanto en gabinete como en el campo de operaciones. En gabinete u oficina fui parte de la planificación y programación de las actividades del mantenimiento de la subestación eléctrica, así

como la preparación de materiales, herramientas y equipo que deberían trasladar al sitio de operaciones.

En el campo de operaciones efectuamos las coordinaciones directas tanto con la empresa Electrosur como con los responsables de los usuarios o clientes a fin de finiquitar acuerdos sobre el servicio que se les brinda, así como para para priorizar las intervenciones requeridas.

Es importante recalcar que la experiencia es muy importante para la formación del profesional de la ingeniería mecánica eléctrica.

1.6 Propósito del puesto

El mantenimiento de una subestación eléctrica es una tarea compleja y desafiante que requiere una amplia gama de habilidades y conocimientos. Los técnicos de mantenimiento de subestaciones eléctricas deben ser capaces de trabajar en entornos peligrosos y hostiles, y deben estar familiarizados con una amplia gama de equipos y procedimientos. Las experiencias que se pueden obtener del mantenimiento de una subestación eléctrica son variadas y gratificantes. Los técnicos de mantenimiento de subestaciones eléctricas pueden adquirir una amplia gama de habilidades y conocimientos, incluyendo: Habilidades técnicas, que deben tener una sólida formación en electricidad, mecánica, automatización y otras disciplinas técnicas. Habilidades de resolución de problemas, siendo capaces de identificar y solucionar problemas en equipos complejos. Habilidades de trabajo en equipo, capaces de trabajar de forma segura y eficaz con otros. Habilidades de comunicación, deben ser capaces de comunicar de forma eficaz con una variedad de personas, incluyendo ingenieros, supervisores y clientes.

Algunas de las experiencias específicas que se pueden obtener del mantenimiento de una subestación eléctrica incluyen:

- Aprender a trabajar en entornos peligrosos: Las subestaciones eléctricas son entornos peligrosos, y los técnicos de mantenimiento deben estar capacitados para trabajar de forma segura en estas condiciones. Esto incluye aprender a identificar y controlar los riesgos eléctricos, así como a trabajar en alturas y en espacios confinados.

1.7 Producto o proceso que será objeto del informe

El producto, objeto del presente Informe de Suficiencia Profesional se basa en el mantenimiento de la subestación eléctrica de 10 kV de Cata Catas de la Provincia de Ilo, en el cual se describe el estado de la subestación y los trabajos de mantenimiento realizados. El informe debe ser claro, conciso y completo, y debe incluir la siguiente información:

Identificación de la subestación: El informe debe identificar la subestación por su nombre, ubicación y datos técnicos. Personal responsable: El informe debe indicar el personal responsable de realizar el mantenimiento. Objetivos del mantenimiento: El informe debe indicar los objetivos del mantenimiento realizado. Procedimientos de mantenimiento: El informe debe describir los procedimientos de mantenimiento realizados. Resultados del mantenimiento: El informe debe indicar los resultados del mantenimiento realizado. Recomendaciones: El informe debe incluir recomendaciones para el mantenimiento futuro de la subestación.

Además de la información mencionada anteriormente, el informe de mantenimiento de una subestación eléctrica de 10 kV también puede incluir la siguiente información:

Fotografías: Las fotografías pueden ser útiles para ilustrar el estado de la subestación y los trabajos de mantenimiento realizados.

Diagramas: Los diagramas pueden ser útiles para explicar los procedimientos de mantenimiento realizados.

1.8 Resultados concretos que se ha alcanzado

Los resultados alcanzados del mantenimiento de la subestación eléctrica de 10 KV se pueden estimar de acuerdo a los siguientes criterios:

- **Disponibilidad** de la subestación eléctrica, que es la probabilidad de que esté disponible para el servicio cuando se necesita. La cual se ha mejorado mediante el mantenimiento preventivo, que ayuda a detectar y corregir problemas antes de que causen una interrupción del servicio.
- **Fiabilidad** de la subestación eléctrica es la probabilidad de que funcione de manera correcta durante un período de tiempo determinado. La fiabilidad también se ha mejorado mediante el mantenimiento preventivo y correctivo, que ayuda a mantener los equipos en buen estado de funcionamiento.
- **Eficiencia** de la subestación eléctrica es la relación entre la energía que se entrega a los clientes y la energía que se consume en la subestación. Esta eficiencia también se ha mejorado mediante el mantenimiento preventivo y correctivo, que ayuda a reducir las pérdidas de energía.
- **Costo** de la subestación eléctrica es el gasto que se incurre en la realización de los trabajos de mantenimiento. El costo se ha reducido mediante la planificación eficaz de los trabajos de mantenimiento y la utilización de técnicas de mantenimiento eficientes.

Los resultados alcanzados del mantenimiento de la subestación eléctrica se pueden estimar mediante la recopilación de datos sobre los siguientes indicadores:

- Número de horas de servicio sin interrupción: Este indicador mide la disponibilidad de la subestación eléctrica.
- Número de averías: Este indicador mide la fiabilidad de la subestación eléctrica.
- Pérdidas de energía: Este indicador mide la eficiencia de la subestación eléctrica.
- Coste del mantenimiento: Este indicador mide el coste del mantenimiento de la subestación eléctrica.

La estimación de los resultados alcanzados del mantenimiento de la subestación eléctrica es importante para evaluar la eficacia del programa de mantenimiento. La estimación de los resultados se puede utilizar para identificar áreas de mejora en el programa de mantenimiento.

CAPÍTULO II

FUNDAMENTACIÓN

2.1 Subestaciones eléctricas de distribución de 10 kV

Las subestaciones eléctricas de distribución de 10 kV son instalaciones que forman parte del sistema de distribución de energía eléctrica. Su función principal es transformar la energía eléctrica de alta tensión (22 kV, 33 kV o 66 kV) a un nivel de tensión adecuado para la distribución a los usuarios finales (10 kV).

Figura 2

Subestación eléctrica de distribución



Nota. Adaptada de Sector Electricidad (2018). Fuente:

<https://www.sectorelectricidad.com/19989/subestacion-de-60000-a-22-9-y-10-kv/>

2.1.1 Ventajas.

- Seguridad: Permiten un suministro de energía eléctrica más seguro al usuario final.
- Confiabilidad: Reducen el riesgo de interrupciones en el suministro de energía eléctrica.
- Eficiencia: Disminuyen las pérdidas de energía en el sistema de distribución.
- Flexibilidad: Permiten adaptar el suministro de energía eléctrica a las necesidades de los usuarios finales.
- Escalabilidad: Se pueden ampliar fácilmente para satisfacer el crecimiento de la demanda de energía eléctrica (Marlés, 2013).

2.1.2 Desventajas.

- Costo: La construcción y operación de una subestación eléctrica de distribución de 10 kV es costosa.
 - Espacio: Requieren de un espacio considerable para su instalación.
- Complejidad: Su operación y mantenimiento requieren de personal calificado.
- Impacto ambiental: La construcción de una subestación eléctrica de distribución de 10 kV puede tener un impacto ambiental negativo (Marlés, 2013).

2.1.3 Usos.

- Suministro de energía eléctrica a hogares, comercios e industrias.
- Alimentación de alumbrado público.
- Suministro de energía eléctrica a sistemas de transporte.
- Suministro de energía eléctrica a instalaciones industriales.
- Suministro de energía eléctrica a redes de telecomunicaciones.

En resumen, las subestaciones eléctricas de distribución de 10 kV son una parte fundamental del sistema de distribución de energía eléctrica. Permiten un suministro de energía eléctrica seguro, confiable y eficiente a los usuarios finales.

