



# **UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS**

**CARRERA DE INGENIERÍA EN MANTENIMIENTO ELÉCTRICO.**

**TRABAJO DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
INGENIERO EN MANTENIMIENTO ELÉCTRICO.**

**TEMA:**

**“ANÁLISIS TERMOGRÁFICO DE LA SUBESTACIÓN SAN LORENZO Y SU  
ALIMENTADOR PRIMARIO PRINCIPAL PARA ELABORAR UN PLAN DE  
MANTENIMIENTO PREDICTIVO”.**

**AUTOR: YÉPEZ BENNETT FELIPE VINICIO**

**DIRECTOR: ING. HERNÁN PÉREZ**

**IBARRA-ECUADOR**

**2016**



## UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

### BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

## AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN

### A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

#### 1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

La universidad Técnica del Norte dentro del proyecto Repositorio Digital Institucional, determinó la necesidad de disponer de textos completos en formato digital con la finalidad de apoyar los procesos de investigación, docencia y extensión de la Universidad.

Por medio del presente documento dejo sentada mi voluntad de participar en este proyecto, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

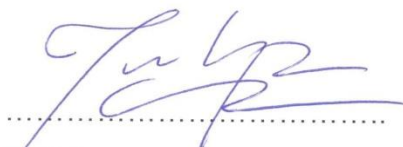
DATOS DE CONTACTO	
CÉDULA DE IDENTIDAD:	100397029-8
APELLIDOS Y NOMBRES:	YÉPEZ BENNETT FELIPE VINICIO
DIRECCIÓN:	SAN LORENZO CALLE ROBERTO LUIS CERVANTES
EMAIL:	<a href="mailto:felipeyeppez163@yahoo.com">felipeyeppez163@yahoo.com</a>
TELÉFONO MOVIL:	0992115008
DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	“ANÁLISIS TERMOGRÁFICO DE LA SUBESTACIÓN SAN LORENZO Y SU ALIMENTADOR PRIMARIO PRINCIPAL PARA ELABORAR UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO”.
AUTOR:	YÉPEZ BENNETT FELIPE VINICIO
FECHA:	OCTUBRE DEL 2016
PROGRAMA:	PREGRADO
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	INGENIERO EN MANTENIMIENTO ELÉCTRICO.
DIRECTOR:	ING. HERNÁN PÉREZ

## **2. AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD.**

Yo, Yépez Bennett Felipe Vinicio, con cédula de identidad Nro. 100397029-8, en calidad de autor y titular de los derechos patrimoniales de la obra o trabajo de grado descrito anteriormente, hago entrega del ejemplar respectivo en formato digital y autorizo a la Universidad Técnica del Norte, la publicación de la obra en el Repositorio Digital Institucional y uso del archivo digital en la Biblioteca de la Universidad con fines académicos, para ampliar la disponibilidad del material y como apoyo a la educación, investigación y extensión; en concordancia con la Ley de Educación Superior Artículo 144.

## **3. CONSTANCIAS**

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto la obra es original y que es el titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.



Firma

Nombre: Yépez Bennett Felipe Vinicio

Cédula: 100397029-8

Ibarra, Octubre del 2016



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS**

**CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE GRADO A FAVOR  
DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

Yo, Yépez Bennett Felipe Vinicio, con cedula de identidad Nro. 100397029-8 manifiesto mi voluntad de ceder a la Universidad Técnica del Norte los derechos patrimoniales consagrados en la Ley de Propiedad Intelectual del Ecuador, artículos 4,5 y 6, en calidad de autor de la obra o trabajo de grado denominado: **ANÁLISIS TERMOGRÁFICO DE LA SUBESTACIÓN SAN LORENZO Y SU ALIMENTADOR PRIMARIO PRINCIPAL PARA ELABORAR UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO**. que ha sido desarrollado para optar por el título de: INGENIERO en Mantenimiento Eléctrico. En la Universidad Técnica Del Norte, quedando la Universidad Facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente. En mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Técnica del Norte.

.....  
Firma

Nombre: Yépez Bennett Felipe Vinicio

Cédula: 100397029-8

Ibarra, Octubre del 2016.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE  
FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS

CERTIFICACIÓN DEL ASESOR

Que después de haber examinado el presente trabajo de investigación elaborado por el señor estudiante; **Yépez Bennett Felipe Vinicio**, certifico que ha cumplido con las normas y las leyes de la Universidad Técnica del Norte, Facultad de Ingeniería en Ciencia Aplicadas, en la elaboración de este Trabajo de Grado pudiendo este realizar la defensa de la misma para la obtención del título de Ingeniero en Mantenimiento Eléctrico.

Ing. Hernán Pérez

**DIRECTOR DEL PROYECTO**



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS**

**DECLARACIÓN**

Yo, Yépez Bennett Felipe Vinicio, con cédula de identidad 100397029-8, declaro bajo juramento que ese trabajo es de autoría propia, ya que no ha sido presentado para ningún trabajo de grado o calificación profesional; y certifico la veracidad de las referencias bibliográficas que se incluyen en el presente trabajo.

A través de la presente declaración cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Universidad Técnica del Norte- Ibarra, según lo establecido por la ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la Normativa Institucional vigente.

.....  
Firma

Nombre: Yépez Bennett Felipe Vinicio

Cédula: 100397029-8

Ibarra, Octubre del 2016



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS**

**DEDICATORIA**

El presente trabajo de investigación se lo dedico a mi familia en especial a mis padres Manuel Yépez y Kelly Bennett por ser quienes me han apoyado incondicionalmente a lo largo de esta dura etapa de mi vida, y han sabido brindarme toda su paciencia y sus innumerables consejos.

A mi abuela Aida Quintero quien me crio desde niño y supo inculcarme los valores de una familia y siempre estuvo allí dándome sus consejos y el coraje que hay que tener en esta vida para salir adelante.

**Felipe**



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS**

**AGRADECIMIENTO**

“No temas, porque Yo estoy contigo; no desmayes porque Yo soy tu Dios que te esfuerzo; siempre te sustentaré con la diestra de Mi justicia” (Isaías 41:10).

A mis padres por darme la vida, por cuidar y velar por mí en todos estos años, por escucharme en los momentos difíciles de mi existencia y por todo el inmenso amor incondicional que me han brindado. Gracias por sacrificarse día a día con el objetivo de ofrecer a mis hermanos y a mí una mejor vida, por sus grandes consejos, por apoyar mis estudios y sobre todo por inculcarme los buenos valores de una familia.

Un agradecimiento especial al Ing. Hernán Pérez por el tiempo brindado y el invaluable apoyo brindado a la realización de este trabajo de grado; A los amigos y todos los ingenieros de la carrera de Ingeniería en mantenimiento eléctrico, por los lindos momentos compartidos a lo largo de esta carrera, por el gran apoyo desinteresado que me han brindado en todo momento.

Así mismo quiero agradecer al personal de termografía de la empresa eléctrica EMELNORTE los cuales con sus conocimientos y su vasta experiencia contribuyeron para el desarrollo de esta investigación, de ante mano les tengo presente a todos los ingenieros del departamento de calidad de energía de esta prestigiosa institución guardándoles mucho respeto y mis más sincero agradecimiento.

**Felipe**



## ÍNDICE DE CONTENIDO

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN .....	II
CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE GRADO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE .....	IV
CERTIFICACIÓN DEL ASESOR .....	V
DECLARACIÓN.....	VI
DEDICATORIA.....	VII
AGRADECIMIENTO.....	VIII
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	IX
INDICE DE GRAFICOS .....	XIII
ÍNDICE DE TABLAS .....	XIV
RESUMEN.....	XV
ABSTRACT .....	XVI
CAPÍTULO I.....	1
1 ANTECEDENTES.....	1
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	2
1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	3
1.3 DELIMITACIÓN.....	3
1.3.1 DELIMITACIÓN ESPACIAL.....	3
1.3.2 DELIMITACIÓN TEMPORAL.....	4
1.4 OBJETIVOS.....	4
1.4.1 OBJETIVO GENERAL.....	4
1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	4
1.5 JUSTIFICACIÓN.....	4
CAPÍTULO II.....	6
2 MARCO TEÓRICO.....	6
2.1 CALOR.....	6
2.2 TEMPERATURA.....	6
2.3 ESCALAS RELATIVAS DE TEMPERATURA.....	7

2.4 ESCALAS ABSOLUTAS DE TEMPERATURA.....	7
2.5 MÉTODOS DE TRANSFERENCIA DE CALOR. ....	8
2.5.1 TRANSFERENCIA DE CALOR POR CONDUCCIÓN.....	9
2.5.2 TRANSFERENCIA DE CALOR POR CONVECCIÓN. ....	9
2.5.3 TRANSFERENCIA DE CALOR POR RADIACIÓN. ....	10
2.6 ESPECTRO DE RADIACIÓN.....	10
2.7 HISTORIA DE LA TERMOGRAFÍA. ....	11
2.7.1 ¿QUÉ ES LA TERMOGRAFÍA?.....	12
2.8 TIPOS DE TERMOGRAFÍA. ....	12
2.8.1 TERMOGRAFÍA COMPARATIVA.....	12
2.8.2 TERMOGRAFÍA INICIAL. ....	12
2.8.3 TENDENCIA TÉRMICA. ....	13
2.9 CÁMARAS TERMOGRÁFICAS. ....	13
2.10 CAMPO DE VISIÓN INSTANTÁNEO (IFOV Y FOV). ....	14
2.11 FUNCIONAMIENTO DE LA CÁMARA TERMOGRÁFICA TI 32. ....	15
2.11.1 TERMOGRAMA. ....	16
2.11.2 ENCUADRE DE LA IMAGEN. ....	17
2.12 CONSIDERACIONES DE MEDICIÓN DE TEMPERATURA.....	17
2.12.1 HUMEDAD RELATIVA.....	17
2.12.2 ENFOQUE.....	17
2.12.3 AJUSTE DEL RANGO DE TEMPERATURA. ....	17
2.13 FUNDAMENTOS DEL MANTENIMIENTO. ....	18
2.14 TIPOS DE MANTENIMIENTOS.....	19
2.14.1 MANTENIMIENTO PREDICTIVO. ....	19
2.14.2 PREVENTIVO. ....	21
2.14.3 CORRECTIVO. ....	21
2.15 PLANES DE MANTENIMIENTO ELÉCTRICO. ....	22
2.16 ANÁLISIS TERMOGRÁFICO EN SUBESTACIONES ELÉCTRICAS DE DISTRIBUCIÓN. ....	23
2.16.1 PROCEDIMIENTO PARA DETERMINAR PUNTOS CALIENTES EN SUBESTACIONES DE DISTRIBUCIÓN.....	24

2.17 ANÁLISIS TERMOGRÁFICO EN REDES DE DISTRIBUCIÓN. ....	26
2.17.1 PROCEDIMIENTO PARA DETERMINAR PUNTOS CALIENTES EN REDES DE DISTRIBUCIÓN.....	27
GLOSARIO.....	29
CAPÍTULO III.....	33
3 METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	33
3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	33
3.1.1 INVESTIGACIÓN BIBLIOGRÁFICA. ....	33
3.1.2 INVESTIGACIÓN PROPOSITIVA.....	34
3.1.3 INVESTIGACIÓN TECNOLÓGICA.....	34
3.1.4 INVESTIGACIÓN DE CAMPO.....	34
3.2 MÉTODOS.....	35
3.2.1 MÉTODO DEDUCTIVO.....	35
3.2.2 MÉTODO DE RECOLECCIÓN DE DATOS DE CAMPO.....	35
3.3 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS.....	35
3.3.1 CONSULTA A ESPECIALISTAS.....	36
3.3.2 OBSERVACIÓN DIRECTA.....	36
CAPÍTULO IV.....	37
4 ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....	37
4.1 RESUMEN DE RESULTADOS DEL ANÁLISIS TERMOGRÁFICO.....	37
4.2 INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS DEL ANÁLISIS TERMOGRÁFICO.....	40
4.3 PATIO DE MANIOBRAS Y EXTERIORES DE LA SUBESTACIÓN SAN LORENZO.....	41
4.4 RESUMEN TERMOGRÁFICO EN LA RED DE DISTRIBUCIÓN PRIMARIA.....	42
4.5 PROPUESTA.....	43
4.5.1 JUSTIFICACIÓN.....	43
4.5.2 INTRODUCCIÓN.....	44
4.5.3 ALCANCE.....	44
4.5.4 OBJETIVO.....	44
4.5.5 PLAN DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO MEDIANTE TERMOGRAFÍA.....	45
4.6 RESPONSABLES A CARGO DE LA INSPECCIÓN TERMOGRÁFICA.....	48
	XI

4.6.3 RUTINA DE ACTIVIDADES PARA LA RED DE DISTRIBUCIÓN PRIMARIA. ....	54
4.6.4 REGISTRO DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO PLANIFICADO SUBESTACIONES .....	55
4.6.5 REGISTRO DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO PLANIFICADO ALIMENTADORES .....	57
4.6.6 CRONOGRAMA MENSUAL DE ACTIVIDADES MEDIANTE TERMOGRAFÍA .....	58
4.6.7 CRONOGRAMA MENSUAL DE ACTIVIDADES MEDIANTE TERMOGRAFÍA .....	59
PRÁCTICA N° 1. ....	66
PRÁCTICA N° 2. ....	69
PRÁCTICA N° 3. ....	72
5.2 RECOMENDACIONES. ....	77
BIBLIOGRAFÍA.....	78
LINKOGRAFÍA .....	79
ANEXOS.....	81

## INDICE DE GRAFICOS

<b>FIGURA 1:</b> Divisiones de escalas de temperatura .....	8
<b>FIGURA 2:</b> Tipos de transferencia da calor .....	8
<b>FIGURA 3:</b> Longitud de ondas electromagnéticas .....	11
<b>FIGURA 4:</b> Campo de visión de las cámaras termográficas .....	14
<b>FIGURA 5:</b> diagrama simplificado de una cámara termográfica .....	15
<b>FIGURA 6:</b> Componentes de la cámara termográfica .....	16
<b>FIGURA 7:</b> Termograma de seccionadores .....	26
<b>FIGURA 8:</b> Portafusibles con anomalía .....	28
<b>FIGURA 9:</b> Resumen de resultados análisis termográfico .....	40
<b>FIGURA 10:</b> Análisis termográfico Subestación Eléctrica .....	41
<b>FIGURA 11:</b> Análisis termográfico alimentador primario .....	42

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>TABLA 1:</b> Clasificación de las fallas según las diferencias de temperatura .....	25
<b>TABLA 2:</b> Técnicas e Instrumentos.....	35
<b>TABLA 3:</b> Clasificación de las fallas según las diferencias de temperatura. ....	37
<b>TABLA 4:</b> Resumen de resultados del Análisis termográfico. ....	38
<b>TABLA 5:</b> Resumen termográfico en Red de distribución primaria. ....	39
<b>TABLA 6:</b> Resumen de resultados del análisis termográfico.....	40
<b>TABLA 7:</b> Resumen análisis termográfico subestación San Lorenzo.....	41
<b>TABLA 8:</b> Resumen termográfico alimentador principal .....	42
<b>TABLA 9:</b> frecuencia de inspecciones termográficas.....	46
<b>TABLA 10:</b> Etapas del plan de mantenimiento predictivo basado en termografía. ....	46
<b>TABLA 11:</b> Niveles de voltaje y seguridad. ....	49
<b>TABLA 12:</b> Procedimiento de inspección.....	50
<b>TABLA 13:</b> Rutina de actividades para el Disyuntor. ....	51
<b>TABLA 14:</b> Rutina de actividades para Transformador de potencia.....	51
<b>TABLA 15:</b> Rutina de actividades para TC y TP.....	52
<b>TABLA 16:</b> Rutina de actividades para Tableros de Control. ....	52
<b>TABLA 17:</b> Rutina de actividades para cuartos de Baterías.....	53
<b>TABLA 18:</b> Rutina de actividades para tableros del sistema SCADA.....	53
<b>TABLA 19:</b> Rutina de actividades para la red de distribución.....	54
<b>TABLA 20:</b> Rutina de actividades para Transformador de Distribución.....	54

## RESUMEN

El presente trabajo de grado trata sobre el análisis termográfico de la Subestación eléctrica San Lorenzo y su Alimentador primario con el propósito de determinar puntos calientes y poder dar sus respectivas soluciones. Dentro del desarrollo de la presente investigación se diseña una ficha técnica para la recopilación y el posterior análisis de las imágenes termográficas de las respectivas anomalías encontradas, mediante la ficha técnica se procederá a describir de manera puntual cada una de las causas y sus respectivas soluciones y se establecerá respecto a la norma ANSI/NETA ATS-2009 el grado de severidad de las mismas, con toda la información recopilada debido al análisis termográfico se realizara un plan de mantenimiento predictivo en base al periodo de tiempo en que se pueden realizar las debidas mediciones de temperatura en los equipos tanto en la subestación como en el alimentador primario. En el Capítulo I: se da una descripción del mantenimiento eléctrico y la necesidad de realizar un plan de mantenimiento para la Subestación Eléctrica San Lorenzo, se establece el planteamiento del problema y los objetivos los mismos que son fundamentales para el desarrollo de la investigación. Capítulo II: se describen los principales fundamentos teóricos del análisis termográfico, métodos de transmisión de calor, el espectro electromagnético y los conceptos de sistema eléctrico de distribución y los componentes que constituyen una subestación eléctrica así como también el mantenimiento predictivo en base al análisis termográfico que se realizan a cada uno de los mismos. Capítulo III: en este capítulo se hacen mención a los tipos de investigación, los métodos y las técnicas e instrumentos que se utilizaron para la ejecución del trabajo de grado. Capítulo IV: este capítulo hace énfasis al análisis e interpretación de los resultados obtenidos mediante el estudio termográfico de la Subestación San Lorenzo y el Alimentador Primario y el plan de mantenimiento predictivo realizado. Capítulo V: por último se redactan las conclusiones y recomendaciones que surgieron en el transcurso del análisis termográfico que se aplicó en la subestación eléctrica y su alimentador primario, una de las recomendaciones es realizar las inspecciones termográficas basándose en el plan de mantenimiento predictivo presentado.

## **ABSTRACT**

This degree work deals with the thermographic analysis of electric substation San Lorenzo and its primary feeder for the purpose of determining hot spots and to give their solutions. Within the development of this research is designed a data sheet for the collection and subsequent analysis of the thermographic images of the respective anomalies found by sheet now be described in a timely manner each of the causes and their solutions and will be established regarding the ANSI / NETA ATS-2009 standard the degree of severity of the same, with all the information gathered because of the thermographic analysis plan predictive maintenance will be made based on the period of time that can be made proper measurements temperature equipment in the substation as both the primary feeder. Chapter I: a description of the electrical maintenance and the need for a maintenance plan for the electrical substation San Lorenzo is given, the problem statement and the objectives thereof which are essential for the development of research is established. Chapter II: the main theoretical foundations of thermographic analysis, methods of heat transfer, the electromagnetic spectrum and concepts of electrical distribution system and the components that make up an electrical substation as well as predictive maintenance based describes the thermographic analysis They are performed to each of them. Chapter III: This chapter mentions the types of research are made, the methods and techniques and instruments used for the implementation of degree work. Chapter IV: This chapter emphasizes the analysis and interpretation of the results obtained by the thermographic study of San Lorenzo substation and Feeder Primary and predictive maintenance plan done. Chapter V: Finally the conclusions and recommendations that emerged during the thermographic analysis used in electrical substation and feeder primary, one of the recommendations is to perform thermographic inspections based on the plan submitted predictive maintenance are drafted.



## CAPÍTULO I

### 1 ANTECEDENTES.

En el pasado las tareas de mantenimiento eléctrico dentro de la mayoría de las empresas eléctricas en el Ecuador se limitaban únicamente a tareas de corrección de fallas eléctricas, esto hacía que los equipos trabajen en condiciones inadecuadas y de peligro en vista de que no se tenía una planificación que incluyeran mantenimientos predictivos y preventivos, de esta forma aumentaban los índices de interrupción en el servicio eléctrico.

Con la implementación de nuevas tecnologías se han desarrollado equipos de detección de calor como lo son las cámaras termográfica, las mismas que ayudan a detectar anomalías que pueden ser corregidas de manera oportuna antes de que las mismas provoquen una severa falla en el sistema eléctrico, particularmente con esta tecnología se dio un giro radical al momento de aplicar el mantenimiento predictivo y preventivo en las empresas eléctricas en virtud de aquello este mantenimiento hoy en día predice las anomalías en el sistema y se llevan registros oportunos de las mismas manteniendo así una eficiente confiabilidad en el sistema eléctrico.

Anteriormente CONELEC, en la actualidad ARCONEL “Agencia de Regulación y Control de Electricidad”, determinó regulaciones referentes a la calidad del servicio eléctrico de distribución, dictaminando así la regulación 004/01 que hace mención a la “Calidad del servicio eléctrico de distribución” esta regulación establece que:

Las Empresas Distribuidoras tienen la responsabilidad de brindar el servicio eléctrico a los consumidores ubicados en su zona de concesión, dentro de los niveles de calidad establecidos, en virtud de lo que señala la Ley Orgánica del Servicio Público de Energía Eléctrica, los reglamentos aplicables, el contrato de concesión y las regulaciones correspondientes.

A fin de que el corte parcial o total del suministro de electricidad a los consumidores del área de concesión del distribuidor sean mínimos.

## **1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.**

Dentro de los sistemas eléctricos de distribución los alimentadores y subestaciones eléctricas se constituyen en componentes esenciales para la distribución del servicio eléctrico de tal forma que la continuidad del servicio depende de las unidades anteriormente mencionadas, en vista de aquello los equipos que conforman dichas unidades tienen que estar en óptimo funcionamiento y por esta razón las empresas distribuidoras de electricidad se ven obligadas a aplicar diferentes tipos de mantenimiento a sus unidades, efectivamente en la actualidad se hace el uso del análisis termográfico como técnica del mantenimiento predictivo.

Cumpliendo así con las regulaciones establecidas por el ARCONEL que hace énfasis en que las empresas distribuidoras de electricidad tienen que brindar un servicio eficiente, continuo y de calidad para sus abonados. A través de un análisis termográfico en los componentes que conforman la subestación y la red de distribución primaria se puede evidenciar puntos calientes y anomalías térmicas de tal forma que se pueden elaborar fichas térmicas e informes termográficos con el objetivo de elaborar un plan de mantenimiento el cual es de vital importancia ya que nos conlleva a realizar el mantenimiento predictivo y preventivo, y correctivo de ser el caso.

Con la finalidad de minimizar las potenciales fallas que puedan ocasionar un grave daño y que puedan sacar de servicio a los equipos de las unidades anteriormente mencionadas. Las fallas en las subestaciones y alimentadores son a menudo precedidas por una anomalía térmica del componente eléctrico, por ende al no realizarse un buen mantenimiento predictivo en las subestaciones y alimentadores primarios los equipos están expuestos a una severa avería en un transformador o deterioro de sus partes o a su vez a cortes en el servicio eléctrico.

La Termografía Infrarroja juega un rol cada vez más importante en las actividades del Mantenimiento predictivo. Es una técnica que produce imágenes a partir de la radiación térmica que emiten los objetos, es un medio que permite

identificar, sin contacto alguno, componentes eléctricos y mecánicos más calientes que su operación normal indicando áreas de fallas inminentes o áreas con excesivo aumento de calor, que usualmente son síntomas de operaciones anormales del equipamiento en un sistema eléctrico.

Por la información recabada y por las consultas realizadas se pudo evidenciar puntualmente que la sucursal de CNEL EP Unidad De Negocios Esmeraldas ubicada en el cantón San Lorenzo no se dispone de un plan de mantenimiento predictivo tanto para la subestación como para la red de distribución primaria, en virtud de aquello es de vital importancia que se elabore un plan de mantenimiento predictivo para que los equipos tanto de la subestación como la red de distribución primaria tengan la disponibilidad y funcionamiento continuo y a su vez se realicen seguimientos periódicos a los equipos.

Por lo anteriormente indicado se efectuara un análisis termográfico en los equipos de la Subestación eléctrica San Lorenzo y su red de distribución primaria para levantar información necesaria que nos lleven a realizar un plan de mantenimiento predictivo y determinar los puntos calientes más críticos para proceder a su posterior corrección, el mismo que permitirá tener un seguimiento periódico de las anomalías registradas.

## **1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.**

¿Cómo aplicar el mantenimiento predictivo en base a un análisis termográfico en la subestación eléctrica San Lorenzo y la red de distribución primaria para que nos permita identificar los puntos calientes más críticos y disminuir el índice de fallas de la subestación y del alimentador?.

## **1.3 DELIMITACIÓN.**

### **1.3.1 DELIMITACIÓN ESPACIAL.**

La investigación se efectuará en la subestación San Lorenzo y su red de distribución primaria, la cual está ubicada en el cantón San Lorenzo en la provincia de Esmeraldas en el Kilómetro 2 de esta vía.

### **1.3.2 DELIMITACIÓN TEMPORAL.**

Se ha considerado a la Subestación eléctrica San Lorenzo y su la red de distribución primaria como área de influencia para el desarrollo del presente trabajo de grado el cual se llevó a cabo de noviembre del 2015 a julio del 2016, previamente cumpliendo el cronograma de labores conjuntamente con el asesor de la tesis.

### **1.4 OBJETIVOS.**

#### **1.4.1 OBJETIVO GENERAL.**

“Realizar el análisis termográfico de la subestación San Lorenzo y su red de distribución primaria como parte de un mantenimiento predictivo que permita identificar puntos calientes y a su vez detallar sus respectivas correcciones”.

#### **1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.**

1. Realizar inspecciones termográficas en la subestación San Lorenzo y a lo largo de la red de distribución primaria.
2. Elaborar un plan de mantenimiento predictivo basado en termografía para la sucursal de CNEL EP Unidad de Negocios Esmeraldas ubicada en el cantón San Lorenzo.
3. Realizar un ficha termográfica para el estudio de las imágenes térmicas
4. Entregar los resultados del análisis termográfico al Gerente de CNEL - EP Esmeraldas para que se tomen correctivos.
5. Elaborar un manual de prácticas de laboratorio mediante termografía.

### **1.5 JUSTIFICACIÓN.**

En el pasado uno de los mayores inconvenientes que se tenía en el cantón San Lorenzo, eran los apagones de energía continuos y muy prolongados los cuales eran generados por no efectuarse un adecuado plan de mantenimiento en los

equipos de la subestación, y en la red de distribución primaria; en este último a medida que pasaron los años la demanda fue más grande y los elementos de protección no respondían de manera eficiente.

Las empresas eléctricas responsables de distribución de energía eléctrica, son responsables de suministrarla dentro de los niveles de calidad establecidos en la regulación No. CONELEC 004/01, Calidad del Servicio Eléctrico de Distribución, normativa en la que adicionalmente se establecen los procedimientos de medición y evaluación de los distintos índices de calidad.

En la actualidad es indispensable que los equipos que forman parte de la subestación eléctrica San Lorenzo se encuentren en funcionamiento el tiempo requerido así como también que exista un servicio continuo de energía, por lo cual se ha creído conveniente realizar un minucioso monitoreo empleando técnicas predictivas en base a un análisis termográfico con la finalidad de buscar posibles fallas potenciales y así realizar las debidas correcciones que sean necesarias hasta alcanzar una eficiente disponibilidad de los componentes dentro de la subestación. Y reducir los costos de mantenimiento, mejorar la disponibilidad de los equipos de la subestación San Lorenzo y la red de distribución primaria, minimizando el riesgo de accidentes e interrupciones inesperadas.

Los habitantes del cantón requieren de la empresa eléctrica, altos niveles de calidad y continuidad en el servicio eléctrico, en vista de aquello la empresa eléctrica tiene la obligación para sus usuarios entregar un óptimo servicio sin interrupciones de energía para contribuir con el desarrollo del cantón; motivo por el cual se considera que la presente investigación es muy importante ya que arrojará información necesaria para mitigar las interrupciones eléctricas debido a averías en la subestación eléctrica San Lorenzo y el alimentador primario principal.

El análisis termográfico en la subestación San Lorenzo y la red de distribución primaria permitirá conocer los estados de funcionamiento de los equipos y determinar la temperatura de los mismos a la hora de máxima demanda para determinar si existen sobrecalentamientos en los conectores, empalmes

sobrecalentados, bushing de los transformadores, entre otros y poder evitar paradas inesperadas de los equipos.

## **CAPÍTULO II**

### **2 MARCO TEÓRICO.**

#### **2.1 CALOR.**

El calor se define como la energía cinética total de todos los átomos o moléculas de una sustancia y está estrechamente relacionado con la temperatura, la diferencia de que el calor depende de la velocidad de las partículas, su número, su tamaño y su tipo. De acuerdo a Yunus A. (2007): “Calor, es la forma de la energía que se puede transferir de un sistema a otro como resultado de la diferencia en la temperatura” (p.28). Esto se ve claramente reflejado en la primera ley de la termodinámica o el principio de conservación de la energía esta ley permite definir el calor como la energía necesaria que debe intercambiar el sistema para compensar las diferencias entre trabajo y energía interna.

