

# **GUIA DE SST PARA LA CORRECCIÓN DE PUNTOS CALIENTES**

Propuesta de guía metodológica para la corrección de puntos calientes en subestaciones eléctricas con enfoque en Seguridad y Salud en el Trabajo

Mayra A. Díaz Almeyda

Trabajo de Grado para Optar al Título de Ingeniera Electricista

Director

Óscar Arnulfo Quiroga Quiroga

PDh Tecnología

Codirector

Óscar Iván Aguirre Varela

Esp. Gerencia de Recursos Energéticos

Universidad Industrial de Santander

Escuela de Ingenierías eléctrica, electrónica y de telecomunicaciones

Programa Ingeniería Eléctrica

Bucaramanga

2023

**Dedicatoria**

Dedico a ti madre que supiste cómo formarme en medio de las adversidades que la vida nos presentó me inculcaste valores y la importancia de ser profesional.

A ti padre en el cielo te lo dedico por qué no es mío es nuestro este título

**Agradecimiento**

El principal agradecimiento a Dios y a mi padre German un ángel en el cielo por siempre guiarme y darme la fortaleza para culminar esta etapa.

A mi mami por ser mi apoyo en las dificultades y siempre inspirarme para lograr esta meta.

A mi abuela Gladys que día a día me ayudo en este proceso, sin ella nada de esto sería posible.

A mi familia por creer en mí y nunca dudar de mis facultades, a Néstor por siempre confiar en mí y darme la oportunidad de estudiar y trabajar.

A mis directores de Trabajo de grado por ser parte de esta etapa de mi carrera profesional, al tenerme paciencia en cada duda, siendo serviciales y creer en mis capacidades

A Nelson por qué siempre me animo cuando más lo necesite en este proceso y mis amigas que nunca dudaron que lo lograría

También a mi colega Álvaro, que me guio durante todo el camino para dar lo mejor de mí y cuidar a mi madre mientras estuve ausente.

## Tabla de Contenido

	<b>Pág.</b>
Introducción .....	13
1 Problema a Resolver .....	15
1.1 Justificación .....	17
2 Objetivos .....	19
2.1 Objetivo General.....	19
2.2 Objetivos específicos .....	19
3 Estado del Arte.....	20
4 Marco Teórico.....	24
4.1 SG-SST Para Trabajos de Tipo Eléctrico .....	24
4.2 Mantenimiento en Sistemas Eléctricos .....	27
4.3 Mantenimiento Correctivo Programado .....	27
4.4 Mantenimiento Correctivo por Avería.....	27
4.5 Mantenimiento Predictivo.....	27
4.6 Mantenimiento Preventivo.....	28
4.7 Mantenimiento Correctivo .....	28
4.8 Subestación Eléctrica .....	28
4.9 Posiciones en una Subestación Eléctrica .....	29
4.10 Ecosistema de una Subestación Eléctrica .....	29
4.10.1 Transformador de Potencia .....	29
4.10.2 Interruptor de Potencia.....	29
4.10.3 Restaurador .....	29

# GUIA DE SST PARA LA CORRECCIÓN DE PUNTOS CALIENTES

5

4.10.4 Cuchillas Fusibles .....	30
4.10.5 Cuchillas Desconectores y Cuchillas de Prueba .....	30
4.10.6 Pararrayos .....	30
4.10.7 Transformadores de Instrumento .....	30
4.11 Tipos de subestaciones eléctricas.....	32
4.11.1 Subestaciones de patio de alta y extra alta tensión .....	32
4.11.2 Subestaciones de Alta y Extra Alta Tensión Tipo Interior .....	32
4.11.3 Subestaciones de Patio de Distribución de Media Tensión .....	32
4.11.4. Subestaciones de distribución en media tensión.....	32
4.11.6. Subestaciones Tipo Pedestal.....	33
4.11.7. Subestaciones Subestaciones Sumergibles.....	33
4.12 Mantenimiento de Subestaciones.....	33
4.13 Puntos Calientes en Sistemas Eléctricos.....	34
4.13.1. Contacto Eléctrico.....	34
4.14 Método de Trabajo con Tensión .....	35
4.14.1 Método de Trabajo a Potencial .....	36
4.14.2 Método de Trabajo a Distancia .....	36
4.14.3 Método de Trabajo en Contacto con Protección Aislante en las Manos .....	37
4.15 Matriz de Riesgos en la Seguridad y Salud en el Trabajo .....	38
4.16 Riesgo Eléctrico .....	40
5 Metodología .....	42
5.1 Parámetro Metodológico.....	42
5.1.1 Tipo de Investigación.....	42
5.1.2 Fuente de Información .....	43
5.1.3 Instrumento de Recolección de Información .....	43
5.1.4 Implementación del Plan de Investigación .....	43
6 Requerimientos Normativos .....	43
6.1 Resolución 5018 de 2019.....	46
6.1.1 Generalidades. Artículo 1.....	46

6.1.2	Generalidades. Artículo 3. Condiciones para trabajo en instalaciones eléctricas .....	47
6.1.3	Generalidades. Artículo 6. Método de Trabajo con Tensión (TCT) .....	47
6.1.4	Generalidades. Artículo 7. Perfil Ocupacional para el Personal Habilitado en TCT.....	47
6.1.5	Generalidades. Artículo 8. Medidas de prevención en TCT .....	48
6.1.6	Generalidades. Artículo 10. Procedimientos, diagnóstico, planeación, programación, ejecución, supervisión y control del trabajo .....	49
6.1.7	Transformación. Artículo 13. Requisitos generales para el trabajo en subestaciones ...	49
6.1.8	Áreas de trabajo. Artículo 23. Talleres de Mantenimiento .....	50
6.1.9	EPP, Colectiva y Herramientas de Seguridad. Artículo 32. Elementos de Protección Personal y Colectivo de Seguridad .....	50
6.1.10	Artículo 33. Elementos de Protección Personal y Colectivo de Seguridad .....	50
6.1.11	Trabajos con Tensión. Artículo 54. Habilitación y Plan de Trabajo.....	51
6.1.12	Trabajos en Baja y Media tensión. Artículo 72. Trabajos con Tensión. ....	51
6.1.13	Trabajos en redes de Distribución Subterráneas. Artículo 76. Medidas de Prevención	51
6.2	RETIE – Artículo 19. Trabajos con Tensión o Redes Energizadas .....	52
7	Valoración de Riesgos, Peligros y Actividades de Control. ....	52
7.1	Definición del Instrumento de Recolección de Información. ....	53
7.2	Clasificación de los Procesos, Actividades y Tareas .....	53
7.2.1	Descripción del Proceso, Actividad o Tarea.....	54
7.3	Número de Trabajadores Involucrados .....	57
7.4	Maquinaria, Equipos y Herramientas .....	58
7.4.1	Equipos de Protección Personal (Guantes Dieléctricos).....	58
7.4.2	Mangas Dieléctricas.....	59
7.4.3	Ropa Conductiva.....	59
7.4.4	Calzado Especial.....	59
7.4.5	Accesorios Pinzas para Mantas Aisladoras.....	59
7.4.6	Cobertores Dieléctricos Flexibles .....	60
7.4.7	Cobertores Dieléctricos Rígidos .....	60
7.4.8	Perdigas aisladas .....	60
7.4.9	Equipo de Isaje Aislado .....	60

# **GUIA DE SST PARA LA CORRECCIÓN DE PUNTOS CALIENTES**

7

7.4.10 Hidroelevadores .....	61
7.4.11 Andamios Aisladores .....	61
7.4.12 Medidor de Corriente de Fuga en Pérdigas.....	61
7.4.13 Corriente de Fuga En Equipos de Izaje.....	61
7.5 Sustancias Utilizadas o Encontradas en el Lugar de Trabajo .....	62
7.6 Requisitos Legales y Normas Relevantes Aplicables a la Actividad .....	62
7.7 Medidas de Control Establecidas.....	62
7.8 Identificación de Peligros .....	62
7.8.1 Condición de seguridad.....	64
7.8.2 Físico.....	64
7.8.3 Químicos .....	64
7.9.2 Casco de Seguridad.....	68
7.9.3 Lentes de Seguridad.....	68
7.9.4 Guantes Dieléctricos.....	68
7.9.5 Ropa conductiva.....	68
7.9.7 Calzado de Seguridad .....	68
7.9.8 Control para el Riesgo de Caída de Nivel (clasificación condición de seguridad, peligro locativo) .....	68
7.9.9 Control para Riesgo de Intoxicación Respiratoria (Clasificación Química, Peligro Gases).....	69
7.9.11 Control para el Riesgo de Picadura (Clasificación Biológica, Peligro Insectos).....	69
7.10 Evaluar los Riesgos.....	70
8. Protocolo de Seguridad Trabajos con Tensión .....	73
9. Conclusiones.....	74
10. Recomendaciones .....	76
Referencias.....	77

**Lista de Figuras**

Figura 1. Desglose del Tipos de subestaciones eléctricas..... 31

Figura 2. Zona de peligro alrededor de un elemento en tensión..... 37

Figura 3. Procedimiento de construcción de una matriz de peligros según GTC 45..... 39

Figura 4. Resumen de la Matriz de peligro..... 40

Figura 5. Medidas de control para el riesgo de ser electrocutado..... 67

Figura 6.Control para el riesgo de caída de nivel ..... 69

Figura 7. Control para riesgo de intoxicación respiratoria ..... 69

Figura 8.Control para el riesgo de picadura..... 70

Figura 9. Evaluación de riesgos ..... 71



**Lista de Tablas**

Tabla 1. Normatividad vigente sobre prevención de riesgos laborales .....	44
Tabla 2. Procedimiento para la ejecución de la matriz de peligros .....	53
Tabla 3. Relación de proceso, actividad y tareas .....	55
Tabla 4. Clasificación de guantes en trabajos en tensión según su clase.....	58
Tabla 5. Clasificación de guantes en trabajos en tensión según su propiedad.....	58
Tabla 6. Descripción del peligro según la tarea a ejecutar .....	63
Tabla 7. Identificación de controles .....	65

**Lista de Apéndices**

Apéndice A. Matriz de riesgos y peligros.

Apéndice B. Guia de mantenimiento de puntos calientes en trabajos en tensión.

“Los apéndices están adjuntos y puede visualizarlos en la base de datos de la biblioteca UIS”

## Resumen

**Título:** Guía para la corrección de puntos calientes en subestaciones eléctricas con enfoque en seguridad y salud en el trabajo\*

**Autor:** Mayra A. Díaz Almeyda\*\*

**Palabras Claves:** Tensión, seguridad y salud en el trabajo, puntos calientes, subestación eléctrica.

**Descripción:** El presente proyecto de investigación tiene como finalidad abordar la temática de la Seguridad y Salud en el Trabajo (SST) en los sistemas de media y alta tensión, puntualmente aplicada en la corrección de puntos calientes, puesto que, es de suma importancia velar por la seguridad e integridad de los operarios que trabajan en las subestaciones eléctricas. Para el cumplimiento del objetivo general se plantea una metodología de tipo investigativa, a través de la revisión de la literatura científica en artículos de revistas, libros, artículos de periódicos u otros medios que presenten información que oriente a los operarios a identificar aspectos claves a la hora de entrar a proceder en la corrección de puntos calientes. Como primera instancia, se determinaron las exigencias normativas con base en la resolución 5018 de 2019, la cual manifiesta lineamientos en Seguridad y Salud en el trabajo en los Procesos de Generación, Transmisión, Distribución y Comercialización de la Energía Eléctrica y el RETIE de 2013. Posterior a ello, se establece los procesos, actividades, y tareas que se desarrollan en la corrección de puntos calientes, para luego entrar a valorar los riesgos y peligros a los que se encuentra expuesto un operario que desempeña labores en una subestación eléctrica, descrito a través de la matriz de riesgos laborales, con su respectiva medida de mitigación, haciendo énfasis en el método planteado en la Guía Técnica Colombiana GTC 45. Y, por último, se desarrolla una guía metodológica llamada: *Guía Metodológica para Corrección de Puntos Calientes en Subestaciones Eléctricas con Enfoque en Seguridad y Salud en el Trabajo*, como una estrategia que contiene métodos, técnicas, y elementos que aportan a la mitigación de los riesgos laborales de tipo eléctrico. Cabe resaltar que todos los riesgos, peligros, medidas de mitigación, técnicas, procesos y procedimientos planteadas en la presente guía, se encuentran relacionado con los métodos de trabajo en tensión.

---

\* Trabajo de Grado

\*\* Escuela de Ingeniería eléctrica, electrónica y de telecomunicaciones. Programa Ingeniería Eléctrica. Director: Óscar Arnulfo Quiroga Quiroga PDh Tecnología. Codirector Óscar Iván Aguirre Varela. Especialista en Gerencia de Recursos Energéticos.

## Abstract

**Title:** Guide for the correction of hot spots in electrical substations with a focus on safety and health at work\*

**Author:** Mayra A. Díaz Almeyda\*\*

**Key Words:** Voltage, safety and health at work, hot spots, electrical substation.

**Description:** The objective of this research project is to address the issue of Occupational Health and Safety (OSH) in medium and high voltage systems, specifically applied to the correction of hot spots, since it is of utmost importance to guarantee the safety and integrity of the operators. . . who work in electrical substations. To meet the general objective, an investigative methodology is proposed, through the review of scientific literature in magazine articles, books, journalistic articles or other media that present information that guides operators to identify key aspects so that it is time to start correcting hot spots. In the first instance, the regulatory requirements were determined based on resolution 5018 of 2019, which establishes guidelines on Safety and Health at Work in the Processes of Generation, Transmission, Distribution and Marketing of Electric Energy and the RETIE of 2013. Subsequently, The processes, the activities and tasks that are carried out in the correction of hot spots are established, and then begin to evaluate the risks and dangers to which an operator who performs work in an electrical substation is exposed, which are described below. through the matrix of occupational risks, with its respective mitigation measure, emphasizing the method proposed in the Colombian Technical Guide GTC 45. And, finally, a methodological guide is developed called: Methodological Guide for the Correction of Hot Spots in Substations. Electrical with a Focus on Safety and Health at Work, as a strategy that contains methods, techniques and elements that contribute to the mitigation of electrical occupational risks. It should be noted that all risks, hazards, mitigation measures, techniques, processes and procedures described in this guide are related to live work methods.

---

\* Degree Work

\*\* School of electrical, electronic and telecommunications engineering. Electrical Engineering Program. Director: Óscar Arnulfo Quiroga Quiroga PDh technology. co-director Oscar Ivan Aguirre Varela. Energy Resources Management Specialist.

## Introducción

La seguridad es un factor fundamental que debe ser parte de cualquier trabajo eléctrico a ejecutar. Dada la necesidad de asegurar la protección de los operarios ante cualquier incidencia o accidente laboral, es preciso conocer la normatividad y los métodos de trabajo en tensión, para de esta manera buscar mecanismos que permitan garantizar la seguridad de los trabajadores en todo momento.