2.2 Tipos de subestaciones eléctricas

2.2.1 Subestaciones elevadoras.

- Función: Elevan la tensión de la red de distribución de media tensión (10 kV) a la tensión de la red de transmisión (22 kV, 33 kV o 66 kV).
- Ubicación: Generalmente se encuentran en las afueras de las ciudades o centros de carga.
- Componentes: Transformadores elevadores, celdas de media tensión, celdas de alta tensión, equipos de protección y control.

Figura 3

Subestación eléctrica elevadora



Nota: Tomada de ISASTUR Ingeniería (s.f). Fuente:
<https://www.isastur.com/en/ingenieria/type/view/57>

2.2.2 Subestaciones reductoras.

- Función: Reducen la tensión de la red de transmisión a la tensión de la red de distribución de media tensión (10 kV).
- Ubicación: Se encuentran distribuidas en las zonas de consumo.
- Componentes: Transformadores reductores, celdas de media tensión, equipos de protección y control.

2.2.3 Subestaciones de distribución.

- Función: Distribuyen la energía eléctrica a los usuarios finales.
- Ubicación: Se encuentran en las zonas de consumo, cerca de los usuarios finales.
- Componentes: Celdas de media tensión, transformadores de distribución, seccionadores, fusibles, equipos de medición (Dugan, 2021).

2.2.4 Subestaciones móviles.

- Función: Suministro temporal de energía eléctrica en zonas donde no hay una red eléctrica permanente.
- Ubicación: Se pueden transportar a diferentes lugares según sea necesario.
- Componentes: Transformadores, celdas de media tensión, equipos de protección y control.

2.2.5 Subestaciones compactas.

- Función: Suministro de energía eléctrica a pequeños centros de carga.
- Ubicación: Se encuentran en zonas rurales o áreas con espacio limitado.
- Componentes: Transformadores, celdas de media tensión, equipos de protección y control integrados en un solo módulo.

2.3 Partes o componentes de una subestación eléctrica de distribución de 10 kV.

2.3.1 Acometida.

Punto de conexión con la red eléctrica de alta tensión.

Puede ser aérea o subterránea.

En Perú, la acometida se realiza típicamente con cables de alta tensión de 22 kV o 33 kV.

La acometida se conecta a los transformadores de potencia de la subestación.

2.3.2 Transformadores de potencia.

Reducen la tensión de alta tensión a 10 kV.

Son el componente principal de la subestación.

En Perú, se utilizan transformadores de potencia de diferentes tipos y capacidades, dependiendo de la demanda de energía de la zona.

Los transformadores de potencia se instalan en una sala especial dentro de la subestación.

Figura 4

Transformadores de potencia de una subestación eléctrica



2.3.3 Celdas de media tensión.

Distribuyen la energía a los diferentes circuitos de la red de distribución.

Son compartimentos metálicos que contienen los equipos de protección y control de los circuitos.

En Perú, se utilizan celdas de media tensión de diferentes tipos, como celdas metalclad, celdas GIS y celdas compactas.

Las celdas de media tensión se instalan en una sala especial dentro de la subestación.

Figura 5

Celdas de media tensión



Nota: Adoptada de Dimatic (2021). Fuente: <https://www.dimaticperu.com/2021/11/equipos-de-control-electrico-switchgear-y-celdas-de-media-tension/>

2.3.4 Barrajes.

Conductores que transportan la energía eléctrica.

Pueden ser de cobre o aluminio.

En Perú, se utilizan barrajes de diferentes tipos, como barrajes rígidos, barrajes flexibles y barrajes encapsulados.

Los barrajes se instalan en una sala especial dentro de la subestación.

2.3.5 Seccionadores.

Permiten aislar y seccionar la subestación para realizar trabajos de mantenimiento.

Son interruptores de alta tensión que se instalan en los barrajes.

En Perú, se utilizan seccionadores de diferentes tipos, como seccionadores manuales y seccionadores motorizados.

Los seccionadores se instalan en una sala especial dentro de la subestación.

2.3.6 Interruptores.

Permiten abrir y cerrar el circuito eléctrico.

Son interruptores de alta tensión que se instalan en las celdas de media tensión.

En Perú, se utilizan interruptores de diferentes tipos, como interruptores de vacío e interruptores de aceite.

Los interruptores se instalan en las celdas de media tensión.

2.3.7 Puesta a tierra.

Sistema que protege a las personas y equipos en caso de fallas.

Se compone de electrodos, conductores y equipos de medición.

En Perú, la puesta a tierra se realiza de acuerdo con la normativa técnica vigente. La puesta a tierra se instala en toda la subestación.

2.3.8 Sistemas de control y protección.

Supervisan el funcionamiento de la subestación y la protegen en caso de sobrecargas o cortocircuitos.

Se componen de equipos de medición, relés de protección y sistemas de control automático.

En Perú, se utilizan sistemas de control y protección de diferentes marcas y modelos.

Los sistemas de control y protección se instalan en una sala especial dentro de la subestación.

2.3.9 Equipos auxiliares.

Equipos como transformadores de baja tensión, rectificadores, inversores, baterías, sistemas de ventilación, sistemas de iluminación, etc.

Son necesarios para el funcionamiento de la subestación.

En Perú, se utilizan equipos auxiliares de diferentes marcas y modelos.

Los equipos auxiliares se instalan en diferentes partes de la subestación.

2.3.10 Edificios y estructuras.

Edificios para albergar los equipos de la subestación.

Estructuras para soportar los equipos de la subestación.

En Perú, los edificios y estructuras de las subestaciones se diseñan y construyen de acuerdo con la normativa técnica vigente.

Los edificios y estructuras se construyen en el terreno de la subestación.

2.3.11 Consideraciones adicionales.

La cantidad y el tipo de componentes de una subestación eléctrica de distribución de 10 kV pueden variar dependiendo de la capacidad de la subestación, la demanda de energía de la zona y la normativa técnica vigente en Perú.

Las subestaciones eléctricas de distribución de 10 kV en Perú están diseñadas y construidas para garantizar la seguridad de las personas y la confiabilidad del suministro de energía eléctrica.

2.4 Mantenimiento de subestaciones eléctricas de distribución

Las subestaciones eléctricas de distribución de 10 kV son instalaciones vitales para el suministro de energía eléctrica a hogares, industrias y comercios. El mantenimiento adecuado de estas subestaciones es esencial para garantizar su correcto funcionamiento, prevenir fallas y prolongar su vida útil.

2.4.1 Tipos de mantenimiento.

Existen tres tipos principales de mantenimiento:

2.4.1.1 Mantenimiento preventivo.

Se realiza de forma programada para prevenir el desgaste y la degradación de los equipos.

Las tareas de mantenimiento preventivo en subestaciones eléctricas de distribución de 10 kV incluyen:

- Inspección visual: Se realiza una inspección visual de todos los equipos de la subestación para detectar posibles daños o defectos.
- Limpieza: Se realiza la limpieza de los equipos para eliminar polvo, suciedad y otros contaminantes.

- Lubricación: Se realiza la lubricación de los equipos según las recomendaciones del fabricante.
- Pruebas eléctricas: Se realizan pruebas eléctricas para verificar el correcto funcionamiento de los equipos.
- Calibración: Se realiza la calibración de los equipos según las recomendaciones del fabricante.

2.4.1.2 Mantenimiento predictivo.

Se basa en la monitorización de los equipos para detectar posibles fallos antes de que ocurran.

Las técnicas de mantenimiento predictivo que se pueden utilizar en subestaciones eléctricas de distribución de 10 kV incluyen:

- Análisis de aceite: Se analiza el aceite de los transformadores para detectar posibles fallos en el aislamiento.
- Termografía: Se utiliza una cámara termográfica para detectar puntos calientes en los equipos que podrían indicar un fallo inminente.
- Análisis de vibraciones: Se analiza las vibraciones de los equipos para detectar posibles fallos en los componentes mecánicos.
- Monitorización de descargas parciales: Se monitoriza las descargas parciales en los equipos de aislamiento para detectar posibles fallos en el mismo.