Hewitt (2004) afirma: “El calor es energía en tránsito de un cuerpo a mayor temperatura a uno con menor temperatura, una vez transferida, la energía cesa de calentar” (p.292).

#### **2.2 TEMPERATURA.**

En el sistema internacional la temperatura es una medida del calor, “la temperatura es una sensación de caliente y frío basadas en nuestro sentido del tacto. Un cuerpo que se siente caliente suele tener una temperatura más alta, que un cuerpo similar que se siente frío” (Hugh, 2009, p.571). Con frecuencia el concepto de temperatura lo asociamos con que tan caliente o frío se siente un objeto cuando se toca, de esta forma los sentidos proporcionan una indicación

cualitativa de temperatura sin embargo los sentidos no son confiables y con frecuencia hacen que uno se equivoque.

### 2.3 ESCALAS RELATIVAS DE TEMPERATURA.

Las escalas de medición relativa se denominan así porque basan su lectura en dos temperaturas conocidas de sustancias comunes, como el punto de fusión y de ebullición del agua. Y entre las más comunes se destacan:

**Grados Celsius:** Es la escala de medición de la temperatura más ampliamente utilizada, en la cual se escoge al cero (0) como punto de congelamiento del agua y (100) al punto de ebullición, este intervalo está dividido en 100 partes iguales, y cada parte corresponde a 1°C.

**Grados Fahrenheit:** Escoge divisiones entre el punto de congelación y el punto de ebullición del agua en 180 divisiones, específicamente, desde los 32° F y los 212 °F.

### 2.4 ESCALAS ABSOLUTAS DE TEMPERATURA.

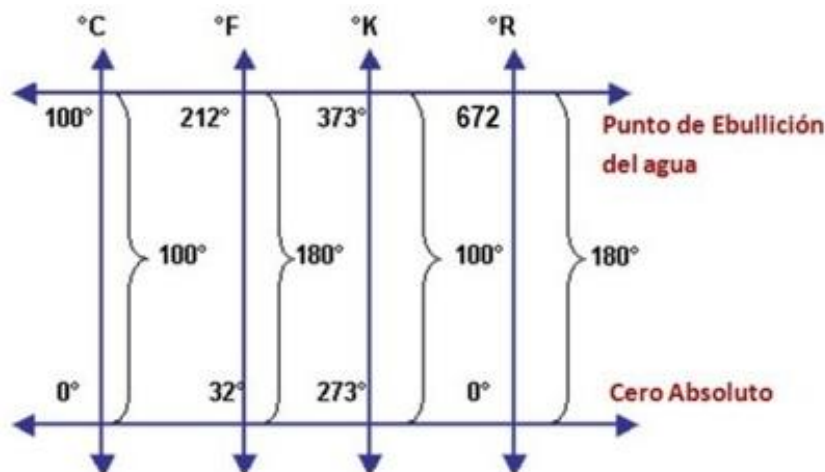
La escala absoluta de temperatura hace referencia al valor de la temperatura medida con respecto a una escala iniciada en el cero absoluto, con lo cual se derivan las siguientes escalas:

**Grados Kelvin:** Al igual que la escala Celsius la escala Kelvin toma 100 divisiones y determina el cero absoluto como punto de congelamiento del agua en (273.15K) y su punto de ebullición en 373K, asignándose la letra K como unidad estándar mundial.

**Grados Rankine:** “La escala Rankin se define midiendo en grados Fahrenheit sobre el cero absoluto, por lo que carece de valores negativos. Esta escala fue propuesta por el físico escocés William Rankin en 1859. El grado Rankin tiene

su punto  
absoluto

y los



de cero  
a -  
459.67°F,  
intervalos

de grado son idénticos al intervalo de grado Fahrenheit” (Abarca, 2012, p.7).

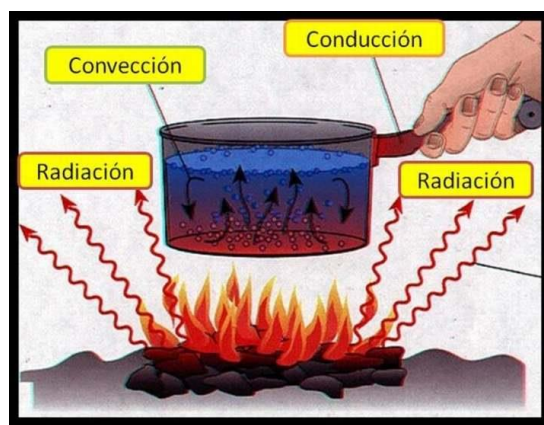
**FIGURA 1:** Divisiones de escalas de temperatura

Fuente: <http://www.fullquimica.com/2011/07/escalas-de-temperatura.html>

## 2.5 MÉTODOS DE TRANSFERENCIA DE CALOR.

Hewitt (2004) menciona:

El calor se transfiere, o se transmite, de cosas más calientes a cosas más frías. Si están en contacto varios objetos con temperatura distintas, los que están más calientes se enfrían y los que están más fríos se calientan. Tienden a alcanzar una temperatura común. Esta igualación de temperatura se lleva a cabo de tres maneras: por conducción, convección y radiación. (p.305)



**FIGURA 2:** Tipos de transferencia da calor

Fuente: <http://microrespuestas.com/cuales-son-los-tipos-de-transferencia-del-calor/>



### **2.5.1 TRANSFERENCIA DE CALOR POR CONDUCCIÓN.**

Fluke Corporation & The Snell Group (2009) afirman:

La conducción se define como la trasmisión de la energía térmica que se produce cuando se transfiere energía desde un objeto a otro mediante el contacto directo de sus superficies. Esto se produce cuando las moléculas más calientes seden energía directamente a las moléculas próximas más frías. (p.25)

En la conducción el calor el calor se transmite por choques sucesivos de electrones y átomos. Esto se ve mejor reflejado con la segunda ley de la termodinámica que establece, cuando existe una diferencia de temperatura entre dos objetos, la energía térmica se transfiere de las zonas más calientes (mayor energía) hasta alcanzar el equilibrio térmico.

“Si se coloca un clavo de acero en una llama el mismo se calentara tan rápido que no podrán sujetarlo. El calor entra por el extremo del clavo que esta la llama y el calor se transmiten por toda su longitud. A la transmisión de calor de esta manera se la define como conducción” (Hewitt, 2004, p.305).

En otras palabras la conducción es la transferencia de energía desde un objeto a otro mediante el contacto directo.

### **2.5.2 TRANSFERENCIA DE CALOR POR CONVECCIÓN.**

ITC. Thermography Level 1 Course Manual, 2006 (citado por Diego Vásquez, 2015) la convección es la transferencia de energía que se produce en fluidos como el aire o el agua que se encuentran en movimiento debido a fuerzas gravitatorias o por fuerzas externas como corrientes de aire provocadas, este fluido transmite calor de un lugar a otro, en donde las zonas más frías tienden a hundirse, y las más calientes a elevarse.

La convección es el modo de transferencia de calor entre una superficie sólida y los líquidos o gases más cercanos que están en movimiento, y comprende los efectos combinados de la conducción y del movimiento del fluido. Existen dos tipos de convección natural, producida solo por las diferencias de densidades de

la materia; o forzada, cuando la materia es obligada a moverse de un lugar a otro.

### 2.5.3 TRANSFERENCIA DE CALOR POR RADIACIÓN.

Los cuerpos emiten radiación térmica como consecuencia de su temperatura puesto que todos los objetos tienen una temperatura, todos emiten radiación térmica. A mayor temperatura, mayor será la cantidad de radiación térmica emitida.

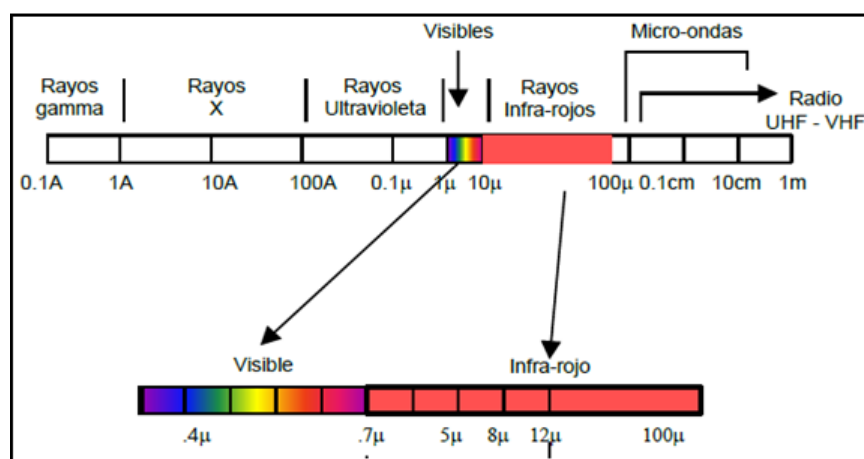
Yunus A. Cengel (2007) afirma:

La radiación es la energía emitida por la materia en forma de ondas electromagnéticas (o fotones) como resultado de los cambios en las configuraciones electrónicas de los átomos o moléculas, la transferencia de calor por radiación es la más rápida y se transmite a la velocidad de la luz y no sufre atenuación en vacío. (p.27)

Esta se puede presentar de varias formas, como luz visible, ondas de radio y radiación infrarroja. La principal fuente de radiación infrarroja es el calor o radiación térmica cualquier objeto que tenga una temperatura por encima del cero absoluto emite una radiación en la zona de infrarrojos, cuando más caliente este el objeto mayor cantidad de radiación infrarroja emitirá.

### 2.6 ESPECTRO DE RADIACIÓN.

El rango completo de longitudes de onda es lo que se denomina como el espectro electromagnético, que se muestra en el gráfico 3, el cual no contiene definidos límites superior ni inferior. Pero se sabe que la radiación térmica va desde el ultravioleta al infrarrojo, pasando por el visible, donde tiene la intensidad más elevada.



### **FIGURA 3:** Longitud de ondas electromagnéticas

**Fuente:** Kurt (2006). Termodinámica. Sexta edición. Pearson, Prentice Hall.

Raymond A (2010) afirma: “todas las ondas electromagnéticas viajan en un vacío con la rapidez de la luz, estas ondas transportan energía y cantidad de movimiento desde alguna fuente hasta un receptor” (p.720). El espectro de la radiación depende de la temperatura y las propiedades del objeto, a bajas temperaturas las longitudes de onda de la radiación térmica están principalmente en la región infrarroja y por lo tanto no son observables por el ojo humano. Para el desarrollo de este trabajo se trabajó en la región infrarroja ya que la cámara termográfica está diseñada para trabajar en estas regiones de operatividad.

## **2.7 HISTORIA DE LA TERMOGRAFÍA.**

Sir Frederick William Herschel (1800). Descubrió la existencia de la radiación infrarroja. Su curiosidad por la diferencia térmica entre los distintos colores de la luz le llevó a dirigir la luz solar a través de un prisma de cristal para crear un espectro y a continuación midió la temperatura de cada color. Determinó que dichas temperaturas crecían en progresión desde la parte del violeta hacia la del rojo.

Macedonio Melloni (1798-1854). Investigador y científico italiano en 1829 invento el termopar y a su vez conectó varios de estos termopares en serie para crear la primera termopila. Este nuevo dispositivo era 40 veces más sensible a la radiación calorífica y era capaz de detectar el calor de una persona a una distancia de 3 metros.

Sir John Herschel, científico y astrónomo inglés, en 1840 realiza la captura de la primera imagen de calor; y consiguió obtener un registro primitivo de la imagen térmica en papel y lo llamo termografía.

### **2.7.1 ¿QUÉ ES LA TERMOGRAFÍA?**

La termografía es una técnica que capta imágenes de radiación que emiten los objetos sin contacto alguno con los mismos, de esta manera se constituye en una herramienta fundamental para la detección predictiva de puntos calientes.

Melgosa (2011) menciona que:

La termografía es una técnica que permite medir temperatura a distancia y sin necesidad de contacto físico con el objeto a estudiar. Mediante la captación de la radiación infrarroja del espectro electromagnético. Utilizando cámaras termográficas podremos convertir la energía radiada en información sobre temperatura. (p.21)

La termografía es una técnica de mantenimiento predictivo con aplicaciones muy concretas basadas en el hecho de que todos los cuerpos, por estar a una temperatura superior al 0 absoluto, emiten una radiación electromagnética. Así, el mantenimiento predictivo basa sus principios en el conocimiento permanente del estado y la operatividad de los equipos, mediante la medición de diferentes variables. El control que se tiene de estas variables determina la utilización del mantenimiento predictivo. (Mora, 2009, p.120)

## **2.8 TIPOS DE TERMOGRAFÍA.**

### **2.8.1 TERMOGRAFÍA COMPARATIVA.**

Fluke Corporation & Snell Group (2009) indican que: “La termografía comparativa es un proceso utilizado por los termógrafos para comparar componentes similares en condiciones similares para evaluar el estado del equipo que se está inspeccionando” (p.56). Una utilización correcta de la termografía comparativa, se traduce en indicadores del estado de los equipos analizados. Es de suma importancia establecer el margen de error aceptable antes de empezar una inspección y trabajar con mucho cuidado para no salirse de esos límites.

### **2.8.2 TERMOGRAFÍA INICIAL.**

La termografía inicial fija un punto de referencia del equipo para obtener una imagen termográfica cuando este funciona en condiciones de operación normal.

Para en lo posterior proceder a compararla con imágenes de componentes similares a los cuales se requiere realizar un análisis termográfico. La termografía inicial siempre se la realiza cuando el equipo está trabajando a plena carga.

### **2.8.3 TENDENCIA TÉRMICA.**

Esta tendencia térmica hace referencia a los pasos que debe seguir el analista y a su vez comparar los resultados obtenidos en el mismo componente pero en función del tiempo. Antes de obtener la imagen térmica del equipo se debe verificar que la velocidad del viento no sea muy elevada, no se debe realizar la termografía en presencia de lluvias o en componentes de mucha emisividad.

### **2.9 CÁMARAS TERMOGRÁFICAS.**

Las cámaras termográficas son herramientas que sirven para determinar puntos calientes de componentes defectuosos en sistemas eléctricos para planificar un mantenimiento preventivo de este modo, es posible evitar mantenimientos correctivos evitando averías innecesarias y aumentando la confiabilidad del sistema eléctrico.

Una cámara termográfica es el dispositivo que va a detectar el patrón térmico del cuerpo al que se apunta, en el espectro de la longitud de onda infrarroja y sin entrar en contacto con ese cuerpo produciendo una imagen visible llamada termograma. Fluke Corporation & Snell Group (2009) indica que: “Las cámaras termográficas son dispositivos que detectan patrones térmicos en el espectro de la longitud de onda infrarroja sin entrar en contacto directo con el equipo.” (p.2). La cámara termográfica es una de las herramientas más utilizadas a la hora de realizar un mantenimiento predictivo ya que nos permite visualizar y detectar puntos calientes y aumentos de temperatura, los cuales si no son detectados se constituyen en una falla potencial que a la larga se vería reflejada en paras imprevistas de equipos y desperfecto en algún componente de la línea de producción si fuera el caso de una fábrica.

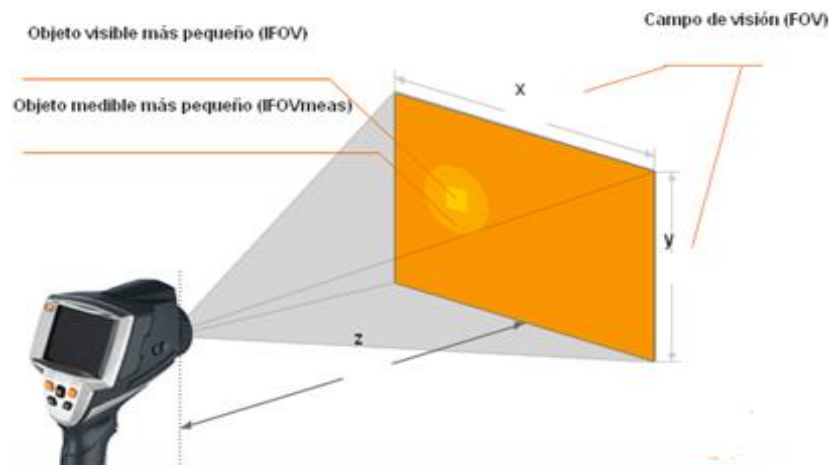
FLIR Systems AB (2011) afirma que: “Las cámaras termográficas son la herramienta perfecta para predecir los fallos ya que consiguen hacer visible lo invisible.”(p.8).

## 2.10 CAMPO DE VISIÓN INSTANTÁNEO (IFOV Y FOV).

**Campo de visión instantáneo (IFOV):** Fluke Corporation & Snell Group (2009) indica que: “El campo de visión instantáneo de medida es la resolución de la medida de una cámara termográfica que determina el tamaño mínimo que debe tener un objeto para que pueda medirse su temperatura con precisión a una distancia concreta” (p.28).

**Campo de visión (FOV):** Es una característica que define el tamaño de lo que se observa en la imagen térmica, define el área total que puede ser visto por la cámara.

El lente es el componente de mayor influencia en la conformación del (FOV), independientemente del tamaño de la matriz, en subestaciones al aire libre resultara útil un campo de visión grande.



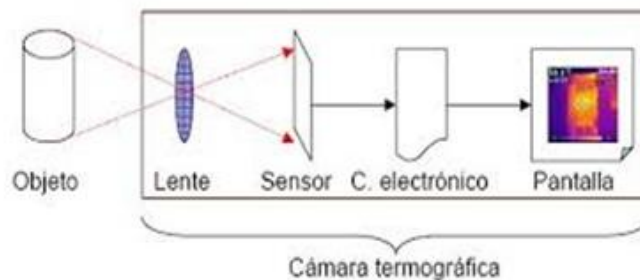
**FIGURA 4:** Campo de visión de las cámaras termográficas

**Fuente:** <http://www.academiatesto.com.ar/cms/marcas-de-medicion-y-distancia-fov-fov-ifov-ifovmeas>

Tanto el campo de visión FOV e IFOV al momento de realizar una imagen termográfica nos permiten efectuar una medición óptima del objeto al que vamos a medir determinando el ángulo y su correcto enfoque de la misma.

## 2.11 FUNCIONAMIENTO DE LA CÁMARA TERMOGRÁFICA TI 32.

Cuando se procede a medir la temperatura mediante la cámara termográfica, la radiación infrarroja emitida por el objeto converge debido a la óptica de la cámara, el detector realiza un cambio de tensión o de resistencia eléctrica, la cual es leída por los elementos electrónicos de la cámara termográfica; la señal producida por la cámara termográfica se convierte en una imagen electrónica (termograma) en la pantalla ver los Gráficos 5 y 6.



**FIGURA 5:** diagrama simplificado de una cámara termográfica

Fuente: <https://www.flickr.com/photos/33698047@N08/8220140716>



**FIGURA 6:** Componentes de la cámara termográfica

Fuente: <http://www.thermalground.com/fluke-ti9-ti25-ti32-review/>

Para el desarrollo de este proyecto se utilizó una cámara termográfica misma del gráfico 6 la cual para su debido funcionamiento se requirió una cierta habilidad que fue obtenida mediante la práctica. A continuación se detallan los pasos para proceder a realizar una imagen térmica:

**Encendido del equipo:** primero se verifica que la cámara termográfica se encuentre buen estado y además se debe cerciorarse de que todos sus componentes se encuentren instalados, como lo son la batería, el lente óptico y la tarjeta de memoria. Una vez verificado que todo esté en correcto orden se procede con el encendido del equipo.

**Control de la imagen:** en este paso es muy importante calibrar los tres parámetros fundamentales como.- emisividad 0.85, rango de temperatura a medir que no exceda el valor mín.  $-20^{\circ}\text{C}$  y máx.  $600^{\circ}\text{C}$  el delta de temperatura no debe sobrepasar con  $5^{\circ}\text{C}$  la temperatura del objeto a medir con la finalidad de no saturar el detector infrarrojo. Y por último la humedad a la que se trabaja.

**Capturado de la imagen:** al momento de capturar una imagen se tiene que tener muy en cuenta tres puntos muy fundamentales. El rango de temperatura adecuado, la correcta posición para lograr el mejor enfoque óptico del componente a medir sin dejar áreas importantes, se debe de tener presionado el gatillo de la cámara sin que exista el más leve movimiento, cuando se logra la estabilización se presiona el gatillo de la cámara, hasta que la imagen capturada aparezca en la pantalla.

Por último la imagen es guardada en la micro SD del equipo para en lo posterior transferirla al ordenador mediante el cable usb – micro usb y el software smartview.

### **2.11.1 TERMOGRAMA.**

Fluke Corporation & Snell Group (2009) indica que: “Un termograma es la imagen de un blanco electrónicamente procesado y mostrado en la pantalla en



donde los distintos tonos de color se corresponden con la distribución de la radiación infrarroja en la superficie del blanco” (p.4).

A continuación se describe de manera más detallada las reglas que hay que tener en consideración las cuales nos ayudan de manera indispensable a la hora de realizar una captura de una imagen. Estas reglas se las describe de la siguiente manera:

### **2.11.2 ENCUADRE DE LA IMAGEN.**

Esto hace referencia en cuanto a la distancia necesaria que se debe tener desde el objeto Asia la cámara y a su vez alinear el lente de la cámara de manera tal que quede bien centrado con el objeto al cual se le va a realizar la captura de la imagen térmica.

### **2.12 CONSIDERACIONES DE MEDICIÓN DE TEMPERATURA.**

Una inspección termográfica se la realiza bajo condiciones normales esto quiere decir que no haya presencias de lluvias, radiación vientos fuertes, tormentas entre otras. Estas anomalías hacen que los resultados varíen y se tengan mediciones erróneas.

#### **2.12.1 HUMEDAD RELATIVA.**

Generalmente para distancias cortas y humedad normal, la humedad relativa puede permanecer con el valor predeterminado del 50%. La humedad relativa determina que tan húmedo está el ambiente e influye directamente en los componentes en la medida de que los mismo pueden presentar niveles de enfriamiento, consecuentemente esto se puede conllevar a medidas erróneas.

#### **2.12.2 ENFOQUE.**

Una imagen desenfocada nos dará medidas erróneas, de tal forma que se debe mantener la pantalla limpia en todo momento en que dure las inspecciones termográficas, dependiendo la calidad del enfoque las imágenes tendrán una alta calidad.

#### **2.12.3 AJUSTE DEL RANGO DE TEMPERATURA.**

Este punto es muy importante ya que primero hay que fijar el rango de medida que incluya lo que se pretende medir. Uno de los inconvenientes que se tiene en este punto es que si no se fija el rango de medida se tendrá menos precisión en la medida.

### **2.13 FUNDAMENTOS DEL MANTENIMIENTO.**

Jaime Suarez, (citado por Albornoz Leonardo. Apuntes “Curso de Mantenimiento General” 2004) dice:

Se entiende por mantenimiento a todas las actividades desarrolladas con el fin de conservar las instalaciones y equipos en condiciones de funcionamiento seguro, eficiente y económico. El tiempo de parada de máquina siempre ha afectado la capacidad de producción de los activos físicos al reducir la producción, aumentar los costos operacionales, e interferir con el servicio al cliente (p.20).

El objetivo del mantenimiento es contar con instalaciones en óptimas condiciones en todo momento, para asegurar una disponibilidad total del sistema, lo cual está basado en la carencia de errores y fallas.

Por lo que el mantenimiento debe procurar un desempeño continuo y operando bajo las mejores condiciones técnicas, sin importar las condiciones externas (ruido, polvo humedad, calor etc.) del ambiente al cual esté sometido el sistema. El mantenimiento además debe estar destinado a

- Optimizar la producción del sistema.
- Reducir los costos por averías.
- Disminuir el gasto por remplazo de nuevos equipos.
- Maximizar la vida útil de los equipos (p.20).

Martínez (2007) afirma:

El mantenimiento industrial, en forma general. Es una actividad dirigida a conservar los equipos e instalaciones en condiciones óptimas de

funcionamiento, durante un periodo predeterminado y al menor costo, contribuyendo así a lograr los objetivos de la organización y brindando satisfacción a las expectativas de las partes interesadas, es decir: los dueños de la empresa, sus empleados, clientes y proveedores, así como de la sociedad donde la organización desarrolla sus actividades. (p.46)

La gestión del mantenimiento es responsable de conservar todos los bienes que componen los activos fijos de la empresa, industria en las mejores condiciones de funcionamiento, con un muy buen nivel de confiabilidad. El papel del mantenimiento es incrementar la confiabilidad de los sistemas de producción al realizar actividades. Tales como planeación, organización, control y ejecución de métodos de conservación de los equipos. (Mora, 2009, p.59)

## **2.14 TIPOS DE MANTENIMIENTOS.**

### **2.14.1 MANTENIMIENTO PREDICTIVO.**

El mantenimiento predictivo estudia la evolución temporal de ciertos parámetros para asociarlos a la ocurrencia de fallas, con el fin de determinar en qué período de tiempo esa situación va a generar escenarios fuera de los estándares, para planificar todas las tareas proactivas con tiempo suficiente, para que esa avería no cause consecuencias graves ni genere paradas imprevistas de equipos. Fluke Corporation & Snell Group (2009) indica que: “El mantenimiento predictivo está basado en la supervisión de la evolución de las condiciones de operación y de las características del equipo frente a unas tolerancias predeterminadas para de esta forma predecir el posible funcionamiento incorrecto del equipo o sus averías” (p.11).

Cualquier variación o desviación de las variables características de una máquina MSPAS – GTZ. (1998) menciona que:

Consiste el pronosticar el reemplazo de piezas antes de que se termine su vida útil probable, bajo determinadas condiciones técnicas de trabajo y funcionalidad establecidas por los fabricantes y bajo predicciones obtenidas estadísticamente

a través de la utilización de instrumentos de medición y diagnóstico, y mediante pruebas no destructivas. (p.24)

Esta técnica supone la medición de diversos parámetros que muestren una relación predecible con el ciclo de vida del componente. Algunos ejemplos de dichos parámetros son los siguientes:

- Vibración de cojinetes.
- Temperatura de las conexiones eléctricas.
- Resistencia del aislamiento de la bobina de un motor.

La aplicación del mantenimiento predictivo consiste en establecer, en primer lugar, una perspectiva histórica de la relación entre la variable seleccionada y la vida de la máquina. Esto se logra mediante la toma de lecturas una de ellas (la temperatura de las conexiones eléctricas) en intervalos periódicos hasta que el componente sufra una avería.

Las cámaras termográficas para inspecciones de mantenimiento predictivo son potentes herramientas no invasivas para la supervisión y el diagnóstico del estado de componentes e instalaciones eléctricas y mecánicas.

Con una cámara termográfica, se pueden identificar problemas en una fase temprana, de forma que se pueden documentar y corregir antes de que se agraven y resulten más costosos de reparar.

***Técnicas aplicadas al mantenimiento predictivo:*** Existen varias técnicas aplicadas para el mantenimiento predictivo entre las cuales destacan las siguientes:

- Análisis de vibraciones.
- Análisis de lubricantes.
- Análisis de ultrasonido.

- Análisis Termográfico.

Mora (2009): “La inspección y la evaluación de los parámetros se pueden realizar en forma periódica, o en forma continua, dependiendo de diversos factores como son: el tipo de planta, los tipos de fallas por diagnosticar y la inversión que se quiera realizar” (p.433).

#### **2.14.2 PREVENTIVO.**

La función del mantenimiento preventivo es adelantarse en el tiempo a las averías, de manera que para ello se establecen tiempos necesarios para efectuar revisiones y reparaciones, estas tareas nos conducen a planear una programación de mantenimiento preventivo adecuada para medir las disminuciones de las averías. “Se define al mantenimiento preventivo como el método que permite efectuar las revisiones y reparaciones con las frecuencias necesarias para que las máquinas, equipos e instalaciones, trabajen en forma eficiente y económica, eliminando o reduciendo las averías o fallos” (Anónimo, 2010, p.37).

Carlos Boero (2006) menciona:

Las principales ventajas del mantenimiento preventivo:

- Disminuir la frecuencia de las paradas.
- Aprovechar la intervención para efectuar varias reparaciones.
- Disminuir el trabajo de mantenimiento evitando exceso o bajas en las tareas del servicio.
- Evita que las averías se aumenten.
- Disminuye los riesgos para los sistemas de seguridad (p.25).