La energía eléctrica resulta de una diferencia de potencial entre dos puntos, lo que permite establecer una corriente eléctrica, mientras que la corriente eléctrica cumple una función de movimiento de cargas a través de un cable conductor, por su parte quien se encarga de manejar y establecer los niveles de tensión adecuados para producir, convertir, regular y distribuir la energía eléctrica, son las subestaciones (eléctricas), infraestructura que distribuye la electricidad a las diferentes zonas geográficas (Repsol, 2023). Este elemento debe ser manejado bajo la mayor rigurosidad en el tratamiento de los procesos, principalmente por la mano de obra, ya que son ellos quienes realizan directamente las operaciones para el correcto funcionamiento de la misma. Ahora bien, una de las acciones a tener en cuenta para la reducción de accidentes de tipo eléctrico dentro de las subestaciones, son los mantenimientos preventivos o predictivos periódicos que se deben desarrollar, como por ejemplo, la corrección de puntos calientes, dado que un indebido manejo en la unión mecánica entre puntos conectados a un elemento eléctrico genera como consecuencia falsos contactos por la acción de las corrientes de sobrecarga y cortocircuito, siendo estos generados por múltiples factores tales como el incremento de la resistencia por malos contactos, sobrecarga en componentes eléctricos, perturbaciones, desequilibrio de fases como consecuencia de la diferencia de potencial, ausencia de orden en el trabajo.

El presente trabajo de grado busca desarrollar una guía que permita orientar a los trabajadores en el procedimiento idóneo para la corrección de puntos calientes dentro de una subestación eléctrica, guía que se abordará bajo los lineamiento propuestos por el Ministerio de Trabajo en la resolución 5018 de 2019, la cual establece los lineamientos del Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo en el sector eléctrico y actividades relacionadas y el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas – RETIE 2013.

## 1 Problema a Resolver

Una subestación eléctrica es la exteriorización física de un nodo de un sistema eléctrico de potencia, en el cual la energía se transforma a niveles de tensión adecuados para su transporte, distribución o consumo, con determinados requisitos de calidad (RAPE, 2020). En Colombia, al ser un país en desarrollo, ha tecnificado los procesos mediante la implementación de más de 100 subestaciones en todo el territorio del país, ubicadas principalmente en las regiones andinas y caribe (arctgis, 2021). Sin embargo, a pesar de estar dotado con un robusto sistema eléctrico que se pone a disposición de todos los habitantes, se revelan deficiencias en el uso continuo del servicio prestado.

Las interrupciones del continuo uso del servicio deben ser intervenidas por los operarios en el mantenimiento correctivo, situación que pone al descubierto los riesgos a los que se enfrentan los operarios en cuanto a la limitada existencia o el limitado acceso a la información relacionada con la metodología para el tratamiento y corrección de puntos calientes en una subestación eléctrica. Aun cuando existen iniciativas propuestas por las entidades públicas como el Ministerio de trabajo en la resolución 5018 del 20 de noviembre del 2019 y el RETIE, donde se establecen lineamientos en Seguridad y Salud en el Trabajo para todas las actividades que sean ejecutadas en los procesos de gestión de la energía a través de la generación , transmisión, distribución y comercialización ; se evidencia limitada información conforme a metodologías o manuales para el tratamiento de fallas en los sistemas eléctricos de las subestaciones eléctricas, denotados como puntos calientes, que se originan principalmente por la unión mecánica inadecuada con puntos conectados a elementos eléctricos o falsos contactos. Como consecuencia de ello, los operarios entran a solucionar las fallas y/o realizar mantenimiento preventivo con un mínimo de conocimiento, poniendo en riesgos la vida y la salud física. Así lo demuestra un reporte publicado

por Unidad Administrativa Especial Cuerpo Oficial de Bomberos de Bogotá, quien manifiesta que se han presentado 451 incidentes de tipo eléctrico en estaciones, torres, transformadores, redes, cajas, cámaras de inspección y principalmente en subestaciones eléctricas con 44 incidentes del total nacional únicamente durante el año 2021, situación que pone al descubierto el panorama crítico que se muestra frente al sector eléctrico en el país. Problema que radica principalmente por la ausencia de programas que fomenten el conocimiento de técnicas, metodologías y procedimientos entre los trabajadores que se dedican a dicha actividad (U.A.E Cuerpo oficial de Bomberos, 2022).

Frente a esta situación, las empresas deben velar por hacer cumplir una serie de protocolos con el fin de que, en caso de que se incurra en un accidente o incidente, esta sea estudiada por la administradora de riesgos laborales, con el fin de velar por la seguridad del trabajador. Para concluir, el principal problema a resolver radica en la ausencia de conocimiento atribuido a mecanismos de control y prevención que permitan disminuir los accidentes laborales de tipo eléctrico en los mantenimientos o correcciones de puntos calientes en las subestaciones eléctricas, de tal manera que permita reducir significativamente los riesgos y, por ende, velar por la seguridad de los trabajadores.



## 1.1 Justificación

Partiendo del artículo 25 consagrado en la declaración de los derechos humanos ante la organización de las Naciones Unidas, en la que se establece la vida digna como un derecho fundamental, menciona: toda persona tiene derecho a un nivel de vida adecuado que le asegure, así como a su familia, la salud y el bienestar, y en especial, la alimentación, el vestido, la vivienda, la asistencia médica y los servicios sociales necesarios (Duque, Duque, & Gonzales Sanchez, 2018). Particularmente, cuando se menciona la vivienda se desglosan otros servicios tales como el servicio de energía eléctrica, garantía que debe ser suplida por el estado colombiano. Sin embargo, según un artículo publicado por la revista semana refiere que el servicio de energía eléctrica se mantuvo como el de mayor reclamación por parte de los usuarios en el país, con casi 110.000 trámites y solicitudes. Las principales causas de reclamación prevalecen en temas administrativos y por la suspensión o corte de los servicios sin previo aviso (Semana, 2022).

Estas suspensiones sin previo aviso, se realizan como estrategia de mejora en los mantenimientos correctivos o de emergencia que deben ser realizados en las diferentes subestaciones, estaciones y/o redes eléctricas, siempre y cuando la problemática se haya presentado de forma imprevista, puesto que uno de los problemas comunes que se presentan en las instalaciones eléctricas son los denominados puntos calientes. Los cuales pueden ocasionar daño parcial o total en equipos e instalaciones, y por ende la pérdida de la continuidad del servicio de energía en las instalaciones eléctricas (Comisión Federal de Electricidad, 2007). Cabe destacar, que los esfuerzos por recuperar la continuidad de los servicios eléctricos se da gracias a los profesionales y personal calificado que opera directa e indirectamente en las subestaciones y/o redes eléctricas. No obstante, la tasa de accidentes laborales en Colombia entre los años 2010 y

2019 asciende a 3.167 de los cuales 794 son muertes, 1.274 por quemaduras, 47 por electrolisis, 44 por tetanización y 20 por fibrilación, denotando que la causa del accidente prevalece en la desatención de las normas técnicas por contacto directo (Ministero de Minas y Energia, 2023). Situación que pone en alerta a las entidades aseguradoras de riesgos laborales.

Por lo tanto, el interés de abordar una metodología que oriente a la reducción del riesgo de tipo eléctrico entre los profesionales y técnicos que desarrollan correcciones en puntos calientes en las subestaciones eléctricas, siendo este el principal motivo por el cual se aborda la guía planteada.

## 2 Objetivos

### 2.1 Objetivo General

Elaborar una guía metodológica para la actividad de corrección de puntos calientes en subestaciones eléctricas bajo el método de trabajo con tensión, haciendo énfasis en los requerimientos de seguridad y salud en el trabajo.

### 2.2 Objetivos específicos

- Identificar las exigencias normativas para la ejecución de trabajos con tensión acorde con lo establecido en la resolución 5018 de 2019 y otras normas de referencia.
- Evaluar los riesgos a los que se exponen los trabajadores realizando la corrección de puntos calientes en subestaciones bajo el método de trabajo con tensión, identificando las medidas de mitigación.
- Desarrollar una guía metodológica para la preparación y desarrollo de la actividad de corrección de puntos calientes en subestaciones eléctricas bajo el método de trabajo con tensión que contemple los mecanismos de mitigación de los riesgos identificados, así como el cumplimiento de las exigencias normativas en materia de seguridad y salud en el trabajo.

### **3 Estado del Arte**

Los peligros eléctricos son los principales causantes de efectos negativos en la salud de los trabajadores que están dentro del campo ocupacional del sector eléctrico, siendo así uno de sus principales factores, el arco eléctrico que puede producir efectos nocivos para la salud física, mental y en el desempeño laboral de los trabajadores. Las consecuencias más graves de este factor de riesgo son la muerte, quemaduras graves, desmembramientos, incapacidades temporales y permanentes (Cabrera Acosta & Maigua Caiza, 2019). Por lo tanto, a través de una investigación se identificaron casos de empresas e instituciones que tienen el interés de abordar la temática de estudio, así lo demuestra un trabajo que tiene como finalidad evaluar los riesgos eléctricos en la subestación “La Península” de la Empresa Eléctrica Ambato Regional Centro Norte S. A. (EEASA) para el desarrollo de la misma se utilizó una lista de chequeo “check list” en el cual se consideraron aspectos como el personal de trabajo, la infraestructura, actividades laborales, capacitación y mantenimiento.

En el análisis efectuado se obtuvo como resultado que se tiene un 55% de cumplimiento de los estándares básicos de seguridad, un 35% del no cumplimiento de aspectos relevantes que pueden desencadenar en un accidente en el ámbito laboral y un 10% de situaciones que no se aplican dentro de la subestación. Además, se realizó el levantamiento de los procesos internos que realiza el técnico de la subestación en su labor cotidiana, señalando la importancia de estandarizar los procesos y procedimientos entre los operarios que mayor influencia tienen sobre las actividades eléctricas. El caso de estudio se especificó las causas y consecuencias sobre las cuales un operador está expuesto, cuando se encuentra en determinado riesgo eléctrico.

En el ámbito internacional, un proyecto de investigación publicado por Macias & Llosas-Albuerne (2022) en la revista *Open Journal Systems*, titulado *mantenimiento a partir de puntos calientes en la subestación Santo Domingo 230/138/69 kV*, utilizando termografía infrarroja, señala los principios básicos de la termografía infrarroja y la detección temprana de fallas en los sistemas y equipos eléctricos mediante la variación de temperatura para la localización de puntos calientes dentro de las instalaciones que comprende la subestación de alta tensión de Santo Domingo, para dicho objetivo se empleó la ayuda de una cámara termográfica profesional de alta gama con el propósito de generar un plan de mantenimiento predictivo que se adapte a las condiciones del entorno de trabajo para la infraestructura electromecánica, y equipos sujetos de estudio, posterior a ello, determinar las posibles fallas mecánicas y eléctricas producto del levantamiento termográfico. Como resultado, se pudo evidenciar la reducción de accidentes de tipo eléctrico en consecuencia de la detección temprana de instalaciones, equipos, conectores y herrajes que presentan el mayor número de puntos calientes o variaciones de temperatura.

Así mismo, otro de los proyectos de interés se deriva de una investigación publicado por la Escuela superior Politécnica de Chimborazo a cargo de Bautista & Mora Solis (2013) la cual tiene como objetivo evaluar el estado de los componentes y equipos de la subestación Oriente y Alimentador Totorá, mediante la localización de puntos calientes que, por definición, según INDUNOVA son producto del incremento de corriente, elementos mal ajustados, corrosión y suciedad. Cabe mencionar, que el método de detección temprana de fallas fue el equipo de termografía Satis E8-GN y el uso de software para el análisis de los resultados, especificando efectos positivos que procuraron conservar y mejorar la confiabilidad de los activos de la empresa, alargando la vida útil de sus equipos y elementos.

Por otro lado, un artículo publicado por Zarco, Zarco, & Zarco Soto (2022) en España estudia los procesos que se deben llevar a cabo para una correcta termografía subestacionaria, a través de procedimientos técnicos y ambientales desarrollados en las subestaciones electricas. Cabe mencionar que esta metodología es considerada la más rápida, eficiente, con bajo costo y con mayor efectividad en terminos de resultados. Sin embargo, para que la información sea veraz se deben cumplir con una serie de requisitos como lo es el desarrollo del proceso operado por un trabajador calificado, la distancia adecuada, el tipo de equipo utilizado, las lluvias, vientos y radiación.

Un proyecto de investigación desarrollado por Kou, Xinrong, & Taowei, (2020) diagnostica la necesidad de monitorear y conocer el estado de las instalaciones y los equipos asociados, para asegurar la continua fuente de alimentación eléctrica. Por lo tanto, la investigación científica propone a la termografía infrarroja como el método profesional más utilizado para el mantenimiento preventivo en las instalaciones de media y alta tensión. Su bajo costo, su rápida implantación y la eficacia de los resultados obtenidos permiten realizar diagnósticos termográficos varias veces al año en caso de ser necesario. Sin embargo, este estudio describe las fallas que tiene la implementación de este método, como por ejemplo al tomar imágenes termográficas, los puntos que no alcanzan su máxima temperatura y pueden ser invisibles para el aparato termográfico infrarrojo, denotando un porcentaje de error, los resultados del diagnóstico pueden ser erróneos ya que la temperatura alcanzada no es la máxima, cuando se presentan temperaturas inferiores al direccionado por el termógrafo. A través de estos resultados, el estudio pretende realizar una fórmula que permita extrapolar la temperatura con la corriente conforme a datos experimentales. Los resultados obtenidos, permitieron obtener respuestas rápidas Con base en la formula alcanzada, sin la necesidad de realizar trabajo de campo en todo momento.

En el ámbito Nacional, existe limitada información en las bases de datos institucionales que permitan evidenciar artículos científicos que tengan como finalidad orientar a los trabajadores acerca de la metodología idónea para la corrección de puntos calientes bajo el método de trabajo en tensión. Por su parte, existen sitios web de carácter empresarial y educativos que tienen la intención de proponer información acerca de metodologías a seguir en las actividades de mantenimiento en subestaciones eléctricas. Es el caso de un informe publicado por la empresa Dispac, empresa distribuidora del pacifico, allí se muestra una guía que tiene como objetivo la definición de procedimientos necesarios para un óptimo desarrollo del mantenimiento preventivo, predictivo y correctivo en las subestaciones eléctricas de alta, media y baja tensión. De igual manera, las empresas también se suman en presentar información que permita ser una guía para los trabajadores de la industria, como lo es la empresa Tecnología para la Industria, la cual ofrece una herramienta que brinda soluciones tecnológicas para plantas industriales enfocadas en automatización y mantenimiento (Herrera, 2015). En la guía presentada se muestra los procedimientos para un correcto mantenimiento preventivo, como también, presenta buenas prácticas y diagnostica situaciones de riesgo a través de herramientas digitales como el software GMAO, el cual permite emplear una aplicación de inspección, que personaliza y optimiza la recopilación de datos mediante un seguimiento de la información cuantitativa y cualitativa. (Tecnología para la Industria, 2023).