2.4.1.3 Mantenimiento correctivo.

Se realiza para reparar las averías que se han producido en los equipos.

Las tareas de mantenimiento correctivo en subestaciones eléctricas de distribución de 10 kV incluyen:

- Reparación de averías: Se reparan las averías que se han producido en los equipos.
- Sustitución de equipos: Se sustituyen los equipos que están dañados o que han llegado al final de su vida útil.

2.4.2 Plan de mantenimiento.

Es importante contar con un plan de mantenimiento que defina las tareas de mantenimiento preventivo, predictivo y correctivo que se deben realizar en la subestación. El plan de mantenimiento debe basarse en la normativa técnica vigente, las recomendaciones del fabricante de los equipos y la experiencia del personal de mantenimiento (Harper, 2019).

2.5 Normativa sobre subestaciones eléctricas

Las subestaciones eléctricas de distribución de 10 kV son instalaciones vitales para el suministro de energía eléctrica a hogares, industrias y comercios. En Perú, existen diversas normativas y normas que regulan el diseño, construcción, operación y mantenimiento de estas subestaciones.

2.5.1 Normativa principal.

- Norma Técnica Peruana NTP 370.010:2019 - Instalaciones eléctricas de baja tensión. Parte 1: Requisitos generales.
- Norma Técnica Peruana NTP 370.044:2019 - Instalaciones eléctricas de baja tensión. Parte 44: Subestaciones transformadoras.
- Reglamento de Seguridad Eléctrica - Decreto Supremo N° 042-2016-EM.

2.5.2 Otras normativas relevantes.

- Norma Técnica Peruana NTP 370.050:2019 - Instalaciones eléctricas de baja tensión. Parte 50: Selección y erección de equipos eléctricos.
- Norma Técnica Peruana NTP 370.054:2019 - Instalaciones eléctricas de baja tensión. Parte 54: Protección contra sobretensiones.
- Norma Técnica Peruana NTP 370.060:2019 - Instalaciones eléctricas de baja tensión. Parte 60: Puesta a tierra e instalaciones de protección contra descargas atmosféricas.
- Guía Técnica para el Diseño de Subestaciones Eléctricas de Distribución - OSINERGMIN.

2.5.3 Organismos responsables.

- Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería (OSINERGMIN): Entidad responsable de la supervisión y fiscalización del cumplimiento de las normas técnicas en materia de energía eléctrica.
- Instituto Nacional de Normas Técnicas (INTEC): Entidad responsable de la elaboración y publicación de normas técnicas en el Perú.
- Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería (OSINERGMIN): <https://www.osinergmin.gob.pe/>
- Instituto Nacional de Normas Técnicas (INTEC): [se quitó una URL no válida]
- Asociación Electrotécnica Peruana (AEP): [se quitó una URL no válida]
- Comité Nacional Peruano de la Comisión Electrotécnica Internacional (COPNI-CEI).

CAPÍTULO III

APORTES Y DESARROLLO DE EXPERIENCIAS

3.1 Aportes utilizando los conocimientos o bases teóricas adquiridas durante la carrera

3.1.1 Introducción.

Como Bachiller de ingeniería mecánica eléctrica he podido hacer una serie de aportes al mantenimiento de la subestación eléctrica de 10 KV. Estos aportes se pueden clasificar en dos categorías principales, aportes técnicos y aportes de gestión.

3.1.2 Aportes técnicos.

Los bachilleres de ingeniería mecánica eléctrica hemos recibido una sólida formación en las áreas de mecánica, electricidad y electrónica. Esta formación nos permite realizar tareas de mantenimiento preventivo y correctivo de los equipos eléctricos y mecánicos de la subestación. Por ejemplo, podemos realizar inspecciones visuales y pruebas de funcionamiento de los equipos, reemplazar piezas desgastadas o dañadas, y realizar ajustes y calibraciones.

Los aportes técnicos más resaltantes son:

3.1.2.1 Inspección y diagnóstico.

- a) Análisis de aceite: Los técnicos extraen muestras de aceite de los transformadores y otros equipos para analizarlas en busca de signos de deterioro o falla.
- b) Termografía: Se utiliza una cámara termográfica para detectar puntos calientes en los equipos eléctricos, lo que puede indicar problemas de conexión o aislamiento.
- c) Pruebas eléctricas: Se realizan pruebas de resistencia de aislamiento, pruebas de relación de transformación y otras pruebas para evaluar el estado de los equipos.

3.1.2.2 Reparación y mantenimiento.

- a) Reparación de transformadores: Los técnicos pueden reparar transformadores que han sufrido daños o averías.
- b) Mantenimiento de interruptores: Se realiza el mantenimiento preventivo de los interruptores para garantizar su correcto funcionamiento en caso de una falla.
- c) Calibración de instrumentos: Los instrumentos de medición y control se calibran para asegurar la precisión de las lecturas.

3.1.2.3 Modernización y actualización.

- a) Reemplazo de equipos obsoletos: Los equipos obsoletos se reemplazan por equipos nuevos y más eficientes.
- b) Integración de tecnologías digitales: Se integran tecnologías digitales para mejorar la monitorización y control de la subestación.
- c) Implementación de sistemas de seguridad: Se implementan sistemas de seguridad para proteger a los trabajadores y al público en general.

3.1.2.4 Gestión del mantenimiento.

- a) Desarrollo de planes de mantenimiento: Los técnicos desarrollan planes de mantenimiento preventivo para garantizar que los equipos se revisen y reparen de forma regular.
- b) Gestión de inventario: Se gestiona el inventario de repuestos y materiales para asegurar que estén disponibles cuando se necesiten.
- c) Capacitación del personal: Se capacita al personal técnico para que esté actualizado en las últimas técnicas de mantenimiento.

3.1.2.5 Beneficios de los aportes técnicos.

- a) Mayor seguridad: El mantenimiento adecuado reduce el riesgo de accidentes y fallos eléctricos.
- b) Mayor confiabilidad: Los equipos bien mantenidos son menos propensos a averías, lo que mejora la confiabilidad del suministro eléctrico.
- c) Mayor eficiencia: Los equipos modernos y eficientes consumen menos energía y reducen los costes operativos.

3.1.3 Aportes de gestión.

Los bachilleres de ingeniería mecánica eléctrica también podemos aportar nuestra experiencia y conocimientos en gestión para mejorar la eficiencia y eficacia del mantenimiento de la subestación. Por ejemplo, hemos podido desarrollar planes de mantenimiento preventivo, implementar sistemas de gestión de mantenimiento asistidos por computadora y realizar análisis de datos para identificar tendencias y oportunidades de mejora.

La gestión del mantenimiento de subestaciones eléctricas es un proceso continuo que tiene como objetivo garantizar la confiabilidad, seguridad y eficiencia de las subestaciones eléctricas. Este proceso implica una serie de actividades, que incluyen:

- **Inspección:** Se realizan inspecciones visuales y pruebas periódicas para identificar cualquier problema potencial.
- **Mantenimiento preventivo:** Se realizan tareas de mantenimiento preventivo para evitar que se produzcan fallos.
- **Mantenimiento correctivo:** Se realizan tareas de mantenimiento correctivo para reparar cualquier fallo que se haya producido.
- **Mejora continua:** Se busca mejorar continuamente el proceso de gestión del mantenimiento.

Los aportes de la gestión del mantenimiento de subestaciones eléctricas son numerosos, entre ellos:

- **Mejora de la confiabilidad:** La gestión del mantenimiento ayuda a prevenir fallos en los equipos de la subestación, lo que mejora la confiabilidad del suministro eléctrico.
- **Mejora de la seguridad:** La gestión del mantenimiento ayuda a garantizar que los equipos de la subestación se encuentren en condiciones seguras de operación.
- **Reducción de costes:** La gestión del mantenimiento ayuda a reducir los costes asociados a los fallos de los equipos y a las interrupciones del suministro eléctrico.
- **Mejora de la eficiencia:** La gestión del mantenimiento ayuda a mejorar la eficiencia de la subestación mediante la optimización del consumo de energía.