#### **2.14.3 CORRECTIVO.**

En este tipo de mantenimiento se hace mucho énfasis en la reposición del elemento que causó la falla inesperada del equipo, para lo cual se aplica el mantenimiento basado en la corrección inmediata y el mantenimiento de

corrección diferida este último se aplica con la paralización del equipo para luego llevar a cabo su arreglo.

Boero (2006) afirma: “Es la actividad humana desarrollada en los recursos físicos de una empresa, cuando a consecuencia de una falla han dejado de proporcionar la calidad de servicio esperada” (p.22).

## **2.15 PLANES DE MANTENIMIENTO ELÉCTRICO.**

Los planes de mantenimientos están enfocados en ir a la par con las necesidades de las empresas, los mismos que tienen que ser flexibles para incorporar las herramientas que den el mejor soporte a la confiabilidad operacional de los equipos. Plaza, A (2009) define que: “Los planes de mantenimiento son el conjunto de tareas de mantenimientos programados que se realizan en una planta para asegurar los niveles de disponibilidad de los equipos” (p.86). El plan de mantenimiento tiene que ajustarse con las necesidades y requerimientos de los equipos bajo funcionamiento para que los mismos sean confiables y tengan la disponibilidad el mayor tiempo posible, logrando así intervenir los equipos antes de que se produzca una potencial falla que deje fuera de servicio a la planta o una instalación eléctrica dicho sea de paso. MSPAS & GTZ (1998) afirman:

Son instrucciones organizadas, redactadas a partir de los manuales, información técnica de los proveedores y fabricantes, donde se indica el procedimiento correcto y los pasos que se deben seguir para realizar un adecuado mantenimiento de los equipos. Cuando los proveedores no puedan proporcionarlos estos elementos, se debe buscar a técnicos expertos para elaborar este plan de mantenimiento. (p.50)

La fase de planeación del mantenimiento nacen de dos etapas fundamentales que son, la planificación en la cual se incluyen todas la actividades realizadas antes de efectuar una tarea de mantenimiento, y la programación que son las acciones que se van a realizar de manera anticipada y ordenada mediante los tiempos y recursos disponibles (García, 2012).

Con todo lo dicho hasta ahora podríamos resumir distintas etapas que supone establecer un plan de mantenimiento:

1. Constituir principios que sirven para orientar las acciones y tomar las decisiones, uno de los principios que se efectuó en este tipo de trabajo fue la determinación de la causa su posterior análisis y la raíz en la cual radica.
2. Elaborar procedimientos para realizar inspección termográfica mediante las normas ANSI/NETA ATS-2009 (International Electrical Testing Association.) y NFPA 70E.
3. Programar las respectivas actividades de inspección termográfica mediante un programa de inspección correspondiente en donde se especifiquen las actividades y el tiempo de duración de las mismas.

## **2.16 ANÁLISIS TERMOGRÁFICO EN SUBESTACIONES ELÉCTRICAS DE DISTRIBUCIÓN.**

Enríquez J (2005) menciona:

Una subestación eléctrica se puede definir como la interconexión de varios equipos eléctricos de alta y media tensión, que se pueden agrupar por tipos según la función que desempeñen, como: elevadoras, reductoras o de enlace, según eleven tensión, la reduzcan o simplemente interconecten partes de un sistema eléctrico. (p. 273-274)

Aparte de las fallas eléctricas la expectativa de vida de los equipos eléctricos de la subestación disminuye cuando la temperatura del equipo supera su valor nominal debido a malas conexiones que generan puntos calientes. Los factores que inciden en el deterioro de los equipos eléctricos de la subestación eléctrica dependen en gran medida del calor, humedad, la vibración, oxidación y el tiempo. Harper (2012) manifiesta:

Las características generales de los equipos o aparatos en alta tensión, usados en las subestaciones eléctricas, son los parámetros que representan las condiciones de funcionamiento en condiciones de operación normales, o bien en condiciones anormales (sobrecargas, cortocircuitos, sobretensiones, etc), estos parámetros se deben ajustar a determinados valores que representan las

magnitudes funcionales de una instalación para que los equipos operen normalmente. (p.274)

Para realizar el análisis termográfico en una subestación de distribución se debe tomar en cuenta las siguientes recomendaciones:

- Mantener una distancia prudencial.
- Respetar las normas de seguridad.
- Realizar una inspección visual a los equipos.
- Medir la temperatura desde varios ángulos.
- Capturar la imagen térmica del equipo con defecto.
- Capturar la imagen visual en el día.
- No es recomendable realizar inspecciones termográficas durante los días de mucha intensidad solar.
- Evitar las inspecciones con una velocidad del viento por encima de 20 km/h.
- Evitar las inspecciones termográficas por debajo del 50% de la demanda máxima de la carga.
- No es aconsejable realizar las inspecciones con una humedad relativa superior al 90%.

#### **2.16.1 PROCEDIMIENTO PARA DETERMINAR PUNTOS CALIENTES EN SUBESTACIONES DE DISTRIBUCIÓN.**

***Para elementos individuales.***- Para determinar si existe un punto caliente en elementos individuales, se debe fijar la temperatura máxima del equipo y establecer la temperatura promedio a la que este se encuentra operando, con la finalidad de determinar la variación de temperatura mediante la siguiente ecuación:



$$\Delta T = T_{\text{max}} - T_{\text{promedio}}$$

Con referencia la norma ANSI/NETA ATS-2009 (International Electrical Testing Association.), se clasifica el grado o nivel de severidad, su clasificación y su posterior acción a seguir como se muestra en la siguiente tabla:

Nivel	Diferencias de Temperatura	Clasificación	Acción
1	1°C - 10°C O/A, ó 1°C a 3°C O/S	Posible deficiencia	Se requiere más información
2	11°C–20°C O/A, ó 4°C a 15°C O/S	Probable	Reparar en la próxima parada
3	21°C–40°C O/A, ó > 15°C O/S	Deficiencia	Repara tan pronto como sea
4	>40°C O/A, ó >15°C O/S	Deficiencia mayor	REPARAR INMEDIATAMENTE

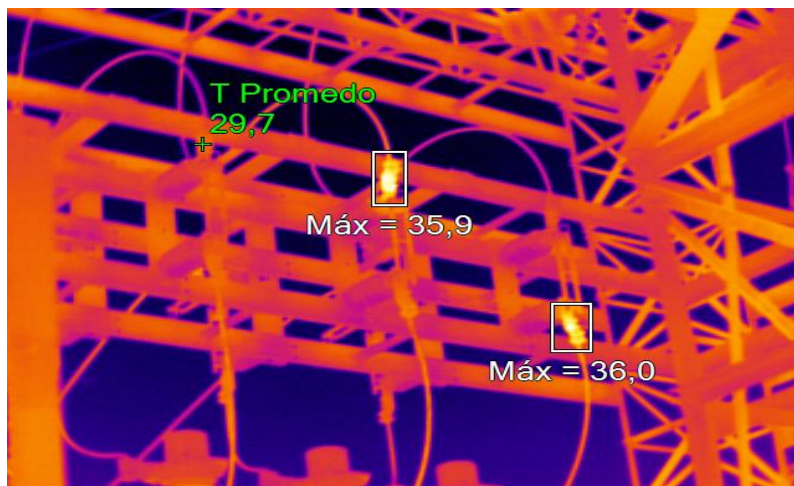
**TABLA 1:** Clasificación de las fallas según las diferencias de temperatura

**Fuente:** ANSI/NETA ATS-2009; TABLA 100.18. Thermographic Survey Suggested Actions Based Temperature Rise.

**O/A:** Over Ambient: (Sobre Temperatura ambiente)

**O/S:** Over Similar: (Sobre Temperatura de un cuerpo similar en condiciones normales)

**Para elementos similares.-** para los elementos similares en donde haya 3 equipos con anomalías se toma como referencia la temperatura promedio del equipo con menor deficiencia y se procede a calcular la diferencia de temperatura con la máxima de cada uno de los equipos como se muestra en la gráfica siguiente y se clasifica el grado de la anomalía mediante la tabla anteriormente mencionada.



**FIGURA 7:** Termograma de seccionadores

**Fuente:** Autor

## **2.17 ANÁLISIS TERMOGRÁFICO EN REDES DE DISTRIBUCIÓN.**

Mediante la regulación No. 004/01 CONELEC, establece que las empresas prestadoras de distribución de energía eléctrica serán las responsables de suministrar los niveles de calidad establecidos según la ley y adicionalmente se establecen los procedimientos de medición y evaluación de los distintos índices de calidad.

Según la ley orgánica del servicio público de energía eléctrica, en su Art. 7: Deber del Estado:

“Constituye deber y responsabilidad privada del estado, a través del Gobierno Central, satisfacer las necesidades del servicio público de energía eléctrica y alumbrado público general del país, mediante el aprovechamiento eficiente de sus recursos, de conformidad con el Plan Nacional de Desarrollo, el Plan Maestro de Electricidad, y los demás planes sectoriales que fueren aplicables” pág.6.

Debido a estas regulaciones el deber de las empresas prestadoras de servicio eléctrico están en total obligación de mantener las redes de distribución primarias y secundarias en total operatividad y minimizar el riesgo de cortes parciales o totales del servicio; para ello se utiliza la técnica de la termografía para detectar puntos calientes y los planes de mantenimiento predictivos para ejecutar correcciones de equipos defectuosos y hacer mantenimientos programados.

***Redes de distribución primarias.***- También llamadas alimentadores primarios son las líneas que se encargan de conducir la energía desde las subestaciones eléctricas hasta los transformadores de distribución urbanos y rurales y de estas se derivan:

**Redes de distribución secundarias.-** las redes de distribución secundarias se encargan de conducir la energía desde los transformadores de distribución hasta las acometidas de los consumidores finales.

Para realizar el análisis termográfico en redes de distribución primaria y secundaria se debe tomar en cuenta las siguientes recomendaciones:

- Realizar inspecciones termográficas en horas de máxima demanda.
- Medir la temperatura desde varios ángulos.
- Capturar la imagen térmica del equipo con defecto.
- Capturar la imagen visual en el día.
- Evitar las inspecciones termográficas debajo del 50% de la demanda máxima.
- No es aconsejable realizar inspecciones con humedad relativa superior al 90%.

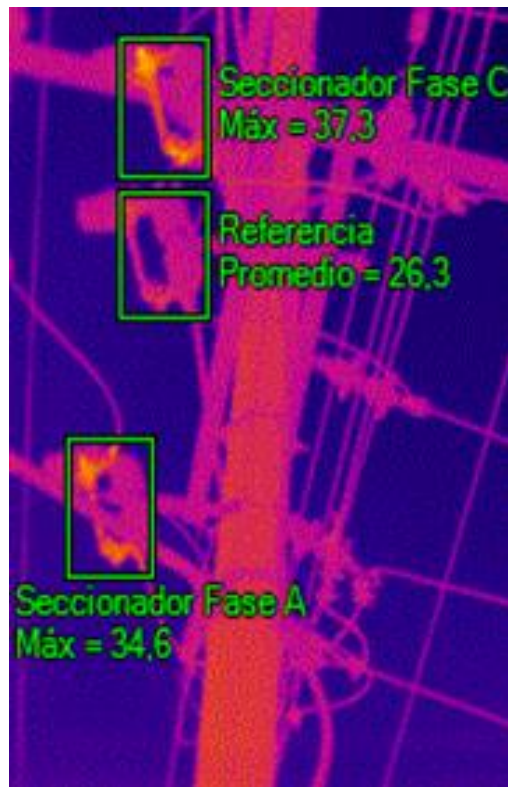
### **2.17.1 PROCEDIMIENTO PARA DETERMINAR PUNTOS CALIENTES EN REDES DE DISTRIBUCIÓN.**

Al realizar inspecciones termográficas en las redes de distribución primarias es aconsejable mantener un ángulo de visión directa con el objetivo y analizarlo desde varios ángulos afín de evitar lecturas erróneas de temperatura, existen casos particulares en la que la utilización del lente teleobjetivo para lograr enfoques de equipos muy distantes es necesaria. Cabe recalcar que no toda lectura de temperatura excesiva reflejada en la pantalla de la cámara termográfica se la puede tomar como punto caliente sino más bien como refracción luminosa la cual se presenta en materiales que reflejan las ondas de luz, esto hace que el termógrafo tome lecturas termográficas erróneas de materiales los cuales no presentan ninguna eventualidad.

En función del análisis termográfico realizado las empresas eléctricas sugieren a la Dirección de Distribución se programe mantenimientos preventivos con la finalidad mantener un servicio continuo de energía eléctrica.

**Para elementos individuales y similares.-** Como caso particular cabe mencionar que al momento en que se presenten anomalías en uno o más equipos similares el análisis termográfico se procede de la siguiente manera:

1. En los componentes defectuosos fijar la temperatura máxima.
2. Establecer la temperatura promedio del equipo en funcionamiento normal.
3. Restar la temperatura máxima de cada componente con la temperatura promedio.
4. Seguir los pasos de la norma ANSI/NETA ATS-2009 (International Electrical Testing. Association.) para determinar la severidad y pasos a seguir.



**FIGURA 8:** Portafusibles con anomalía

**Fuente:** Autor

La norma ANSI/NETA ATS-2009 tabla 100.18 es aplicable para cualquier componente tanto para redes de distribución como también para la subestación de distribución sea el caso en que se detecte una anomalía.

Cuando la anomalía está claramente identificada y el termógrafo ha comprobado que no es un reflejo ni un punto caliente producido de forma natural, comienza la recopilación de datos, que permite realizar un informe adecuado sobre la anomalía registrada. La emisividad, la identificación del componente y las condiciones de trabajo reales, junto con la temperatura medida, son algunos de los elementos que se utilizarán en el informe. Para que resulte más sencillo identificar el componente, normalmente se toma una fotografía visual del defecto (González, 2010).

## **GLOSARIO**

**Termografía infrarroja:** Es la práctica de recoger imágenes de la radiación térmica emitida por los objetos también se la define como el término genérico

que se designa a los diferentes métodos, para identificar y analizar los patrones de calor emitidos por un cuerpo o un objeto relacionados con su temperatura.

**Radiación térmica:** La radiación térmica es la emitida por un cuerpo a causa de su temperatura. Los cuerpos no solo emiten radiación sino que también la absorben de su entorno, si un cuerpo está más caliente que su entorno, emite más radiación de la que absorbe y tiende a enfriarse.

**Espectro:** Serie de colores semejantes a un arco iris que se produce al dividir una luz compuesta como la luz blanca en sus colores constituyentes. Puede lograrse un efecto similar haciendo pasar luz solar a través de un prisma de vidrio.

**Espectro Electromagnético:** El espectro electromagnético es el rango de todos los tipos de radiación electromagnética clasificados por su longitud de onda.

**Entalpia:** Es una magnitud termodinámica, simbolizada con la letra H mayúscula, cuya variación expresa una medida de la cantidad de energía absorbida o cedida por un sistema termodinámico, es decir, la cantidad de energía que un sistema intercambia con su entorno.

**Radiación:** Proceso de transmisión de ondas o partículas a través del espacio o de algún medio.

**Amplitud:** Es la máxima perturbación de la onda. La mitad de la distancia entre la cresta y el valle.

**Frecuencia:** Número de veces que se repite la onda por unidad de tiempo. Si se usa el Hertzio es el número de veces que se repite la onda por cada segundo.

**Periodo:**  $1/\text{frecuencia}$ . Es la inversa de la frecuencia.

**Tensión disruptiva:** es el Voltaje mínimo que produce una perforación o ruptura en un aislante con el consiguiente paso de corriente. También llamada voltaje de perforación.

**Fiabilidad:** Se define como la probabilidad, durante un periodo de tiempo especificado, de que el equipo en cuestión pueda realizar su función o su actividad en las condiciones de utilización, o sin avería.

**Mantenibilidad:** Es la probabilidad de que el equipo, después del fallo o avería sea puesto en estado de funcionamiento en un tiempo dado.

**Termograma:** Un termograma es una imagen de un objeto electrónicamente procesado y mostrado en la pantalla en donde las distintas tonalidades de colores corresponden con la distribución de la radiación infrarroja que emite la superficie del objeto.

**Rayos infrarrojos (IR):** Los rayos infrarrojos son ondas de calor infrarrojo, el mismo calor que irradia el sol, por eso sentimos los efectos de la radiación infrarroja cada día. El calor de la luz del sol, del fuego, de un radiador de calefacción o de una acera caliente proviene del infrarrojo.

**Emisividad:** La capacidad que tienen los cuerpos de emitir, eficientemente la radiación absorbida en ellos, se define como emisividad. La emisividad es una propiedad de la superficie de los cuerpos y parte del principio del cuerpo negro.

**Enfoque:** es un procedimiento a través del cual se calibra el lente de la cámara termográfica para obtener una imagen de mejor calidad del objeto enfocado.

**Longitud de onda:** la longitud de una onda es el período espacial o la distancia que hay de pulso a pulso.

**Cuerpo negro:** objeto que no refleja ninguna radiación. Toda la radiación que emite se debe a su propia temperatura.

**Rango de temperatura:** límite de medida de temperatura global de una cámara de infrarrojos. Las cámaras pueden tener diversos rangos. Se expresa mediante dos temperaturas de cuerpo negro que limitan la calibración.

**Conducción:** fenómeno que hace que el calor se propague por un material.

**Convección:** la convección es un modo de transferencia de calor que consiste en un fluido en movimiento (a causa de la gravedad u otra fuerza), que transfiere el calor de un lugar a otro.



## **CAPÍTULO III**

### **3 METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

La metodología tomando en cuenta lo expresado por Fernández & Baptista (2003) indican:

Se refiere al conjunto de procedimientos, métodos y técnicas para realizar la investigación de manera sistemática. Su importancia radica en que a través del estudio de las muestras y del análisis de los gráficos o datos estadísticos se logra que los resultados obtenidos tengan un grado máximo de exactitud y confiabilidad. (p.126)

#### **3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN.**

Para el desarrollo de este proyecto, el tipo de investigación que se utilizó fue de tipo bibliográfica, propositiva, tecnológica, y de campo las mismas que fueron aplicadas en el desarrollo del trabajo de grado.

##### **3.1.1 INVESTIGACIÓN BIBLIOGRÁFICA.**

La investigación bibliográfica permitió recabar información para estudiar los parámetros de medición termográfica, los procesos para desarrollar un plan de mantenimiento predictivo y realizar reportes termográficos con el propósito de ampliar y profundizar el conocimiento de su naturaleza, con el apoyo principalmente en trabajos previos, información y datos divulgados por medios impresos, audiovisuales o electrónicos. La originalidad del estudio se reflejó en el enfoque, criterios, conceptualizaciones, reflexiones, conclusiones, recomendaciones y en general el pensamiento del autor.

Para conseguir los datos requeridos en la investigación se consultaron historiales, informes, reportes y otro tipo de publicaciones asociadas a las labores de mantenimiento predictivo y detección de anomalías incipientes en la subestación San Lorenzo.

Así como también se consultaron manuales técnicos que permitieron establecer criterios para identificar los niveles de severidad de las anomalías y los parámetros críticos asociados con las mismas; a la par se consulto acerca de las normas de seguridad industrial las cuales fueron de obligatorio cumplimiento a la hora de realizar el análisis termográfico.

### **3.1.2 INVESTIGACIÓN PROPOSITIVA.**

Esta investigación nació de la necesidad de realizar el análisis termográfico, en las instalaciones de la subestación eléctrica San Lorenzo y el alimentador principal, para detectar anomalías en el funcionamiento de los equipos y poder así establecer respecto a la norma ANSI/NETA ATS-2009 (International Electrical Testing Association.) los grados de severidad de las mismas y poder dar las soluciones respectivas.

### **3.1.3 INVESTIGACIÓN TECNOLÓGICA.**

Para el análisis termográfico en los componentes de la subestación y el alimentador principal se empleó una cámara termográfica de uso específico para componentes eléctricos la cual permite predecir a través de la radiación infrarroja que emiten los cuerpos detectar gradientes de temperatura.

### **3.1.4 INVESTIGACIÓN DE CAMPO.**

Para fortalecer la investigación de campo se tomó muy en cuenta los conocimientos y criterios vertidos por los técnicos de la subestación eléctrica San Lorenzo, cuyos testimonios fueron recopilados como parte del trabajo tratando de interpretar de la mejor manera la realidad existente en la Subestación anterior mente mencionada y proponer recomendaciones para superar ciertas anomalías que se encontraron a través del análisis termográfico.

## 3.2 MÉTODOS.

### 3.2.1 MÉTODO DEDUCTIVO.

El método deductivo se aplicó en base a la construcción del marco teórico, mediante la elaboración de resúmenes y publicaciones de autores de quienes se les realizó las citas correspondientes para entender de mejor manera las causas de las anomalías en los sistemas eléctricos en base a un análisis general de la información.

### 3.2.2 MÉTODO DE RECOLECCIÓN DE DATOS DE CAMPO.

Mediante este método se determina el procedimiento para la correcta adquisición de la información vertida por los técnicos e ingenieros inmiscuidos en el tema eléctrico, dicha información se hace efectiva para tener una idea clara de cómo realizar un análisis termográfico, este método constituye en el pilar fundamental para el desarrollo del trabajo de grado el cual permite recoger datos de temperatura de cada equipo defectuoso.

## 3.3 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS.

Fue fundamental recabar información relevante a través de la observación de campo, y realizar entrevistas al personal técnico de la subestación Eléctrica San Lorenzo.

TABLA 2: Técnicas e Instrumentos

<b>Técnicas</b>	<b>Instrumentos</b>
Análisis documental	Fichas
	Bibliografías
	Normas eléctricas
	Datos de fabricante de equipos
	Circuitos CNEL-Ep Esmeraldas
Observación	Datos de técnicos de la S/E San Lorenzo
	Bitácoras diarias
	Fotografías, videos
Criterios de expertos	Informes, reportes
Análisis Termográfico	Cámara termográfica Fluke Ti32

Fuente: Autor

### **3.3.1 CONSULTA A ESPECIALISTAS.**

Con la finalidad de disponer de información actualizada y confiable, se contó con la asesoría de especialistas en el tema tratado, para ello se realizaron consultas que permitieron aclarar dudas las mismas que surgieron durante el desarrollo de la investigación; así como también se establecieron criterios de trabajo para emitir opiniones que atestiguaron el desarrollo eficaz del tema de investigación.

Para cumplir con estas exigencias se contó con la asesoría académica del tutor asignado por la Universidad Técnica Del Norte, y a su vez también con la asesoría del Ing. Roberto Villón Jefe de la zona norte CNEL - EP Unidad De Negocios Esmeraldas y con algunos profesionales especializados en temas eléctricos.

### **3.3.2 OBSERVACIÓN DIRECTA.**

La observación directa se llevó a cabo de manera visual y térmica en los componentes de la subestación eléctrica San Lorenzo y alimentador principal y consistió en obtener información de las posibles causas de las anomalías encontradas haciendo énfasis en los componentes y elementos eléctricos que fueron objetos de estudio en el presente trabajo, los cuales fueron: Transformadores de potencia, transformadores de corriente, disyuntores, seccionadores, apartarrayos, aisladores conectores, entre otros.

## CAPÍTULO IV

### 4 ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.

Posterior al levantamiento minucioso de la información de cada uno de los equipos que fueron objeto de estudio mediante el análisis termográfico, se procede al estudio de los datos recolectados mediante una tabla de resúmenes de resultados a fin de cuantificar y calificar las diferentes anomalías detectadas, clasificando las mismas según su relevancia y gravedad.

De esta manera se logra la identificación, cuantificación, localización y clasificación de las anomalías para acelerar procesos de solución de las mismas, control estadístico y comparativo, permitiendo así establecer un plan de mantenimiento que permita alcanzar los objetivos de calidad requeridos en la forma más eficiente por parte de la empresa eléctrica CNEL – EP Esmeraldas, fomentando la priorización del mantenimiento preventivo por sobre el mantenimiento correctivo.

Las inspecciones se realizaron en condiciones normales de operación y para ello se tomó como referencia la norma (ANSI/NETA ATS-2009; tabla 100.18) para los criterios de severidad de las anomalías, y las distancias de seguridad para inspecciones termográficas fueron tomados de la norma OSHA ver tabla 3.

Nivel	Diferencias de Temperatura	Clasificación	Acción
1	1°C - 10°C O/A, ó 1°C a 3°C	Posible	Se requiere más información
2	11°C–20°C O/A, ó 4°C a 15°C	Probable	Reparar en la próxima parada
3	21°C–40°C O/A, ó > 15°C O/S	Deficiencia	Repara tan pronto como sea posible
4	>40°C O/A, ó >15°C O/S	Deficiencia mayor	REPARAR INMEDIATAMENTE

**TABLA 3:** Clasificación de las fallas según las diferencias de temperatura.

**Fuente:** ANSI/NETA ATS-2009; TABLA 100.18. Thermographic Survey Suggested Actions Based Temperature Rise.

#### 4.1 RESUMEN DE RESULTADOS DEL ANÁLISIS TERMOGRÁFICO.

UBICACIÓN	INSTALACIÓN	EQUIPO CON ANOMALÍA	POSIBLES CAUDAS	T. MÁXIMA	ACCIÓN	GRADO DE SEVERIDAD
Subestación San Lorenzo	Patios de Maniobra en 13.8kv	Seccionadores principales de salida en 13.8kv	Falso contacto entre terminal del seccionador y conductor, flojo o sulfatado	45.2 °C	Reparar tan pronto como sea posible	3
Subestación San Lorenzo	Patios de Maniobra en 13.8kv	Conector del seccionador circuito Mataje	Falso contacto entre terminal del seccionador y conductor, flojo o sulfatado	45.6 °C	Reparar tan pronto como sea posible	3
Subestación San Lorenzo	Patios de Maniobra en 13.8kv	puntos de conexión del TC	Falso contacto en los puntos de conexión del TC y conductor, flojo o sulfatado	31.2 °C	Medida correctiva requerida REPARAR EN LA PROXIMA PARADA POSIBLE	2
Subestación San Lorenzo	Patios de Maniobra en 13.8kv	diferencia de temperatura en bushing del transformador 50kva de servicios auxiliares de <i>la tercera fase x3</i>	Falso contacto entre conector del bushing y conductor, flojo o sulfatado	46.7 °C	Medida correctiva requerida REPARAR EN LA PROXIMA PARADA POSIBLE	2
Subestación San Lorenzo	tableros de control principal	Regleta de conexión	Falso contacto en los puntos de conexión de regleta y conductor, flojo o sulfatado	50.7°C	Medida correctiva requerida REPARAR EN LA PROXIMA PARADA POSIBLE	2
Subestación San Lorenzo	salida del circuito Calderón en 13,8kv	Mufas se salida	Falso contacto entre el conector de la mufa de salida y conductor, flojo o sulfatado	119.2°C	Medida correctiva requerida REPARAR INMEDIATAMENTE	4
Subestación San Lorenzo	salida del circuito San Lorenzo en 13,8kv	Mufas se salida	Falso contacto entre conector y terminal de las mufas y conductor, flojos o sulfatados	89.5°C	Medida correctiva requerida REPARAR INMEDIATAMENTE	4
Av. Padre Elino Canpesán frente a la Subestación	salida del circuito de central de generación	conector de puentes aéreos	Falso contacto entre el conector de línea de medio voltaje y el conductor, flojo o sulfatado	32.3°C	Medida correctiva requerida REPARAR EN LA PROXIMA PARADA POSIBLE	2

**TABLA 4:** Resumen de resultados del Análisis termográfico.

UBICACIÓN	INSTALACIÓN	EQUIPO CON ANOMALÍA	POSIBLES CAUDAS	T. MÁXIMA	ACCIÓN	GRADO DE SEVERIDAD
Subestación San Lorenzo	Patios de maniobra en 13.8kv	Punto de conexión del Tc	Falso contacto en los puntos de conexión del TC y conductor, flojo o sulfatado	31.2°C	Medida correctiva requerida REPARAR EN LA PROXIMA PARADA POSIBLE	2
Subestación San Lorenzo	Patios de maniobra en 13.8kv	Contactador principal del tablero de control DISYUNTOR de entrada en 69kv	Posible deterioro de la bobina o falso contacto entre terminales de conexión	50.2°C	Reparar tan pronto como sea posible	3
Subestación San Lorenzo	Patios de maniobra en 13.8kv	Seccionadores de salida en 13.8kv tipo cuchilla	Falso contacto entre terminal del seccionador y conductor, flojo o sulfatado	39.9°C	Medida correctiva requerida REPARAR EN LA PROXIMA PARADA POSIBLE	2
Subestación San Lorenzo	Salida del circuito Calderón en 13.8kv	Empalme entre conductor y aislador	Falso contacto entre el conductor y el aislador, flojo o deterioro del mismo	42.6°C	Reparar tan pronto como sea posible	3
Subestación San Lorenzo	Seccionadores del circuito Calderón en 13.8kv	Parte superior e inferior de los seccionadores de la fase A y C	Falso contacto entre terminal del seccionador y conductor, flojo o sulfatado	62.2°C	Reparar tan pronto como sea posible	3
Subestación San Lorenzo	Tableros de control principal	Regleta de conexión	Falso contacto en los puntos de conexión de regleta y conductor, flojo o sulfatado	50.7°C	Medida correctiva requerida REPARAR EN LA PROXIMA PARADA POSIBLE	2