## **4 Marco Teórico**

### **4.1 SG-SST Para Trabajos de Tipo Eléctrico**

A través de entidades que velan por la seguridad de los trabajos como lo es el Ministerio del Trabajo, la cual establece los lineamientos en Seguridad y Salud en el trabajo en los Procesos de Generación, Transmisión, Distribución y Comercialización de la Energía Eléctrica (Ministerio del Trabajo, 2019). No obstante, la entidad responsable de los asuntos relativos a las relaciones laborales es la Organización Internacional del Trabajo (OIT), organismo de carácter internacional que establece los lineamientos que se deben llevar a cabo en el cuidado y protección de los trabajadores ante un caso de accidente o enfermedad laboral. A causa de las víctimas mortales y los accidentes que no únicamente conlleva a la pérdida económica de una empresa, sino un incalculable costo en el plano emocional de los humanos. A causa de diferentes sucesos históricos como lo es la segunda guerra mundial, el desastre producido en la planta nuclear de Chernóbil, la OIT intervino mediante normativas y programas que permitieran mejorar las condiciones laborales como también, aplicar nuevas disciplinas que guardan estrecha relación con la planificación y gestión de la seguridad (OIT, 2019). Todo lo anteriormente mencionado, fueron las bases para que nuevas entidades internacionales surgieran y tomaran iniciativas conforme al tema de la salud, como por ejemplo las Naciones Unidas (ONU) y la Organización Mundial de la Salud (OMS)

Según el autor Palacio (2018) del libro Sistema de gestión de riesgos en SST, la seguridad y salud en el trabajo y el sistema de gestión de seguridad y salud en el trabajo cuentan con una estrecha finalidad orientada a la protección y seguridad del trabajador. Mientras que la diferencia, radica, en el alcance, ya que el SG -SST se basa la mejora continúa aplicando la técnica del PHVA. Para el International Labour Organization, ( 2011) el Sistema de Seguridad en el Trabajo trata de la “prevención de las lesiones y enfermedades causadas por las condiciones del trabajo y tiene por



objetivo mejorar el entorno y el medio ambiente”, mientras que los sistemas de gestión de la seguridad y salud en el trabajo (SG-SST) consisten en el desarrollo de un proceso lógico y por etapas, basado en la mejora continua y que incluye la política, la organización, la planificación, la aplicación y la evaluación con el fin de obtener una acción de mejora y reconocer oportunamente los riesgos asociados al trabajador.

Las teorías en el ámbito nacional tomaron cartas en el asunto gracias al interés y esfuerzo del general Rafael Uribe, quien impartiendo conceptos asociados a la protección del trabajador se suma en velar por la protección de los trabajadores frente a peligros y riesgos laborales en lo que se convertiría en la Ley 57 de 1915 conocida como la “ley Uribe”. Esta Ley promulgó las prestaciones sociales asistenciales, las incapacidades, las indemnizaciones en caso de limitaciones físicas a causa de accidentes laborales, entre otros beneficios que favorecían al trabajador. Allí se destacaban temáticas relacionadas con accidentes y enfermedades profesionales, siendo la primera ley relacionada con la protección de los trabajadores. Paralelo a ello, se aprueba la ley 6 conocida como la ley general del trabajo, por el cual se promulgan las bases de integración de la salud ocupacional en Colombia, como las asociaciones profesionales, los conflictos colectivos y jurisdicción especial de asuntos de trabajo.

La Ley 9 de 1979 fue la primera aproximación real del gobierno a la protección de la salud del trabajador, en especial mediante el Artículo 81 establecido por el Ministerio de Salud y Protección Social señala que: “la salud de los trabajadores es una condición indispensable para el desarrollo socioeconómico del país; su preservación y conservación son actividades de interés social y sanitario en la que participarán el gobierno y los particulares”.

Es importante mencionar, que las entidades públicas han tenido el interés de velar por los derechos de los trabajadores, así lo demuestra la evolución de las legislaciones a través de los años, al argumentar y desglosar de mejor manera la temática estudiada, pasando de higiene y seguridad en el trabajo a salud ocupacional conforme a la ley 9 de 1979 y luego, a través de la ley 1562 de 2012 se denominó seguridad y salud en el trabajo

El SG-SST hoy en día es una de las herramientas de gestión más importante para mejorar la calidad de vida de los empleados de una empresa. Se utiliza de forma amplia en todos los sectores. Genera grandes beneficios como la prevención de enfermedades laborales, ambientes sanos de trabajo y la disminución de los costos generados por los accidentes.

Por otro lado, al ser la energía un sector económico dentro de la normativa colombiana, esta cuenta con sus propias disposiciones generales conforme al sistema de gestión en SST para los procesos de generación, transmisión, distribución y comercialización de la energía eléctrica, para las empresas que presten o hagan uso del sistema eléctrico colombiano contenidos en la resolución 5018 de 2019, los cuales son de obligatorio cumplimiento en todo proceso de energía eléctrica, que adelanten las empresas públicas y privadas, contratantes de personal bajo modalidad de contrato civil, comercial o administrativo, trabajadores dependientes e independientes, organizaciones de economía solidaria y del sector cooperativo, a las agremiaciones o asociaciones que afilien trabajadores independientes al Sistema de Seguridad Social, a las empresas de servicios temporales, Administradoras de Riesgos Laborales (ARL); la Policía Nacional en lo que corresponde a su personal no uniformado y al personal civil de las Fuerzas Militares; y demás personas que tengan que ver con estos procesos que involucren peligro eléctrico (Función Pública, 2009).

## 4.2 Mantenimiento en Sistemas Eléctricos

Son muchos los conceptos que se manejan al hablar de técnicas asociadas al manejo de las redes eléctricas en líneas de media y alta tensión, que se derivan de los defectos producto de los factores externos sobre el sistema. Para el autor del libro Pérez (2019), describe los tipos de mantenimiento que se deben desarrollar en las subestaciones eléctricas: mantenimiento predictivo, preventivo y correctivo.

## 4.3 Mantenimiento Correctivo Programado

Para RENOVETE el mantenimiento correctivo programado lo define como “una actividad que implica reparación y reemplazo de piezas, ya que en función de las condiciones del equipo o de ciertos parámetros se efectúan las reparaciones con la intención de prevenir daños mayores que afecten a la disponibilidad del equipo”.

## 4.4 Mantenimiento Correctivo por Avería

Se presenta cuando existe una falla o avería grave de algún o algunos equipos de la subestación, estas averías se presentan por causas ajenas a la voluntad de los responsables de la subestación, y se deben a factores externos: condiciones climáticas, daños de terceros, problemas en la línea de transmisión o distribución.

## 4.5 Mantenimiento Predictivo

Barreto & Mora Montiel (2011) el mantenimiento predictivo “Tiene gran similitud con el mantenimiento preventivo, la diferencia radica en que para establecer el estado de los equipos se tienen en cuenta tanto variables físicas como químicas. Por lo tanto, busca detectar fallas de los equipos con anterioridad para anticiparse a errores”.

### **4.6 Mantenimiento Preventivo**

Según Medina (2021) Consiste en “planear o adelantarse a las posibles averías que pueden surgir, es decir, se basa en evitar los fallos por desgaste y la solución oportuna en el remplazo de piezas, limpiezas periódicas, ajuste de tuercas. La principal ventaja de este tipo de mantenimiento consiste en minimizar imprevistos y que siempre este bajo control las actividades propias de las maquinas o equipos”.

### **4.7 Mantenimiento Correctivo**

Para Garrido (2012) el mantenimiento correctivo consiste en “una intervención rápida que permita la puesta en marcha del equipo en el menor tiempo posible, desarrollando intervenciones fiables y adoptando medidas que no generen un reproceso en un determinado límite de tiempo largo, además en este tipo de mantenimiento se debe consumir la menor cantidad posible de recursos tanto humanos como de materiales”.

### **4.8 Subestación Eléctrica**

Para Montecelos (2015) una subestación eléctrica es considerada una estructura básica en la generación y distribución de la energía eléctrica en alta tensión, la cual se clasifica desde distintos puntos de vista, como la función, el emplazamiento, el tipo de aislamiento, la ubicación y el nivel de tensión; por su parte el nivel de tecnología con el transcurrir del tiempo, ha permitido evolucionar en las tecnologías haciendo énfasis en las técnicas AIS, DBT y HIS. Los principales elementos que comprende una subestación eléctrica son: cables aéreos o subterráneo, interruptores automáticos, transformador de potencia, transformadores de medida y protección, bobinas de bloqueo, autovacunas, reactancias y baterías de condensación.

**4.9 Posiciones en una Subestación Eléctrica**

Se denomina posición al conjunto de aparatos de corte para un mismo nivel de tensión que intervienen en las maniobras de un circuito de alta tensión (AT). Las principales posiciones son: Posición de línea comprende la entrada y salida de cables aéreos o subterránea, aparatos de corte y seccionamiento, elementos auxiliares como bobinas de bloqueo, transformadores de medida y protección; Posición de transformador constituido por un transformador o autotransformador de potencia, los aparatos de corte y aparatos auxiliares; Posición de barras realiza la conexión entre posiciones de líneas o entre posiciones de transformadores (Unión Fenosa, 2016).

**4.10 Ecosistema de una Subestación Eléctrica*****4.10.1 Transformador de Potencia***

Es una máquina eléctrica que transfiere energía eléctrica de un circuito a otro conservando la frecuencia constante, existen dos tipos según la funcionalidad de la misma. Los transformadores de las unidades generadoras elevan la tensión desde el nivel de generación al de transmisión, mientras que los transformadores de distribución primaria reducen la tensión desde el nivel de transmisión al valor de distribución primaria (Ramirez, 2015, pág. 149).

***4.10.2 Interruptor de Potencia***

Para el autor Ramirez (2015) cumplen dos funciones principales, la primera corresponde a la elevación de la tensión desde el nivel de generación al de transmisión y reduce la tensión desde el nivel de transmisión al valor de distribución primaria (pág. 149).

***4.10.3 Restaurador***

Es un interruptor de aceite con sus tres contactos dentro de un mismo tanque y que opera en capacidades interruptoras bajas. Los restauradores están contruidos para funcionar con tres

operaciones de refiere y cuatro aperturas con un intervalo entre una y otra; en la última apertura el cierre debe ser manual, ya que indica que la falla es permanente.

#### ***4.10.4 Cuchillas Fusibles***

Son elementos de conexión y desconexión de circuitos eléctricos. Tienen dos funciones: una como cuchilla desconectador, para lo cual se conecta y desconecta, y otra como elemento de protección. El elemento de protección lo constituye el dispositivo fusible que se encuentra dentro del cartucho de conexión y desconexión.

#### ***4.10.5 Cuchillas Desconectores y Cuchillas de Prueba***

También conocidos como seccionadores, cuya principal función es desconectar determinados equipos de una subestación eléctrica. Por lo general se operan sin carga, pero con algunos aditamentos se puede operar con carga hasta ciertos límites (Ramirez, 2015, pág. 154).

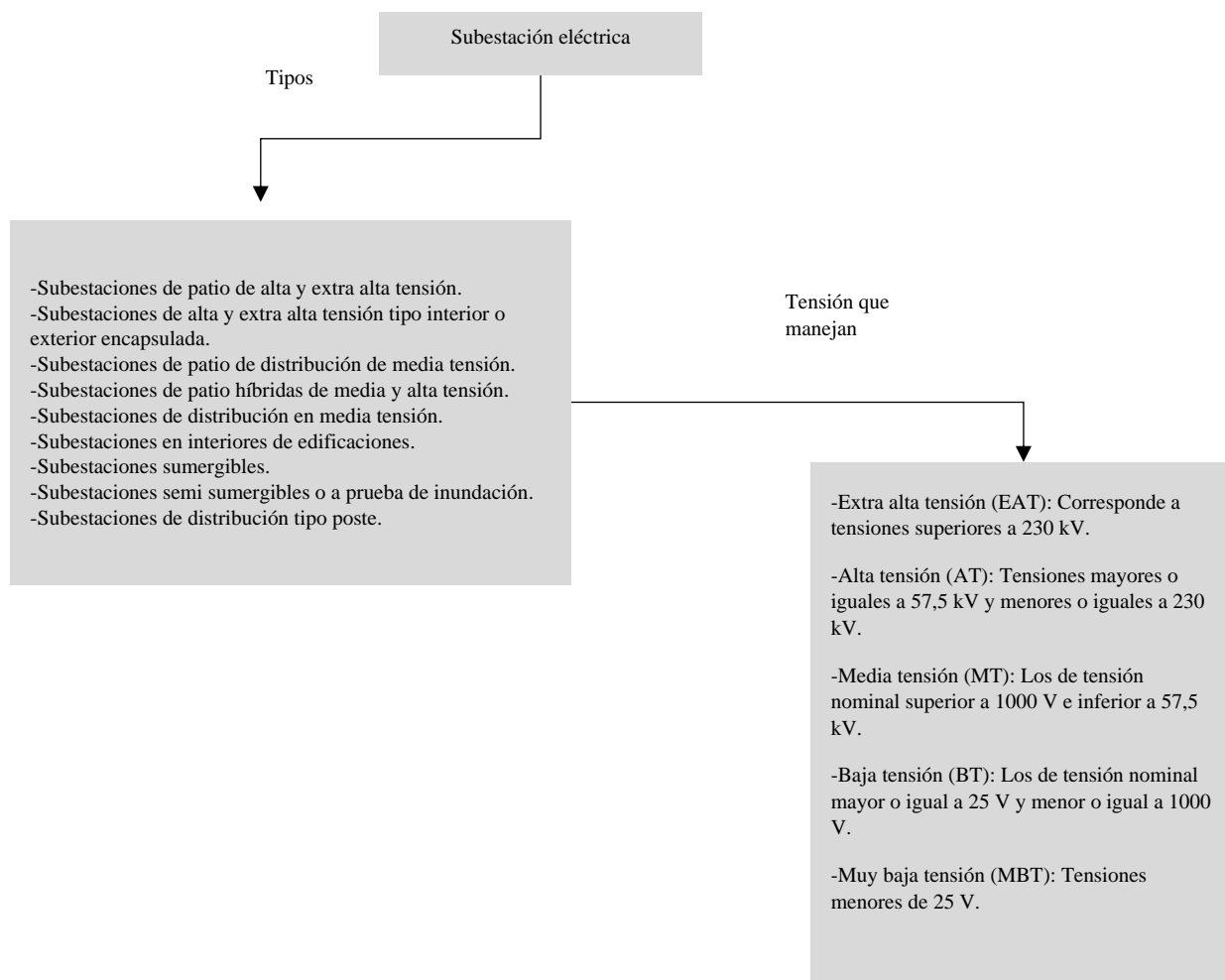
#### ***4.10.6 Pararrayos***

Los pararrayos “son dispositivos diseñados y construidos para descargar las sobretensiones producidas por causas internas o externas al sistema eléctrico al cual protegen” (Ramirez, 2015, pág. 161)

#### ***4.10.7 Transformadores de Instrumento***

Los transformadores de instrumentos se diferencian dado que existen dos tipos el primero corresponde a un transformador (TC) de corriente cuya función principal prevalece en cambiar el valor de la corriente en su primario a otro en el secundario; mientras que el transformador de potencial (TP) transforma los valores de voltaje sin tomar en cuenta la corriente (Resalmex, s.f.).