3.2 Desarrollo de experiencias

Experiencias que se pueden obtener del mantenimiento de una subestación eléctrica:

Experiencias técnicas:

- Conocimiento profundo de los equipos eléctricos: El mantenimiento implica un conocimiento profundo de los diferentes equipos que componen una subestación, como transformadores, interruptores, seccionadores, pararrayos, etc. Se aprende sobre su funcionamiento, construcción, características técnicas, modos de falla y procedimientos de mantenimiento específicos.
- Habilidades de diagnóstico y resolución de problemas: El personal de mantenimiento desarrolla habilidades para identificar y solucionar problemas en los equipos eléctricos. Esto incluye la capacidad de interpretar datos de pruebas, realizar análisis de fallas y tomar decisiones para restaurar el servicio eléctrico de manera segura y eficiente.
- Experiencia en la aplicación de normas y procedimientos: El mantenimiento de subestaciones eléctricas se rige por normas y procedimientos específicos de seguridad y operación. El personal de mantenimiento adquiere experiencia en la aplicación de estas normas, lo que les permite trabajar de forma segura y confiable.
- Capacitación en nuevas tecnologías: El sector eléctrico está en constante evolución, con la introducción de nuevas tecnologías como la automatización, la digitalización y la inteligencia artificial. El personal de mantenimiento tiene la oportunidad de capacitarse en estas nuevas tecnologías para estar actualizado y adaptarse a las nuevas necesidades del sector.

Experiencias transversales:

- Trabajo en equipo: El mantenimiento de subestaciones eléctricas es una tarea que requiere la colaboración de un equipo multidisciplinario de técnicos, ingenieros y especialistas. El personal de mantenimiento aprende a trabajar en equipo, comunicarse de manera efectiva y coordinar sus actividades para lograr objetivos comunes.
- Capacidad de resolución de problemas: El trabajo en una subestación eléctrica implica la resolución de problemas de diversa índole, desde fallas técnicas hasta situaciones de emergencia. El personal de mantenimiento desarrolla habilidades para analizar problemas, identificar las causas y tomar decisiones bajo presión.
- Seguridad y responsabilidad: El trabajo en una subestación eléctrica implica un alto grado de responsabilidad y compromiso con la seguridad. El personal de mantenimiento aprende a trabajar de forma segura, siguiendo las normas y procedimientos establecidos, y utilizando los equipos de protección personal adecuados.
- Toma de decisiones: El personal de mantenimiento debe tomar decisiones importantes que pueden afectar la operación de la subestación eléctrica y la seguridad del personal. A través de la experiencia, desarrollan la capacidad de analizar información, evaluar riesgos y tomar decisiones responsables.

Otras experiencias:

- Gestión de proyectos: El mantenimiento de subestaciones eléctricas puede implicar la gestión de proyectos de diversa envergadura, desde la instalación de nuevos equipos hasta la renovación completa de una subestación. El personal de

mantenimiento puede adquirir experiencia en la planificación, ejecución y control de proyectos.

- **Liderazgo:** El personal con experiencia en el mantenimiento de subestaciones eléctricas puede asumir roles de liderazgo, supervisando a equipos de trabajo y guiando a técnicos menos experimentados.

- **Atención al cliente:** El personal de mantenimiento puede interactuar con clientes y stakeholders, brindándoles información sobre el estado de la subestación y los trabajos de mantenimiento realizados.

3.2.1 Componentes principales de la subestación eléctrica de 10 kv.

Son los siguientes:

3.2.1.1 Barras.

Son los conductores que conectan los diferentes equipos de la subestación. Están hechas de cobre o aluminio y están diseñadas para soportar altas tensiones.

3.2.1.2 Transformador de potencia.

Es el equipo que reduce la tensión de la línea de transmisión a una tensión más baja, adecuada para su distribución a los usuarios finales (Harper, 2019).

3.2.1.3 Celda de seccionamiento.

Son los equipos que permiten aislar una parte de la subestación para realizar trabajos de mantenimiento o reparación.

3.2.1.4 Interruptor automático.

Son los equipos que protegen la subestación y los equipos conectados a ella de sobretensiones o cortocircuitos (Harper, 2019).

3.2.1.5 Reconectador.

Son los equipos que restablecen el servicio eléctrico en caso de un cortocircuito.

3.2.1.6 Relay de protección.

Son los equipos que detectan las condiciones anormales de la subestación y activan los interruptores automáticos para proteger los equipos.

3.2.1.7 Sistema de medición.

Son los equipos que miden el consumo de energía eléctrica de los usuarios finales.

Además de estos componentes, las subestaciones eléctricas también incluyen otros equipos adicionales para mejorar su operación, como.

3.2.1.8 Sistema de comunicaciones.

Son los equipos que permiten la comunicación entre los diferentes equipos de la subestación.

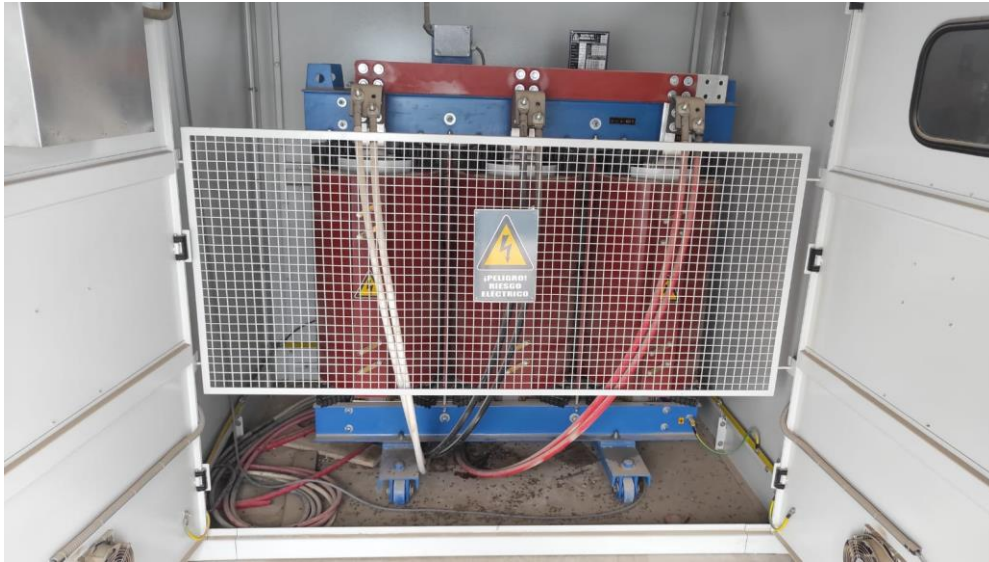
3.2.1.9 Sistema de protección contra incendios.

Son los equipos que protegen la subestación contra incendios.

La configuración específica de los componentes de una subestación eléctrica de 10 KV depende de su tamaño y complejidad.

Figura 6

Subestación eléctrica



3.2.2 Preparativos para iniciar el mantenimiento de la subestación eléctrica de 10 KV.

Los preparativos para dar inicio al mantenimiento de la subestación eléctrica se dividen en las dos siguientes etapas:

3.2.2.1 Planificación.

En esta etapa se definen los objetivos del mantenimiento, se identifican los equipos y sistemas que se van a intervenir, y se elabora un cronograma de trabajo. También se deben considerar los recursos necesarios para realizar el mantenimiento, como personal, equipos, materiales, etc.