Fuente: Autor



Av. Padre Elino Canpesán frente a Disensa	Línea de distribución transformador 10kva	bushing de bajo voltaje	Falso contacto entre terminal del bushing y conductor, flojo o sulfatado	46.8°C	Medida correctiva requerida REPARAR TAN PRONTO SEA POSIBLE	3
Av. Padre Elino Canpesán frente a Martin Luther King	Línea de Distribución portafusible	Portafusible	Falso contacto entre conector del portafusible y conductor, flojo o sulfatado	52.4°C	Medida correctiva requerida REPARAR INMEDIATAMENTE	4
Av. padre Elino Canpesán frente a la gasolinera	Línea de distribución transformador 15kva	bushing de bajo voltaje	Falso contacto entre terminal del bushing y conductor, flojo o sulfatado	44.8°C	Medida correctiva requerida REPARAR TAN PRONTO SEA POSIBLE	3
Av. Padre Elino Canpesán frente a Cevicheria el Palenque	Línea de distribución transformador 15kva	Conector de bajo voltaje	Falso contacto entre conector de bajo voltaje y conductor, flojo o sulfatado	88.9°C	Medida correctiva requerida REPARAR INMEDIATAMENTE	4
Av. Padre Elino Canpesán y Ángela Paredes Dentro de los tanques de agua potable	Línea de distribución transformador 37.5Kva	bushing y conector de bajo voltaje	Falso contacto entre terminal del bushing, conector y conductor, flojo o sulfatado	92.8°C	Medida correctiva requerida REPARAR INMEDIATAMENTE	4
Av. Padre Elino Canpesán frente Al Colegio "22 De Marzo"	Línea de distribución transformador 25Kva	conector de bajo voltaje	Falso contacto entre conector de bajo voltaje y conductor, flojo o sulfatado	112.8°C	Medida correctiva requerida REPARAR INMEDIATAMENTE	4
Av. Carchi frente al antiguo Hospital	Línea de distribución transformador 45Kva	conectores de bajo voltaje	Falso contacto entre conectores de bajo voltaje y conductor de bajada, flojos o sulfatados	51.8°C	Medida correctiva requerida REPARAR INMEDIATAMENTE	4
Av. Carchi Primera puerta Colegio Técnico Agropecuario	Línea de distribución portafusible	terminal del portafusible	Falso contacto entre conector superior del porta fusible y conductor, flojo o sulfatado	55.1°C	Medida correctiva requerida REPARAR INMEDIATAMENTE	4

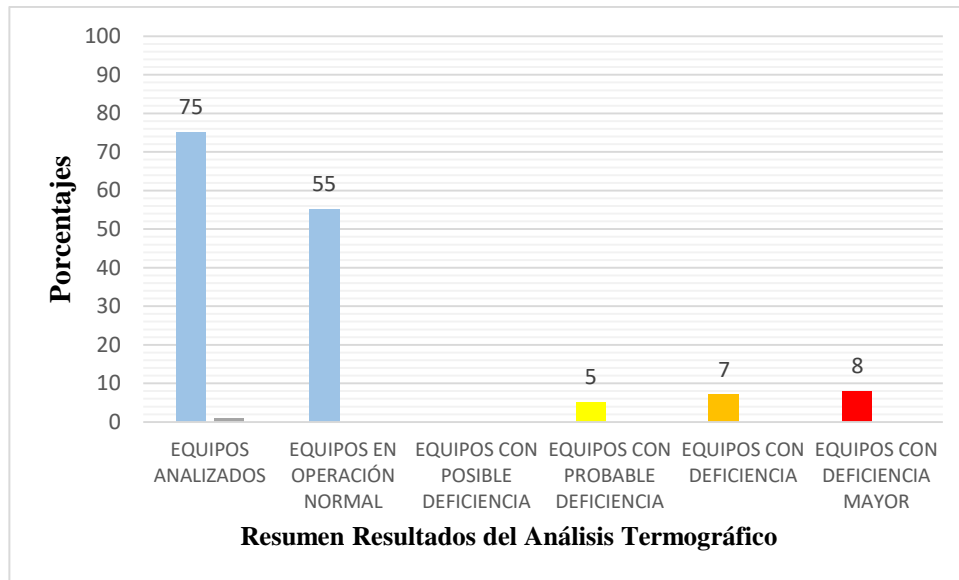
**TABLA 5:** Resumen termográfico en Red de distribución primaria.

## 4.2 INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS DEL ANÁLISIS TERMOGRÁFICO.

**TABLA 6:** Resumen de resultados del análisis termográfico

CLASIFICACIÓN DE FALLAS	TOTAL	GRADO DE SEVERIDAD	PORCENTAJE %
<b>EQUIPOS ANALIZADOS</b>	75		100%
EQUIPOS EN OPERACIÓN NORMAL	55		73.33%
EQUIPOS CON POSIBLE DEFICIENCIA	0	1	0.00%
EQUIPOS CON PROBABLE DEFICIENCIA	5	2	6.66%
EQUIPOS CON DEFICIENCIA	7	3	9.33%
EQUIPOS CON DEFICIENCIA MAYOR	8	4	10.66%

Fuente: Autor



**FIGURA 9:** Resumen de resultados análisis termográfico

Fuente: Autor

Se puede evidenciar que ocho equipos se encuentran con deficiencia mayor grado 4, lo cual representa el 10.66% del estudio, siendo las mufas de salida de los circuitos Calderón y San Lorenzo 2, los conectores y seccionadores en los que se presentan el mayor número de anomalías de este tipo.

Las causas de estos puntos calientes se deben a falso contacto entre conector y terminal de las mufas y conductor, flojos o sulfatados así mismo como falsos contactos entre seccionador y conductor.

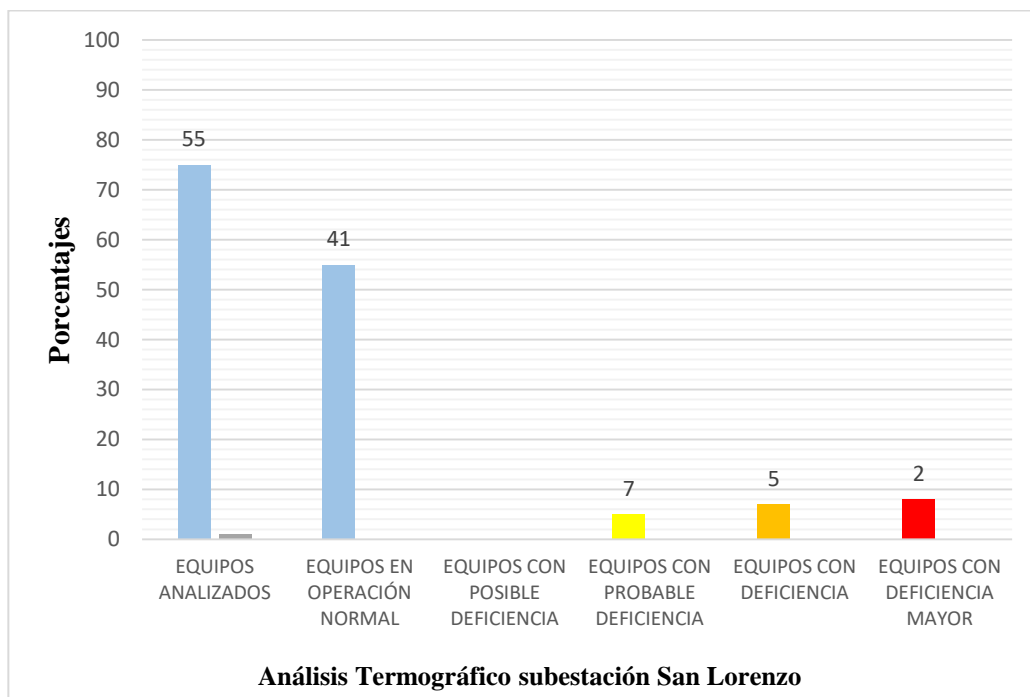
A continuación, se realiza la interpretación de los resultados por cada lugar de inspección realizada.

### 4.3 PATIO DE MANIOBRAS Y EXTERIORES DE LA SUBESTACIÓN SAN LORENZO.

**TABLA 7:** Resumen análisis termográfico subestación San Lorenzo.

CLASIFICACIÓN DE FALLAS	TOTAL	GRADO DE SEVERIDAD	PORCENTAJE %
EQUIPOS ANALIZADOS	55		100%
EQUIPOS EN OPERACIÓN NORMAL	41		74,54%
EQUIPOS CON POSIBLE DEFICIENCIA	0	1	0
EQUIPOS CON PROBABLE DEFICIENCIA	7	2	12,72%
EQUIPOS CON DEFICIENCIA	5	3	9,09%
EQUIPOS CON DEFICIENCIA MAYOR	2	4	3,63%

Fuente: Autor



**FIGURA 10:** Análisis termográfico Subestación Eléctrica

Fuente: Autor

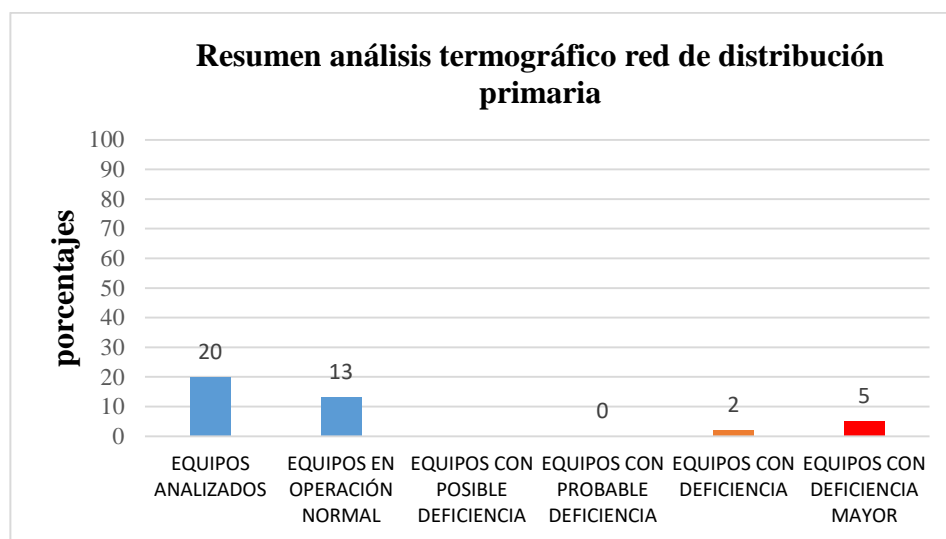
Se observa que el total de los equipos analizados un 3.63% se encuentran con deficiencia mayor; radicando el problema de las anomalías en las mufas de salida de los circuitos Calderón y San Lorenzo 2 en los contacto entre el conector de la mufa de salida y conductor, flojo o sulfatado.

#### 4.4 RESUMEN TERMOGRÁFICO EN LA RED DE DISTRIBUCIÓN PRIMARIA.

**TABLA 8:** Resumen termográfico alimentador principal

CLASIFICACIÓN DE FALLAS	TOTAL	GRADO DE SEVERIDAD	PORCENTAJE %
EQUIPOS ANALIZADOS	20		100 %
EQUIPOS CON OPERACIÓN NORMAL	13		65,00 %
EQUIPOS CON POSIBLE DEFICIENCIA	0	1	0 %
EQUIPOS CON PROBABLE DEFICIENCIA	0	2	0 %
EQUIPOS CON DEFICIENCIA	2	3	10,00 %
EQUIPOS CON DEFICIENCIA MAYOR	5	4	25,00 %

Fuente: Autor



**FIGURA 11:** Análisis termográfico red de distribución

Fuente: Autor

Se observa que cinco equipos se encuentran con una deficiencia mayor lo cual representa el 25% del total de los equipos inspeccionados en el alimentador primario, encontrándose el principal problema en los seccionadores, conectores y bushing de los transformadores de distribución.

Para llevar a cabo los análisis anteriormente detallados se recolectó la información obtenida mediante las fichas termográficas las cuales se detallan a continuación:

#### **4.5 PROPUESTA.**

Plan de mantenimiento predictivo en la subestación San Lorenzo y su alimentador primario de la Empresa Eléctrica CNEL-EP Esmeraldas.

##### **4.5.1 JUSTIFICACIÓN.**

La subestación San Lorenzo se inaugura a fines de noviembre del 2010 con la puesta en funcionamiento del transformador de 10 a 12.5 Mega Volt Amperios (MVA), lo que permitió satisfacer la demanda y mitigar los racionamientos continuos de energía. Durante la puesta en funcionamiento de la subestación se pudo evidenciar que la misma no contaba con un plan de mantenimiento predictivo basado en termografía por lo que las fallas ocasionaban paradas inesperadas de la subestación San Lorenzo.

En la actualidad, el incremento del porcentaje de las anomalías presentes en los componentes eléctricos de la Subestación Eléctrica y a su vez en la red de distribución principal, han sufrido un considerable incremento debido a la falta de un plan de mantenimiento predictivo, que permita diagnosticar todos los equipos que se encuentren operando por encima de sus condiciones normales de temperaturas y que están próximos a sufrir una eventualidad.

Mediante el análisis termográfico efectuado se pudo evidenciar que los seccionadores principales de entrada en 13.8 kV de la subestación y las mufas de salida de los circuitos San Lorenzo 2 y Calderón tenían un alto grado de severidad esto ocasiono la preocupación de los técnicos encargados del mantenimiento, ya que al desconocer las condiciones de trabajo de los equipos por la falta de un plan de mantenimiento predictivo, no han logrado predecir las fallas que se presentaran a corto y/o mediano plazo determinando su causa-raíz.

#### **4.5.2 INTRODUCCIÓN.**

Para hacer más eficientes las condiciones de trabajo de los equipos y minimizar recursos, y accidentes, se define y organiza las actividades que se realizan ante y durante la ejecución del análisis termográfico.

En base a la norma NFPA 70E Y NFPA 70B así como también mediante investigación bibliográfica se elabora el plan de mantenimiento, precauciones de seguridad, frecuencia, fichas termográficas etc.

Para conseguir la mayor efectividad, confiabilidad y disponibilidad operacional de los equipos tanto de la subestación como los de la red de distribución primaria que fueron objeto de estudio se aplica la estrategia de mantenimiento basado en CBM o mantenimiento predictivo para lograr la mejor optimización de los tiempos de respuestas ante las anomalías registradas mediante el análisis termográfico.

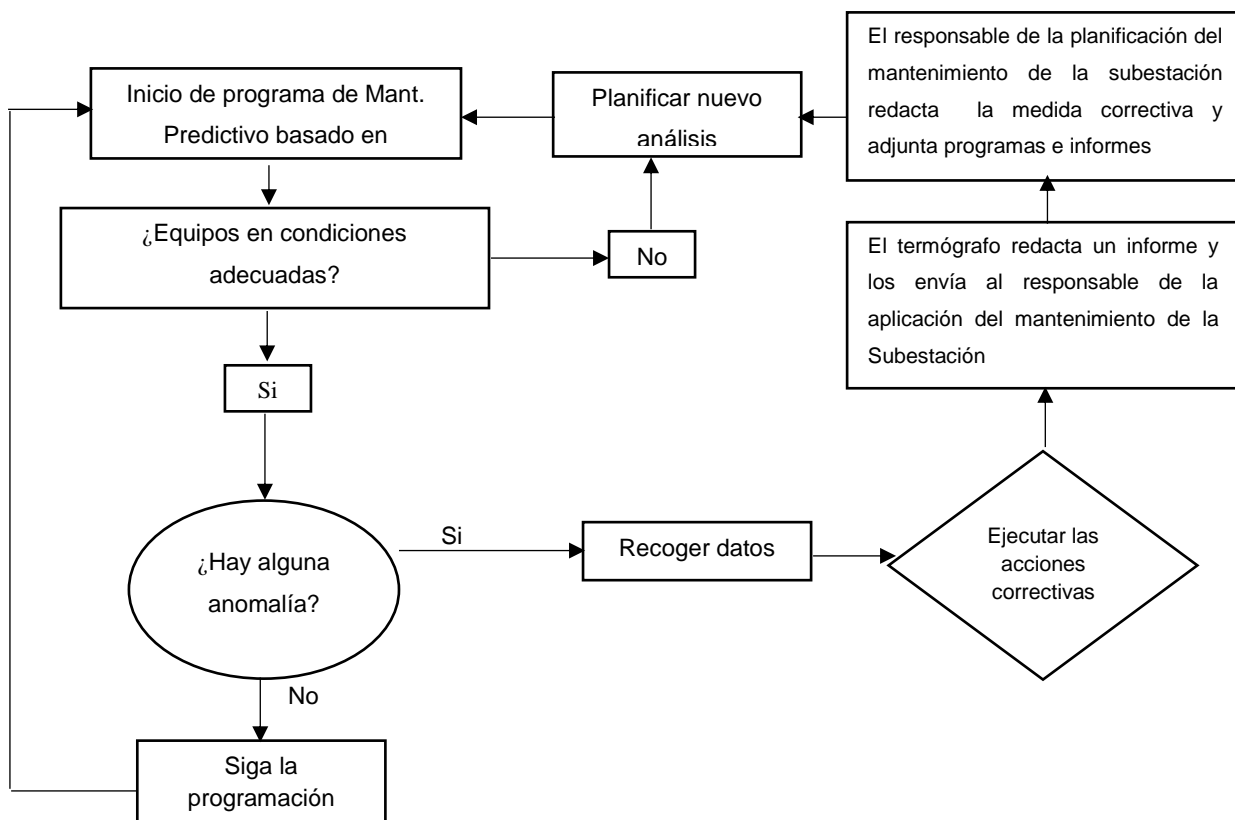
#### **4.5.3 ALCANCE.**

Con la implementación del análisis termográfico, se pretende predecir las anomalías antes de que se produzcan y por consiguiente reducir paradas innecesarias optimizando el mantenimiento predictivo en la empresa CNEL- EP Esmeraldas sucursal San Lorenzo.

#### **4.5.4 OBJETIVO.**

Elaborar un plan de mantenimiento predictivo mediante análisis termográfico efectuado en la subestación san Lorenzo y el alimentador primario de acuerdo a los criterios de la normas de seguridad NFPA 70E y NFPA 70B satisfaciendo la necesidad de la empresa CNEL- EP Esmeraldas Sucursal San Lorenzo.

#### 4.5.5 PLAN DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO MEDIANTE TERMOGRAFÍA.



La frecuencia de las inspecciones se basa en diversos factores, como son la seguridad y la importancia crítica del equipo así como también el costo y la frecuencia con que los problemas impactan en la producción o el mantenimiento. Este último punto es suficientemente importante como para dedicar tiempo a investigar fallos anteriores, establecer discusiones con colaboradores y revisar los registros de fábrica anteriores.

Una vez que el equipo ha pasado por varios ciclos de inspección, es posible que descubra que las siguientes frecuencias son un buen objetivo:

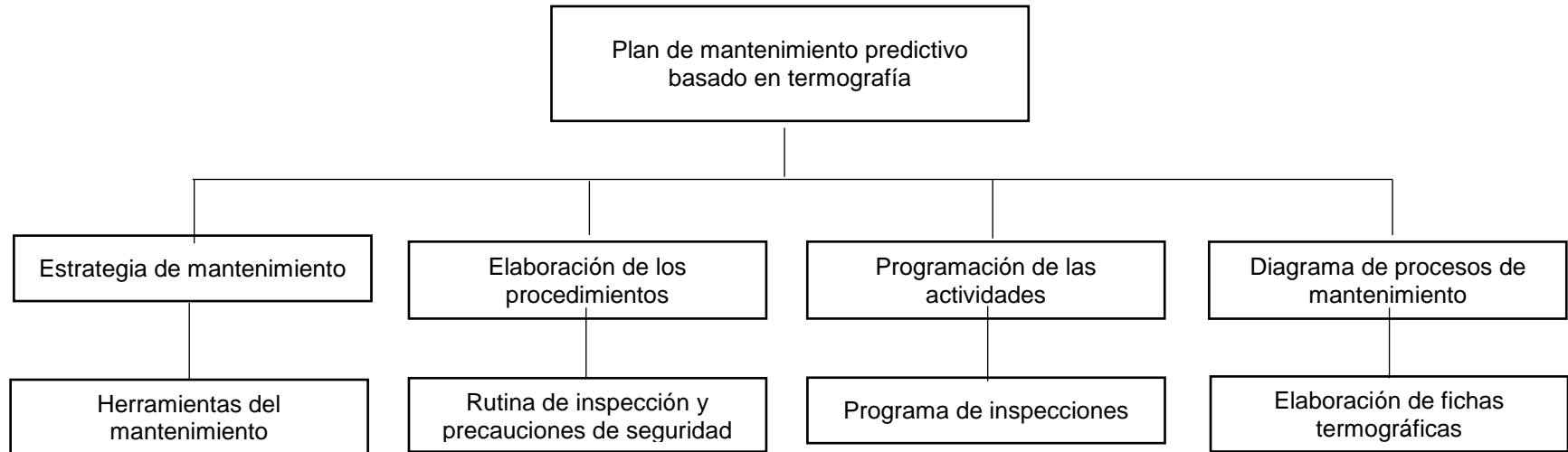
**TABLA 9:** frecuencia de inspecciones termográficas.

<b>Mantenimiento en:</b>	<b>Frecuencia de las inspecciones</b>
Subestaciones de alta tensión	De 1 a 3 años
Transformadores	Anualmente
Motores de 400V de centros de control, refrigerados.	De 6 a 12 meses
Sin refrigeración o con cierta antigüedad	De 4 a 6 meses
Equipos de distribución eléctrica	De 4 a 6 meses
Motores grandes*	Anualmente
Motores más pequeños	De 4 a 6 meses
*Se supone que también se están realizando análisis de vibraciones, MCA y análisis de aceites.	

**Fuente:** Programa de mantenimiento con termografía por infrarrojos de Fluke Corporation.



**TABLA 10:** Etapas del plan de mantenimiento predictivo basado en termografía.



**Fuente:** Autor

#### **4.6 RESPONSABLES A CARGO DE LA INSPECCIÓN TERMOGRÁFICA.**

- Supervisor de mantenimiento (1)
- Termógrafo nivel I (1)
- Técnico de mantenimiento (1)

De acuerdo a lo consultado anteriormente en el enunciado 2.16 y 2.17 se procede a:

##### **4.6.1 PROCEDIMIENTOS PARA LLEVAR A CABO UNA INSPECCIÓN TERMOGRÁFICA.**

1. Conformar un equipo de dos personas, el termógrafo y el operario de la subestación para que indique los circuitos, y cierre los tableros una vez culminada la inspección.
2. Utilizar el siguiente equipo de protección personal:
  - Casco de seguridad dieléctrico (norma ANSI Z. 89.1)
  - Gafas de protección claras
  - Camisa manga larga y pantalón jean
  - Calzado dieléctrico (norma ANSI – Z 41)
3. No portar elementos metálicos como: relojes, anillos cadenas, celulares entre otros.
4. Tener a mano una linterna para inspecciones nocturnas
5. Mantener una distancia prudencial de seguridad como se detalla a continuación en la siguiente tabla:

**TABLA 11:** Niveles de voltaje y seguridad.

TENSIÓN	DISTANCIA MÍNIMA DE SEGURIDAD
300V – 750V	1 m
750v – 2kv	1,20 m
2kv – 15kv	5 m
15kv – 36kv	5,8 m

**Fuente:** Norma OSHA

6. Verificar que los equipos a inspeccionar estén operando por lo menos al 50% de su carga nominal.
7. Antes de efectuar una medición de temperatura, calibrar la cámara con los siguientes parámetros:
  - Emisividad = 0.93

Temperatura aparente reflejada =

Para llevar a cabo una inspección termográfica se debe de tener una rutina de actividades en donde se especifiquen los equipos a los cuales se les procederá a realizar el análisis termográfico, es así que se estableció la siguiente rutina de inspecciones termográficas:

#### 4.6.2 RUTINA DE ACTIVIDADES PARA LA SUBESTACIÓN ELÉCTRICA SAN LORENZO.

ITEM	Actividad a realizar	CONTROL
1	Verificar la temperatura en Bushing de entrada en 69kv	<input type="checkbox"/>
2	Verificar la temperatura en Bushing de salida en 13.8kv	<input type="checkbox"/>
3	Verificar la temperatura en seccionadores de entrada en 13.8kv	<input type="checkbox"/>
4	Verificar la temperatura en el Disyuntor de 13.8kv y pararrayos	<input type="checkbox"/>
5	Medir la temperatura en seccionadores de entrada al patio de maniobras.	<input type="checkbox"/>
6	Medir la temperatura en lazos aéreos en el patio de maniobras	<input type="checkbox"/>
7	Medir la temperatura en seccionador del circuito Mataje	<input type="checkbox"/>
8	Medir la temperatura en Disyuntor del circuito Mataje	<input type="checkbox"/>
9	Verificar la temperatura en mufas de salida circuito Mataje	<input type="checkbox"/>
10	Verificar la temperatura en seccionador circuito San Lorenzo	<input type="checkbox"/>
11	Verificar la temperatura en Disyuntor circuito San Lorenzo	<input type="checkbox"/>
12	Verificar la temperatura en mufas de salida del circuito	<input type="checkbox"/>
13	Medir la temperatura en seccionador circuito C de Generación	<input type="checkbox"/>
14	Medir la temperatura en Disyuntor C de Generación	<input type="checkbox"/>
15	Medir la temperatura en mufas circuito C de Generación	<input type="checkbox"/>
16	Medir la temperatura en seccionador salida circuito Calderón	<input type="checkbox"/>
17	Medir la temperatura en Disyuntor circuito Calderón	<input type="checkbox"/>
18	Medir la temperatura en mufas de salida circuito Calderón	<input type="checkbox"/>
19	Medir la temperatura en conexiones de TC y puestas a Tierra	<input type="checkbox"/>
20	Verificar la temperatura en Transformador servicios Auxiliares	<input type="checkbox"/>
21	Verificar la temperatura en puntos de conexión de los pararrayos.	<input type="checkbox"/>

**TABLA 12:** Procedimiento de inspección.

**Fuente:** Autor

**TABLA 13:** Rutina de actividades para el Disyuntor.

<b>ITEM</b>	<b>Actividad a realizar</b>	<b>CONTROL</b>
1	Realizar barrido termográfico al Disyuntor de potencia y sus comp	<input type="checkbox"/>
2	Medir la temperatura en los bushing de entrada del lado primario	<input type="checkbox"/>
3	Medir la temperatura en los bushing de salida del lado secundario	<input type="checkbox"/>
4	Medir la temperatura en los conectores	<input type="checkbox"/>
5	Medir la temperatura en el tablero de control del Disyuntor	<input type="checkbox"/>
6	Medir la temperatura en la puesta a tierra	<input type="checkbox"/>

**Fuente:** Autor

**TABLA 14:** Rutina de actividades para Transformador de potencia.

<b>ITEM</b>	<b>Actividad a realizar</b>	<b>CONTROL</b>
1	Realizar barrido termográfico al transformador y sus componentes	<input type="checkbox"/>
2	Medir la temperatura en los bushing de entrada en 69kV	<input type="checkbox"/>
3	Medir la temperatura en los bushing de salida en 13.8kV	<input type="checkbox"/>
4	Medir la temperatura en los bushing del transformador de servicios auxiliares	<input type="checkbox"/>
5	Medir la temperatura del aceite en el transformador	<input type="checkbox"/>
6	Verificar del estado de los motores de ventilación	<input type="checkbox"/>
7	Medir la temperatura de la puesta a tierra del transformador	<input type="checkbox"/>

**Fuente:** Autor

**TABLA 15:** Rutina de actividades para TC y TP.

<b>ITEM</b>	<b>Actividad a realizar</b>	<b>CONTROL</b>
1	Realizar barrido termográfico al TP y TC y sus componentes	<input type="checkbox"/>
2	Medir la temperatura en los bushing del lado primario	<input type="checkbox"/>
3	Medir la temperatura en los bushing del lado secundario	<input type="checkbox"/>
4	Medir la temperatura en los conectores	<input type="checkbox"/>
5	Medir la temperatura en el tablero de control	<input type="checkbox"/>
6	Medir la temperatura en la puesta a tierra	<input type="checkbox"/>

**Fuente:** Autor

**TABLA 16:** Rutina de actividades para Tableros de Control.

<b>ITEM</b>	<b>Actividad a realizar</b>	<b>CONTROL</b>
1	Realizar barrido termográfico en los tableros de control abiertos	<input type="checkbox"/>
2	Medir la temperatura en los contactores	<input type="checkbox"/>
3	Medir la temperatura en las barras de los alimentadores	<input type="checkbox"/>
4	Medir la temperatura en los interruptores termo magnéticos	<input type="checkbox"/>
5	Medir la temperatura de la regleta de los temporizadores	<input type="checkbox"/>
6	Medir la temperatura de las fuentes de alimentación	<input type="checkbox"/>

**Fuente:** Autor

**TABLA 17:** Rutina de actividades para cuartos de Baterías.

<b>ITEM</b>	<b>Actividad a realizar</b>	<b>CONTROL</b>
1	Realizar el barrido termográfico en las uniones de las baterías	<input type="checkbox"/>
2	Medir la Temperatura en la barra	<input type="checkbox"/>
3	Medir la Temperatura en los fusibles de protección	<input type="checkbox"/>
4	Medir la Temperatura en los Relés de protección	<input type="checkbox"/>

**Fuente:** Autor

**TABLA 18:** Rutina de actividades para tableros del sistema SCADA.

<b>ITEM</b>	<b>Actividad a realizar</b>	<b>CONTROL</b>
1	Realizar el barrido termográfico desde las fuentes de voltaje	<input type="checkbox"/>
2	Inspeccionar la temperatura de breakers y sus bornes de E/S	<input type="checkbox"/>
3	Inspeccionar la temperatura en los fusibles	<input type="checkbox"/>
4	Inspeccionar la temperatura en los relés de accionamiento	<input type="checkbox"/>
5	Inspeccionar la temperatura en la regleta de conexiones	<input type="checkbox"/>

**Fuente:** Autor

### 4.6.3 RUTINA DE ACTIVIDADES PARA LA RED DE DISTRIBUCIÓN PRIMARIA.

**TABLA 19:** Rutina de actividades para la red de distribución.

ITEM	Actividad a realizar	CONTROL
1	Medir la temperatura en las mufas de salida de los alimentadores	<input type="checkbox"/>
2	Medir la temperatura en los seccionadores tipo barra	<input type="checkbox"/>
3	Medir la temperatura en los puntos de conexión de las redes	<input type="checkbox"/>
4	Realizar un barrido termográfico en los aisladores del alimentador	<input type="checkbox"/>
5	Medir la temperatura en los puentes aéreos en medio voltaje	<input type="checkbox"/>
6	Realizar barrido termográfico en los Portafusibles de medio voltaje	<input type="checkbox"/>
7	Medir la temperatura en los bushing de los reconectores	<input type="checkbox"/>
8	Realizar barrido termográfico en puentes aéreos de suspensión	<input type="checkbox"/>
9	Medir la temperatura en los Portafusibles de transformadores	<input type="checkbox"/>
10	Medir la temperatura en los conectores de bajo voltaje	<input type="checkbox"/>

**Fuente:** Autor

**TABLA 20:** Rutina de actividades para Transformador de Distribución.

ITEM	Actividad a realizar	CONTROL
1	Realizar barrido termográfico al transformador y sus componentes	<input type="checkbox"/>
2	Medir la temperatura en los Portafusibles	<input type="checkbox"/>
3	Medir la temperatura en los conectores de los pararrayos	<input type="checkbox"/>
4	Medir la temperatura en los bornes de salida	<input type="checkbox"/>
5	Medir la temperatura en los conectores de línea	<input type="checkbox"/>
6	Medir la temperatura en los fusibles tipo NH en el lado secundario	<input type="checkbox"/>

**Fuente:** Autor


En base a los equipos anteriormente mencionados junto con las determinaciones de los enunciados 2.16 y 2.17, se procede a realizar un cronograma de mantenimiento predictivo el cual permitirá viabilizar las tareas de



mantenimiento eléctrico, y a su vez llevar un registro de todos los equipos a los cuales se les detecte una anomalía.