**Figura 1.** Desglose del Tipos de subestaciones eléctricas.



*Nota.* Clasificación de subestaciones eléctricas según su operación, servicio, construcción y manejo. Adaptado de Ministerio de Minas y Energía (2013). *ANEXO GENERAL DEL RETIE RESOLUCIÓN 9 0708 DE AGOSTO DE 2013 CON SUS AJUSTES*. minenergia.gov.

[https://www.minenergia.gov.co/documents/3809/Anexo\\_General\\_del\\_RETIE\\_vigente\\_actualizado\\_a\\_2015-1.pdf](https://www.minenergia.gov.co/documents/3809/Anexo_General_del_RETIE_vigente_actualizado_a_2015-1.pdf)

**4.11 Tipos de subestaciones eléctricas*****4.11.1 Subestaciones de patio de Alta y Extra Alta Tensión***

Este tipo de subestaciones se usa normalmente en las centrales eléctricas cuando se trata de tensiones de alta tensión (EAT) que corresponde a tensiones superiores a 230 kV y alta tensión (AT) que corresponde a tensiones mayores o iguales a 57,5 kV y menores o iguales a 230 kV (CNS-NT-04, 2023).

***4.11.2 Subestaciones de Alta y Extra Alta Tensión Tipo Interior***

Para la CNS (2023) las subestaciones de alta y extra alta tensión “es utilizado para la instalación de transformadores de distribución bajo techo localizados en predios tales como edificios para centros comerciales, viviendas multifamiliares u oficinas, zonas restringidas por Planeación Municipal para distribución aérea y zonas definidas por la Empresa para distribución subterránea”.

***4.11.3 Subestaciones de Patio de Distribución de Media Tensión***

Este tipo de subestaciones se usa normalmente en las centrales eléctricas cuando se trata de tensiones de Media tensión (MT): Los de tensión nominal superior a 1000 V e inferior a 57,5 kV (CNS-NT-04, 2023).

***4.11.4. Subestaciones de Distribución en Media Tensión.***

Se denomina subestación de distribución cuando destinada a establecer los niveles de tensión adecuados para producir, convertir, regular y distribuir la energía eléctrica en niveles de nominal superior a 1000 V e inferior a 57,5 kV (CNS-NT-04, 2023).



***4.11.6. Subestaciones Tipo Pedestal.***

Consiste en dos gabinetes independientes tipo intemperie, uno para el transformador internamente protegido contra cortocircuito y sobrecarga, y el otro gabinete para el seccionador de maniobras con terminales de media tensión de frente muerto.

***4.11.7. Subestaciones Subestaciones Sumergibles.***

Los equipos y maquinaria usadas están diseñadas para operar en interiores, está en una solución que ha caído en desuso para las subestaciones aisladas en aire, con la creciente utilización de las subestaciones aisladas en hexafluoruro de azufre (CNS-NT-04, 2023).

***4.11.8 Subestaciones de Distribución Tipo Poste.***

“Se usan en redes aéreas en zonas rurales, urbanas, industriales o en urbanizaciones, siempre y cuando el (POT) o los organismos encargados de la regulación lo permitan. Generalmente los postes se instalan en los andenes de las vías públicas” (CNS-NT-04, 2023).

**4.12 Mantenimiento de Subestaciones**

A las subestaciones eléctricas se les deben realizar mantenimientos periódicos que aseguren la continuidad del servicio y la seguridad tanto de los equipos y demás componentes de la instalación como del personal que allí interviene, de dichas actividades se deben guardar las respectivas evidencias y registros, las cuales podrán ser requeridas por cualquier autoridad de control y vigilancia. En subestaciones tele controladas, los equipos de detección y extinción de incendios deben ser automáticos, en caso de no serlo, la subestación debe contar con la presencia permanente de personal calificado para su operación, sin distinción de la fecha de entrada en operación de la instalación. En toda subestación debe asegurarse una revisión y mantenimiento periódico de los equipos de control y protección, con personal especializado, además, debe

realizarse la limpieza adecuada de elementos y espacios de trabajo con el objetivo de facilitar las labores de revisión y mantenimiento (Ministerio de Minas y Energía, 2013).

#### **4.13 Puntos Calientes en Sistemas Eléctricos**

Los puntos calientes se denominan un problema común entre las instalaciones eléctricas como las Centrales Generadoras, Subestaciones, Líneas de Transmisión y Subtransmisión, Redes de Distribución, etc. Así como también en equipos donde se evidencia un contacto entre cargas; los cuales pueden llegar a ocasionar el daño parcial o total en equipos e instalaciones, para el caso de la maquinaria a emplear y un accidente laboral para los servidores que la operan. Las consecuencias producto de los falsos o malos contactos son, pérdida de las propiedades en los materiales trayendo como consecuencia el debilitamiento de los elementos. Cabe resaltar que todos los cuerpos que se hallan por encima del cero absoluto emiten radiación de energía infrarroja, que depende de la temperatura alcanzada por dicho objeto como generador del “punto caliente”. La elevación de temperatura en los puntos de contacto es producida por varios factores, entre ellos se pueden citar principalmente la alta resistencia de contacto, ocasionada por deficiente apriete de partes de la unión; corrosión producida por la unión de materiales de diferentes características; Reducida área de contacto para la conducción y baja calidad de los materiales en algunos equipos (Comisión Federal de Electricidad, 2007).

##### **4.13.1. Contacto Eléctrico**

Se alude al contacto por Villarrubio (s.f) como la función que realiza un individuo con cualquier parte sometida a tensión de una instalación o sistema eléctrico. A la tensión que existe en una instalación o sistema a la que se ve sometida una persona por contacto eléctrico se denomina tensión de contacto y se distingue contacto directo y el indirecto. El contacto directo tiene lugar

cuando un individuo entra en contacto directamente con algún conductor, elemento o parte activa bajo tensión. Mientras que el contacto indirecto, se produce cuando una persona entra en contacto con algún elemento de un equipo o sistema que presenta accidentalmente un defecto en su aislamiento.

#### **4.14 Método de Trabajo con Tensión**

Se entiende por método de trabajo en tensión como aquella actividad “durante el cual un trabajador entra en contacto con elementos en tensión, o entra en la zona de peligro, bien sea con una parte de su cuerpo o con las herramientas, equipos, dispositivos o materiales que manipula” (Lizana, 2001).

Juarez (2004) define la corriente eléctrica como un flujo de electrones que pasan por un conductor por unidad de tiempo, la cual genera un movimiento que permanece en el tiempo la cual necesita una presión, fuerza que obligue a los electrones a moverse desde un punto hacia otro (pág. 8). Iniciando desde el concepto de tensión eléctrica o diferencia de potencial existen rangos que discriminan la cantidad de tensión, por tanto, se habla de tensiones muy bajas cuando el límite es 50 voltios; muy bajas cuando se encuentra en un rango entre 50 a 1.000 voltios: medias cuando se encuentra por encima de 1000 hasta 33.000 voltios y alta tensión, cuando supera los 33.000 voltios (Robledo, Riesgos Electricos y Mecanicos, 2010). Para Perez J. G., (2013) señala que los trabajo en alta tensión deben ser intervenidos por personal cualificado y este debe desarrollar una planificación previa donde se establece el mejor y más seguro método de actuación. Y para esto se definen los tres métodos de trabajo que se deben de tener en cuenta conforme a la cantidad de voltios que tiene la red eléctrica.

El trabajo en tensión FREMAP (2014) lo define como “aquel que durante el cual un trabajador entra en contacto con elementos en tensión o entra en la zona de peligro, bien sea con

una parte de su cuerpo o con las herramientas, equipos, dispositivos o materiales que manipula”. Por consiguiente, el contacto directo se produce cuando un operario o persona entra en contacto directamente o por medio de un elemento conductor, como por ejemplo una herramienta, o un cable eléctrico desnudo. En estos casos la persona sufre una diferencial de potencial o tensión sobre una de las partes de su cuerpo. Mientras que el contacto indirecto se produce cuando una persona toca una masa que está en tensión. Por ejemplo, los elementos de protección de un motor denotando una falla en el aislamiento externo de la misma (Lopez, Bernal, Yusta, & Millan , 2012).

#### ***4.14.1 Método de Trabajo a Potencial***

Para Perez J. G. (2013) este método es el más empleado por los profesionales o técnicos calificados para el correcto desarrollo de las operaciones en alturas, dado que los operarios entran en contacto directo con los componentes eléctricos que se encuentran en alta tensión y principalmente en el aire, además los elementos a emplear se ponen a la misma tensión cuando se empieza a manipular. Para estos casos se debe realizar un aislamiento efectivo del operario con respecto a los otros elementos que puedan estar a una tensión distinta a la del componente que se manipulará.

#### ***4.14.2 Método de Trabajo a Distancia***

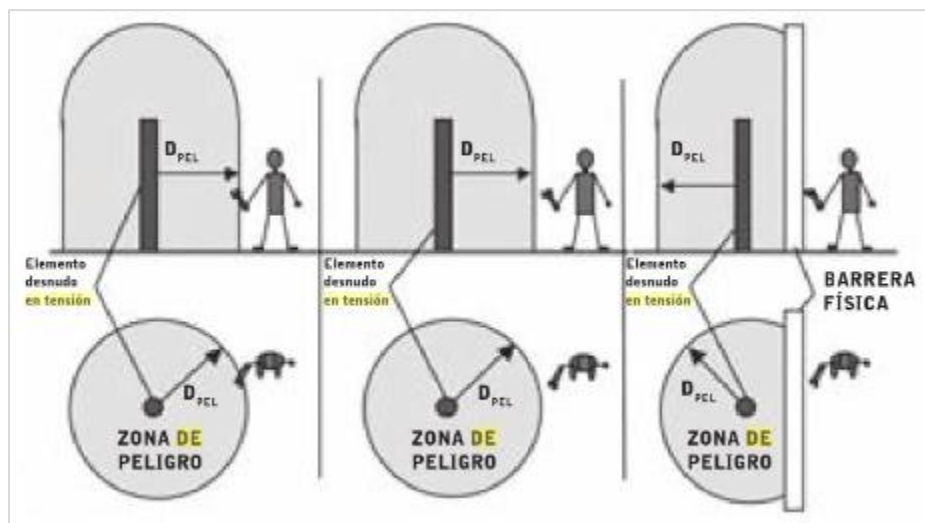
Garcia (2017) menciona que este método es también utilizado en tensiones alta y muy altas, sin embargo, es empleado mayormente en tensiones medias. En estos casos el operario se encuentra en el suelo o en algún apoyo de la línea de alta tensión a cierta altura, con lo que permanecerá en potencial cero, es decir se evita las elevaciones.

**4.14.3 Método de Trabajo en Contacto con Protección Aislante en las Manos**

Este método raramente se usa en reparaciones a tensiones de redes de alta tensión. Sin embargo, para la correcta operabilidad el profesional debe emplear guantes aislantes en las manos, se emplea principalmente en baja tensión. Para poder aplicarlo es necesario que las herramientas manuales utilizadas (alicates, destornilladores, llaves de tuercas, etc.) dispongan del recubrimiento aislante adecuado, conforme con las normas técnicas que les sean de aplicación (Seguridad Minera, 2018).

A continuación, se muestra mediante una ilustración, cuando se conoce un trabajo en tensión y cuando carece de ella.

**Figura 2.** Zona de peligro alrededor de un elemento en tensión



*Nota.* Descripción grafica de las zonas de peligro según su tensión. Adaptado Harper, G. E.

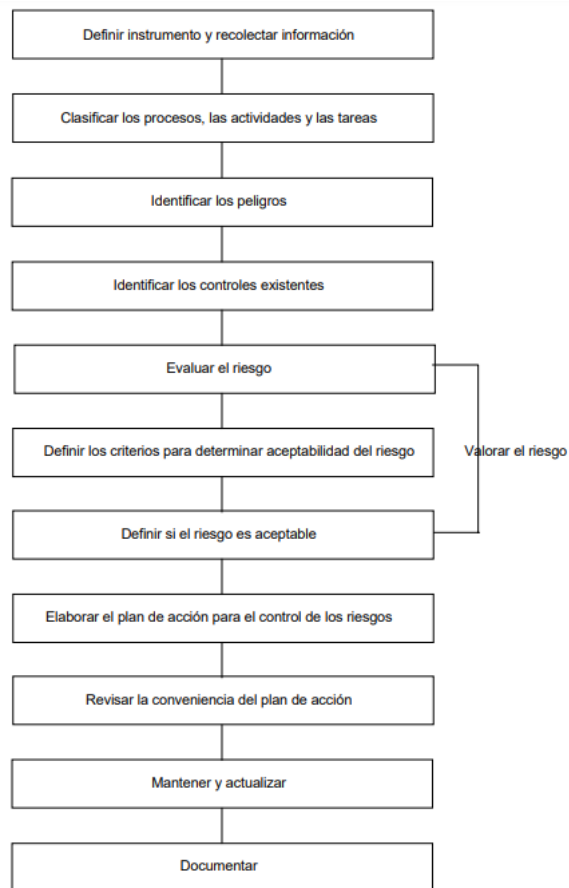
(2005). *Fundamentos de Instalaciones Electricas de Mediana.* Editorial Limusa.

**4.15 Matriz de Riesgos en la Seguridad y Salud en el Trabajo**

Según la guía técnica colombiana GTC 45 del consejo colombiano de seguridad define la matriz de riesgos como una herramienta de gestión que permite determinar e identificar objetivamente cuáles son los riesgos, peligros y consecuencias relevantes para la seguridad y salud de los trabajadores que enfrenta una organización según un proceso determinado. Mediante la construcción de la matriz de riesgo se logra obtener de manera organizada y consecuente las actividades, procesos, peligros, causas consecuencias y alcance de la probabilidad de ocurrencia y, además, las diferentes medidas de control.

A continuación, se presenta el procedimiento que se debe tener en cuenta para desarrollar de manera organizada la matriz de peligros.

**Figura 3.** Procedimiento de construcción de una matriz de peligros según GTC 45



*Nota.* La imagen alude a el procedimiento a seguir para la correcta e idónea realización de una matriz de riesgos. Adaptado de ( Consejo Colombiano de Seguridad, 2012).

La herramienta a tener en cuenta para la construcción de la matriz de riesgos se ilustra a continuación.

Figura 4.