3.2.2.2 Preparación.

En esta etapa se realizan las siguientes actividades:

- Información al personal: Se debe informar al personal involucrado en el mantenimiento sobre los objetivos, alcance, riesgos y procedimientos de seguridad a seguir.
- Confección de planos: Se deben confeccionar planos actualizados de la subestación para facilitar el trabajo del personal.
- Obtención de permisos: Se deben obtener los permisos necesarios de las autoridades competentes, como el organismo regulador de energía.
- Preparación de equipos y materiales: Se deben preparar los equipos y materiales necesarios para realizar el mantenimiento.

En conclusión, el procedimiento para iniciar el mantenimiento de una subestación eléctrica es un proceso complejo que requiere una planificación cuidadosa y la aplicación de medidas de seguridad estrictas.

3.2.3 Procedimiento del mantenimiento de la subestación eléctrica de 10 kv.

El desmontaje de una subestación eléctrica es una actividad compleja que requiere una planificación cuidadosa y la aplicación de medidas de seguridad estrictas. Las maniobras de desmontaje de una subestación eléctrica se pueden dividir en varias etapas, como las pasamos a describir:

3.2.3.1 Desconexión.

La primera etapa del desmontaje es la desconexión de los equipos y sistemas de la subestación. Esta etapa es fundamental para evitar riesgos de electrocución. Se debe realizar un aislamiento completo de los equipos y sistemas, utilizando los procedimientos establecidos, para lo cual es sumamente importante lo siguiente:

- Accionamiento de interruptor.

- Apertura del seccionador.
- Revelar tensión.
- Conexión de las puestas a tierra temporarias.

3.2.3.2 *Desmontaje.*

Una vez que los equipos y sistemas están desconectados, se puede proceder al desmontaje propiamente dicho. Esta etapa debe realizarse de acuerdo con los procedimientos establecidos, teniendo en cuenta la seguridad del personal y la integridad de los equipos.

3.2.3.3 *Trabajos a realizar.*

- Cambio de terminales exteriores de 10kv
- Cambio de cartuchos de fusibles de media tensión
- Mantenimiento de subestación tipo caseta incluye transformador, seccionador bajo carga, terminaciones de cable n2xsy, aisladores porta barra en la celda de llegada y remonte
- Prueba de aislamiento del cable subterráneo.
- Mantenimiento de celda de llegada.
- Medición de sistemas de puesta a tierra.
- Mantenimiento de terminaciones exteriores de cable seco tipo n2xsy.

Figura 7

Desmontaje de interruptores



3.2.4 Condiciones ambientales.

La zona se caracteriza por tener un clima húmedo y cálido con una temperatura promedio 21 °C, zona exenta de lluvias, salvo esporádicas lloviznas de poca duración que son propias del clima costero. La velocidad del viento es moderada durante todo el año, las condiciones ambientales son las siguientes:

- Temperatura mínima : 5 °C
- Temperatura máxima : 30 °C
- Temperatura media : 21 °C
- Velocidad del viento : 90 km/h
- Nivel de contaminación : Alto, Nivel III
- Humedad Relativa : 90-100 %
- Altitud : 500 msnm

3.2.5 Características técnicas del servicio eléctrico.

3.2.5.1 Red primaria.

Las características principales de la red Primaria son los siguientes:

- Tensión Nominal : 10 kV
- N° Ternas : 01
- Distribución : Radial
- Sistema : Aéreo y subterráneo Trifásico
- Frecuencia : 60 Hz
- Conductor : Cu tipo N2XSY de 25 mm²
- Estructuras : Postes de Concreto
- Aisladores : Poliméricos Tipo Pin y suspensión
- Protección MT : Seccionadores Unipolares tipo Cut-Out

3.2.5.2 Subestación de distribución convencional en caseta.

- Potencia Nominal : 250 kVA
- Tipo : convencional en Caseta
- Tensión Nominal en M. T. : $10 \pm 2 \times 2.5 \%$ kV

Figura 8

Limpieza de aisladores



3.2.5.3 Equipos para sistema de medición de energía eléctrica.

- Descripción Trsfomix
- Potencia Nominal del Transf. de Tensión (VA) 2 x 30
- Potencia Nominal del Transf. de Corriente (VA) 2 x 30
- Relación de Transformación del Transf. de Tensión (kV) 10/0.22

3.2.6 Mantenimiento de la subestación eléctrica.

El mantenimiento realizado en la subestación eléctrica ha comprendido:

3.2.6.1 Limpieza.

- Limpieza de caseta, consiste en retirar polución del área de la casta inclusive limpieza de la canaleta, transformador (tanque, tapas, Bushings de lado de BT, MT y Carcasa)
- Limpieza manual con solvente dieléctrico a los bushings de alta y baja tensión, con trapo e inspección de porcelanas.

- Inspección válvula de drenaje del transformador.
- Revisión o Cambio de tornillería (por si se requiere) y mantenimiento a conectores de alta tensión, aplicación de solvente dieléctrico en terminales de conector.
- Limpieza y aplicación de solvente dieléctrico a todos los componentes eléctricos en sus partes activas y no activas. Con esto se consigue mejorar el estado dieléctrico de los aislantes o partes activas aisladas, respecto a la humedad del ambiente y así mismo ayuda a mejorar la fluidez eléctrica.

3.2.6.2 Ajustes y verificaciones.

- Ajuste de bornes de elementos eléctricos en general. Lo cual consistió en mejorar el ajuste del conexionado eléctrico montable, con el fin de evitar pérdidas de energía en forma de calor y/o evitar cortocircuitos o fallas a tierra.
- Verificación de conexiones y ajuste en terminales de puesta a tierra.
- Ajustes con torquímetro de lado de alta y baja de los bushings del transformador.
- Verificación del estado del cable del lado de baja y barras de media tensión.

3.2.6.3 Revisión de fugas y medición de aceite.

- Se detectó una fuga de aceite dieléctrico en la tapa de la cuba del transformador (esquina derecha posterior).
- La causa probable es la dilatación del hilo de los pernos y la presión generada por el aumento de temperatura del aceite.
- Extracción de muestra de aceite del transformador para los análisis físico-químicos completo, análisis cromatográfico y análisis de contenido de furanos, necesariamente por verificación de vida útil del transformador.

- Verificación de niveles de aceite del transformador.
- Medición de aislamiento y pruebas al transformador de potencia.
- Se ajustaron los terminales y elementos sueltos.

Figura 9

Mantenimiento de transformador



3.2.7 Responsabilidades generales.

3.2.7.1 Ingeniero residente.

- Es el responsable de la implementación y cumplimiento de este Procedimiento.
- Resolver las necesidades del proyecto.
- Brindar los recursos necesarios para su cumplimiento.
- Verificar que en terreno se realice inspecciones, ensayos y protocolos que indique el presente procedimiento.
- Verificar y asegurar la calidad del servicio según las especificaciones técnicas definidas, como también el cumplimiento de los plazos de entrega de obra.

- Coordinar y asegurar la disponibilidad y el buen estado de los recursos necesarios para una adecuada ejecución del servicio.

3.2.7.2 Jefe de control de calidad.

- Implementar y gestionar el plan de calidad en el presente procedimiento y supervisar el cumplimiento de los planos, las especificaciones técnicas aplicables en la presente actividad, así como los requisitos contractuales referentes a control operativo.
- Identificar, controlar y mantener actualizados la documentación y los datos del propio sector, abarcados por el sistema de gestión y relacionados con suministros y servicios en el desarrollo de la presente actividad.
- Organizar la realización de ensayos previos para aprobación de procesos especiales.
- Mantener los registros definidos por el plan de inspección y ensayos que evidencian el desarrollo del presente procedimiento.

3.2.7.3 Supervisor de calidad electricista.

- Es responsabilidad del Supervisor de Control de Calidad verificar que los procedimientos utilizados en campo estén debidamente aprobados.
- Inspeccionar y auditar que las actividades relacionadas se cumplan de acuerdo al procedimiento establecido. Verificar el correcto chequeo de los puntos de control aplicables para este procedimiento.
- Llevar el control de los protocolos emitidos en cada una de las actividades de la disciplina y archivar correctamente en el dossier de calidad correspondiente.