#### 4.6.4 REGISTRO DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO PLANIFICADO SUBESTACIONES

UBICACIÓN DE LA SUBESTACIÓN		CONDICIÓN DE MEDIDA		CÁMARA TERMOGRÁFICA	
Provincia	Esmeraldas	A MÍNIMA CARGA		Marca	Fluke
Cantón	San Lorenzo	A MEDIA CARGA		Modelo	Ti32
Sector	EL Pedregal y Padre Lino	A PLENA CARGA		Rango de medida	-20°C a 600°C
Etapa funcional		Subestaciones		PERIODO DE ANÁLISIS [ANUAL]	
ACTIVIDADES					
<i>PATIO DE MANIOBRAS</i>				2016	2017
Seccionadores de entrada					
Disyuntor Principal					
Pararrayos					
Puntos de conexión					
Equipos y accesorios externos					
Cubículo de control local					
Equipos de control					
Lámparas de señalización					
Partes móviles de los equipos principales					
Equipos de protección y medida					
Conexiones de puesta a tierra					
<i>TRANSFORMADOR</i>					
Puntos de conexión de Bushing					
Equipos de control					
Equipos y accesorios					
Medida termográfica de los devanados					
Verificación del estado de los motores de Ventilación					
Conexiones y puestas a tierra					
Temperatura del aceite					
<i>BARRAS DE 13.8 KV</i>					
Seccionadores tipo Barras					
Conectores, uniones y estructuras del Patio de maniobras					
Puntos de conexión de equipos de corte					
Mufas de Salidas					
Cubículo de control					
Equipos de control					
Observaciones:					
FECHA DE ANÁLISIS TERMOGRÁFICO					
CÓDIGO DEL TÉCNICO					
FIRMA DEL TÉCNICO					
TIEMPO DE EJECUCIÓN (Tiempo estándar 1 hora)					

					
REGISTRO DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO PLANIFICADO					
DEPARTAMENTO DE TERMOGRAFÍA				Hoja	2/2
UBICACIÓN DE LA SUBESTACIÓN		CONDICIÓN DE MEDIDA		CÁMARA TERMOGRÁFICA	
Provincia	Esmeraldas	A MÍNIMA CARGA		Marca	Fluke
Cantón	San Lorenzo	A MEDIA CARGA		Modelo	Ti32
Sector	EL Pedregal y Padre Lino	A PLENA CARGA		Rango de medida	-20°C a 600°C

Etapa funcional	Subestaciones	PERIODO DE ANÁLISIS [ANUAL]		
ACTIVIDADES		2016	2017	2018
<i>DISYUNTORES DE 13.8 Y 69 KV - RECONECTADORES</i>				
Contactos				
Motores de carga del resorte				
Relés de protección				
Instrumentos de medición				
Verificación temperatura del aislamiento de terminales				
Cámaras de vacío				
<i>SECCIONADORES</i>				
Seccionadores				
Contactos				
Verificación temperatura del aislamiento de terminales				
<i>SISTEMA DE CORRIENTE CONTINUA</i>				
Tablero de control				
Equipos de control				
Banco de baterías				
<i>RELES DE SOBRECORRIENTE</i>				
Relés de protección				

Observaciones:	

FECHA DE ANÁLISIS TERMOGRÁFICO			
CÓDIGO DEL TÉCNICO			
FIRMA DEL TÉCNICO			
TIEMPO DE EJECUCIÓN (Tiempo estándar 1 hora)			

**Encabezado:** se detalla en nombre de la empresa, modelo de la cámara, condición de medida y ubicación de la subestación.

**Registro de pasos de rutina:** se enlistan los equipos a los que se les realizará el análisis termográfico; en caso de que el equipo funcione en condiciones normales de operación se registrará un visto; caso contrario se marcará una x en la celda correspondiente.

**Observaciones:** describir las observaciones pertinentes sobre el estado y funcionamiento de los equipos con anomalía.

**Registro de datos:** se incluyen tiempos, códigos, fechas y firma del técnico responsable del mantenimiento.

El cronograma de mantenimiento que se detalló anteriormente sirve para tener un registro de los equipos a los cuales se les presente una anomalía durante el año y poder así proceder a realizar las reparaciones pertinentes.

#### 4.6.5 REGISTRO DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO PLANIFICADO ALIMENTADORES

UBICACIÓN DEL ALIMENTADOR		CONDICIÓN DE MEDIDA		CÁMARA TERMOGRÁFICA	
Provincia	Esmeraldas	A MÍNIMA CARGA		Marca	Fluke
Cantón	San Lorenzo	A MEDIA CARGA		Modelo	Ti32
Sector	EL Pedregal y Padre Lino	A PLENA CARGA		Rango de medida	-20°C a 600°C

Etapa funcional		Alimentadores		PERIODO DE ANÁLISIS [ANUAL]		
ACTIVIDADES				2016	2017	2018
Mufas de salida de Alimentadores						
Seccionadores tipo Barra						
Puntos de conexión						
Aisladores						
Puentes Aéreos en Medio Voltaje						
Portafusibles de Líneas de Medio Voltaje						
Reconector de Medio Voltaje						
Lazos Aéreos						
Puentes Aéreos de suspensión						
Portafusibles de Transformadores						
Transformador Monofásico de Distribución						
Transformador Trifásico de Distribución						
Bushing de entrada en medio voltaje Transformador						
Bushing de salida en medio voltaje Transformador						
Protecciones en Bajo Voltaje (Bases Fusibles i/o Fusibles tipo NH)						
Bajantes en Bajo Voltaje						
Red de Bajo Voltaje						

Observaciones:			

FECHA DE ANÁLISIS TERMOGRÁFICO			
CÓDIGO DEL TÉCNICO			
FIRMA DEL TÉCNICO			
TIEMPO DE EJECUCIÓN (Tiempo estándar 1 hora)			

**Encabezado:** se detalla en nombre de la empresa, modelo de la cámara, condición de medida y ubicación del Alimentador.

**Registro de pasos de rutina:** se VVVVV en condiciones normales de operación se registrará un visto; caso contrario se marcara una x en la celda correspondiente.

**Observaciones:** describir las observaciones pertinentes sobre el estado y funcionamiento de los equipos con anomalía.

**Registro de datos:** se incluyen tiempos, códigos, fechas y firma del técnico responsable del mantenimiento.

#### 4.6.6 CRONOGRAMA MENSUAL DE ACTIVIDADES MEDIANTE TERMOGRAFÍA

##### DESCRIPCIÓN: SUBESTACIÓN.

Tarea a realizar		SUBESTACIÓN SAN LORENZO																													
		Fecha: 14-15			Año: 2016							Mes: Abril																			
ACTIVIDADES	HORARIO	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
MEDICION CARGA MEDIA	08H00-14H00																														
MEDICION A PLENA CARGA	18H00-21H00														X	X															
MEDICIONES ESPECIALES	08H00-21H00																														
DESCARGA DE DATOS Y FICHAS	14H00-16H00																														
INFORMES PENDIENTES	07H30-16H00																														

Encabezado

Registro de datos

**Encabezado:** en esta sección se procede a especificar el nombre de la subestación a la cual se va a realizar el análisis termográfico.

**Registro de datos:** se define el mes y se marca con una x los días de trabajo, especificando la actividad y horario correspondiente.

**Tarea a realizar:** se determina la condición de medida para realizar el análisis termográfico y se marca con una x según la celda y el día en que se efectuó el análisis.

#### 4.6.7 CRONOGRAMA MENSUAL DE ACTIVIDADES MEDIANTE TERMOGRAFÍA

##### DESCRIPCIÓN: ALIMENTADORES.

Tarea a realizar		ALIMENTADOR: SAN LORENZO 2																													
		Fecha: 18-19-20			Año: 2016				Mes: Abril																						
ACTIVIDADES	HORARIO	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
MEDICION CARGA MEDIA	08H00-14H00																														
MEDICION A PLENA CARGA	18H00-21H00																		X	X	X										
MEDICIONES ESPECIALES	08H00-21H00																														
DESCARGA DE DATOS Y FICHAS	14H00-16H00																														
INFORMES PENDIENTES	07H30-16H00																														

**Encabezado:** en esta sección se procede a especificar el nombre del alimentador o circuito al cual se va a realizar el análisis termográfico.

**Registro de datos:** se define el mes y se marca con una x los días de trabajos efectuados, especificando la actividad y horario correspondiente.

**Tarea a realizar:** se determina la condición de medida para realizar el análisis termográfico y se marca con una x según la celda y el día en que se efectuó el análisis.

Mediante el cronograma de mantenimiento predictivo tanto para la subestación San Lorenzo como también para la red de distribución primaria se realizan inspecciones mensuales en las cuales se registran el día y las fechas pertinentes de las mismas, logrando mantener una alta eficiencia de operatividad de los equipos en el sistema eléctrico. En la actualidad los cronogramas de mantenimientos predictivos en las empresas eléctricas en el Ecuador constituyen una herramienta fundamental para el personal encargado del mantenimiento eléctrico, mismos que en lo posterior nos conducen a establecer tareas de mantenimientos tanto preventivos como también correctivos logrando anticiparse a las anomalías.

Cabe recalcar que una vez establecido el cronograma de mantenimiento predictivo en lo posterior es de vital importancia elaborar una ficha termográfica para el estudio de las anomalías registradas logrando así implementar el plan de mantenimiento detallando las causas de las anomalías su grado de severidad y sus medidas correctivas requeridas. Para ello se estableció la siguiente ficha termográfica:

### REPORTE TERMOGRÁFICO NO:

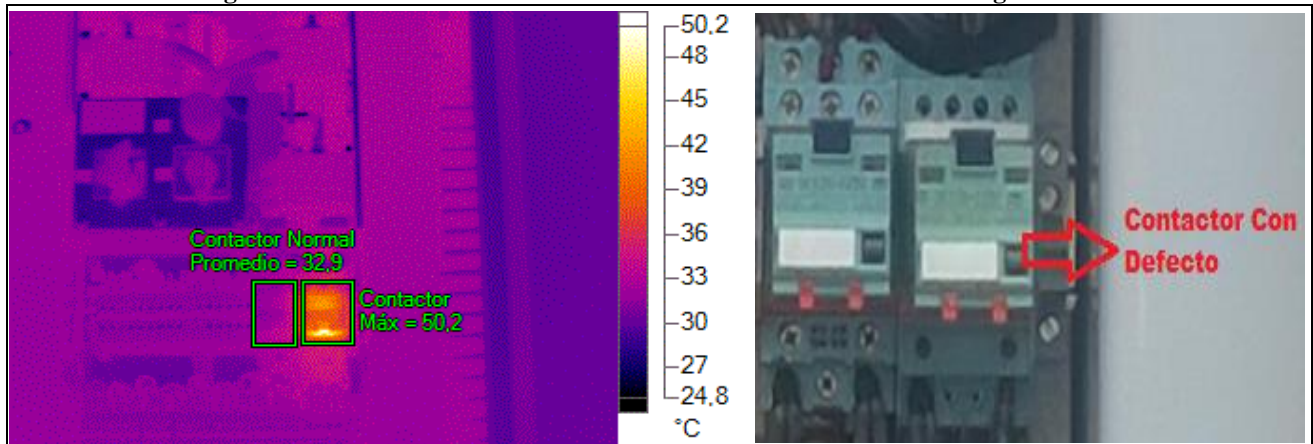
<b>EMPRESA:</b> CNEL – EP Corporación Nacional de Electricidad Unidad De Negocios Esmeraldas	
--	--

Instalación: Subestación Eléctrica San Lorenzo	Fecha: 14/04/2016	
Análisis realizado por: Yépez Bennett Felipe	Hora: 19.35.46	

UBICACIÓN	INSTALACIÓN	EQUIPO CON ANOMALÍA	DESCRIPCIÓN DE LA ANOMALÍA	SEVERIDAD
SUBESTACIÓN SAN LORENZO	PATIOS DE MANIOBRAS EN 13.8KV	CONTACTOR PRINCIPAL DEL DISYUNTOR DE ENTRADA EN 69KV	DIFERENCIA DE TEMPERATURA EN EL CONTACTOR DERECHO DEL TABLERO DE CONTROL EN DISYUNTOR PRINCIPAL DE ENTRADA EN 69KV DE LA SUBESTACIÓN	GRADO 3

**Imagen Térmica**

**Imagen Visual**



#### Análisis térmico

Parámetros térmicos		Condiciones de trabajo		Parámetros de imagen	
T. Max. °C	50.2°C	FASE A		Emisividad	0.93
T Referencia. °C	32.9°C	FASE B		Humedad relativa %	65%
Delta T. °C	17.3°C	FASE C		T. Ambiente °C	30°C
<b>Observaciones</b>	Medida correctiva requerida REPARAR TAN PRONTO SEA POSIBLE				
<b>Posibles causas</b>	Posible deterioro de la bobina o falso contacto entre terminales de conexión				
<b>Recomendación</b>	Limpiar superficie de unión y asegurar un buen contacto entre los terminales del contactor y el conductor				
Fecha de acción correctiva					
Responsable de la corrección					

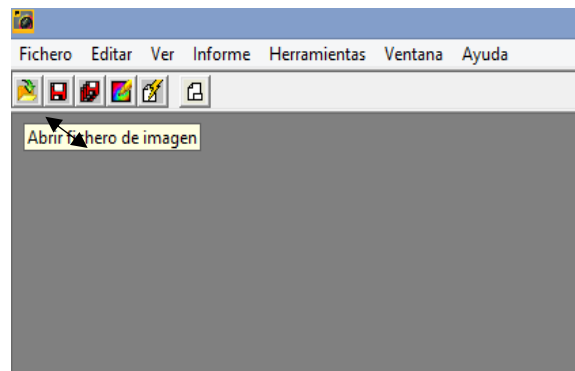
#### 4.6.8 ANÁLISIS DE PUNTOS CALIENTES MEDIANTE EL PROGRAMA SMARTVIEW 3.1

Para efectuar el análisis de las imágenes obtenidas mediante la cámara termográfica FLUKE TI 32 se realiza el análisis de la siguiente manera:

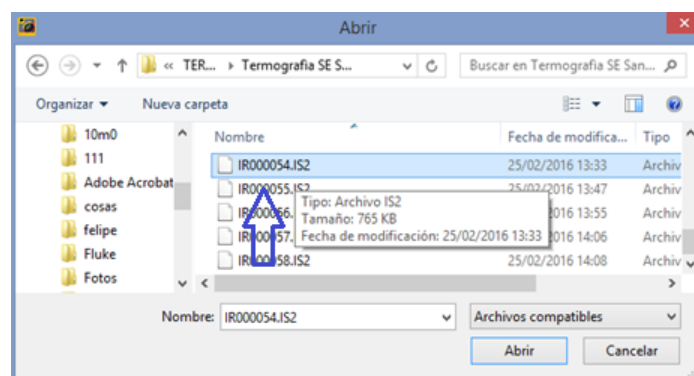
- Seleccionamos el programa Smartview 3.11 en nuestro ordenador



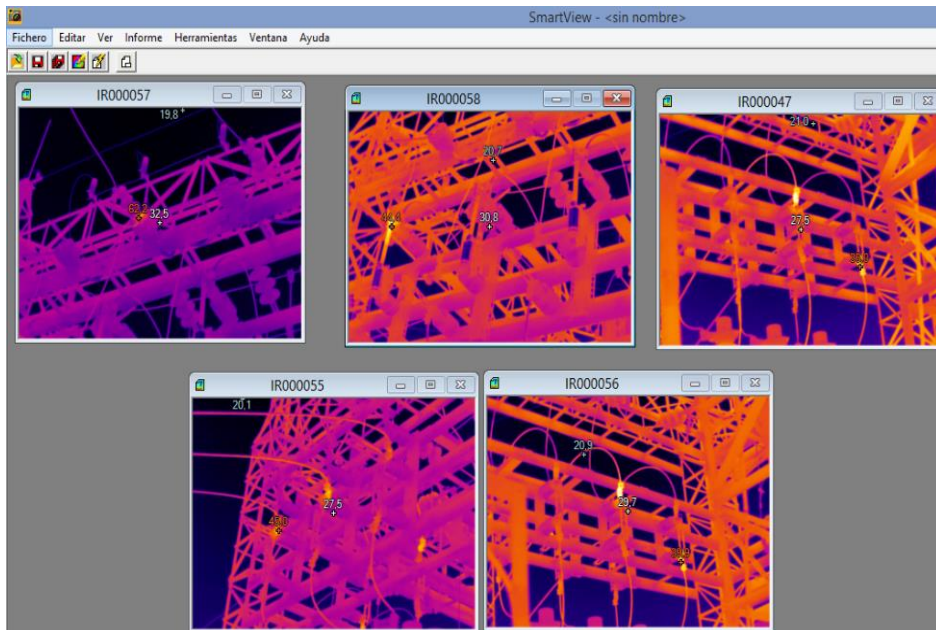
- Una vez en la ventana principal del programa, observamos algunas opciones de entre las cuales para abrir un archivo de termografía nos debemos ubicar en el ícono **Abrir fichero de imagen**; al hacer clic, se despliega la ventana **Abrir**.



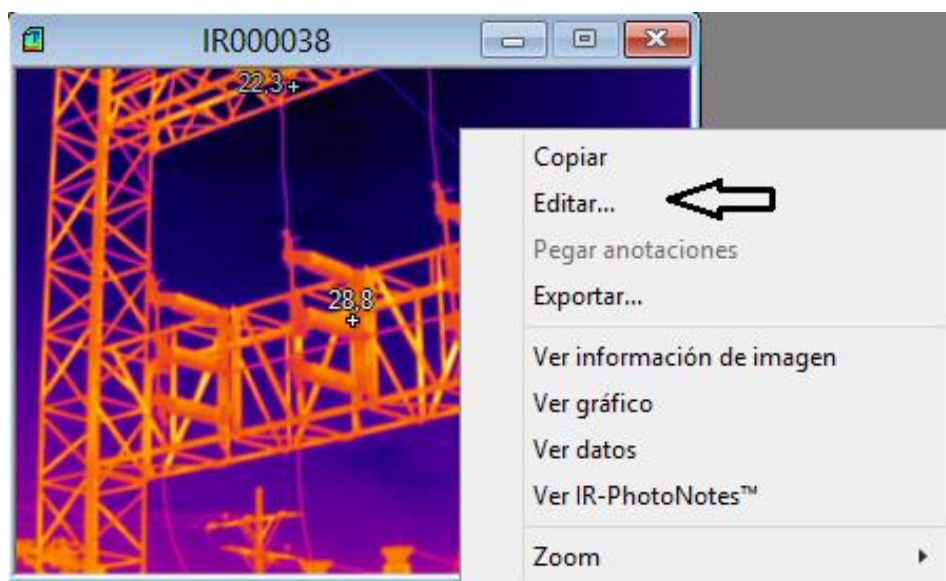
- Seguidamente se elige el path donde se encuentra la carpeta de archivos de las imágenes térmicas de la cámara de acuerdo al siguiente ejemplo:



Una vez hecho clic en los phat se nos despliegan las imágenes termográficas seleccionadas en el panel frontal del programa.

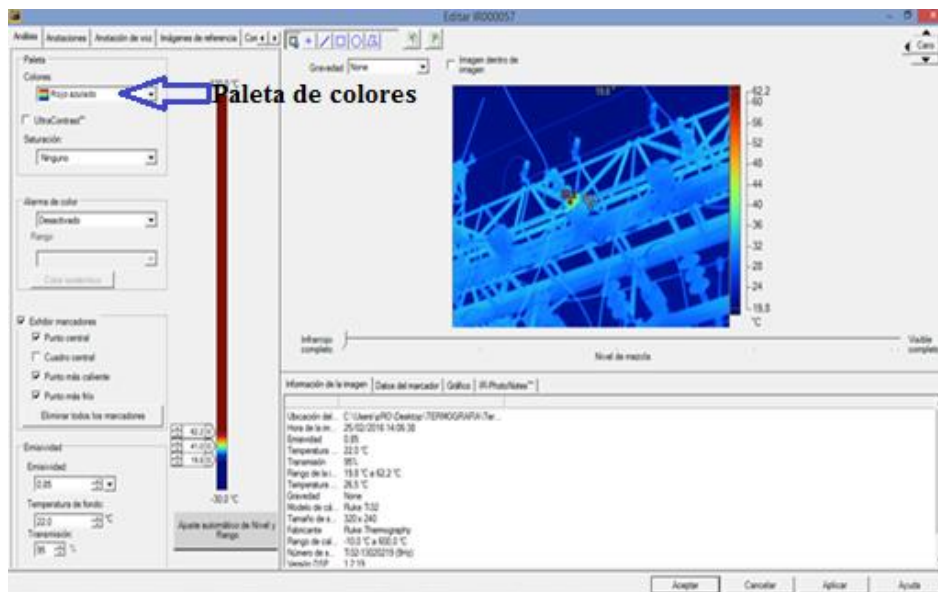


- Se escoge la imagen en la cual se va a trabajar y se hace ***clic derecho sobre la misma y se selecciona Editar.*** de modo que se nos despliegan las múltiples opciones para modificar la imagen.
- ***Otra forma rápida para abrir la imagen es haciendo doble clic izquierdo sobre la misma.***

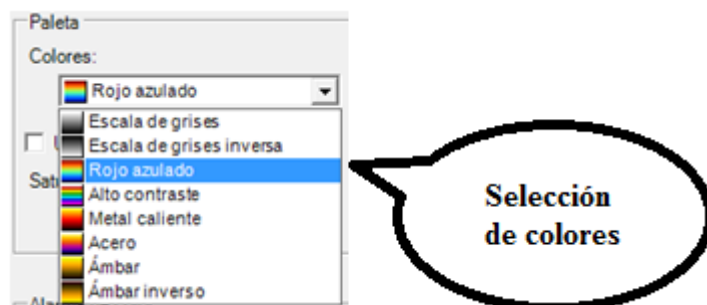




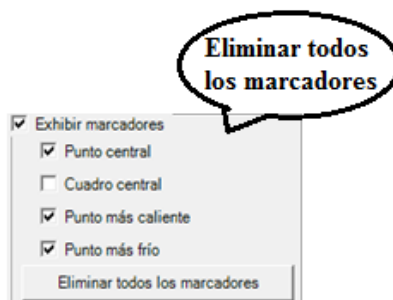
Una vez realizado el anterior paso la imagen de trabajo se visualiza de la siguiente manera:



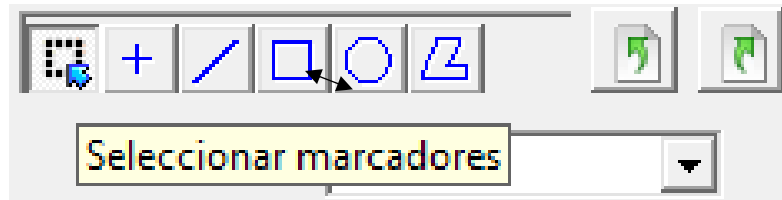
- Para modificar la imagen **se escoge la paleta de colores y se selecciona el color de preferencia** al que más nos acomodemos o el color al que podamos apreciar de mejor manera el punto caliente.



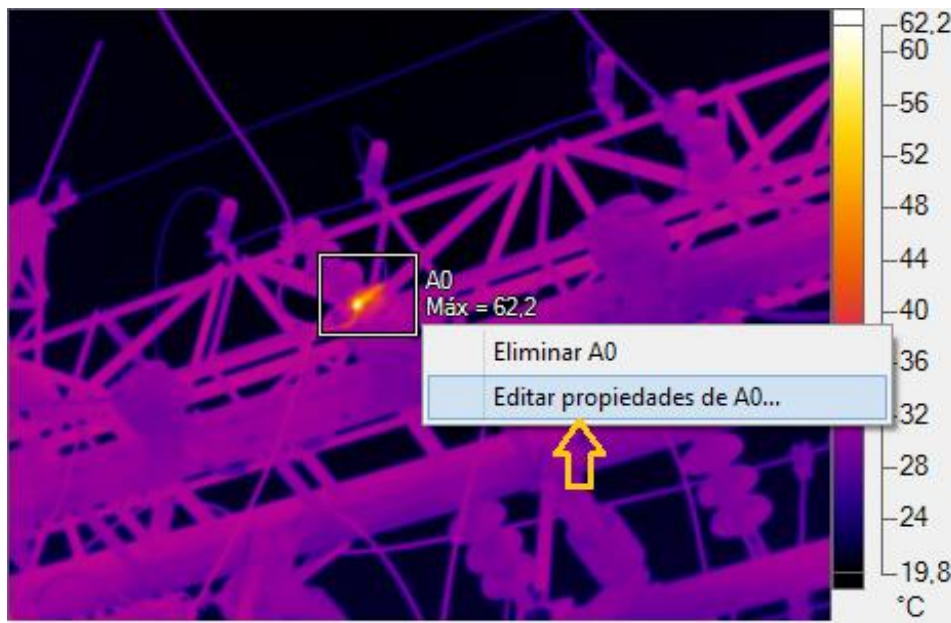
- **Se eliminan todos los marcadores de las opciones** para que sobre la imagen no aparezca ninguna referencia de temperatura.