Resumen de la Matriz de peligro

MATRIZ DE RIESGOS - GTC 45																					
PROCESO	ZONA/ LUGAR	ACTIVIDAD	TAREA	RUTINARIO (Si o No)	PELIGROS		CONTROL EXISTENTE			EVALUACION DEL RIESGO				Valoración del riesgo	CRITERIOS PARA ESTABLECER CONTROLES		MEDIDAS DE INTERVENCION				
					DESCRIPCION	CLASIFICACION	EFFECTOS POSIBLES	FUENTE	MEDIO	INDIVIDUO	NIVEL DE DEFICIENCIA	NIVEL DE EXPOSICIÓN	NIVEL DE PROBABILIDAD	INTERPRETACIÓN NIVEL DE PROBABILIDAD	NIVEL DE CONSECUENCIA	NIVEL DE RIESGO	INTERPRETACION DEL NIVEL DE RIESGO	ACEPTABILIDAD DEL RIESGO	No. EXPUESTOS	Peor Consecuencia	Existencia Requisito legal Especifico Asociado (Si o No)

Nota. Cuadro de matriz resumen de la identificación de riesgos, peligros y medidas de control.

Adaptado de ( Consejo Colombiano de Seguridad, 2012)

#### 4.16 Riesgo Eléctrico

Robledo en el libro riesgo eléctrico y mecánico (2014) expresa que inicialmente, se parte de las teorías alrededor de la electricidad siendo este un agente presente en todo tipo de materia, que bajo ciertas circunstancias especiales se manifiesta como una diferencia de potencial entre dos puntos de dicho material. La electricidad es una forma de energía, que interactúa entre cargas positivas y negativas. Y la corriente eléctrica, es la forma más fácil de encontrar la electricidad, donde un cuerpo queda cargado con protones y la contraparte con neutrones, recorriendo un camino cerrado a través del cual es dirigido a la corriente y recibe el nombre de circuito eléctrico (pág. 4).

Los riesgos eléctricos hacen parte de un conjunto de elementos que generan molestias no únicamente a los trabajadores que desempeñan labores propias de esta rama, sino que también



afecta a las personas que sin ninguna intención hacen parte del sistema, dado que en toda vivienda habitable se denota una red de baja tensión.

El riesgo eléctrico “es la posibilidad de sufrir daños o lesiones que afectan la vida y la salud de las personas, la fauna, flora y medio ambiente y los bienes que pudiesen resultar afectados ante una eventual situación de daño generado por electricidad” (Energuaviare S.A E.S.P, 2020).

Así mismo el autor Cuencas (2018) materializa el concepto de riesgo eléctrico como “un daño desencadenado por factor externo, dada la probabilidad de que se produzca un incendio, debe existir una conexión eléctrica en mal estado, gases inflamables en el ambiente, fuentes de calor inadecuadas, material explosivo, una persona fumando, etc.” (pág. 18). Esto en resumidas cuentas se entiende como un factor de riesgos definido como la fuente con capacidad de daños para la salud. Es importante mencionar que el autor, discrimina hechos conforme a las causas, estableciendo que los riesgos por si solos no se activan, sino, que se precisa de ambas partes partiendo de un hecho en concreto, Además gran parte de los casos de riesgos se activan no solo, por una parte, sino que deben existir como mínimo dos partes interesadas. Y, por último, si se cumple el riesgo es decir si se genera una consecuencia los accidentes generan daños colaterales.

## 5 Metodología

Para el presente proyecto se realizará una investigación de tipo descriptivo con el fin de realizar una revisión literaria en bases de datos de carácter institucionales y gubernamentales, donde se pueda recolectar información secundaria acerca de los riesgos y controles de tipo eléctrico que se puedan presentar en la corrección de puntos calientes dentro de las subestaciones eléctricas.

### 5.1 Parámetro Metodológico

La información a analizar cuenta con un enfoque cualitativo, puesto que el objetivo principal está orientado al desarrollo de una guía metodología que describa los procedimientos y las técnicas a seguir para la reducción de accidentes e incidentes laborales.

Para el cumplimiento del objetivo general, se desglosan tres objetivos específicos cuyo fin se relaciona inicialmente con la identificación de las actividades propias desarrolladas dentro de una subestación eléctrica, posterior a ello y con base a la descripción de las actividades, se realizará una determinación de los diferentes riesgos, para finalmente alinear los riesgos con los controles que cada uno procede. Cabe señalar que la guía se enfatiza en la identificación de las partes que compone una subestación y junto con ello, los elementos entre si que generan un punto caliente, enfatizando en las técnicas, herramientas y procedimientos a tener en cuenta conforme a la normativa vigente de seguridad y salud en el trabajo.

#### 5.1.1 Tipo de Investigación

El tipo de investigación a emplear para este proyecto es descriptivo, dado que mediante la recopilación e información se busca concluir acerca de los procedimientos que minimicen los riesgos frente a un peligro eléctrico en una subestación.

## ***5.1.2 Fuente de Información***

Fuentes secundarias en bases de datos institucionales y empresariales (Revistas, libros, videos, entre otros recursos audiovisuales).

## ***5.1.3 Instrumento de Recolección de Información***

La revisión de la información y datos obtenidos de la web, además mediante el reconocimiento de videos acerca de la temática abordada se emplea el instrumento de recolección de la información como lo es la observación.

## ***5.1.4 Implementación del Plan de Investigación***

Mediante la recopilación de la información se sintetiza un informe escrito que permite valorar toda la información asociada a la metodologías y técnicas de prevención de accidentes laborales de tipo eléctrico en la corrección de puntos calientes.

## **6 Requerimientos Normativos**

En este capítulo se refiere a la normativa legal aplicable a los trabajadores expuestos al riesgo eléctrico, desde un punto de vista de la prevención de peligros y riesgos laborales, enfocado principalmente en los requerimientos de las normativas técnicas en cuanto a los trabajos desarrollados en las subestaciones eléctricas.

**Tabla 1.**

*Normatividad vigente sobre prevención de riesgos laborales*

<b>Normativa</b>	<b>Descripción</b>	<b>Fecha</b>	<b>Entidad</b>
<b>Resolución 5018</b>	Por la cual se establecen lineamientos en Seguridad y Salud en el trabajo en los Procesos de Generación, Transmisión, Distribución y Comercialización de la Energía Eléctrica	20 de noviembre de 2019	Ministerio del Trabajo
<b>Ley 9</b>	Por el cual se establece las normas para preservar, conservar y mejorar la salud de los individuos en sus ocupaciones	2 de enero de 1979	Congreso de la República
<b>Resolución 8321</b>	Por el cual se establece normas sobre la protección y conservación de la audición, la salud y el bienestar de las personas.	4 agosto de 1983	Ministerio del Trabajo
<b>Resolución 1792</b>	Por el cual se establece valores límites permisibles para exposición a ruido ocupacional.	3 de mayo de 1990	Congreso de la Republica
<b>Resolución 2400</b>	Por el cual se establece vivienda, higiene y seguridad en los establecimientos de trabajo.	22 de mayo de 1979	Congreso de la Republica
<b>Resolución 2413</b>	Por el cual se establece normalización del reglamento de higiene y seguridad para la industria de la construcción.	22 de mayo 1979	Congreso de la Republica

Normativa	Descripción	Fecha	Entidad
<b>Decreto 586</b>	Por el cual se establece establecimientos de los comités de salud ocupacional.	Febrero 25 de 1983	Congreso de la Republica
<b>Resolución 2013</b>	Por el cual se establece funcionamiento de los comités de medicina, higiene y seguridad industrial en los lugares de trabajo.	Junio 6 de 1986	Congreso de la Republica
<b>Resolución 1016</b>	Por el cual se establece organización, funcionamiento y forma de los programas de salud ocupacional.	Marzo 31 de 1989	Congreso de la Republica
<b>IEEE 516-2021</b>	Guía IEEE para métodos de mantenimiento en líneas eléctricas energizadas. Se proporcionan recomendaciones generales para realizar trabajos de mantenimiento en líneas eléctricas energizadas.	23septiembre 2021	American National Standards Institute
<b>Norma IEC 60903</b>	especifica los requisitos, los métodos de ensayo, el marcado y la información suministrada por el fabricante para los guantes de material aislante	2005	Asociación española de normalización

*Nota.* Esta tabla contiene un conjunto de normatividad acerca de la prevención de riesgos laborales conforme a las entidades estatales de Colombia. Adaptado de Congreso de la República.

Para el correcto desarrollo en el cumplimiento de la guía metodología planteada en la prevención de riesgos eléctricos para la corrección de puntos calientes, se aborda el logro del primer objetivo establecido como la identificación de las exigencias normativas para la ejecución de trabajos con tensión, a continuación, se hace una síntesis de los requerimientos importantes que se debe tener en cuenta a la hora de desarrollar trabajo en tensión, según con lo establecido en la resolución 5018 de 2019, RETIE y otras disposiciones generales.

### **6.1 Resolución 5018 de 2019**

La resolución 5018 de 2019 tiene como objetivo principal:

La presente resolución tiene por objeto expedir los lineamientos en seguridad y salud en el trabajo para las actividades ejecutadas en los procesos de generación de energía a través de fuentes convencionales y no convencionales de generación, transmisión, distribución y comercialización de energía eléctrica, para las empresas que presten o hagan uso del sistema eléctrico colombiano contenido en el anexo técnico que forma parte integral de la misma.

El Ministerio del Trabajo realizará los ajustes y actualizaciones técnicas de los lineamientos en Seguridad y Salud en el trabajo en los Procesos de Generación, Transmisión, Distribución y Comercialización de la energía eléctrica conforme al desarrollo científico, tecnológico e industrial. (Ministerio del Trabajo, 2019)

#### **6.1.1 Generalidades. Artículo 1.**

Ministerio del Trabajo (2019) manifiesta que “Las empresas, entidades y personas que laboren en los Procesos de Generación, Transmisión, Distribución y Comercialización de Energía

Eléctrica cualquiera que sea su vinculación, deben desarrollar la planeación, ejecución, control y seguimiento necesarios para dar cumplimiento a la presente resolución”.

### **6.1.2 Generalidades. Artículo 3. Condiciones para trabajo en instalaciones eléctricas**

Según el Ministerio del Trabajo (2019) el artículo 3 establece las condiciones para trabajos en instalaciones eléctricas, bajo las siguientes consideraciones a tener en cuenta tales como el tipo de instalación, las características, el nivel de tensión y los riesgos. Como también, el lugar de trabajo, el equipo de trabajo, protocolos de cumplimiento, cumplimiento de un único sistema de comunicación y, por último, las condiciones de seguridad del equipo de trabajo (pág. 7).

La primera exigencia relevante se denota en el capítulo 1 de generalidades bajo el artículo 2 asociada a Actividades de construcción, operación y mantenimiento donde describe que toda intervención a equipos e instalaciones eléctricas debe ser planeada, programada, supervisada por el personal competente y la ejecución debe ser por personal debidamente habilitado.

### **6.1.3 Generalidades. Artículo 6. Método de Trabajo con Tensión (TCT)**

El Ministerio de Trabajo (2019) presenta la definición de TCT como “todo aquel que se ejecute sobre una instalación o equipo energizado con tensión eléctrica igual o superior a 25 voltios; también será considerado con tensión, aquel elemento no puesto a tierra en su parte activa antes de ser intervenido”.

### **6.1.4 Generalidades. Artículo 7. Perfil Ocupacional para el Personal Habilitado en TCT**

El perfil ocupacional establece un alto grado de habilidades coherentes con el tipo de trabajo a realizar como la correcta coordinación motora y visual, capacidad de concentración,

funcionamiento normal del sistema vestibular y propioceptivo; compatibilidad para el trabajo colaborativo y cooperativo; tener alto conocimiento en el uso de las herramientas y en el manejo (Ministerio del Trabajo, 2019).

### ***6.1.5 Generalidades. Artículo 8. Medidas de prevención en TCT***

Este artículo contempla las medidas de prevención y las acciones de medida, establecidas por el Ministerio del Trabajo (2019) establece para la acción de habilidad como “ procedimiento, en el cual las empresas habilitan los trabajadores, por períodos de tiempo definidos y no superiores a un año. Se renovará si es aprobada su competencia técnica, su aptitud física y mental, su experiencia y continuidad en los trabajos”, así mismo para la actividad de control de vista previa sugiere que “Procedimiento, en el cual el personal habilitado evalúa la viabilidad técnica y el riesgo asociado para las personas y para el sistema, cumpliendo las etapas de diagnóstico, planeación y ejecución de trabajos descritos en las condiciones generales de este lineamiento”, por consiguiente, prevención mediante la protección del trabajo estipula que “los procedimientos, equipos y materiales utilizados en el método de trabajo empleado deben asegurar la protección del trabajador frente al peligro eléctrico”, y por ultimo, en la selección de equipos, materiales y herramientas el Ministerio de trabajo (2019) expresa que:

Establecer un cronograma de verificación de equipos; las herramientas que presenten valores de prueba fuera de los aceptados deben ser marcadas y retiradas de uso; conocer las cargas máximas mecánicas que soportan cada una de las herramientas que se utilicen de acuerdo con las fichas técnicas y nunca sobrepasar esta carga; los elementos, equipos y herramientas aisladas deben ser almacenados, transportados, verificados, utilizados y con mantenimiento acorde a lo estipulado en la correspondiente ficha técnica; Diligenciar la



hoja de vida para cada uno de los elementos, equipos y herramientas para trabajo con tensión; los elementos de protección personal y equipos colectivos de seguridad deben ser certificados por el fabricante de acuerdo con normas técnicas nacionales o internacionales, así como los que apliquen para la protección contra el peligro eléctrico deben tener pruebas de rigidez dieléctrica de acuerdo con el RETIE por un laboratorio acreditado ante el organismo nacional respectivo. (Ministerio del Trabajo, 2019, pág. 11)

#### ***6.1.6 Generalidades. Artículo 10. Procedimientos, diagnóstico, planeación, programación, ejecución, supervisión y control del trabajo***

Según Ministerio del Trabajo (2019) todas y cada una de las empresas del sector deben cumplir con un mantenimiento preventivo, correctivo y ejecución, donde se relacione cada uno de los hallazgos encontrados a través de un documento escrito, este diagnóstico debe ser en condiciones previas a las operaciones de funcionamiento, así mismo, estipula la actualización de los planos y el tipo de método de trabajo a desarrollar, como también estandarizar el tiempo de ejecución de las operaciones (Ministerio del Trabajo, 2019, pág. 12).

#### ***6.1.7 Transformación. Artículo 13. Requisitos generales para el trabajo en subestaciones***

El Ministerio de trabajo (2019) establece unos requerimiento de seguridad mínimos tales como el cumplimiento de procedimientos estandarizados para las operaciones de trabajo; la indicación del plan de trabajo preaprobado; copia actualizada de los procesos operacionales; la identificación de todos los equipos; el conocimiento de que los equipos se encuentran energizados; el no ingreso de elementos metálicos a la subestación; el uso debido de elementos de protección

personal y por último, la inducción a quienes operan y hacen parte del equipo de trabajo acerca de los riesgos y peligros existentes (pág. 17).