3.2.7.4 Supervisor de campo.

- Difundir el presente procedimiento a los trabajadores con la debida anticipación.
- Verificar que se efectúen los controles respectivos establecidos en el presente procedimiento.
- Será responsable de que el personal tenga el conocimiento y entrenamiento necesario para poder manipular y usar los equipos, herramientas y materiales que se requieran durante la actividad.
- Antes de la ejecución de las labores impartidas a los grupos de trabajo coordinará con los jefes de cada grupo para no tener interferencias entre actividades con el fin de garantizar que el trabajo programado se cumpla de acuerdo al cronograma del planeamiento general.
- Coordinar la realización de las consultas específicas con la debida anticipación. Reportar diariamente las actividades realizadas.

3.2.7.5 Trabajadores.

- Conocer y cumplir con las especificaciones de seguridad, calidad del presente procedimiento.
- Abstenerse de realizar las actividades cuando no exista condición segura de trabajo.
- Reportar en los formatos de uso diario las observaciones que se detecten en los equipos y herramientas.
- Revisar y verificar el correcto funcionamiento de sus equipos, herramientas y EPP.

- Informar al supervisor de campo cualquier observación que afecte las condiciones de seguridad en la zona de trabajo.
- Mantener el área de trabajo limpia y ordenada.
- Elaborar sus permisos de trabajo.
- Comunicar a su supervisor cuando las actividades se tornen peligrosas.

3.2.8 Equipos de protección personal básico.

- Casco color anaranjado con logotipo de la empresa en la parte frontal.
- Uniforme de trabajo de color anaranjado y azul con cintas reflectivas y logotipo de la empresa en la parte dorsal.
- Chaleco de color anaranjado con cintas reflectivas y logotipo de la empresa en la parte dorsal.
- Lentes de seguridad claros.
- Zapatos de seguridad dieléctricos.

3.2.9 Equipos de protección personal específico.

- Protección Auditiva.
- Respirador media cara con filtros GMC P-100.
- Arnés de Seguridad con doble línea de vida y amortiguador de impacto.
- Bloqueador Solar.
- Guantes de multiflex.
- Cortaviento (tapasol).
- Barbiquejo.
- Traje Arc Flash
- Alcohol con atomizador.

3.2.10 Equipos y herramientas.

- Multímetro calibrado.
- Pinza amperimétrica calibrado
- Megóhmetro calibrado.
- Camión grúa/camioneta.
- Flexómetro calibrado.
- Kit de herramientas para electricista
- Kit de destornilladores.
- Alicates tipo Pinza.
- Alicates de corte.

3.2.11 Pruebas al transformador de potencia.

Los transformadores de potencia eléctrica se someten a una serie de pruebas para garantizar su correcto funcionamiento y confiabilidad. Estas pruebas se pueden clasificar en dos categorías: pruebas de aceptación y pruebas de mantenimiento.

3.2.11.1 Pruebas de aceptación.

Las pruebas de aceptación se realizan cuando un transformador de potencia es nuevo y se entrega al cliente. Estas pruebas tienen como objetivo verificar que el transformador cumple con las especificaciones del fabricante.

Las pruebas de aceptación más comunes son las siguientes:

- **Prueba de resistencia de aislamiento:** Esta prueba se realiza para medir la resistencia entre los devanados y entre los devanados y la tierra. Una resistencia de aislamiento baja indica que el transformador puede estar sujeto a descargas parciales, lo que puede provocar fallas.

- **Prueba de rigidez dieléctrica:** Esta prueba se realiza para medir el voltaje que el aislamiento del transformador puede soportar sin romperse. Una rigidez dieléctrica baja indica que el transformador puede estar sujeto a daños por sobretensiones.
- **Prueba de relación de transformación:** Esta prueba se realiza para verificar que la relación de transformación del transformador sea la correcta.
- **Prueba de impedancia en cortocircuito:** Esta prueba se realiza para medir la impedancia del transformador a un cortocircuito. Una impedancia en cortocircuito baja indica que el transformador puede sufrir daños por sobrecargas.
- **Prueba de pérdidas:** Esta prueba se realiza para medir las pérdidas del transformador. Las pérdidas del transformador son la energía que se pierde en forma de calor durante el funcionamiento del transformador.

3.2.11.2 Pruebas de mantenimiento.

Las pruebas de mantenimiento se realizan periódicamente para verificar el estado del transformador y detectar cualquier problema potencial.

Las pruebas de mantenimiento más comunes son las siguientes:

- **Prueba de resistencia de aislamiento:** Esta prueba se realiza para verificar que la resistencia de aislamiento del transformador no haya disminuido significativamente.
- **Prueba de rigidez dieléctrica:** Esta prueba se realiza para verificar que la rigidez dieléctrica del transformador no haya disminuido significativamente.
- **Prueba de relación de transformación:** Esta prueba se realiza para verificar que la relación de transformación del transformador siga siendo la correcta.
- **Prueba de impedancia en cortocircuito:** Esta prueba se realiza para verificar que la impedancia del transformador no haya cambiado significativamente.

- **Prueba de pérdidas:** Esta prueba se realiza para verificar que las pérdidas del transformador no hayan aumentado significativamente.

Además de estas pruebas, los transformadores de potencia también pueden someterse a pruebas adicionales, como pruebas de ultrasonido, pruebas de resonancia magnética y pruebas de termografía. Estas pruebas se utilizan para detectar problemas que no pueden ser detectados con las pruebas convencionales.

Las pruebas de transformadores de potencia son una parte importante del proceso de mantenimiento de estos equipos. Estas pruebas ayudan a garantizar que los transformadores funcionen de manera segura y confiable durante muchos años.

- **Prueba de hermeticidad.**

Esta prueba verifica que el transformador esté hermético y que no haya fugas de aceite. Una de las tantas medidas de seguridad que se debe considerar cuando se establece un proyecto que implica cualquier tipo de gas, es asegurarse de que no exista ninguna forma de fuga.

La hermeticidad es la cualidad de un objeto o material que impide el paso de fluidos (aire, líquidos, gases, entre otros), es decir que una estructura está completamente sellada. En el contexto de pruebas de hermeticidad, esta definición se puede ampliar para incluir otros aspectos como el ruido o la radiación. Estas son una serie de exámenes que se realizan a un objeto para determinar si cumple con los requisitos establecidos en relación con su hermeticidad.

3.2.12 Condiciones ambientales.

La zona se caracteriza por tener un clima húmedo y cálido con una temperatura promedio 21 °C, zona exenta de lluvias, salvo esporádicas lloviznas de poca duración

que son propias del clima costero. La velocidad del viento es moderada durante todo el año, las condiciones ambientales son las siguientes:

- Temperatura mínima : 5 °C
- Temperatura máxima : 30 °C
- Temperatura media : 21 °C
- Velocidad del viento : 90 km/h
- Humedad Relativa : 90-100 %
- Altitud : 500 msnm

3.2.13 Medición y mantenimiento preventivo de puestas a tierra.

En las inmediaciones de la subestación se procedió a efectuar la medición de puestas a tierra, utilizando la metodología establecida.