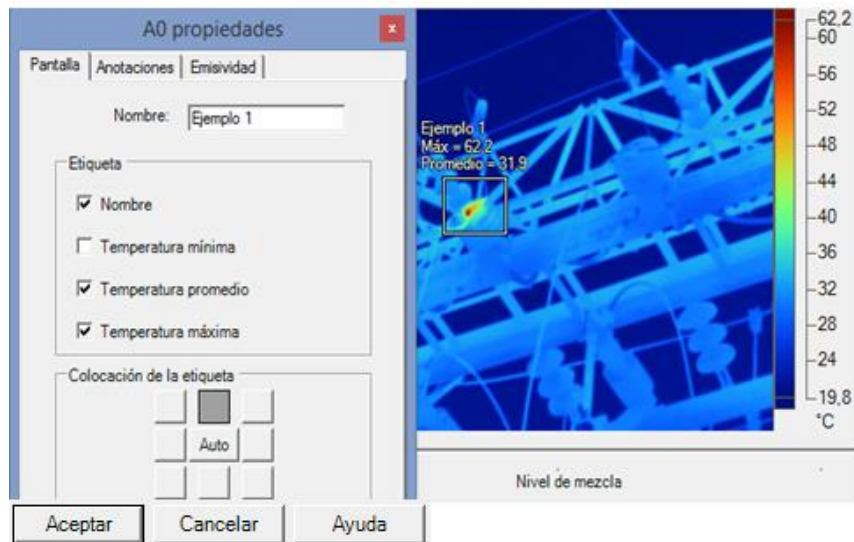
- **Se hace clic en seleccionar marcadores** en donde se encuentran opciones para dibujar rectángulos, elipse, polígonos, líneas sobre el punto caliente, dentro de la misma barra de marcadores se tienen las flechas de retroceder y adelantar los cambios efectuados. Para este ejemplo se escogió la opción de rectángulo.



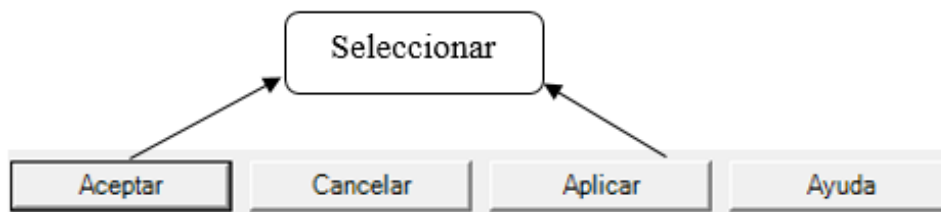
**Una vez seleccionado la opción rectángulo se hace clic derecho sobre el mismo para editar:** la temperatura promedio, máxima, y punto más frío y color; así como también colocar el nombre al punto caliente sobre el rectángulo.



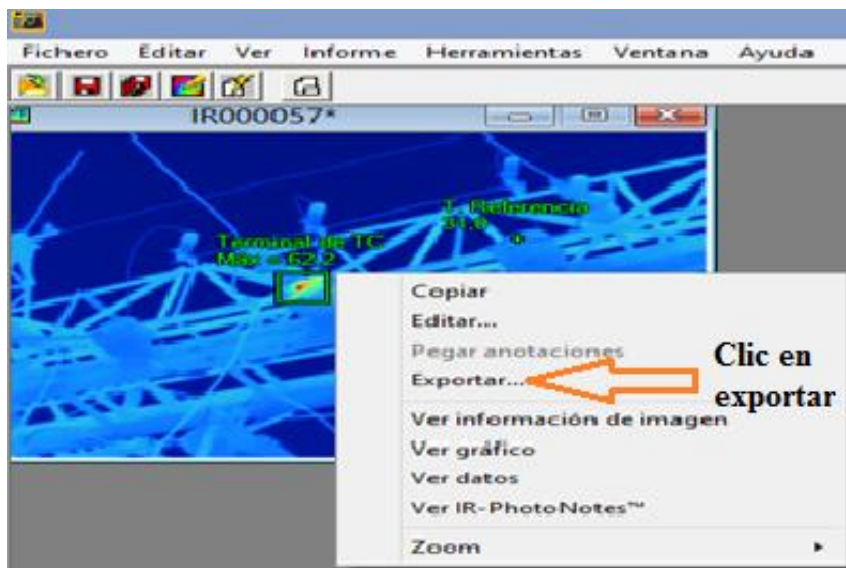
Para tener una vista más cómoda del rectángulo **se seleccionan los colores al azar y la posición del texto**, de igual forma se debe hacer con el punto de referencia con la diferencia que se escoge un marcador de punto, a continuación aceptar y se vuelve a la imagen con todos los cambios efectuados como, temperatura máxima, nombre, temperatura de referencia, color del texto, rectángulo y la posición del texto.



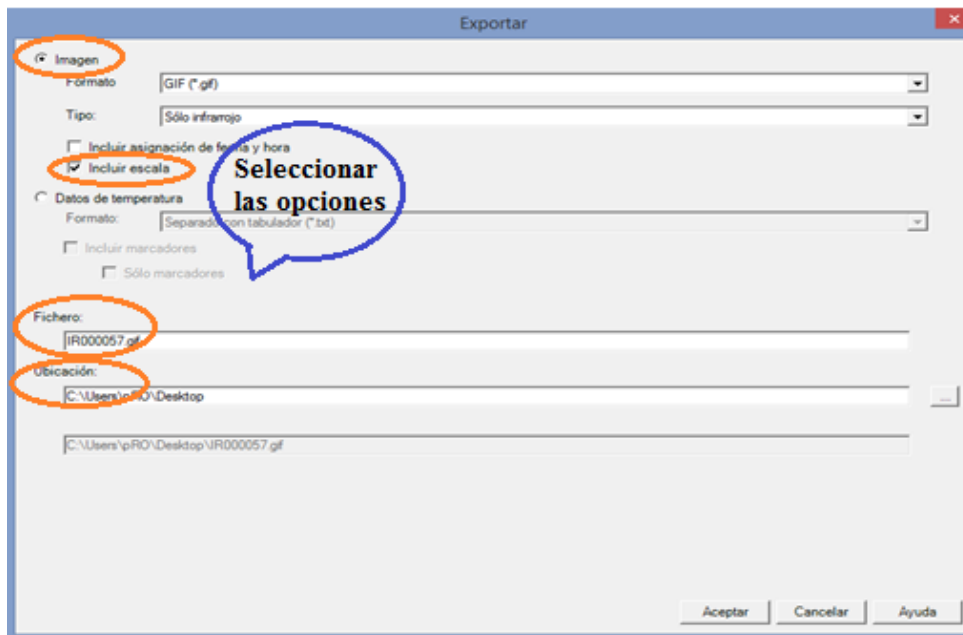
- **Clic en aplicar y aceptar en la barra inferior** de modo que se nos devuelve la imagen al panel frontal del programa en donde están todas las imágenes con la diferencia que se guardan los cambios efectuados.



- **Sobre la imagen en el panel frontal realizar clic derecho**



- Cuando se nos despliegue esta ventana escoger las siguientes opciones:



- Se selecciona la opción Imagen Formato “GIF (\*.gif)”
- Incluir escala
- En Fichero: se coloca el nombre con que vamos a guardar la imagen
- Ubicación: se escoge el lugar de nuestro ordenador en el cual queremos guardar la imagen para este ejemplo se escogió el escritorio, luego de aquello aceptar.

Cabe mencionar que la imagen térmica modificada con todos sus parámetros va acompañada en la ficha técnica con la imagen visible del equipo y se determina el  $\Delta T$  para determinar el grado de severidad.

#### 4.6.9 MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO MEDIANTE TERMOGRAFÍA.

##### Práctica N° 1.

- Tema: *“Inspección termográfica de transformador de potencial”*.
- Fecha:
- Estudiante:
- Objetivos:

1. Realizar un barrido termográfico a los componentes del transformador de potencial.
2. Si hay la existencia de un punto caliente enfocar y capturar la imagen térmica.
3. Realizar la medición de temperatura en los bushing de entrada en 69kV y en salida en 13.8kV.
4. Verificar la temperatura de las puestas a tierra.

- **Materiales y equipos para la inspección:**

- Cámara termográfica.
- Termo higrómetro.
- Computadora con el software Smartview 3.1.

- **Desarrollo de la práctica:**

- a) Introducir en la cámara termográfica y anotar los siguiente parámetros:

- Emisividad =
- Temperatura aparente reflejada =
- Temperatura ambiente =
- Humedad relativa =

- b) Inspeccionar con la cámara termográfica las siguientes partes del transformador de potencia siempre y cuando el transformador esté operando mínimo al 50% de su carga nominal o superior a este valor:

1. Puntos de conexión de bushing.
2. Equipos de control.
3. Equipos y accesorios.

4. Motores de ventilación.
  5. Verificar puestas a tierra y temperatura del aceite.
- c)** Enfoque y capture con la cámara termográfica los bushing del lado primario y secundario del transformador:
- En la cámara termográfica calibre la imagen, mediante la perilla de sensibilidad térmica.
  - Visualice los bushing, con un ángulo de 45° en el plano horizontal.
  - Presione el gatillo de la cámara termográfica para capturar la imagen.
  - Verificar la imagen capturada para que no haya distorsiones en caso de haberlas vuelva a capturar la imagen térmica.
  - En el software Smartview 3.1, determine la temperatura máxima y promedio.
- d)** Conecte el cable micro USB de la cámara termográfica hacia el computador.
- Abra el software Smartview y descargue la imagen capturada.
  - Utilice las herramientas del software Smartview, para realizar el análisis termográfico de la imagen.
- e)** Con los resultados completar la siguiente ficha técnica:

## REPORTE TERMOGRÁFICO NO:

<b>EMPRESA:</b> CNEL – EP Corporación Nacional de Electricidad Unidad De Negocios Esmeraldas			
<b>Instalación:</b>	Fecha:		
<b>Análisis realizado por:</b>	Hora:		

UBICACIÓN	INSTALACIÓN	EQUIPO CON ANOMALÍA	DESCRIPCIÓN DE LA ANOMALÍA	SEVERIDAD
				GRADO

Imagen térmica	imagen Visual

### Análisis térmico

Parámetros térmicos	Condiciones de trabajo	Parámetros de imagen	
T. Max. °C	FASE A	Emisividad	
T Referencia. °C	FASE B	Humedad relativa %	
Delta T. °C	FASE C	T. Ambiente °C	

<b>Observaciones</b>	
<b>Posibles causas</b>	
<b>Recomendación</b>	

Fecha de acción correctiva	
Responsable de la corrección	

Fuente: Autor

### Práctica N° 2.

- Tema: *“Inspección termográfica de transformador de distribución”.*
- Fecha:
- Estudiante:
- Objetivos:

1. Inspeccionar los componentes del transformador de distribución.
2. Si hay la existencia de un punto caliente enfocar y capturar la imagen térmica.
3. Realizar la medición de temperatura en los bushing y los fusibles tipo NH en el lado de baja tensión.

- **Materiales y equipos para la inspección:**

- Cámara termográfica.
- Termo higrómetro.
- Computadora con el software Smartview 3.1.

- **Desarrollo de la práctica:**

- a) Introducir en la cámara termográfica los siguiente parámetros:

- Emisividad =
- Temperatura aparente reflejada =
- Temperatura ambiente =
- Humedad relativa =

- b) Inspeccionar con la cámara termográfica las siguientes partes del transformador de potencial:

1. Bushing y pararrayos del transformador.
2. Fusibles tipo NH.
3. Conectores de baja tensión.

- c) Enfoque y capture con la cámara termográfica los bushing, pararrayos, y Portafusibles:



- En la cámara termográfica calibre la imagen, mediante la perilla de sensibilidad térmica.
  - Visualice los bushing, con un ángulo de 45° en el plano horizontal.
  - Presione el gatillo de la cámara termográfica para capturar la imagen.
  - Verificar la imagen capturada para que no haya distorsiones en caso de haberlas vuelva a capturar la imagen térmica.
  - En el software Smartview 3.1, mida y compare con el similar la temperatura máxima y promedio.
- d)** Conecte el cable micro USB de la cámara termográfica hacia el computador.
- Abra el software Smartview y descargue la imagen capturada.
  - Utilice las herramientas del software Smartview, para realizar el análisis termográfico de la imagen.
- e)** Con los resultados completar la siguiente ficha técnica:

## REPORTE TERMOGRÁFICO NO:

<b>EMPRESA:</b> CNEL – EP Corporación Nacional de Electricidad Unidad De Negocios Esmeraldas	
--	--

<b>Instalación:</b>	Fecha:	
<b>Análisis realizado por:</b>	Hora:	

UBICACIÓN	INSTALACIÓN	EQUIPO CON ANOMALÍA	DESCRIPCIÓN DE LA ANOMALÍA	SEVERIDAD
				GRADO

Imagen térmica	imagen Visual

### Análisis térmico

Parámetros térmicos	Condiciones de trabajo	Parámetros de imagen	
T. Max. °C	FASE A	Emisividad	
T Referencia. °C	FASE B	Humedad relativa %	
Delta T. °C	FASE C	T. Ambiente °C	

<b>Observaciones</b>	
<b>Posibles causas</b>	
<b>Recomendación</b>	

Fecha de acción correctiva	
Responsable de la corrección	

Fuente: Autor

### Práctica N° 3.

- Tema: *“Inspección termográfica de motores de CA”*.
- Fecha:
- Estudiante:
- Objetivos:

4. Inspeccionar los componentes de un motor de corriente alterna.
5. Si hay la existencia de un punto caliente enfocar y capturar la imagen térmica.
6. Realizar la medición de temperatura en la caja de conexiones, el estator y los rodamientos delanteros y traseros del eje del motor.

- **Materiales y equipos para la inspección:**

- Cámara termográfica.
- Termo higrómetro.
- Computadora con el software Smartview 3.1.
- Motor de CA trifásico o monofásico.

- **Desarrollo de la práctica:**

f) Introducir en la cámara termográfica los siguiente parámetros:

- Emisividad =
- Temperatura aparente reflejada =
- Temperatura ambiente =
- Humedad relativa =

g) Inspeccionar con la cámara termográfica las siguientes partes del motor de CA.

4. Estator.
5. Caja de conexiones.
6. Rodamientos del motor.
7. Protecciones del motor.

**Nota:** Es aconsejable realizar la medición termográfica cuando este equipo opere en condiciones normales de funcionamiento.

h) Enfoque y capture con la cámara termográfica la caja de conexiones del motor, para ello realice lo siguiente:

- En la cámara termográfica calibre la imagen, mediante la perilla de sensibilidad térmica.

- Visualice la caja de conexiones a 0.5m con un ángulo correspondiente de 45° en el plano horizontal.
  - Presione el gatillo de la cámara termográfica para capturar la imagen.
  - Verificar la imagen capturada para que no haya distorsiones en caso de haberlas vuelva a capturar la imagen térmica.
  - Verificar que la imagen capturada muestre los puntos de conexión de la caja de conexiones del motor.
- i)** Enfoque y capture la imagen térmica del estator para ello siga las siguientes instrucciones:
- Realice un enfoque a todo el motor.
  - Visualice la carcasa del estator a una distancia de 0.5m con un ángulo de medida a 45°
  - Presione el gatillo de la cámara para capturar la imagen térmica.
  - Verificar la temperatura máxima de la carcasa del motor y a esta incremente 20°C para determinar la temperatura de los devanados.
- j)** Enfoque y capture los rodamientos del motor de CA, para ello siga las siguientes instrucciones\*:
- Visualice los rodamientos delanteros y traseros a una distancia de 0.5m con ángulo de medida de 45°C.
  - Capture la imagen térmica presionando el gatillo de la cámara.
  - Compruebe que la temperatura de los rodamientos, no supere la temperatura del estator.
- k)** Conecte el cable micro USB de la cámara termográfica hacia el computador.
- Abra el software Smart View 3.1 y descargue las imágenes capturadas.
- l)** Con los resultados completar la siguiente ficha térmica:

## REPORTE TERMOCRÁFICO NO:

<b>EMPRESA:</b> CNEL – EP Corporación Nacional de Electricidad Unidad De Negocios Esmeraldas	
--	--

<b>Instalación:</b>	Fecha:	
<b>Análisis realizado por:</b>	Hora:	

UBICACIÓN	INSTALACIÓN	EQUIPO CON ANOMALÍA	DESCRIPCIÓN DE LA ANOMALÍA	SEVERIDAD
				GRADO

Imagen térmica	imagen Visual

### Análisis térmico

<b>Parámetros térmicos</b>	<b>Condiciones de trabajo</b>	<b>Parámetros de imagen</b>	
T. Max. °C	FASE A	Emisividad	
T Referencia. °C	FASE B	Humedad relativa %	
Delta T. °C	FASE C	T. Ambiente °C	

<b>Observaciones</b>	
<b>Posibles causas</b>	
<b>Recomendación</b>	

Fecha de acción correctiva	
Responsable de la corrección	

**Fuente:** Autor

## CAPÍTULO V

### 5.1 CONCLUSIONES.

- La aplicación del mantenimiento predictivo mediante la utilización de cámaras termográficas constituye una herramienta fundamental para las empresas eléctricas ya que esta técnica permite realizar el análisis termográfico sin ningún contacto con el equipo y planificar mantenimientos preventivos que evitan interrupciones de larga duración.
- El análisis termográfico permitió elaborar un plan de mantenimiento predictivo en base a cronogramas de mantenimiento el cual ayuda a llevar un registro oportuno de todas las anomalías registradas, y a su vez se ejecutaran mediante el mismo las correcciones pertinentes.
- El diseño y utilización de fichas técnicas en un análisis termográfico permite identificar puntos calientes, detallar recomendaciones y realizar el seguimiento oportuno de su corrección.
- Mediante las inspecciones realizadas se pudo evidenciar que ocho elementos se encontraban con un alto grado de severidad siendo las mufas de salida de los circuitos Caderón y San Lorenzo 2, los conectores y seccionadores en los que se presentaban el mayor número de anomalías grado 4 de corrección inmediata.
- Mediante la experiencia obtenida en el transcurso de este trabajo de grado se puso a consideración una manual de prácticas para llevar a cabo un análisis termográfico.

## 5.2 Recomendaciones.

- Se recomienda que las inspecciones termográficas se las realice en horas de demanda máxima, periodo en el cual el sistema eléctrico funciona a su máxima capacidad operativa para obtener la máxima temperatura de los equipos en condiciones críticas.
- Se aconseja que los equipos que operan bajo condiciones críticas, se reparen a la brevedad posible para evitar cortes con periodos de tiempos excesivos, y a su vez se realice la captura de las imágenes visuales en el día para ser utilizadas en el detalle de las fichas termográficas.

Se sugiere implementar un plan de mantenimiento predictivo, mediante las técnicas de termografías planteadas, en tal virtud se pone en consideración los resultados del análisis termográfico realizado al ing. Roberto Villón administrador de la sucursal de CNEL - EP Unidad de Negocios Esmeraldas.

## BIBLIOGRAFÍA

1. MARTÍNEZ, L. (2007). Organización y Planificación de Sistemas de Mantenimiento. Centro de Estudios Gerenciales ISID; 2da. Edición; Caracas.
2. MSPAS – GTZ. “Manual de Procedimientos Estandarizados para Mantenimiento”; Proyecto de Mantenimiento Hospitalario (PMH). EL SALVADOR, 1998.
3. YUNUS A. CENGEL. Transferencia de calor y masa un enfoque práctico tercera edición México 2010.
4. SANTIAGO SABUGAL GARCÍA & FLORENTINO GÓMEZ MOÑUX. “centrales térmicas de ciclo combinado teoría y proyecto”; España 2006.
5. ENRÍQUEZ HARPER, Gilberto (2005) Pruebas y mantenimiento a equipos eléctricos, Edit. Limusa, México.
6. Yebra Morón Juan Antonio (2009) Sistemas Eléctrico de Distribución, Edit. Reverté, México.
7. HERRERA, L. Temperatura y procesos de transferencia de calor. Colombia, 2005 (p.13-41).
8. Introducción a los principios de la termografía, Creado en cooperación entre Fluke Corporation y The Snell Group. Pág. 57,58.
9. Guía informativa de utilización de cámaras termográficas, Flir Systems & (ITC). 2012.
10. Hernández, Fernández y Baptista P., “Metodología de la Investigación”, México, 2003, Editorial Oasis.
11. INTERNATIONAL ELECTRICAL TESTING ASSOCIATION ING.- NETA MTS-2005.
12. Incopera, F., De Witt, D. (1999) *Fundamentos de transferencia de calor*. Cuarta edición. México: Pearson Educación.
13. Holman, J. (1999) *Transferencia de calor*. México: Compañía Editorial Continental S.A.



## **LINKOGRAFÍA**

### **MANTENIMIENTO PREDICTIVO BASADO EN TEMPERATURA**

<http://www.alava-ing.es/repositorio/6769/pdf/3505/2/guia-de-termografia-para-mantenimiento-predictivo.pdf>

### **TERMOGRAFÍA EN SISTEMAS ELÉCTRICOS EN PLANTA**

<http://www.fluke.com/Fluke/eses/soluciones/camaras-termograficas/Termografia-en-sistemas-electricos-en-planta.htm>

### **IMÁGENES TÉRMICAS**

[http://www.flir.com/uploadedFiles/Thermography/.../T820264\\_ES.pdf](http://www.flir.com/uploadedFiles/Thermography/.../T820264_ES.pdf)

### **ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO**

[http://es.wikipedia.org/wiki/Espectro\\_electromagn%C3%A9tico](http://es.wikipedia.org/wiki/Espectro_electromagn%C3%A9tico)

### **APLICACIONES DE LA TERMOGRAFÍA IR**

<http://www.textoscientificos.com/node/885>

### **CALOR ELÉCTRICO**

<http://www.parro.com.ar/definicion-de-calor+el%E9ctrico>

### **TEMPERATURA**

<http://martinfarfan.blogspot.com/p/para-grado-once.html>

### **TRANSMISIÓN DE CALOR**

<http://www.monografias.com/trabajos88/calor-conceptos-y-tipos-transferenciacalor/calor-conceptos-y-tipos-transferencia-calor.shtml>

### **DISYUNTOR**

<http://es.scribd.com/doc/59987986/subestaciones-electricas>

## **SECCIONADORES**

<http://es.scribd.com/doc/116289507/Elementos-de-Una-Subestacion>

## **BARRAS COLECTORAS**

<http://ingenieriaelectricaexplicada.blogspot.com/2009/09/barras-colectoras-en-132-kv.html>

## **Conectores**

[http://www.rtho.com/cgi-bin/procesa.pl?plantilla=/v2/categoria\\_despliegue.html&id\\_cat=172&tipo=171&nseccion=Marcas](http://www.rtho.com/cgi-bin/procesa.pl?plantilla=/v2/categoria_despliegue.html&id_cat=172&tipo=171&nseccion=Marcas)

## **MANTENIMIENTO EN SUBESTACIONES ELÉCTRICAS**

<http://www.buenastareas.com/ensayos/Mantenimiento-aSubestaciones/3308543.html>

## **FUNCIONAMIENTO DEL EQUIPO TERMOGRÁFICO**

[http://www.flir.com/uploadedfiles/thermography/mmc/brochures/t820264/t820264\\_es.pdf](http://www.flir.com/uploadedfiles/thermography/mmc/brochures/t820264/t820264_es.pdf)

## **CÁMARAS TERMOGRÁFICAS**

[http://web.usal.es/~lcal/termografia\\_documento.pdf](http://web.usal.es/~lcal/termografia_documento.pdf)

## **COMPONENTES DE UNA CÁMARA TERMOGRÁFICA**

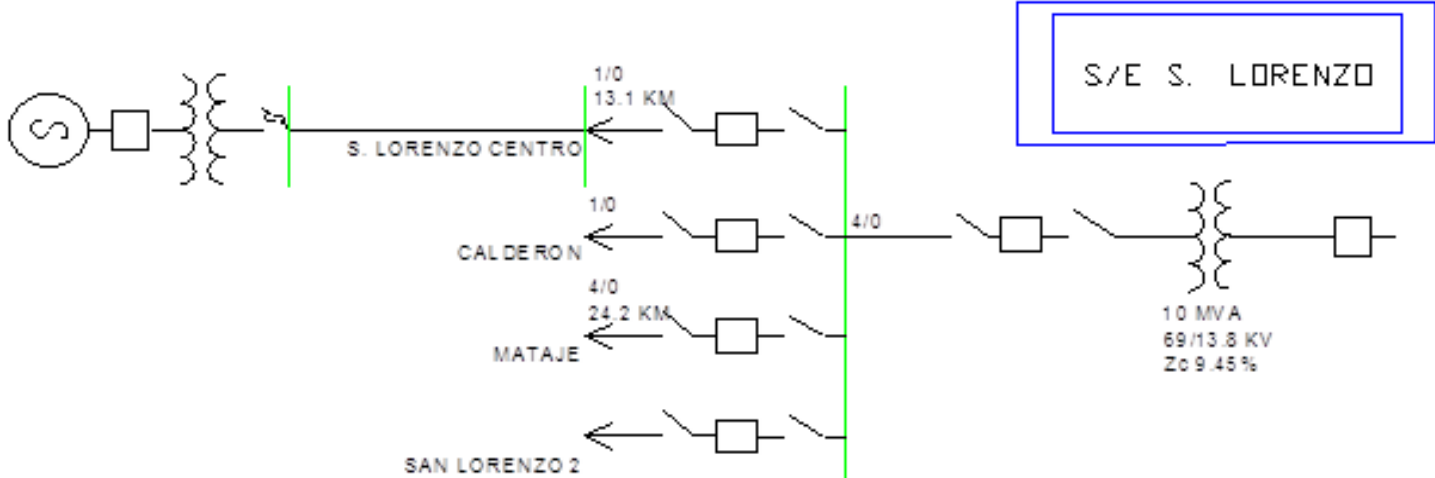
[http://snewetsrisc.com/?page\\_id=253](http://snewetsrisc.com/?page_id=253)