#### ***6.1.8 Áreas de trabajo. Artículo 23. Talleres de Mantenimiento***

A través del Ministerio de trabajo (2019) establece las condiciones mínimas requeridas para una correcta ejecución de mantenimiento en espacios establecidos para la actividad de operaciones eléctricas, establecida como “ amplitud, iluminación y ventilación; condiciones de orden y aseo; equipo para el control de incendios; señalización y demarcación; guardas protectoras en los equipos que lo requieran; equipos y herramientas en buen estado de operación y mantenimiento; contar con un programa de mantenimiento; elementos de protección personal y colectivos” (pág. 23).

#### ***6.1.9 Elementos de Protección Individual, Colectiva y Herramientas de Seguridad. Artículo 32. Elementos de Protección Personal y Colectivo de Seguridad***

El ministerio de trabajo (2019) estipula que “las empresas que realicen trabajos en el sector eléctrico deben suministrar a sus trabajadores elementos y equipos de seguridad, requerido para la ejecución de los trabajos, así como la reposición cuando por su deterioro o pérdida sea requerido”.

#### ***6.1.10 Disposiciones para la Habilitación del Personal en Desarrollo de la Actividad Laboral en el Sector Eléctrico. Artículo 33. Elementos de Protección Personal y Colectivo de Seguridad***

En este apartado describe las habilidades del personal conforme a la exposición a el peligro eléctrico en la que se denota que se debe estar documentado, capacitado y entrenado en dicha

formación e incluso este certificado bajo las normas exigidas en las competencias laborales vigentes. Además, debe estar generalizado en plan referido junto con la descripción de la frecuencia y la periodicidad conforme a la exposición del peligro (Ministerio del Trabajo, 2019).

***6.1.11 Trabajos con Tensión. Artículo 54. Habilitación y Plan de Trabajo.***

El Ministerio del trabajo describe que los trabajos con tensión “deben ser realizados por trabajadores con habilitación vigente, con plan de trabajo previamente aprobado que describa las actividades paso a paso con las medidas de seguridad necesarias, y con la autorización de acuerdo con el procedimiento definido por cada empresa” (pág. 41).

***6.1.12 Trabajos en Baja y Media tensión. Artículo 72. Trabajos con Tensión.***

La cual establece que los aspirantes al cargo deben ser operarios técnicos de TCT, con experiencia mínima de 2 años en mantenimiento y construcción de redes. Además, la formación debe tener un acompañamiento activo por parte de personal habitado no menos de 120 horas. Por su parte, el operario debe contar con una reinducción y actualización anual, específica de la labora de al menos 40 horas (Ministerio del Trabajo, 2019).

***6.1.13 Trabajos en redes de Distribución Subterráneas. Artículo 76. Medidas de Prevención***

El Ministerio de trabajo (2019) estipula los requerimientos para el mantenimiento de redes de distribución subterráneas, se deben tener encuentra la señalización y demarcación del área de trabajo; cámaras para permitir el escape de gases; garantizar que el equipo cuente con un sistema de monitoreo; inspección de las condiciones deficientes en la estructura; drenar cuando exista acumulación de agua (pág. 49).

**6.2 RETIE – Artículo 19. Trabajos con Tensión o Redes Energizadas**

El Ministerio de trabajo describe los métodos de trabajo empleados para proteger y salvaguardar la seguridad de los trabajadores que trabajan bajo líneas de tensiones o redes energizadas, esclareciendo que existen 3 métodos tales como trabajo a distancia, trabajo a contacto y trabajo a potencia (RETIE, 2013).

**7 Valoración de Riesgos, Peligros y Actividades de Control.**

Para el cumplimiento del objetivo número dos se utiliza la matriz de identificación de peligros, valoración y evaluación del riesgo estipulada por el Ministerio del Interior de Colombia. Herramienta utilizada en el sistema de gestión de seguridad y salud en el trabajo (SG-SST) en la cual, permite identificar y valorar los riesgos presentes en procesos y operaciones de una organización y determinar qué tanto afecta a los operarios o trabajadores (MinTrabajo, 2023). Para este caso, se emplea la matriz de riesgos, evaluando los peligros y medidas de mitigación para la actividad de corrección de puntos calientes en una subestación eléctrica. Cabe mencionar, que las tareas allí planteadas se desglosan como subactividades en el mantenimiento preventivo de los equipos que comprende una subestación eléctrica. Para la identificación de los peligros y la valoración de los riesgos se procede a realizar la siguiente metodología de trabajo.

**Tabla 2.**

*Procedimiento para la ejecución de la matriz de peligros*

<b>Actividad</b>	<b>Aplica/No aplica</b>	<b>Ejecutada</b>
Definir el instrumento de recolección y de información	X	X
Clasificación de los procesos, actividades y tareas	X	X
Identificar los peligros	X	X
Identificación de controles existentes	X	X
Evaluar los riesgos	X	X
Definición de controles (Administrativos, Ingeniería, EEP)	X	X
Definir los criterios de aceptabilidad	X	X

**7.1 Definición del Instrumento de Recolección de Información.**

A través de la revisión de documentos conforme a las actividades asociadas al mantenimiento eléctrico en subestaciones eléctricas, se expone la descripción de las actividades, procesos, riesgos, peligros y actividades de control, partiendo del análisis de fuentes secundarias como audios, videos, libros, artículos y revistas.

**7.2 Clasificación de los Procesos, Actividades y Tareas**

Cabe mencionar, que existen típicamente tres tipos de mantenimiento: el predictivo, preventivo y correctivo, cada uno de tiene una única finalidad, salvaguardar la seguridad de los trabajadores de un área determinada ya sea en distintos tiempos. Sin embargo, para la descripción de las actividades y tareas en el proceso de corrección de puntos calientes se emplea el

mantenimiento preventivo, la cual se lleva a cabo antes de que falle un equipo. El mantenimiento de las subestaciones no se debe enfatizar únicamente en cada una de las partes del sistema, sino como un todo que debe ser verificado conforme al funcionamiento en general. Por consiguiente, el mantenimiento de las subestaciones cubre una amplia gama de actividades destinadas a mantener el equipo en perfectas condiciones de trabajo para realizar las funciones según las tareas designadas, sin alcanzar las fallas de puntos calientes.

### ***7.2.1 Descripción del Proceso, Actividad o Tarea***

El proceso de corrección o mantenimiento de puntos calientes involucra actividades y tareas de diferente índole, que vienen programadas para la prevención de accidentes y se pueden clasificar en mantenimiento anual, trimestral y mensual. Con base a la revisión documental conforme a la temática de estudio publicada por la empresa Renovec Ingeniería a cargo de Garcia S., (2022), se desglosa las actividades de mantenimiento preventivo, predictivo y correctivo que se debe llevar a cabo en el sistema comprendido por una subestación eléctrica. Por lo tanto, se destacaron las tareas que se relacionan directamente con la corrección de puntos calientes, seleccionado así quince (15) subactividades, como se despliega a continuación.

**Tabla 3.**

*Relación de proceso, actividad y tareas*

Nº	PROCESO	AREA / SITIO	ACTIVIDAD	TAREA A REALIZAR	FRECUENCIA
1	OPERATIVO	SUBESTACIÓN	Mantenimiento	Verificar elementos ajenos a subestación	Mensual
2		ELECTRICA DE MEDIA	por método de	Verificar el estado de cables eléctrico	Mensual
3		Y ALTA TENSIÓN	trabajo a	Verificar el estado de las bandejas de los cables	Mensual
4		(transformadores de	distancia,	verificar el estado de las puestas a tierra	Mensual
5		potencia, interruptores de	contacto, y	verificar olores anormales	Mensual
6		potencia, seccionadores o	potencial en la	verificar ruidos anormales	Mensual
7		cuchillas, transformadores	corrección a	verificar vibraciones anormales	Mensual
8		de tensión T'P,	puntos calientes	engrasar partes móviles de interruptores	Trimestral
9		transformadores de corriente		verificar la presión de gases en interruptores	Anual
10		CT, Descargadores de		reapretar conexiones eléctricas	Anual
11		sobretensión DPS, Líneas de		medir la corriente de contacto y de paso	Anual
12		distribución, subtransmisión		verificar el estado de canalización subterránea	Anual
13		y transmisión.		verificar la apertura y cierre de los cuadros eléctricos	Anual
14				verificación de cables aéreos	Anual
15				verificar el estado de limpieza exterior de los equipos de la subestación	Mensual

*Nota. Mantenimiento de subestaciones eléctrica. Obtenido de Del mantenimiento, I.*

[@ingenieriadelmantenimiento]. (2022, julio 14). *MANTENIMIENTO DE SUBESTACIONES ELÉCTRICAS*. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=oCjVWUPI6i4>

### 7.2.1.1 Verificar Elementos Ajenos a Subestación.

Las subestaciones comprenden diferentes equipos herramientas tales como transformador, interruptor de potencia, recloser o reconectador, cuchillas fusibles, cuchillas desconectoras y cuchillas de prueba, pararrayos, transformadores de instrumentación, barras, buses o cajas

derivadoras que deben ser inspeccionadas de manera que se encuentren libres de otros artefactos que impidan el correcto funcionamiento.

**7.2.1.2 Verificar el Estado de Cables Eléctrico.** A través de herramientas que permitan determinar e identificar la tensión utilizados en los procedimientos tales como voltímetro o tester.

**7.2.1.3 Verificar el Estado de las Bandejas de los Cables.** Son estructuras abiertas similares a los conductos para el cableado eléctrico, pero de fácil acceso e instalación donde se ubican los diferentes cables con el objetivo de canalizarlos y evitar posibles accidentes.

**7.2.1.4 Verificar el Estado de las Puestas a Tierra.** Se debe desconectar el electrodo de tierra de su conexión a la instalación, para después, conectar el comprobador al electrodo de tierra. Y de esta manera, se logra comprobar la caída de potencia.

**7.2.1.5 Verificar Olores Anormales en el Cableado Eléctrico.** Es una actividad que corresponde a un mantenimiento correctivo, siendo los olores anormales la consecuencia de un mal contacto entre cables que genere una chispa y esta a su vez humo o gases perjudiciales para la salud.

**7.2.1.6 Verificar Vibraciones Anormales.** Los transformadores al entrar en operación generan un zumbido característico denominado ruido, el cual está dentro del rango de frecuencias perceptibles al oído humano. Este zumbido dependiendo de su intensidad, puede llegar a ser molesto e irritante. También es un fenómeno conocido como magnetostricción, que consiste en el alargamiento y contracción de las chapas metálicas magnéticas que forman el núcleo del transformador. La magnetostricción es responsable de que las chapas vibren y generen ondas sonoras que se propagan por el medio circundante.

**7.2.1.7 Engrasar Partes Móviles de Interruptores.** La lubricación de las partes móviles de las cajas o tableros eléctricos.



**7.2.1.8 Verificar la Presión de Gases en Interruptores.** Con un manómetro montado en una bomba para suministrar y medir la presión, y un multímetro digital de continuidad para comprobar la apertura y el cierre del interruptor.

**7.2.1.9 Reapretar conexiones Eléctricas.** Aseguramiento del empalme entre conexiones o cables eléctricos.

**7.2.1.10 Medir la corriente de Contacto y de Paso.** La medición se realiza entre una parte metálica accesible conectada a tierra y el terreno. La tensión entre las picas se mide por medio de voltímetro con una resistencia interna de 1 k $\Omega$  que simula la resistencia del cuerpo.

**7.2.1.11 Verificar el Estado de Canalización Subterránea.** Verificación de instalaciones eléctricas que se encuentra bajo tierra o canales subterráneos.

**7.2.1.12 Verificar la Apertura y Cierre de los Tableros Eléctricos.** Garantizar el correcto funcionamiento del sistema de apertura y cierre de los tableros eléctricos o de distribución.

**7.2.1.13 Verificación de Cables Aéreos.** Verificar que los cables aéreos proporcionen la capacidad deseada para dar soporte a la comunicación de datos deseada por los usuarios.

**7.2.1.14 Verificar el Estado de Limpieza de la Subestación.** Verificación de seguridad eléctrica mediante la observación de elementos externos que se encuentren en la subestación.

### 7.3 Número de Trabajadores Involucrados

El artículo 74 de relación 5018 de 2019, establece el número de trabajadores que desempeñen labores en líneas energizadas, para trabajos a contacto se emplean 3 operarios técnicos y un jefe de grupo o supervisor y para trabajos a distancia, se requiere 4 operarios técnicos y un jefe de grupo.

**7.4 Maquinaria, Equipos y Herramientas**

**7.4.1 Equipos de Protección Personal (Guantes Dieléctricos)**

Brinda al operario la protección contra descargas eléctricas cuando trabaja con tensión o cerca de partes activas. También son empleados en el método de trabajo a distancia

**Tabla 4.**

*Clasificación de guantes en trabajos en tensión según su clase*

Color	Clase	Máximo Voltaje de uso (kV AC)	Máximo voltaje de Uso (kV DC)
Beige	00	500	750
Rojo	0	1	1500
Blanco	1	7.5	11250
Amarillo	2	17	25500
Verde	3	26.5	39750
Naranja	4	36	54000

*Nota.* Diferentes tipos de guantes de trabajo en tensión. Obtenido de la norma IEC 60903

**Tabla 5.**

*Clasificación de guantes en trabajos en tensión según su propiedad*

Categoría	Clase
A	Acido
H	Aceite
Z	Ozono
M	Mecánico

*Nota.* Diferentes tipos de guantes de trabajo en tensión según las propiedades. Obtenido de la norma IEC 60903

Los guantes son fabricados con elastómeros naturales “tipo 1” o sintéticos “tipo 2” (gomas, látex, etc.), los cuales viene unicolor o bicolor, en estos últimos se hace más fácil detectar abrasión

excesiva, corte, desgarro y otros daños mecánicos que podrían alterar las propiedades dieléctricas del guante. El borde enrollado permite facilidad a la hora de la manipulación.

#### ***7.4.2 Mangas Dieléctricas***

Son el complemento de los guantes dieléctricos para proteger la totalidad de los brazos y hombros de los operarios, se utilizan en el método de trabajo a contacto y su función principal es aislar al trabajador de contactos indeseados con partes energizadas o de diferente potencial, mientras este manipula herramientas o materiales en la zona de trabajo.

#### ***7.4.3. Ropa Conductiva***

Es un conjunto de elementos conductivos “traje, zapatos, acople” los cuales cuentan con una serie de características especiales de fabricación que permiten al operario ponerse a potencial del conductor a intervenir sin verse afectado por las propiedades eléctricas del mismo (corriente, tensión), esto se da, gracias al principio de jaula de Faraday bajo la cual es construido el traje.

#### ***7.4.4 Calzado Especial***

Los zapatos conductivos están fabricados con un compuesto especial cuyas propiedades conductivas se localizan en la suela, la cual está conformada por una malla interna que deriva en un broche de conexión exterior y un contacto eléctrico interno.