- Equipo Utilizado : Telurómetro Digital
- Marca : Megabras
- Modelo : Modelo MTD20KWe
- Serie : 14I2504
- Método Utilizado : Método de Caída de Potencial
- Estado : Calibrado

Tabla 1*Resultados de la medición pozo a tierra 01*

Pozo a tierra	Ubicación circuito	Resistencias (ω)			
		Requerido (ω)	Distancia	Medición (ω)	Resultado (ω)
01	Estructura de seccionamiento	Menor o igual 15 ohm	5/10 m	4.66	CONFORME
			3/6 m	4.50	CONFORME
			2/4 m	4.40	CONFORME
			PROMEDIO	4.52	CONFORME

Tabla 2*Resultados de la medición pozo a tierra 02*

Pozo a tierra	Ubicación circuito	Resistencias (ω)			
		Requerido (ω)	Distancia	Medición (ω)	Resultado (ω)
02	Subestación tipo Caseta TD-01	Menor o igual 15 Ohm	5/10 m	4.83	CONFORME
			3/6 m	4.95	CONFORME
			2/4 m	4.74	CONFORME
			PROMEDIO	4.82	CONFORME

Figura 10

Mediciones de pozos a tierra.



3.2.14 Documentación aplicable.

- Permiso para ejecución de trabajo.
- Orden de trabajo.
- Permisos especiales de ser el caso.
- Identificación de peligros y evaluación de riesgos IPERC.
- Identificación y evaluación de aspectos e impactos ambientales.
- Análisis de trabajo seguro (ATS).
- Procedimiento de trabajo.
- Formato de control operacional.
- Hoja de charla de seguridad.
- Inspección de implementos de seguridad.
- Formatos de inspección de equipos y herramientas.
- Hojas MSDS y otros.

3.2.15 Materiales y equipos utilizados.

3.2.15.1 Materiales.

Básicamente los materiales que se usan son nuevos, de calidad reconocida, que su utilización sea actual en los mercados nacional e internacional y que tenga sus respectivas garantías vigentes de fábrica.

Estos materiales deben ser almacenados siguiendo las indicaciones determinadas por el fabricante, conservados como es debido, pueden ocasionar daños a los equipos o personas que laboran. Estas tareas de resguardo son de responsabilidad del supervisor de obra.

Los materiales de mantenimiento se utilizan para realizar las tareas de mantenimiento de las subestaciones eléctricas. Estos materiales incluyen:

- **Herramientas manuales.** como destornilladores, llaves, alicates, etc.
- **Herramientas eléctricas.** como taladros, sierras, etc.
- **Instrumentos de medición.** como multímetros, pinzas de corriente, cámaras termográficas, etc.
- **Materiales de pintura.** para pintar los equipos y estructuras de la subestación.
- **Materiales de limpieza.** para limpiar los equipos y estructuras de la subestación.
- **Materiales de repuesto.** para reemplazar piezas o componentes dañados.

En algunos casos, también se pueden utilizar materiales especializados, como:

- **Equipos de medición de aislamiento.** para medir el aislamiento de los cables y equipos.
- **Equipos de extinción de incendios.** para apagar incendios eléctricos.

- **Robots de mantenimiento.** para realizar tareas de mantenimiento peligrosas o repetitivas.

3.2.16 Equipos y herramientas.

Tabla 3

Equipos y herramientas de mantenimiento de subestación

Megóhmetro digital de 10kv	Eqp.	1.00
Telurómetro digital	Eqp.	1.00
Pértiga eléctrica	Und.	1.00
Revelador de tensión	Eqp.	1.00
Escalera telescópica	Und.	1.00
Prensa hidráulica para terminales	Und.	1.00
Pistola de calor	Und.	1.00
Grupo electrógeno para pistola de calor	Eqp.	1.00
Zunchadora de cinta band-it	Und.	1.00
Herramientas principales de electricista	Global	1.00

3.2.17 Presentación de los resultados.

Resultados esperados del mantenimiento de una subestación eléctrica de 10 KV, son los siguientes:

3.2.17.1 Maximizar la confiabilidad y disponibilidad.

- Reducir la probabilidad de fallas: El mantenimiento preventivo y predictivo ayuda a identificar y corregir condiciones que podrían derivar en fallos, evitando interrupciones en el suministro eléctrico.

- Minimizar el tiempo de inactividad: Un plan de mantenimiento eficiente permite reparar o reemplazar componentes de manera rápida, reduciendo el tiempo de inactividad de la subestación.
- Mejorar la tasa de éxito en la primera intervención: La capacitación del personal y la disponibilidad de información precisa sobre los equipos facilitan la resolución de problemas en el primer intento.

3.2.17.2 Optimizar la eficiencia.

- Reducir las pérdidas de energía: El mantenimiento adecuado de los equipos y sistemas eléctricos reduce las pérdidas de energía, mejorando el rendimiento general de la subestación.
- Minimizar los costos de operación y mantenimiento: Un plan de mantenimiento preventivo puede reducir significativamente los costos a largo plazo, al evitar reparaciones mayores y prolongar la vida útil de los equipos.
- Optimizar el consumo de recursos: El mantenimiento eficiente permite un uso más racional de recursos como energía, agua y materiales.

3.2.17.3 Prolongar la vida útil de los equipos.

- Extender la vida útil de los componentes: El mantenimiento preventivo y predictivo ayuda a prevenir el desgaste prematuro de los equipos, alargando su vida útil.
- Retrasar la necesidad de inversiones en nuevos equipos: Al mantener los equipos en buen estado, se puede posponer la necesidad de realizar inversiones en nuevas tecnologías o infraestructura.

- Garantizar la seguridad y confiabilidad a largo plazo: Un programa de mantenimiento adecuado contribuye a mantener la seguridad y confiabilidad de la subestación durante toda su vida útil.

3.2.17.4 Asegurar la seguridad del personal y las instalaciones.

- Minimizar el riesgo de accidentes: El mantenimiento preventivo y predictivo ayuda a identificar y corregir riesgos potenciales de accidentes eléctricos, protegiendo al personal y las instalaciones.
- Cumplir con las normas de seguridad: Un plan de mantenimiento adecuado garantiza el cumplimiento de las normas y regulaciones de seguridad eléctrica.
- Promover una cultura de seguridad: El mantenimiento preventivo fomenta una cultura de seguridad en el trabajo, sensibilizando al personal sobre la importancia de la prevención de riesgos.

3.2.17.5 Mejorar la calidad del suministro eléctrico.

- Reducir las fluctuaciones de voltaje: El mantenimiento adecuado de los equipos ayuda a mantener un suministro eléctrico estable y con una calidad adecuada.
- Minimizar las interrupciones del servicio: Un plan de mantenimiento eficiente reduce la probabilidad de interrupciones en el suministro eléctrico, mejorando la calidad del servicio al cliente.
- Contribuir a la satisfacción del cliente: Un suministro eléctrico confiable y de alta calidad es fundamental para la satisfacción de los clientes.

En resumen, el mantenimiento adecuado de una subestación eléctrica de 10KV tiene un impacto positivo en la confiabilidad, eficiencia, seguridad y calidad del

suministro eléctrico, lo que se traduce en beneficios económicos y ambientales para la empresa y la comunidad.

3.2.18 Prevención de accidente y equipos de protección personal.

3.2.18.1 Requerimientos de seguridad de servicio.

El personal que realice trabajos de mantenimiento en una subestación eléctrica debe estar debidamente capacitado y acreditado para realizar dichas actividades. Además, deben tener las aptitudes físicas y psicológicas necesarias para trabajar en un entorno eléctrico.

- Bloqueo y etiquetado. Antes de realizar el trabajo en la subestación eléctrica, nos aseguráramos de que la energía esté desconectada y bloqueada. Esto se conoce como bloqueo y etiquetado, se realiza colocando un candado y una etiqueta en el equipo que se está desconectando. Esto evita que nadie vuelva a conectar la energía accidentalmente.
- Medidas de seguridad para el personal del Contratista.
- Medicinas y equipamiento de primeros auxilios.
- Medios de transporte adecuados para el traslado de heridos o lesionados.
- Higiene en las zonas de trabajo.
- Seguridad de las instalaciones contra fenómenos físicos o climáticos, animales y acción de terceras personas.
- Riesgos contra la electrocución del personal de obra.
- Inspeccionar los implementos de Protección Individual, herramientas y equipos antes de iniciar mi trabajo.