# ANEXOS

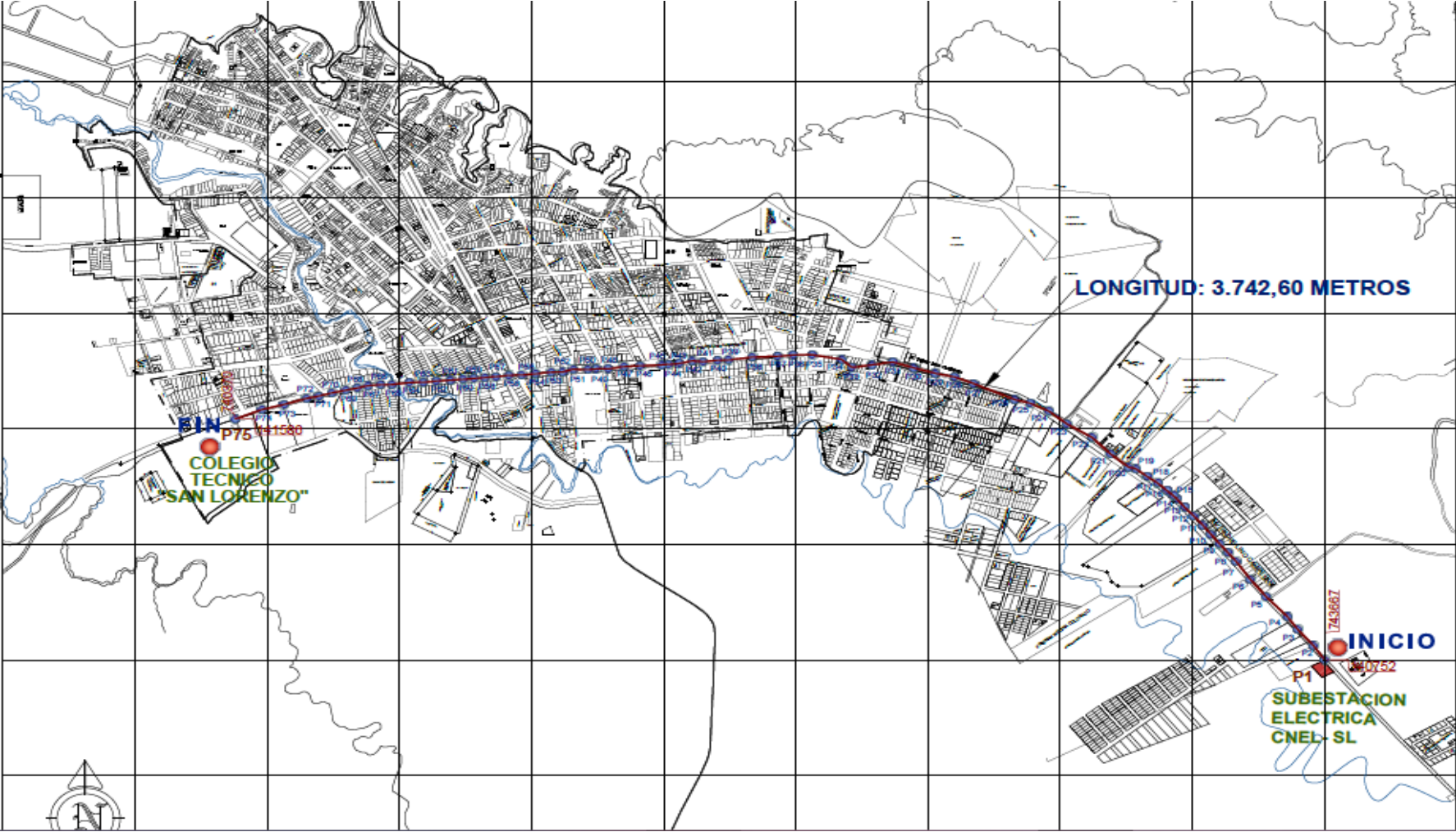
## PATIOS DE MANIOBRAS SUBESTACIÓN ELÉCTRICA SAN LORENZO



# DIAGRAMA UNIFILAR SUBESTACIÓN ELÉCTRICA SAN LORENZO



**RECORRIDO DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN PRIMARIA.**



Escala: 1:7500

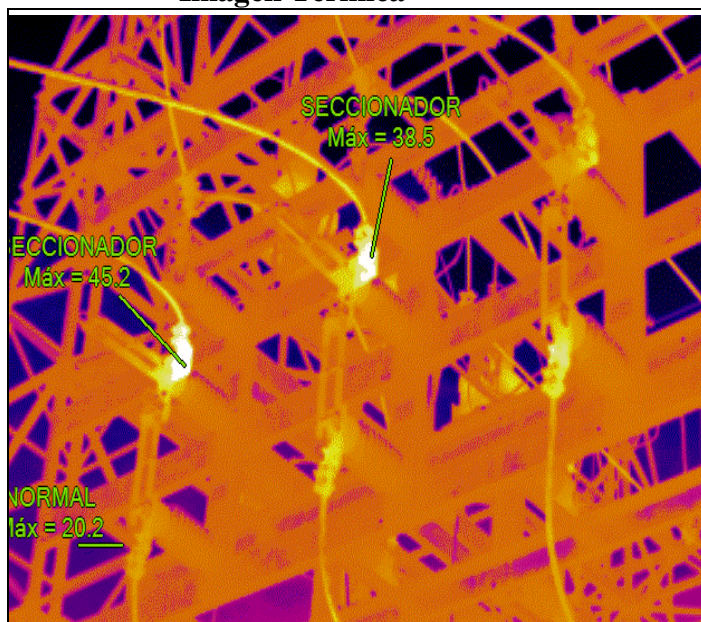
## REPORTE TERMOGRÁFICO NO: 1

<b>EMPRESA:</b> CNEL – EP Corporación Nacional de Electricidad Unidad De Negocios Esmeraldas	
--	--

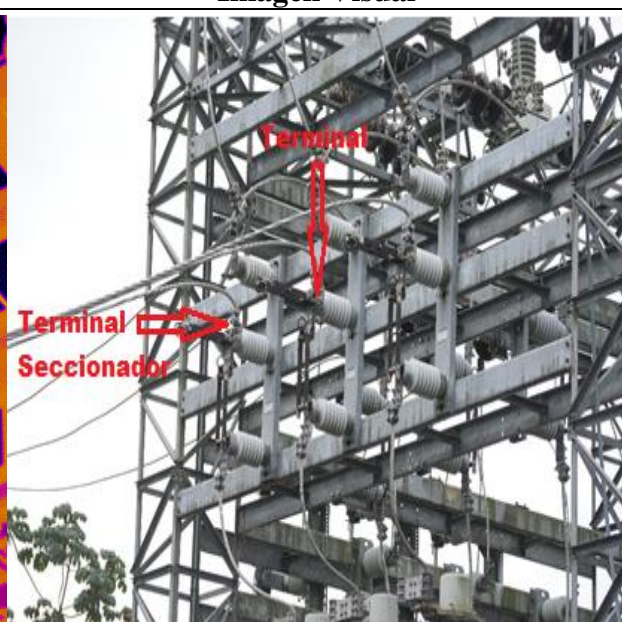
<b>Instalación:</b> Subestación Eléctrica San Lorenzo	Fecha:	14/04/2016
<b>Análisis realizado por:</b> Yépez Bennett Felipe	Hora:	19:08:47

UBICACIÓN	INSTALACIÓN	EQUIPO CON ANOMALÍA	DESCRIPCIÓN DE LA ANOMALÍA	SEVERIDAD
SUBESTACIÓN SAN LORENZO	PATIOS DE MANIOBRA EN 13,8KV	SECCIONADOR	DIFERENCIA DE TEMPERATURA EN PARTE SUPERIOR DEL LOS SECCIONADORES DE ENTRADA EN 13,8KV DE LA FASE “A” FASE “B”	GRADO 3

**Imagen Térmica**



**Imagen Visual**



### Análisis térmico

Parámetros térmicos	
T. Max. °C	45.2°C
T Referencia. °C	20.2°C
Delta T. °C	25°C

Condiciones de trabajo	
FASE A	Seccionador parte superior
FASE B	Seccionador parte superior
FASE C	

Parámetros de imagen	
Emisividad	0.93
Humedad relativa %	65%
T. Ambiente °C	30°C

<b>Observaciones</b>	Medida correctiva requerida <b>REPARAR TAN PRONTO SEA POSIBLE</b>
<b>Posibles causas</b>	Falso contacto entre terminal del seccionador y conductor, flojo o sulfatado
<b>Recomendación</b>	Limpiar superficie de unión y asegurar un buen contacto entre los terminales del seccionador y el conductor

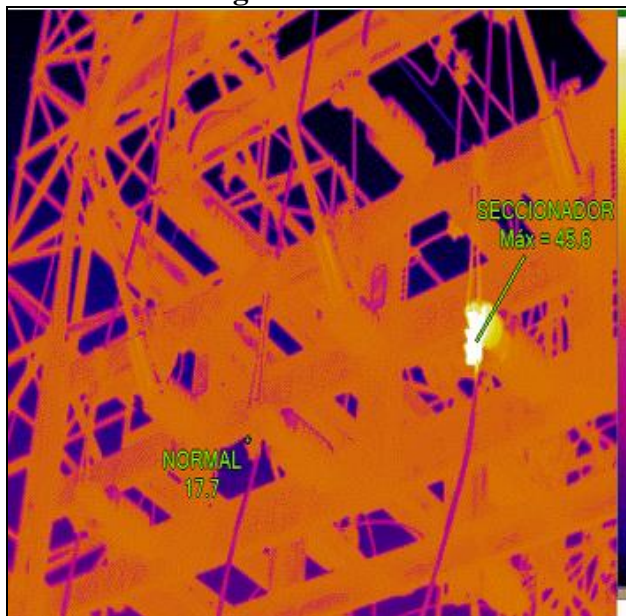
Fecha de acción correctiva	
Responsable de la corrección	

## REPORTE TERMOGRÁFICO NO: 2

<b>EMPRESA:</b> CNEL – EP Corporación Nacional de Electricidad Unidad De Negocios Esmeraldas			
<b>Instalación:</b> Subestación Eléctrica San Lorenzo		Fecha:	14/04/2016
<b>Análisis realizado por:</b> Yépez Bennett Felipe		Hora:	19:14:33

UBICACIÓN	INSTALACIÓN	EQUIPO CON ANOMALÍA	DESCRIPCIÓN DE LA ANOMALÍA	SEVERIDAD
SUBESTACIÓN SAN LORENZO	PATIO DE MANIOBRAS EN 13,8KV	SECCIONADOR CONECTOR CIRCUITO MATAJE	DIFERENCIA DE TEMPERATURA EN PARTE INFERIOR DEL SECCIONADOR DE SALIDA CIRCUITO MATAJE EN 13,8KV DE LA FASE "C"	GRADO  3

**Imagen Térmica**



**Imagen Visual**



### Análisis térmico

Parámetros térmicos		Condiciones de trabajo		Parámetros de imagen	
T. Max. °C	45,6°C	FASE A		Emisividad	0.93
T Referencia. °C	17,7°C	FASE B		Humedad relativa %	65%
Delta T. °C	27,9°C	FASE C	Seccionador parte inferior	T. Ambiente °C	30°C

<b>Observaciones</b>	Medida correctiva requerida <b>REPARAR TAN PRONTO SEA POSIBLE</b>
<b>Posibles causas</b>	Falso contacto entre terminal del seccionador y conductor, flojo o sulfatado
<b>Recomendación</b>	Limpiar superficie de unión y asegurar un buen contacto entre los terminales del seccionador y el conductor

Fecha de acción correctiva	
Responsable de la corrección	



## REPORTE TERMOGRÁFICO NO: 3

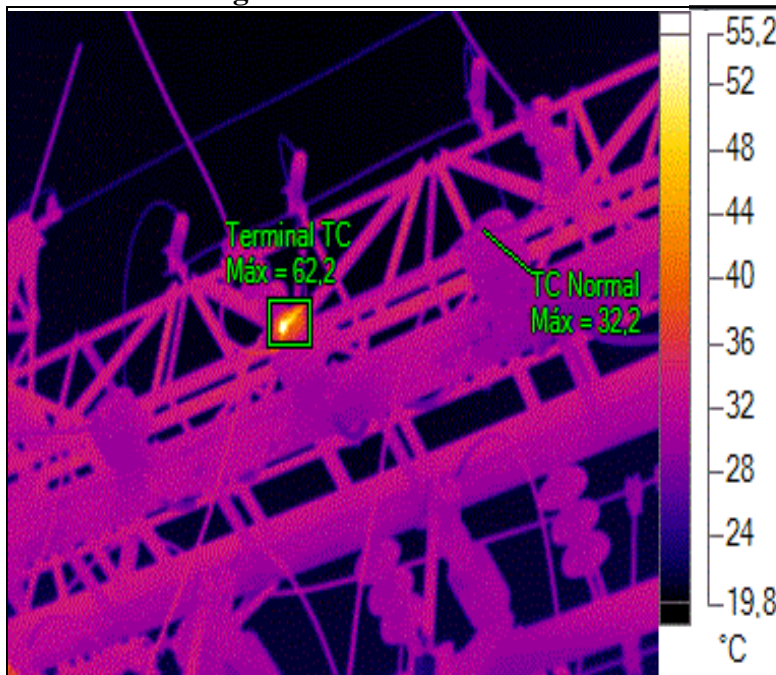
**EMPRESA:** CNEL – EP Corporación Nacional de Electricidad Unidad De Negocios Esmeraldas



<b>Instalación:</b> Subestación Eléctrica San Lorenzo	Fecha:	14/04/2016
<b>Análisis realizado por:</b> Yépez Bennett Felipe	Hora:	19:22:25

UBICACIÓN	INSTALACIÓN	EQUIPO CON ANOMALÍA	DESCRIPCIÓN DE LA ANOMALÍA	SEVERIDAD
SUBESTACIÓN SAN LORENZO	PATIOS DE MANIOBRA EN 13,8KV	PUNTOS DE CONEXIÓN DEL TC	DIFERENCIA DE TEMPERATURA EN PUNTOS DE CONEXIÓN DEL TC DEL CIRCUITO CALDERON EN 13,8KV DE LA FASE “B”	GRADO 2

**Imagen Térmica**



**Imagen Visual**



### Análisis térmico

Parámetros térmicos		Condiciones de trabajo		Parámetros de imagen	
T. Max. °C	31.2°C	FASE A	Seccionador parte superior	Emisividad	0.93
T Referencia. °C	24.2°C	FASE B	Seccionador parte superior	Humedad relativa %	65%
Delta T. °C	6°C	FASE C		T. Ambiente °C	30°C

<b>Observaciones</b>	Medida correctiva requerida REPARAR EN LA PROXIMA PARADA POSIBLE
<b>Posibles causas</b>	Falso contacto en los puntos de conexión del TC y conductor, flojo o sulfatado
<b>Recomendación</b>	Limpiar superficie de unión y asegurar un buen contacto entre los terminales del TC y el conductor

Fecha de acción correctiva	
Responsable de la corrección	

## REPORTE TERMOGRÁFICO NO: 4

<b>EMPRESA:</b> CNEL – EP Corporación Nacional de Electricidad Unidad De Negocios Esmeraldas	
--	--

<b>Instalación:</b> Subestación Eléctrica San Lorenzo	Fecha:	14/04/2016
<b>Análisis realizado por:</b> Yépez Bennett Felipe	Hora:	19:52:05

UBICACIÓN	INSTALACIÓN	EQUIPO CON ANOMALÍA	DESCRIPCIÓN DE LA ANOMALÍA	SEVERIDAD
SUBESTACIÓN SAN LORENZO	PATIOS DE MANIOBRA EN 13,8KV	BUSHING	DIFERENCIA DE TEMPERATURA EN BUSHING DE BAJO VOLTAJE DEL TRANSFORMADOR DE SERVICIOS AUXILIARES DE <b>LA TERCERA FASE X3</b>	GRADO 2

**Imagen Térmica**



**Imagen Visual**



### Análisis térmico

Parámetros térmicos		Condiciones de trabajo		Parámetros de imagen	
T. Max. °C	46,7°C	PRIMERA FASE		Emisividad	0.93
T Referencia. °C	38,42°C	SEGUNDA FASE		Humedad relativa %	65%
Delta T. °C	8,3°C	TERCERA FASE	Bushing de bajo voltaje	T. Ambiente °C	30°C

<b>Observaciones</b>	Medida correctiva requerida <b>REPARAR EN LA PROXIMA PARADA POSIBLE</b>
<b>Posibles causas</b>	Falso contacto entre conector del bushing y conductor, flojo o sulfatado
<b>Recomendación</b>	Limpiar superficie de unión y asegurar un buen contacto entre el terminales del bushing y el conductor realizar reajustes en todos los puntos de conexión

Fecha de acción correctiva	
----------------------------	--

Responsable de la corrección	
------------------------------	--

## REPORTE TERMOGRÁFICO NO: 5

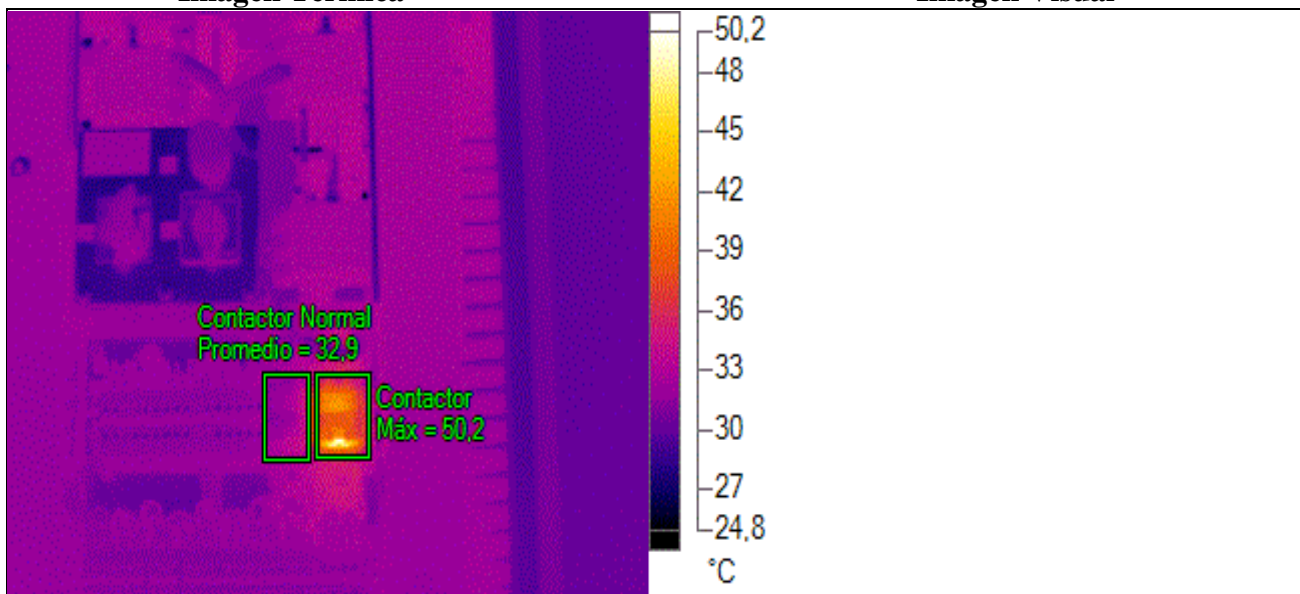
<b>EMPRESA:</b> CNEL – EP Corporación Nacional de Electricidad Unidad De Negocios Esmeraldas	
--	--

<b>Instalación:</b> Subestación Eléctrica San Lorenzo	Fecha:	14/04/2016
<b>Análisis realizado por:</b> Yépez Bennett Felipe	Hora:	19.35.46

UBICACIÓN	INSTALACIÓN	EQUIPO CON ANOMALÍA	DESCRIPCIÓN DE LA ANOMALÍA	SEVERIDAD
SUBESTACIÓN SAN LORENZO	PATIOS DE MANIOBRAS EN 13.8KV	CONTACTOR PRINCIPAL DEL DISYUNTOR DE ENTRADA EN 69KV	DIFERENCIA DE TEMPERATURA EN EL CONTACTOR DERECHO DEL TABLERO DE CONTROL EN DISYUNTOR PRINCIPAL DE ENTRADA EN 69KV DE LA SUBESTACIÓN	GRADO  3

**Imagen Térmica**

**Imagen Visual**



### Análisis térmico

Parámetros térmicos	
T. Max. °C	50.2°C
T Referencia. °C	32.9°C
Delta T. °C	17.3°C

Condiciones de trabajo	
FASE A	
FASE B	
FASE C	

Parámetros de imagen	
Emisividad	0.93
Humedad relativa %	65%
T. Ambiente °C	30°C

<b>Observaciones</b>	Medida correctiva requerida <b>REPARAR TAN PRONTO SEA POSIBLE</b>
<b>Posibles causas</b>	Posible deterioro de la bobina o falso contacto entre terminales de conexión
<b>Recomendación</b>	Limpiar superficie de unión y asegurar un buen contacto entre los terminales del

	contactor y el conductor
--	--------------------------

Fecha de acción correctiva	
Responsable de la corrección	

## REPORTE TERMOGRÁFICO NO: 6

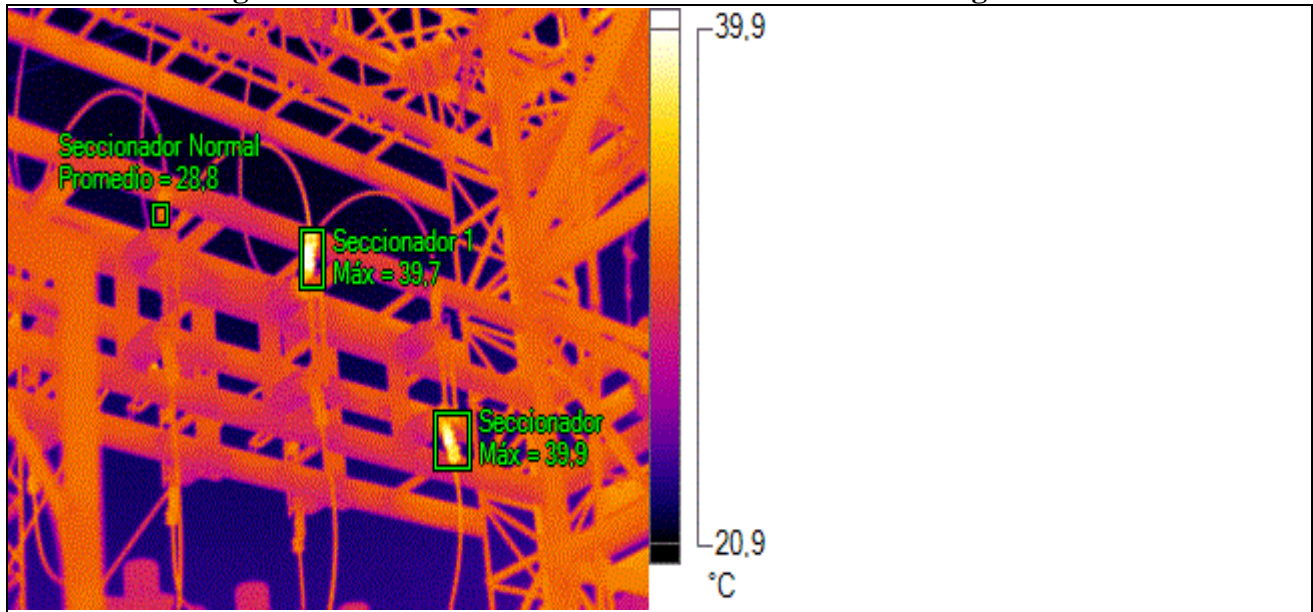
<b>EMPRESA:</b> CNEL – EP Corporación Nacional de Electricidad Unidad De Negocios Esmeraldas	
--	--

<b>Instalación:</b> Subestación Eléctrica San Lorenzo	Fecha:	14/04/2016
<b>Análisis realizado por:</b> Yépez Bennett Felipe	Hora:	19.35.46

UBICACIÓN	INSTALACIÓN	EQUIPO CON ANOMALÍA	DESCRIPCIÓN DE LA ANOMALÍA	SEVERIDAD
SUBESTACIÓN SAN LORENZO	PATIOS DE MANIOBRAS EN 13.8KV	SECCIONADORES DE SALIDA EN 13.8KV TIPO CUCHILLA	DIFERENCIA DE TEMPERATURA EN <i>PARTE SUPERIOR E INFERIOR DEL SECCIONADOR DE LA FASE B Y C</i>	GRADO 2

**Imagen Térmica**

**Imagen Visual**



### Análisis térmico

Parámetros térmicos	
T. Max. °C	39.9°C
T Referencia. °C	28.8°C
Delta T. °C	11.1°C

Condiciones de trabajo	
FASE A	
FASE B	Conector seccionador
FASE C	Conector seccionador

Parámetros de imagen	
Emisividad	0.93
Humedad relativa %	65%
T. Ambiente °C	30°C

<b>Observaciones</b>	Medida correctiva requerida REPARAR EN LA PROXIMA PARADA POSIBLE
<b>Posibles causas</b>	Falso contacto entre terminal del seccionador y conductor, flojo o sulfatado
<b>Recomendación</b>	Limpiar superficie de unión y asegurar un buen contacto entre los terminales del seccionador y el conductor

Fecha de acción correctiva	
Responsable de la corrección	

## REPORTE TERMOGRÁFICO NO: 7

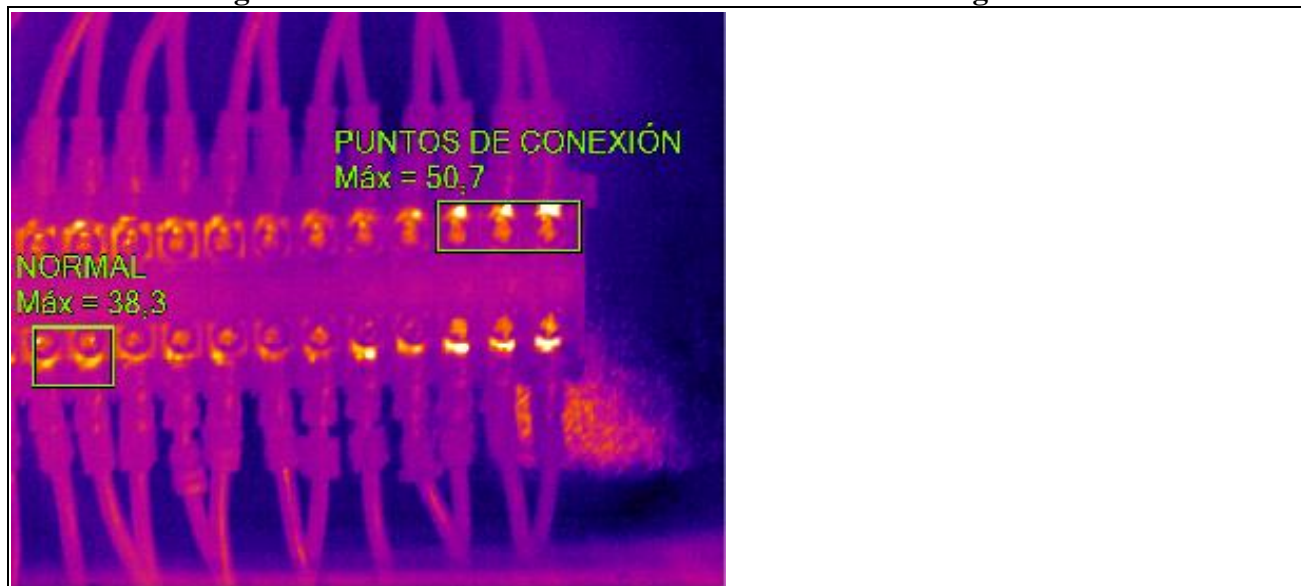
**EMPRESA:** CNEL – EP Corporación Nacional de Electricidad Unidad De Negocios Esmeraldas

<b>Instalación:</b> Subestación Eléctrica San Lorenzo	Fecha:	14/04/2016
<b>Análisis realizado por:</b> Yépez Bennett Felipe	Hora:	19:51:32

UBICACIÓN	INSTALACIÓN	EQUIPO CON ANOMALÍA	DESCRIPCIÓN DE LA ANOMALÍA	SEVERIDAD
SUBESTACIÓN SAN LORENZO	TABLEROS DE CONTROL PRINCIPAL	REGLETA DE CONEXIÓN	DIFERENCIA DE TEMPERATURA EN PARTE SUPERIOR DE LA REGLETA DE <b>CONEXIÓN LADO DERECHO DEL TABLERO DE CONTROL PRINCIPAL DE LA S/E</b>	GRADO 2

**Imagen Térmica**

**Imagen Visual**



### Análisis térmico

Parámetros térmicos	
T. Max. °C	50,7°C
T Referencia. °C	38,3°C
Delta T. °C	12,4°C

Condiciones de trabajo	
FASE A	
FASE B	
FASE C	

Parámetros de imagen	
Emisividad	0.93
Humedad relativa %	65%
T. Ambiente °C	30°C

<b>Observaciones</b>	Medida correctiva requerida <b>REPARAR EN LA PROXIMA PARADA POSIBLE</b>
<b>Posibles causas</b>	Falso contacto en los puntos de conexión de regleta y conductor, flojo o sulfatado
<b>Recomendación</b>	Limpiar superficie de unión y asegurar un buen contacto entre los puntos de conexión y los conductores de los puntos 1,2 y 3 de la regleta

Fecha de acción correctiva	
----------------------------	--

Responsable de la corrección	
------------------------------	--

## REPORTE TERMOGRÁFICO NO: 8

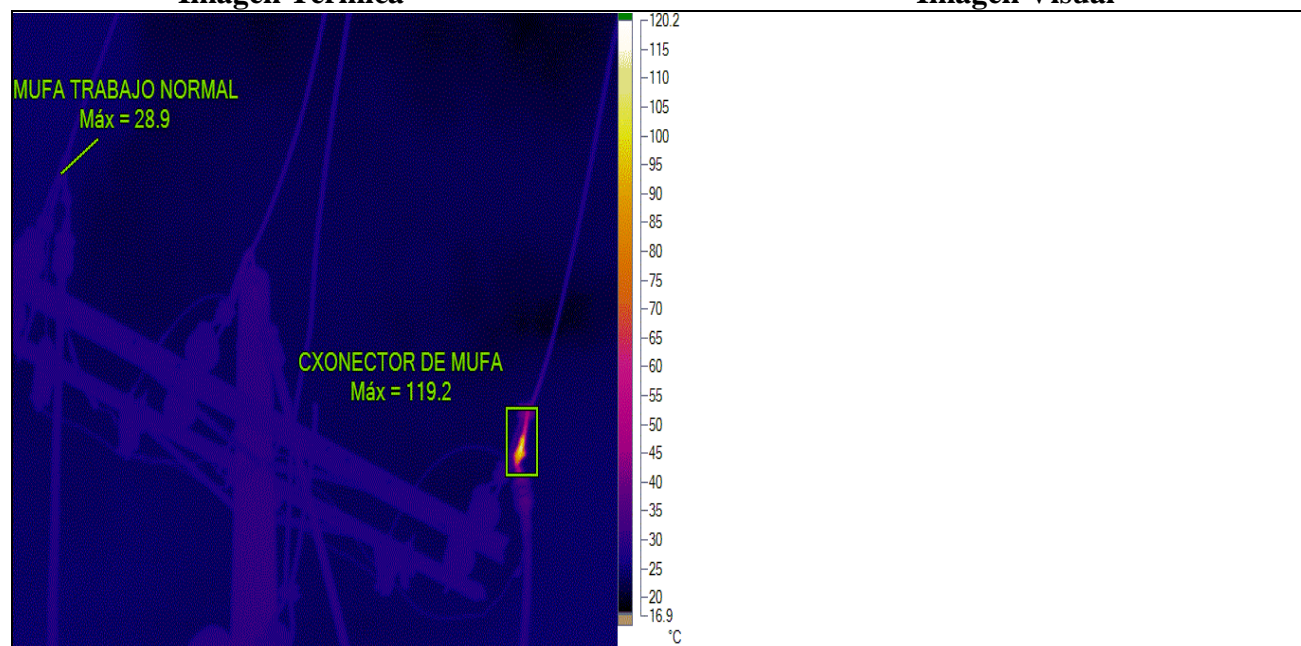
<b>EMPRESA:</b> CNEL – EP Corporación Nacional de Electricidad Unidad De Negocios Esmeraldas	
--	--