#### ***7.4.5 Accesorios Pinzas para Mantas Aisladoras***

Las pinzas para manta aislada son los accesorios que permiten la fijación de las mantas con los equipos a proteger. Se deben utilizar como mínimo dos ganchos por cada manta con el fin garantizar un ajuste firme que no desproteja en ningún momento la zona protegida

***7.4.6 Cobertores Dieléctricos Flexibles***

Los cobertores dieléctricos flexibles están diseñados exclusivamente para proteger conductores energizados, son muy prácticos para cubrir la zona de trabajo gracias a la longitud de los mismos, lo que ofrece al operario mayor campo de acción protegiéndolo de contactos indeseados con otras fases o con potencial de tierra.

***7.4.7 Cobertores Dieléctricos Rígidos***

Los cobertores dieléctricos rígidos son diseñados para proteger conductores energizados, aisladores tipo pin, retención, suspensión, postes, crucetas, herrajes, entre otros, no son útiles para cubrir tramos de líneas con curvaturas prolongadas.

***7.4.8 Perdigas aisladas***

Son equipos aislados que permiten a los operarios acceder a la zona de trabajo desde el piso o estructuras cercana ya sea para cubrir la zona o para facilitar el acceso de herramienta o materiales desde piso a los trabajadores que estén en la plataforma de trabajo, su uso se da en todos los métodos de trabajo a con tensión.

***7.4.9 Equipo de Isaje Aislado***

Los equipos de izaje para trabajo con tensión, son elementos fundamentales a la hora de ejecutar las actividades, ya que permiten a los operarios acceder de manera fácil y segura hasta la zona de trabajo, brindando aislamiento efectivo respecto a partes de diferente potencial a la del conductor que se esté manipulando.

***7.4.10 Hidroelevadores***

Son vehículos con un brazo articulado o tramos telescópicos, diseñados especialmente para acercar al operario a la zona de trabajo, brindando el aislamiento necesario para no causar al contacto una diferencia de potencial que ponga en riesgo la seguridad del trabajador. Es comúnmente empleado en los métodos de trabajo a contacto y a potencial.

***7.4.11 Andamios Aisladores***

Los andamios aislados se consideran como una construcción móvil o fija, que brinda a los operarios de trabajo con tensión un alcance adecuado a la zona de trabajo en lugares de difícil acceso, como subestaciones, zona con vegetación alta que impide el ingreso de vehículos entre otras.

***7.4.12 Medidor de Corriente de Fuga en Pérdigas***

Es un equipo portátil que permite detectar brevemente en campo la corriente de fugas en bastones o pérdigas aisladas de hasta 3 pulgadas de diámetro. Ofrece la realización de la prueba en dos estados, húmedo y seco, el primero de ellos se calibra a 75 kV/Pie, mientras que el segundo a 100 kV/Pie.

***7.4.13 Corriente de Fuga En Equipos de Izaje***

En el trabajo con tensión es indispensable monitorear en todo momento la corriente fuga de los equipos de izaje (plataformas, andamios aislados, escaleras, brazo grúa), cuando se encuentran en contacto directo con partes energizadas, buscando con esto garantizar la seguridad del personal de trabajos con tensión, al evitar fallas a tierra de los elementos energizado.

## 7.5 Sustancias Utilizadas o Encontradas en el Lugar de Trabajo

Principales sustancias presentes:

- Aceite dieléctrico de transformadores e interruptores
- Ácido del electrólito de las baterías.
- Gas dieléctrico SF6 (Hexafluoruro de azufre).
- Gasos de grupos electrógenos (Diesel, gas natural, propano, gasolina y los biocombustibles)

## 7.6 Requisitos Legales y Normas Relevantes Aplicables a la Actividad

Resolución 5018 de 2019, Resolución 90708 RETIE 2013

## 7.7 Medidas de Control Establecidas

Se utilizarán en todo momento los equipos de protección necesarios frente al riesgo eléctrico:

- Casco con pantalla dieléctrica.
- Guantes ignífugos y dieléctricos.
- Ropa ignífuga que cubra todo el cuerpo, cabeza y cuello.
- Calzado de seguridad
- Guantes de protección contra riesgos mecánicos.
- Arnés o cinturón de seguridad

## 7.8 Identificación de Peligros

Para las actividades de mantenimiento en las subestaciones eléctricas concretamente en la corrección de puntos calientes, se discrimina a continuación los diferentes peligros encontrados en cada sub actividad:

**Tabla 6.**

*Descripción del peligro según la tarea a ejecutar*

TAREA A REALIZAR	CLASIFICACIÓN DE PELIGRO	DESCRIPCIÓN DEL PELIGRO
Verificar elementos ajenos a subestación	condiciones de seguridad	locativos (ausencia de orden en los diferentes elementos de la subestación)
Verificar el estado de cables eléctrico	condiciones de seguridad	Alta tensión (cortocircuito)
Verificar el estado de las bandejas de los cables	condiciones de seguridad	eléctrico (elementos cargados)
verificar el estado de las puestas a tierra	condiciones de seguridad	eléctrico (arco eléctrico)
verificar olores anormales	físico	gases (humo producto de un mal contacto)
verificar ruidos anormales	físico	ruido continuo
verificar vibraciones anormales	físico	vibración continua
engrasar partes móviles de interruptores	condiciones de seguridad	líquidos (grasas para lubricación de interruptor sobre la superficie)
verificar la presión de gases en interruptores	químicos	gases internos (SF6)
reapretar conexiones eléctricas	condiciones de seguridad	eléctrico (contacto directo alta tensión)
medir la corriente de contacto y de paso	condiciones de seguridad	eléctrico (contacto directo e indirecto, tensión de paso y de contacto)
verificar el estado de canalización subterránea	condiciones de seguridad	locativo (escaleras de bajada en malas condiciones)
verificar la apertura y cierre de los cuadros eléctricos	condiciones de seguridad	apertura o cierre de cuadros con carga
verificación de cables aéreos	condiciones de seguridad	locativo (trabajo en alturas)
verificar el estado de limpieza de la subestación	Biológico	Picaduras de insectos o animales

*Nota.* Descripción de las actividades propias de un mantenimiento preventivo y la respectiva condición de peligro

En la tabla se indica la clasificación del peligro con mayor relevancia siendo el peligro de condiciones de seguridad con mayor incidencia, seguido del peligro físico.

En la identificación de peligros para la actividad de corrección de puntos calientes, se tuvo en cuenta la clasificación designada por la norma GTC 45, la cual discrimina cada peligro según sus características en común. Para este caso, se denota que existen tres clases de peligros de los

sietes designado por la normatividad. Los cuales son las condiciones de seguridad, físicos, químicos y biológicos. A continuación, se describe la causa del peligro establecido para este tipo de trabajos eléctricos.

### ***7.8.1 Condición de seguridad***

Se presenta un peligro mecánico dado a la presencia de maquinaria y equipos especializados en las actividades eléctricas, dada la presencia de tensión en diferentes equipos y líneas de distribución. Cabe resaltar, que existen distintas tensiones que según sea el nivel de energía, se denota en una escala de peligrosidad.

### ***7.8.2 Físico***

El peligro físico, se da en condiciones de mantenimiento correctivo, cuando los equipos o maquinas, se encuentran con malos contacto y que generan vibraciones y ruidos continuos.

### ***7.8.3 Químicos***

El peligro químico se da cuando se realiza un mantenimiento preventivo y el operario se encuentre en contacto con líquidos que permiten el correcto funcionamiento de los interruptores o a las bisagras de los tableros de control, dado que estos deben permanecer funcionando de forma correcto. El peligro químico, también se presenta en aras de un mantenimiento correctivo, cuando se corra el riesgo de tener que intervenir fugas de gases en los interruptores de la subestación, como también en un mal contacto y esté presente gases o humos que sean perjudicial para la salud.

## **7.9 Identificación de Controles Existentes**



Tabla 7.

Identificación de controles

TAREA A REALIZAR	EFECTOS POSIBLES	CONTROLES EXISTENTES		
		FUENTE	MEDIO	INDIVIDUO
Verificar elementos ajenos a subestación	Lesiones superficiales; heridas de poca profundidad, contusiones;	Ninguno	Estandarización en la ubicación de los elementos	Ninguno
Verificar el estado de cables eléctrico	Enfermedades agudas o crónicas; que generan incapacidad permanente parcial, invalidez o muerte.	Utilizar materiales envolventes resistentes a arco eléctrico	Ninguno	Mantener una distancia de seguridad, usar prendas acordes con el riesgo y gafas de protección
Verificar el estado de las bandejas de los cables	Enfermedades agudas o crónicas; que generan incapacidad permanente parcial, invalidez o muerte.	Ninguno	demarcación de la zona con herramientas visuales de precaución	mantener una distancia de seguridad, usar guantes acordes con el riesgo y gafas de protección
Verificar el estado de las puestas a tierra	Enfermedades agudas o crónicas; que generan incapacidad permanente parcial, invalidez o muerte.	Puestas a tierra de baja resistencia, restricción de accesos, alta resistividad del piso,	Señalización	Botas dieléctricas o calzado especial con suela conductora para los trabajos a potencial, dos pares de guantes aislantes, gafas de protección contra rayos ultravioleta, manguitos aislantes, herramientas aislantes
Verificar olores anormales	Molestias e irritación, asma	Mantenimiento correctivo	Ninguno	uso de máscaras de protección
Verificar ruidos anormales	Dolor de cabeza; pérdida parcial de la audición	Mantenimiento correctivo	Ninguno	Protectores auditivos
Verificar vibraciones anormales	hernias, pinzamientos discales y lesiones raquídeas	Mantenimiento correctivo	ninguno	Ninguno

TAREA A REALIZAR	EFECTOS POSIBLES	CONTROLES EXISTENTES		
		FUENTE	MEDIO	INDIVIDUO
<b>Engrasar partes móviles de interruptores</b>	caída, fracturas de huesos largos; trauma craneo encefálico;	Mantenimiento preventivo	Señalización	Uso de calzado especial antideslizante
<b>Verificar la presión de gases en interruptores</b>	irritación e inflamación del sistema respiratorio, afecciones e insuficiencias pulmonares, alteración del metabolismo de las proteínas, dolor de cabeza o ansiedad	Mantenimiento correctivo	Ninguno	Uso de máscaras de protección
<b>Reapretar conexiones eléctricas</b>	Enfermedades agudas o crónicas; que generan incapacidad permanente parcial, invalidez o muerte	Ninguno	Demarcar y señalar todos los circuitos, equipos y máquinas.	Botas dieléctricas o calzado especial con suela conductora para los trabajos a potencial, dos pares de guantes aislantes, gafas de protección contra rayos ultravioleta, manguitos aislantes, herramientas aislantes riesgo y gafas de protección
<b>Medir la corriente de contacto y de paso</b>	Enfermedades agudas o crónicas; que generan incapacidad permanente parcial, invalidez o muerte.	Puestas a tierra de baja resistencia, restricción de accesos, alta resistividad del piso,	Programa de sensibilización, capacitaciones, señalización en área y puntos de evaluación	Botas dieléctricas o calzado especial con suela conductora para los trabajos en tensión.
<b>Verificar el estado de canalización subterránea</b>	Lesiones superficiales; heridas de poca profundidad, contusiones	Mantenimiento preventivo	Señalización	Uso de guantes, casco y calzado especial
<b>Verificar la apertura y cierre de los tableros eléctricos</b>	Enfermedades agudas o crónicas; que generan incapacidad permanente	Mantenimiento correctivo	Demarcación y señalización	Guantes aislantes revestidos con guantes de protección mecánica y guantes

TAREA A REALIZAR	EFECTOS POSIBLES	CONTROLES EXISTENTES		
		FUENTE	MEDIO	INDIVIDUO
Verificación de cables aéreos	parcial, invalidez o muerte.	Ninguno	Ninguno	de algodón en su interior
	fracturas de huesos largos; trauma cráneo encefálico			Mangas, cobertores, protectores, mantas, pértigas, tensores, escaleras y demás equipo
Verificar el estado de limpieza exterior de los equipos de la subestación	Enfermedades agudas o crónicas; que generan incapacidad permanente parcial, invalidez o muerte.	Mantenimiento preventivo	programas de orden, limpieza y seguridad y verificar permanentemente su cumplimiento.	guantes aislantes revestidos con guantes de protección mecánica y guantes de algodón en su interior

Nota. Controles existentes según la clasificación del peligro existente.

A continuación, se describe las medidas de control para cada riesgo identificado:

**7.9.1 Control para el riesgo de ser electrocutado (clasificación condición de seguridad, peligro eléctrico)**

**Figura 5.**

*Medidas de control para el riesgo de ser electrocutado*

Controles existentes		Medidas de intervención		Medida
Fuente		Eliminación		
Medio		Sustitución		
		Control de ingeniería		
		Control administrativo	X	Señalización y demarcación de zonas energizadas, mantenimiento preventivo, periódico,
Individuo	X	EPP -Elementos de Protección Personal	X	Botas de seguridad sin elementos metálicos, casco de seguridad dieléctricos, pantalla facial contra el arco eléctrico, ropa ignífuga antiestática, guantes dieléctricos.

***7.9.2 Casco de Seguridad***

Objeto resistente que permita cubrir la cabeza del operador en lugares de altitud o sobre instalaciones eléctricas de golpes y evitar un accidente.

***7.9.3 Lentes de Seguridad.***

Para evitar riesgos tales como chispas que pueda caer directamente al rostro o más específicamente a los ojos, la protección ocular al momento de manipular y tener a disposición aparatos eléctricos es fundamental.

***7.9.4 Guantes Dieléctricos.***

Los guantes dieléctricos evitan el paso de energía por las manos, siendo las manos la parte del cuerpo con mayor exposición de los trabajadores eléctricos, debido a que por medio de ellos se tocan elementos peligrosos que pueden ocasionar daños severos.

***7.9.5 Ropa conductiva***

El traje cuenta con características especiales de fabricación que permite al operario a ponerse a potencial del conductor a intervenir sin verse afectado por las propiedades eléctricas.

***7.9.7 Calzado de Seguridad***

Los zapatos dieléctricos o calzado de seguridad son necesarios para aislar la corriente de los pies del operario que desarrolla trabajos eléctricos.

***7.9.8 Control para el Riesgo de Caída de Nivel (clasificación condición de seguridad, peligro locativo)***

En la manipulación de líquidos para el engrasado de los interruptores eléctricos desprende líquido graso que caen a la superficie

**Figura 6.**

*Control para el riesgo de caída de nivel*

Controles existentes		Medidas de intervención		Medida
<b>Fuente</b>		Eliminación		
<b>Medio</b>		Sustitución		
		Control de ingeniería		
<b>Individuo</b>	<b>X</b>	Control administrativo	<b>X</b>	Señalización, delimitación del área
		EPP -Elementos de Protección Personal	<b>X</b>	Calzado de seguridad y ropa de seguridad

**7.9.9 Control para Riesgo de Intoxicación Respiratoria (Clasificación Química, Peligro Gases)**

Para los gases SF6 el uso de máscaras de seguridad en la contención de vapores tóxicos.