- Identificar los peligros y evaluar los riesgos antes de toda tarea o actividad implementado las medidas de control que reduzcan el riesgo a niveles tolerables.
- Corregir o informar a mi jefe inmediato sobre las situaciones inseguras en mi área de trabajo.
- Reportar todos los incidentes.
- Respetar los avisos y señales de emergencia de mi área de trabajo.
- Detener cualquier trabajo inseguro hasta hacerlo seguro.
- Adoptar posturas adecuadas en mi lugar de trabajo para levantar cargas, sentarme y/o trabajar con el menor esfuerzo sobre mi espalda.
- Reconocer y felicitar las buenas acciones y prácticas, corrigiendo sin temor las conductas arriesgadas de mis compañeros y demás trabajadores.

3.2.18.2 Equipos de protección personal.

El personal para efectuar los trabajos descritos líneas arriba hizo uso de los siguientes EPPs por persona.

- Casco de seguridad con barbiquejo y cortavientos
- Lentes de seguridad
- Chaleco de seguridad con cintas reflectivas
- Ropa de Trabajo (Camisa y Pantalón).
- Tapones de Oídos
- Bloqueador Solar
- Calzado de seguridad dieléctricos
- Mascarilla o respirador de gases
- Arnés con línea de vida

3.2.18.3 Prevención de accidentes.

Los accidentes durante el mantenimiento de subestaciones eléctricas pueden causar lesiones graves o la muerte. Es importante tomar medidas para prevenir estos accidentes, ya que pueden tener un impacto significativo en los trabajadores, las empresas y la comunidad en general. Algunas de las medidas que se pueden tomar para prevenir accidentes durante el mantenimiento de subestaciones eléctricas incluyen:

- **Capacitación.** El personal de mantenimiento debe estar capacitado en los procedimientos de seguridad para trabajar en subestaciones eléctricas. Esta capacitación debe cubrir temas como los peligros de la electricidad, el uso de equipo de protección personal y los protocolos de desconexión de energía.
- **Equipo de protección personal.** El personal de mantenimiento debe usar equipo de protección personal adecuado, como guantes, gafas de seguridad, cascos y botas aislantes. Este equipo ayudará a proteger a los trabajadores de las lesiones causadas por la electricidad, los objetos en movimiento y las caídas.
- **Procedimientos de seguridad.** Los trabajadores deben seguir los procedimientos de seguridad establecidos para el trabajo en subestaciones eléctricas. Estos procedimientos deben incluir pautas para la desconexión de energía, la señalización de áreas de trabajo y el uso de equipo de protección personal.
- **Planificación y programación.** El mantenimiento debe planificarse y programarse cuidadosamente para minimizar el riesgo de accidentes. Los trabajadores deben tener tiempo suficiente para preparar el área de trabajo y realizar el trabajo de manera segura.

- **Inspección y mantenimiento.** Las subestaciones eléctricas deben inspeccionarse y mantenerse regularmente para identificar y corregir los problemas potenciales. Esto ayudará a prevenir accidentes y garantizar el funcionamiento seguro de las instalaciones.

Algunas recomendaciones específicas para prevenir accidentes durante el mantenimiento de subestaciones eléctricas incluyen:

- Antes de comenzar a trabajar, asegúrese de que la energía esté desconectada de los equipos que se van a trabajar.
- Use equipo de protección personal adecuado, como guantes, gafas de seguridad, cascos y botas aislantes.
- No toque equipos eléctricos con las manos mojadas o húmedas.
- Mantenga una distancia segura entre el cuerpo y los equipos eléctricos.
- No sobrecargar los circuitos eléctricos.
- No intente reparar equipos eléctricos sin tener la formación necesaria.

CONCLUSIONES

- Primera.** Para el funcionamiento correcto de la Subestación Eléctrica es importante contar con un plan que funcione como un manual esencial para los técnicos que trabajan en terreno, asegurando que las tareas de mantenimiento se ejecuten de manera segura y eficaz. En caso de que surjan fallas o averías, el plan se convierte en una herramienta invaluable para diagnosticar y solucionar el problema con rapidez y precisión.
- Segunda.** La clave del éxito reside en la base de datos, que alberga información vital sobre todos los equipos que forman parte de una subestación. Esta información abarca ubicación, características eléctricas y otros datos relevantes, permitiendo a los técnicos tomar decisiones informadas y actuar con mayor eficiencia.
- Tercera.** El seguimiento cuidadoso de los procedimientos de inspección y mantenimiento contribuye a aumentar la confiabilidad de los equipos y del servicio eléctrico, reduciendo el número de fallas y los riesgos para el personal.
- Cuarta.** El éxito del plan de mantenimiento elaborado dependerá de la correcta aplicación y utilización de los formatos de seguridad, maniobras y mantenimiento al igual que de la mejora continua de estos.
- Quinta.** La base de datos elaborada se debe retroalimentar con cada mantenimiento realizado, con cada inspección de termografía y ultrasonido y con la información faltante de los equipos como lo son: fotos, placa de características e información relevante de los equipos.

RECOMENDACIONES

- Primera.** Elaborar un informe detallado que debe incluir información sobre las actividades realizadas, los resultados obtenidos, las recomendaciones para futuros mantenimientos y cualquier otra información relevante.
- Segunda.** Registrar las condiciones de los equipos, es importante registrar el estado de los equipos antes, durante y después del mantenimiento, incluyendo mediciones, observaciones y fotografías.
- Tercera.** Actualizar la base de datos, la información recopilada durante el mantenimiento debe ser utilizada para actualizar la base de datos de la subestación, incluyendo información sobre los equipos, su historial de mantenimiento y su estado actual.
- Cuarta.** Realizar un seguimiento del rendimiento de los equipos, es importante monitorizar el rendimiento de los equipos después del mantenimiento para verificar que se han logrado los resultados esperados.
- Quinta.** Evaluar la eficacia del plan de mantenimiento, se debe evaluar la eficacia del plan de mantenimiento para identificar áreas de mejora y realizar los ajustes necesarios.
- Sexta.** Implementar mejoras en el plan de mantenimiento, las recomendaciones y lecciones aprendidas durante el mantenimiento deben ser utilizadas para mejorar el plan de mantenimiento para futuras intervenciones

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Davis, J. (2020). *Electric Substations: Design, Construction, and Operation*. McGraw-Hill Education.
- Dugan, R. (2021). *Smart Substations: Design, Construction, and Operation*. CRC Press.
- Harper, G. E. (2005). *Elementos de Diseño de Subestaciones Eléctricas*. España: Editorial Limusa.
- Harper, G. E. (2019). *Substation Design: Principles and Practices*. CRC Press.
- Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE). (1994). *Norma IEEE Std 141-1994, IEEE Recommended Practice for Electric Power -Distribution for Industrial Plants*. USA.
- International Electrotechnical Commission (IEC). (2003). *Norma IEC 61850, Communication networks and systems for power utility automation*. USA.
- Marlés Sáenz, E. (2013). *Transformadores Eléctricos: Principios, Análisis y Cálculo Electromagnético*. Universidad del Valle.
- Reimpell, J., Stoll, H., & Betzler, J. W. (2001). *The Automotive Chassis: Engineering Principles* (2 ed.). Society of Automotive Engineers.
- Reinoso, F. B. (2014). *Máquinas Eléctricas Mantenimiento del Transformador*. Retrieved from https://www.academia.edu/8290847/mantenimiento_transformadores
- Stangier, D., & Smith, R. (2016). *Preventive Maintenance Made Simple Tapa blanda* – 1 Enero 2016. Reliabilityweb.com.

Trashorras Montecelos, J. (2015). *Subestaciones Eléctricas*. España: Ediciones Paraninfo SA.

Ynzunza Cortés, C. (2021). *Subestaciones eléctricas: Fundamentos y aplicaciones*. Ediciones UTEM.