**Figura 7.**

*Control para riesgo de intoxicación respiratoria*

Controles existentes		Medidas de intervención		Medida
<b>Fuente</b>		Eliminación		
<b>Medio</b>	<b>X</b>	Sustitución		
		Control de ingeniería		
<b>Individuo</b>		Control administrativo	<b>X</b>	Señalización, disminuir la exposición del personal
	<b>X</b>	EPP -Elementos de Protección Personal	<b>X</b>	Máscaras de seguridad industrial

**7.9.11 Control para el Riesgo de Picadura (Clasificación Biológica, Peligro Insectos)**

Estas medidas de intervención se emplean con mayor frecuencia en subestaciones eléctricas que se encuentra en ambientes exteriores o intemperie.

**Figura 8.**

*Control para el riesgo de picadura*

Controles existentes		Medidas de intervención		Medida
<b>Fuente</b>		Eliminación		
<b>Medio</b>	<b>X</b>	Sustitución		
		Control de ingeniería		
<b>Individuo</b>		Control administrativo	<b>X</b>	Señalización y delimitación, fumigaciones periódicas, capacitaciones
	<b>X</b>	EPP -Elementos de Protección Personal	<b>X</b>	Uso de botas, traja y guantes de seguridad

**7.10 Evaluar los Riesgos**

Partiendo de la escalara de valoración propuesta por la norma GTC 45, se clasifica los niveles de deficiencia, nivel de exposición, nivel de probabilidad de ocurrencia y nivel de consecuencia. Siendo la Actividad de mantenimiento de puntos calientes en la verificación de estados de cables, unión, interruptores el peligro con mayor puntaje y por ende consecuencia negativa. Denotando, que el riesgo en estos casos es minino y no aceptable frente al peligro que se encuentra la subestación y, por otro lado, siendo los peligros de vibración, ruido y gases lo de menor riesgo de consecuencia en los operarios de las subestaciones eléctricas.

Figura 9.

Evaluación de riesgos

TAREA A REALIZAR	CLASIFICACIÓN DE PELIGRO	DESCRIPCIÓN DEL PELIGRO	EVALUACIÓN DEL RIESGOS									
			(ND)	(NDI)	(NE)	(NEI)	(NP) (ND x NE)	(IP)	(NC)	(NR)	(NRI)	(AR)
Verificar elementos ajenos a subestación	condiciones de seguridad	locativos (ausencia de orden en los diferentes elementos de la subestación)	6	A	2	EO	12	A-20	25	300	II	N/A
Verificar el estado de cables eléctrico	condiciones de seguridad	Alta tensión (cortocircuito)	10	MA	1	EE	10	A-10	100	1000	I	N/A
Verificar el estado de las bandejas de los cables	condiciones de seguridad	eléctrico (elementos cargados)	10	MA	1	EE	10	A-10	60	600	I	N/A
verificar el estado de las puestas a tierra	condiciones de seguridad	eléctrico (arco eléctrico)	10	MA	1	EE	10	A-10	60	600	I	N/A
verificar olores anormales	físico	gases (humo producto de un mal contacto)	6	A	1	EE	6	M-6	25	150	I	N/A
verificar ruidos anormales	físico	ruido continuo	2	MA	2	EO	4	B-4	25	100	III	M
verificar vibraciones anormales	físico	vibración continua	2	MA	1	EE	2	B-2	25	50	III	M
engrasar partes móviles de interruptores	condiciones de seguridad	líquidos (grasas para lubricación de interruptor sobre la superficie)	2	MA	2	EE	4	B-4	25	100	III	M
verificar la presión de gases en interruptores	químicos	gases internos (SF6)	6	A	2	EO	12	A-12	60	720	I	N/A
reapretar conexiones eléctricas	condiciones de seguridad	eléctrico (contacto directo alta tensión)	10	MA	1	EE	10	A-10	100	1000	I	N/A

			EVALUACIÓN DEL RIESGOS									
TAREA A REALIZAR	CLASIFICACIÓN DE PELIGRO	DESCRIPCION DEL PELIGRO	(ND)	(NDI)	(NE)	(NEI)	(NP) (ND x NE)	(IP)	(NC)	(NR)	(NRI)	(AR)
			medir la corriente de contacto y de paso	condiciones de seguridad	eléctrico (contacto directo e indirecto, tensión de paso y de contacto)	2	MA	1	EE	2	B-2	100
verificar el estado de canalización subterránea	condiciones de seguridad	locativo (escaleras de bajada en malas condiciones)	10	MA	1	EE	10	A-10	25	250	II	N/A
verificar la apertura y cierre de los cuadros eléctricos	condiciones de seguridad	apertura o cierre de tableros con carga	6	A	1	EE	6	M-6	60	360	II	N/A
verificación de cables aéreos	condiciones de seguridad	locativo (trabajo en alturas)	6	A	1	EE	6	M-6	60	360	II	N/A
verificar el estado de limpieza exterior de los equipos de la subestación	Biológico	Picaduras de insectos o animales	6	A	1	EE	6	M-6	25	150	II	N/A

Nota. Descripción de los riesgos y peligros según la valoración de la norma GTC 45. (ND) nivel de deficiencia; (NDI) nivel de deficiencia interpretación; (NE) nivel de exposición; (NEI) Nivel de exposición interpretación; (NDXNE) Nivel de probabilidad; (IP) interpretación de la probabilidad; (NC) nivel de consecuencia; (NR) nivel de riesgo e interpretación; (NRI) interpretación del nivel del riesgo; (AR) aceptabilidad del riesgo; (N/A) no aceptabilidad; (M) mejorable.

En el Apéndice A. Matriz de riesgos y peligros, se encuentra el resumen de los procesos estudiados previamente.



### **8. Protocolo de Seguridad Trabajos con Tensión**

La formulación del protocolo o procedimiento de seguridad para la intervención en la corrección de puntos calientes, comprende diferentes elementos que parten desde la conceptualización de las partes que componen una subestación eléctrica, junto con las características y tipo de la misma, como también las disposiciones normativas que prevalecen en la construcción de actividades que mantengan la seguridad del trabajador que realiza actividades de tipo eléctrico.

Para mayor información acerca de la guía orientadora en la prevención de accidentes en la actividad de tipo eléctrico de corrección de puntos calientes en una subestación eléctrica, ver el Apéndice B. Guía de mantenimiento de puntos calientes en trabajos en tensión, de este documento.

## **9 Conclusiones**

Partiendo de la necesidad de dar a conocer los riesgos y peligros laborales que se evidencian en el sector eléctrico entre los operarios que desempeñan labores en trabajos con tensión, siendo las muertes y las enfermedades laborales de tipo eléctrico la principal causa por la cual se presenta la necesidad de contar con entidades que velen por el interés y la seguridad de los trabajadores. Por lo tanto, se concluye que el país, cuenta con normatividad vigente y acorde a la necesidad para implementar en las empresas del sector eléctricos y energías informes procedimentales que fomenten la reducción de accidentes de tipo laboral, como lo establece el ministerio de trabajo bajo el Sistema de gestión de Seguridad y Salud en el trabajo (SG-SST) con base a la resolución 5018 de 2019 y el Reglamento técnico de Instalaciones eléctricas RETEI del año 2013.

El proceso de corrección de puntos calientes se explica como la consecuencia de un mal contacto entre dos elementos cargados. Sin embargo, muchas veces no hay que llegar a la consecuencia para poder arreglar el sistema, sino se interviene mediante el mantenimiento preventivo, que sin lugar a duda es el procedimiento que mejor se ajusta a la reducción de accidentes laborales y la disminución de gastos si en dicho caso se presenta el acontecimiento no deseado.

A través de la revisión documental se enlistan diferentes tareas previas y se desarticula cada uno de los peligros, riesgos, consecuencias y acciones de control correspondiente, siendo dentro el peligro eléctrico los contactos a tensión directa o indirecta y el arco eléctrico los principales factores de riesgos para este tipo de actividades.

La guía metodológica siendo este un mecanismo visual en la reducción de accidentes, permite mostrar al lector o a las partes interesadas, mediante el correcto procedimiento de guías, se puede evidenciar una disminución de las consecuencias negativas de los trabajos de tipo eléctrico.

## **10 Recomendaciones**

Para la elaboración de este tipo de guía de seguridad orientado al sector de energías, se recomienda que el instrumento de recolección de la información sea con fuentes de datos primarias, es decir, realizar visitas de campo en empresas del sector eléctrico que dispongan de personal calificado en la descripción de las actividades propias de mantenimiento preventivo, predictivo y correctivo, con el objetivo de integrar la experiencia y el juicio de expertos en el planteamiento del procedimiento.

Por otro lado, se recomienda no dejar de lado las herramientas tecnológicas que facilitan y agilizan los procesos de mantenimiento en las subestaciones, estaciones y redes eléctricas como es el caso de la Termografía Infrarroja empleada como una técnica no destructiva, que permite medir las temperaturas y tomar imágenes de alta resolución a distancia, sin necesidad de estar en contacto físico con el objeto a estudiar.

### Referencias

- arctis. (2021). *isaintercolombia*. Obtenido de <https://www.isaintercolombia.com/mapa-red-en-operacion/>
- Bautista, J. N., & Mora Solis, V. (2013). *Desarrollo del mantenimiento predictivo mediante la tecnica de la termografia para elvaluar el correcto funcionamiento de la subestación oriente y alimentador Totoras de la empresa electrica Ambato S.A . Ecuador .*
- Comisión Federal de Electricidad. (2007). *Detección y Medición de Puntos Calientes*. Obtenido de <https://sgiseo.files.wordpress.com/2015/09/capitulo-17-deteccic3b3n-y-medicic3b3n-de-puntos-calientes.pdf>
- Cuencas, E. N. (2018). *Prevención de riesgos laborales, sector construcción riesgos específicos del trabajo en electricidad*. España: ICB.
- Duque, S., Duque, M., & Gonzales Sanchez, P. (2018). Sobre el derecho fundamental al mínimo vital o a la subsistencia: análisis jurisprudencial. *Redalyc*.  
doi:<https://doi.org/10.15665/encuent.v17i01.1917>
- Garcia, F. J. (2017). *Sistemas de energias electricas en alta tensión*. Santander: Universidad de Cantabria.
- Harper, G. (2005). *Fundamentos de Instalaciones Electricas de Mediana y alta tensión . Mexico: Limusa*.

- Herrera, H. A. (2015). *Manual de mantenimiento para subestaciones electricas empresa distribuidora del pacifico*. Choco: Dispac. Obtenido de [https://www.academia.edu/35165753/MANUAL\\_DE\\_MANTENIMIENTO\\_PARA\\_SUBESTACIONES\\_ELECTRICAS\\_EMPRESA\\_DISTRIBUIDORA\\_DEL\\_PAC%C3%8D FICO](https://www.academia.edu/35165753/MANUAL_DE_MANTENIMIENTO_PARA_SUBESTACIONES_ELECTRICAS_EMPRESA_DISTRIBUIDORA_DEL_PAC%C3%8D FICO)
- Kou, Z., Xinrong, L., & Taowei, L. (2020). Aplicación del sistema de monitoreo en línea de temperatura inalámbrico pasivo basado en la tecnología de Internet de las cosas en Subestación. *Instituto de Investigación de Energía Eléctrica de Mongolia Interior*. doi:10.1088/1742-6596/2401/1/012048
- Macias, F. M., & Llosas- Albuerne, Y. (2022). Mantenimiento a partir de puntos calientes en la subestación Santo Domingo 230/138/69Kv, Utilizando termografía infrarroja. *Open Journal Systema*. Obtenido de <https://polodelconocimiento.com/ojs/index.php/es/article/view/4031/9413>
- Ministerio del Trabajo. (2021). *Resolución 5018 de 2019*. Bogotá. Obtenido de <https://safetya.co/normatividad/resolucion-5018-de-2019/>
- Montecelo, J. T. (2015). *Subestación Electrica*. Madrid: Paraninfo.
- OIT. (2019). *100 años contribuyendo a la mejora de la seguridad y la salud en el trabajo*. Obtenido de [https://www.ilo.org/global/about-the-ilo/newsroom/news/WCMS\\_703381/lang--es/index.htm](https://www.ilo.org/global/about-the-ilo/newsroom/news/WCMS_703381/lang--es/index.htm)
- Palacio, E. B. (2018). *Sistema de gestión de riesgos en seguridad y salud en el trabajo*. BOGOTÁ: Editorial de la U.

Perez, G. J. (2019). *Mantenimiento de redes electricas aereas de alta tension* .

Perez, J. G. (2013). *Mantenimientos electricos de redes electricas de alta tension*. Malaga: IC Editorial.

Repsol. (2023). *Repsol*. Obtenido de <https://www.repsol.com/es/energia-futuro/transicion-energetica/energia-electrica/index.cshtml>

Robledo, F. H. (2014). *Riesgo Electrico y mecanico*. Bogota: Ecoes.

Robledo, F. H. (2014). *Riesgos Electrico y Mecánicos*. Bogotá: Edoes. Obtenido de [https://www.google.com.co/books/edition/Riesgos\\_el%C3%A9ctricos\\_y\\_mec%C3%A1nicos/Ntk3DgAAQBAJ?hl=es-419&gbpv=1&dq=riesgo+electrico&printsec=frontcover](https://www.google.com.co/books/edition/Riesgos_el%C3%A9ctricos_y_mec%C3%A1nicos/Ntk3DgAAQBAJ?hl=es-419&gbpv=1&dq=riesgo+electrico&printsec=frontcover)

Safetya. (2023). *Multas y sanciones para quienes incumplan el SG-SST*. Obtenido de <https://safetya.co/multas-sanciones-decreto-472-de-2015/>

Seguridad Minera. (2018). Técnicas y procedimientos para trabajos eléctricos. *Seguridad Minera*. Obtenido de <https://www.revistaseguridadminera.com/operaciones-mineras/tecnicas-y-procedimientos-para-trabajos-electricos/>

Semana. (6 de Agosto de 2022). *semana.com*. Obtenido de <https://www.semana.com/economia/empresas/articulo/energia-el-servicio-del-que-mas-se-quejaron-los-colombianos-en-2021/202241/>

Tecnología para la Industria. (2023). *Ti*. Obtenido de [https://tecnologiaparalaindustria.com/guia-definitiva-para-el-mantenimiento-de-subestaciones-electricas/#Uso\\_de\\_un\\_software\\_de\\_mantenimiento\\_GMAO\\_para\\_gestionar\\_las\\_subestaciones](https://tecnologiaparalaindustria.com/guia-definitiva-para-el-mantenimiento-de-subestaciones-electricas/#Uso_de_un_software_de_mantenimiento_GMAO_para_gestionar_las_subestaciones)

Vasquez, S. G. (s.f.). *Prevención de riesgos electricos.*

Zarco, P., Zarco, J., & Zarco Soto, I. (2022). Realización de inspecciones termografica en

subestaciones electricas: Una encuesta. *applied science.*

doi:10.3390/aplicación122010381