<b>Instalación:</b> Subestación Eléctrica San Lorenzo	Fecha:	15/04/2016
<b>Análisis realizado por:</b> Yépez Bennett Felipe	Hora:	19:56:15

UBICACIÓN	INSTALACIÓN	EQUIPO CON ANOMALÍA	DESCRIPCIÓN DE LA ANOMALÍA	SEVERIDAD
SUBESTACIÓN SAN LORENZO	SALIDA DEL CIRCUITO CALDERÓN EN 13,8KV	MUFAS DE SALIDA	DIFERENCIA DE TEMPERATURA EN CONECTOR DE LA MUFA DE SALIDA DEL <i>CIRCUITO CALDERON EN 13,8KV DE LA FASE "C"</i>	GRADO 4

**Imagen Térmica**

**Imagen Visual**



### Análisis térmico

Parámetros térmicos	
T. Max. °C	119,2°C
T Referencia. °C	28,9°C
Delta T. °C	91°C

Condiciones de trabajo	
FASE A	
FASE B	
FASE C	CONECTOR MUFA

Parámetros de imagen	
Emisividad	0.93
Humedad relativa %	65%
T. Ambiente °C	30°C

<b>Observaciones</b>	Medida correctiva requerida REPARAR INMEDIATAMENTE
<b>Posibles causas</b>	Falso contacto entre el conector de la mufa de salida y conductor, flojo o sulfatado
<b>Recomendación</b>	Limpiar superficie de unión y asegurar un buen contacto entre el conector de la mufa y

	el conductor, cambio y reajuste de los conectores
--	---

Fecha de acción correctiva	
Responsable de la corrección	

### REPORTE TERMOGRÁFICO NO: 9

<b>EMPRESA:</b> CNEL – EP Corporación Nacional de Electricidad Unidad De Negocios Esmeraldas	
--	--

<b>Instalación:</b> Subestación Eléctrica San Lorenzo	Fecha:	15/04/2016
<b>Análisis realizado por:</b> Yépez Bennett Felipe	Hora:	19:59:57

UBICACIÓN	INSTALACIÓN	EQUIPO CON ANOMALÍA	DESCRIPCIÓN DE LA ANOMALÍA	SEVERIDAD
SUBESTACIÓN SAN LORENZO	SALIDA DEL CIRCUITO SAN LORENZO EN 13,8KV	MUFAS DE SALIDA	DIFERENCIA DE TEMPERATURA EN <i>CONECTOR DE LA MUFA DE SALIDA DEL CIRCUITO SAN LORENZO EN 13,8KV DE LA FASE "A" Y TERMINAL DE LA MUFA DE LA FASE "C"</i>	GRADO 4

**Imagen Térmica**

**Imagen Visual**



### Análisis térmico

Parámetros térmicos	
T. Max. °C	89,5°C
T Referencia. °C	26,4°C
Delta T. °C	63,1°C

Condiciones de trabajo	
FASE A	CONECTOR MUFA
FASE B	
FASE C	TERMINAL MUFA

Parámetros de imagen	
Emisividad	0.93
Humedad relativa %	65%
T. Ambiente °C	30°C

<b>Observaciones</b>	Medida correctiva requerida <b>REPARAR INMEDIATAMENTE</b>
<b>Posibles causas</b>	Falso contacto entre conector y terminal de las mufas y conductor, flojos o sulfatados



<b>Recomendación</b>	Limpiar superficie de unión y asegurar un buen contacto entre el conector de la mufa y el conductor, cambio y reajuste de los conectores y terminales de las mufas
----------------------	--

Fecha de acción correctiva	
Responsable de la corrección	

## REPORTE TERMOGRÁFICO NO: 10

<b>EMPRESA:</b> CNEL – EP Corporación Nacional de Electricidad Unidad De Negocios Esmeraldas	
--	--

<b>Instalación:</b> Subestación Eléctrica San Lorenzo	Fecha:	15/04/2016
<b>Análisis realizado por:</b> Yépez Bennett Felipe	Hora:	19.44.51

UBICACIÓN	INSTALACIÓN	EQUIPO CON ANOMALÍA	DESCRIPCIÓN DE LA ANOMALÍA	SEVERIDAD
SUBESTACIÓN SAN LORENZO	SALIDA DEL CIRCUITO CALDERÓN EN 13.8KV	EMPALME DEL CONDUCTOR Y AISLADOR	DIFERENCIA DE TEMPERATURA EN <b>EMPALME DEL CONDUCTOR DEL AISLADOR DE LA FASE B DEL CIRCUITO CALDERÓN</b>	GRADO 3

**Imagen Térmica**

**Imagen Visual**



### Análisis térmico

Parámetros térmicos	
T. Max. °C	42.6°C
T Referencia. °C	25.2°C
Delta T. °C	17.4°C

Condiciones de trabajo	
FASE A	
FASE B	Conexión del Aislador
FASE C	

Parámetros de imagen	
Emisividad	0.93
Humedad relativa %	65%
T. Ambiente °C	30°C

<b>Observaciones</b>	Medida correctiva requerida REPARAR TAN PRONTO SEA POSIBLE
<b>Posibles causas</b>	Falso contacto entre el conductor y el aislador, flojo o deterioro del mismo
<b>Recomendación</b>	Limpiar superficie de unión y asegurar un buen contacto entre los terminales del aislador y el conductor guía

Fecha de acción correctiva	
Responsable de la corrección	

### REPORTE TERMOGRÁFICO NO: 11

**EMPRESA:** CNEL – EP Corporación Nacional de Electricidad Unidad De Negocios Esmeraldas

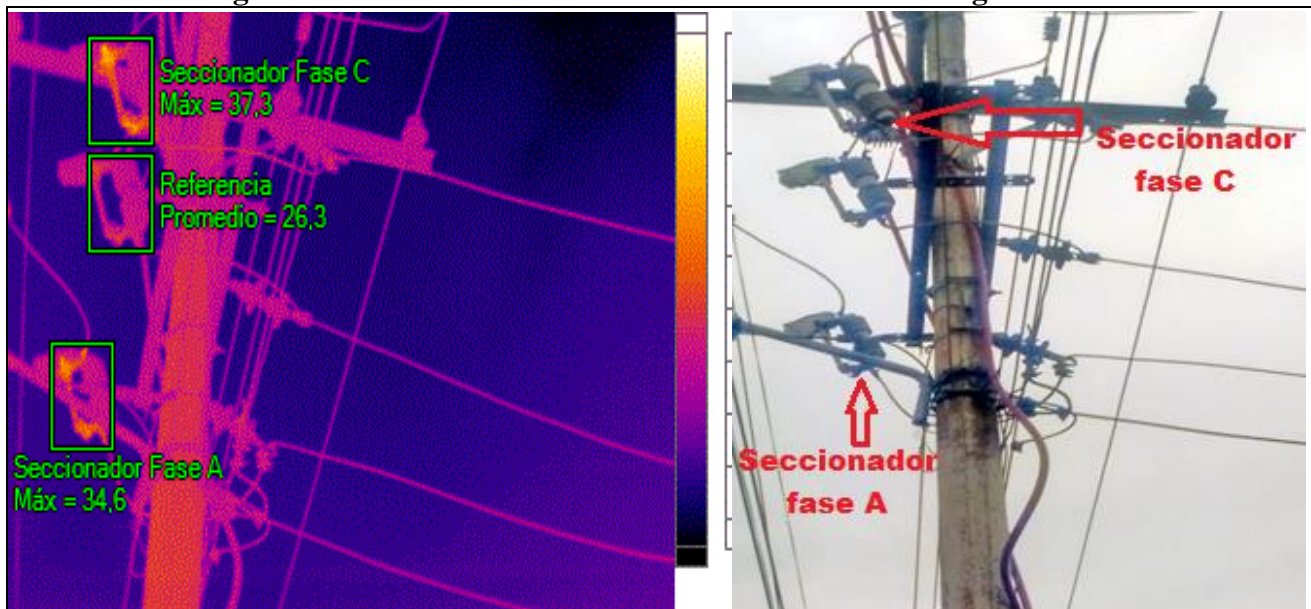


<b>Instalación:</b> Subestación Eléctrica San Lorenzo	Fecha:	15/04/2016
<b>Análisis realizado por:</b> Yépez Bennett Felipe	Hora:	19.52.02

UBICACIÓN	INSTALACIÓN	EQUIPO CON ANOMALÍA	DESCRIPCIÓN DE LA ANOMALÍA	SEVERIDAD
SUBESTACIÓN SAN LORENZO	SECCIONADORES DEL CIRCUITO CALDERÓN EN 13.8KV	SECCIONADORES	DIFERENCIA DE TEMPERATURA EN <b>PARTE SUPERIOR E INFERIOR DE LOS SECCIONADORES DE LA FASE A Y C DEL CIRCUITO CALDERÓN</b>	GRADO 3

**Imagen Térmica**

**Imagen Visual**



### Análisis térmico

Parámetros térmicos	
T. Max. °C	62,2°C
T Referencia. °C	32,2°C
Delta T. °C	30°C

Condiciones de trabajo	
FASE A	Seccionador
FASE B	
FASE C	Seccionador

Parámetros de imagen	
Emisividad	0.93
Humedad relativa %	65%
T. Ambiente °C	30°C

<b>Observaciones</b>	Medida correctiva requerida REPARAR TAN PRONTO SEA POSIBLE
<b>Posibles causas</b>	Falso contacto entre terminal del seccionador y conductor, flojo o sulfatado
<b>Recomendación</b>	Limpiar superficie de unión y asegurar un buen contacto entre los terminales del seccionador y el conductor

Fecha de acción correctiva	
Responsable de la corrección	

### REPORTE TERMOGRÁFICO NO: 12

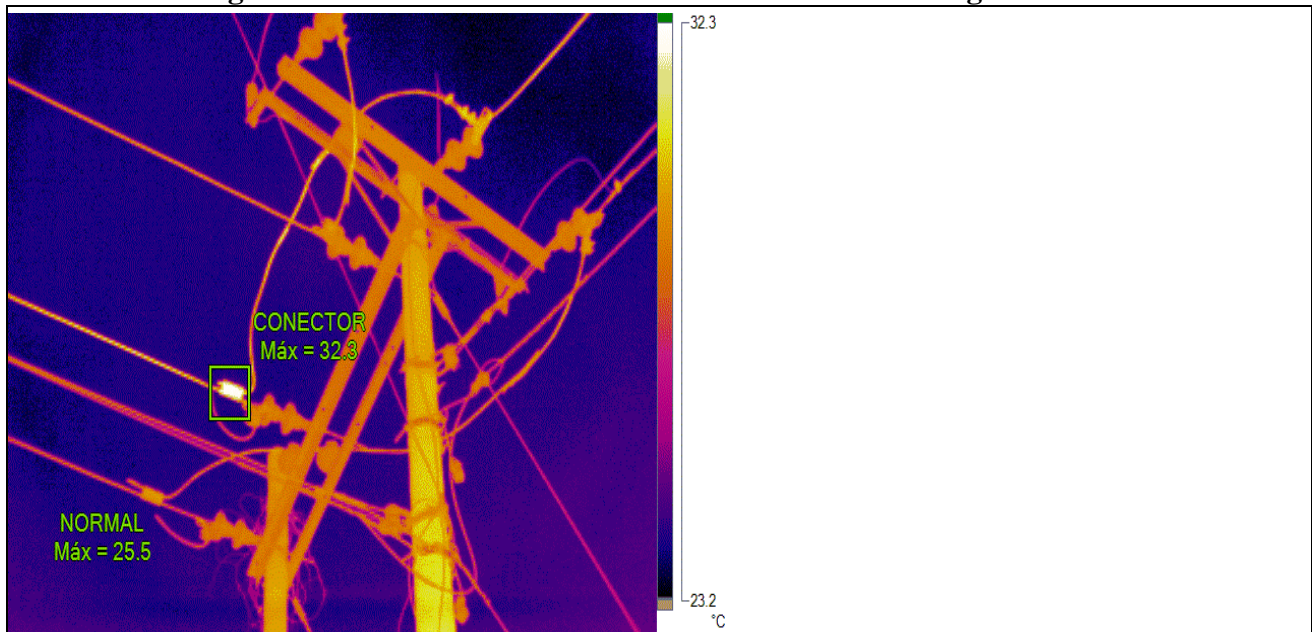
<b>EMPRESA:</b> CNEL – EP Corporación Nacional de Electricidad Unidad De Negocios Esmeraldas	
--	--

<b>Instalación:</b> Subestación Eléctrica San Lorenzo	Fecha:	15/04/2016
<b>Análisis realizado por:</b> Yépez Bennett Felipe	Hora:	20:06:35

UBICACIÓN	INSTALACIÓN	EQUIPO CON ANOMALÍA	DESCRIPCIÓN DE LA ANOMALÍA	SEVERIDAD
AV. PADRE ELINO CANPESÁN FRENTE A LA SUBESTACIÓN	SALIDA DEL CIRCUITO DE CENTRAL DE GENERACIÓN	CONECTOR DE PUENTES AEREOS	DIFERENCIA DE TEMPERATURA EN CONECTOR DE LINEA DE MEDIO VOLTAJE DE <b>PUENTE AEREO DE LA FASE "B"</b>	GRADO 2

**Imagen Térmica**

**Imagen Visual**



### Análisis térmico

Parámetros térmicos	
T. Max. °C	32,3°C
T Referencia. °C	25,5°C
Delta T. °C	6,8°C

Condiciones de trabajo	
FASE A	
FASE B	Conector de línea MV
FASE C	

Parámetros de imagen	
Emisividad	0.93
Humedad relativa %	65%
T. Ambiente °C	30°C

<b>Observaciones</b>	Medida correctiva requerida <b>REPARAR EN LA PROXIMA PARADA POSIBLE</b>
<b>Posibles causas</b>	Falso contacto entre el conector de línea de medio voltaje y el conductor, flojo o sulfatado
<b>Recomendación</b>	Limpiar superficie de unión y asegurar un buen contacto entre conector y el conductor, cambio de conector

Fecha de acción correctiva	
Responsable de la corrección	

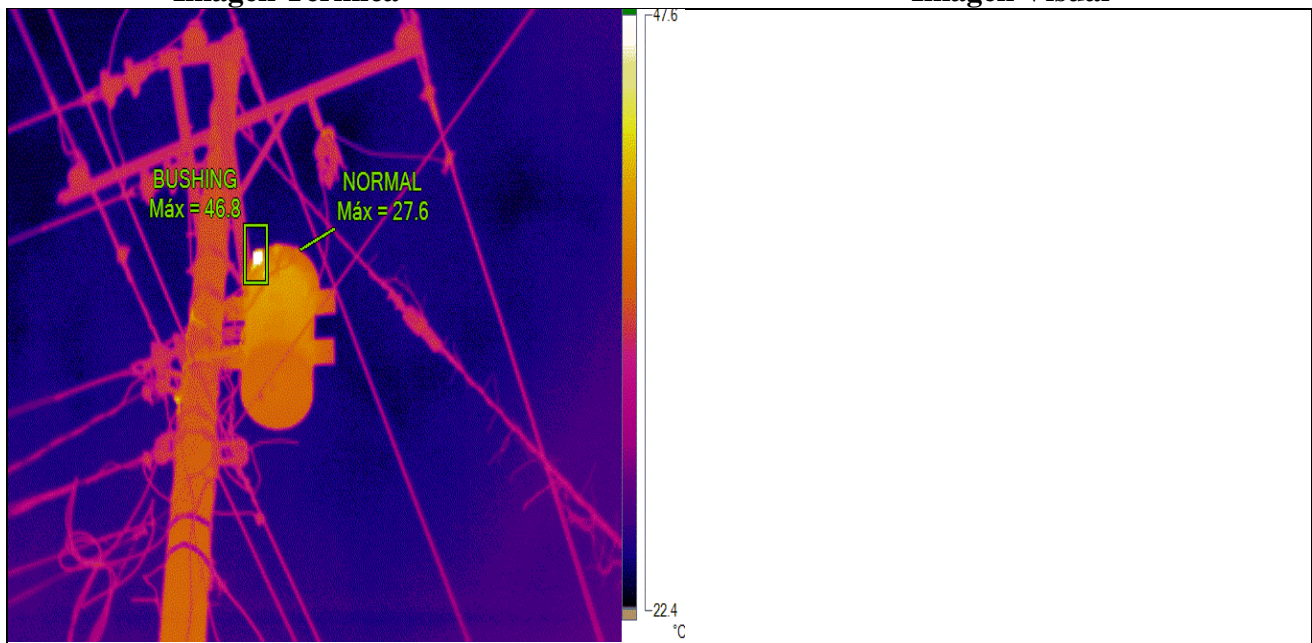
### REPORTE TERMOGRÁFICO NO: 13

<b>EMPRESA:</b> CNEL – EP Corporación Nacional de Electricidad Unidad De Negocios Esmeraldas		
	<b>Instalación:</b> Subestación Eléctrica San Lorenzo <b>Análisis realizado por:</b> Yépez Bennett Felipe	Fecha: 15/04/2016 Hora: 20:17:00

UBICACIÓN	INSTALACIÓN	EQUIPO CON ANOMALÍA	DESCRIPCIÓN DE LA ANOMALÍA	SEVERIDAD
AV. PADRE ELINO CANPESÁN FRENTE A DISENSA	LINEA DE DISTRIBUCIÓN TRANSFORMADOR 10KVA	BUSHING DE BAJO VOLTAJE	DIFERENCIA DE TEMPERATURA EN EL <b>BUSHING DE BAJO VOLTAJE DE LA PRIMERA FASE "X1"</b>	GRADO 3

**Imagen Térmica**

**Imagen Visual**



### Análisis térmico

**Parámetros térmicos**

T. Max. °C	46,8°C
T Referencia. °C	27,6°C
Delta T. °C	19,6°C

Condiciones de trabajo	
PRIMERA FASE	Bushing X1
SEGUNDA FASE	
NEUTRO	

Parámetros de imagen	
Emisividad	0.93
Humedad relativa %	65%
T. Ambiente °C	30°C

<b>Observaciones</b>	Medida correctiva requerida <b>REPARAR TAN PRONTO SEA POSIBLE</b>
<b>Posibles causas</b>	Falso contacto entre terminal del bushing y conductor, flojo o sulfatado
<b>Recomendación</b>	Limpiar superficie de unión y asegurar un buen contacto entre el terminales del bushing y el conductor

Fecha de acción correctiva	
Responsable de la corrección	

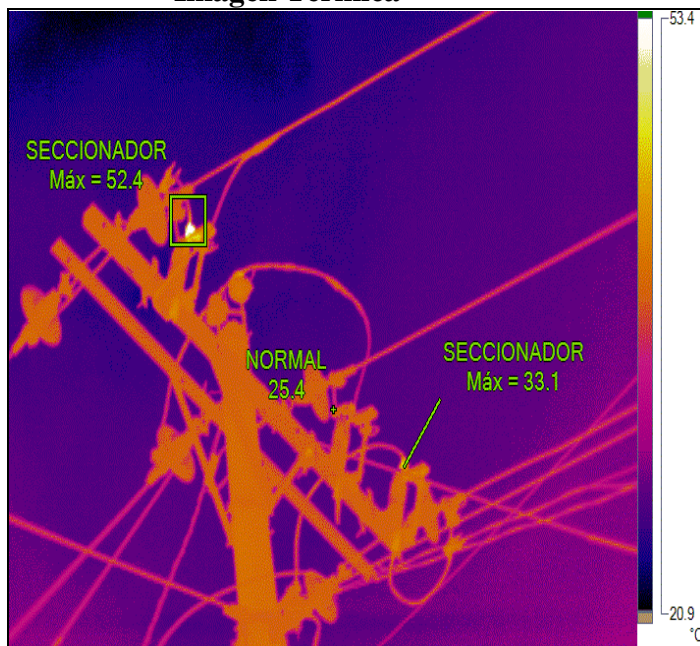
### REPORTE TERMOGRÁFICO NO: 14

<b>EMPRESA:</b> CNEL – EP Corporación Nacional de Electricidad Unidad De Negocios Esmeraldas	
--	--

<b>Instalación:</b> Subestación Eléctrica San Lorenzo	Fecha:	15/04/2016
<b>Análisis realizado por:</b> Yépez Bennett Felipe	Hora:	20:20:08

UBICACIÓN	INSTALACIÓN	EQUIPO CON ANOMALÍA	DESCRIPCIÓN DE LA ANOMALÍA	SEVERIDAD
AV. PADRE ELINO CANPESÁN FRENTE A MARTIN LUTHER KING	LINEA DE DISTRIBUCIÓN PORTAFUSIBLE	PORTAFUSIBLE	DIFERENCIA DE TEMPERATURA EN PARTE SUPERIOR DEL LOS <b>PORTAFUSIBLES DE LA FASE "A" Y FASE "C"</b>	GRADO 4

**Imagen Térmica**



**Imagen Visual**



### Análisis térmico

Parámetros térmicos	
T. Max. °C	52,4°C
T Referencia. °C	25,4°C
Delta T. °C	27°C

Condiciones de trabajo	
FASE A	Terminal de portafusible
FASE B	
FASE C	Terminal de portafusible

Parámetros de imagen	
Emisividad	0.93
Humedad relativa %	65%
T. Ambiente °C	30°C

<b>Observaciones</b>	Medida correctiva requerida <b>REPARAR INMEDIATAMENTE</b>
<b>Posibles causas</b>	Falso contacto entre conector del portafusible y conductor, flojo o sulfatado
<b>Recomendación</b>	Limpiar superficie de unión y asegurar un buen contacto entre los terminales del portafusible y el conductor de línea, cambiar el seccionador si es el caso.

Fecha de acción correctiva	
Responsable de la corrección	

### REPORTE TERMOGRÁFICO NO: 15

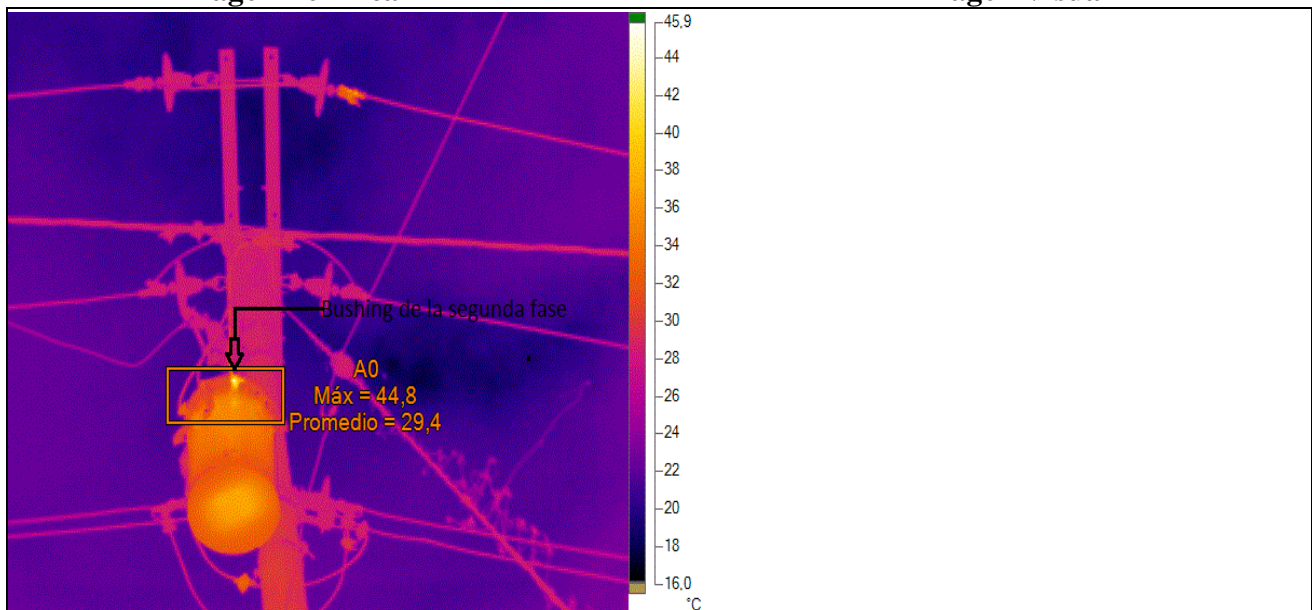
<b>EMPRESA:</b> CNEL – EP Corporación Nacional de Electricidad Unidad De Negocios Esmeraldas	
--	--

<b>Instalación:</b> Subestación Eléctrica San Lorenzo	Fecha:	18/04/2016
<b>Análisis realizado por:</b> Yépez Bennett Felipe	Hora:	20:24:14

UBICACIÓN	INSTALACIÓN	EQUIPO CON ANOMALÍA	DESCRIPCIÓN DE LA ANOMALÍA	SEVERIDAD
AV. PADRE ELINO CANPESÁN FRENTE A LA GASOLINERA	LINEA DE DISTRIBUCIÓN TRANSFORMADOR 15KVA	BUSHING DE BAJO VOLTAJE	DIFERENCIA DE TEMPERATURA EN EL <b>BUSHING DE BAJO VOLAJE DE LA SEGUNDA FASE "X2"</b>	GRADO 3

**Imagen Térmica**

**Imagen Visual**



### Análisis térmico

Parámetros térmicos		Condiciones de trabajo		Parámetros de imagen	
T. Max. °C	44,8°C	PRIMERA FASE		Emisividad	0.93
T Referencia. °C	29,4°C	SEGUNDA FASE	Bushing	Humedad relativa %	65%
Delta T. °C	15°C	NEUTRO		T. Ambiente °C	30°C

<b>Observaciones</b>	Medida correctiva requerida REPARAR TAN PRONTO SEA POSIBLE
<b>Posibles causas</b>	Falso contacto entre terminal del bushing y conductor, flojo o sulfatado
<b>Recomendación</b>	Limpiar superficie de unión y asegurar un buen contacto entre los terminales del bushing y el conductor.

Fecha de acción correctiva	
Responsable de la corrección	

### REPORTE TERMOGRÁFICO NO: 16

<b>EMPRESA:</b> CNEL – EP Corporación Nacional de Electricidad Unidad De Negocios Esmeraldas		
--	---	--

<b>Instalación:</b> Subestación Eléctrica San Lorenzo	Fecha:	18/04/2016
<b>Análisis realizado por:</b> Yépez Bennett Felipe	Hora:	20:36:59

UBICACIÓN	INSTALACIÓN	EQUIPO CON ANOMALÍA	DESCRIPCIÓN DE LA ANOMALÍA	SEVERIDAD
AV. PADRE ELINO CANPESÁN FRENTE A CEVICHERIA EL PALENQUE	LINEA DE DISTRIBUCIÓN TRANSFORMAD OR 15KVA	CONECTOR DE BAJO VOLTAJE	DIFERENCIA DE TEMPERATURA EN <i>CONECTOR DEL NEUTRO Y EN CONECTORES DE LINEA DE BAJO VOLTAJE DE LA PRIMERA FASE</i>	GRADO 4

**Imagen Térmica**

**Imagen Visual**



**Análisis térmico**

Parámetros térmicos	
T. Max. °C	88,9°C
T Referencia. °C	26,3°C
Delta T. °C	62,6°C

Condiciones de trabajo	
PRIMERA FASE	Conector de BV
SEGUNDA FASE	
NEUTRO	Conector

Parámetros de imagen	
Emisividad	0.93
Humedad relativa %	65%
T. Ambiente °C	30°C

<b>Observaciones</b>	Medida correctiva requerida REPARAR INMEDIATAMENTE
<b>Posibles causas</b>	Falso contacto entre conector de bajo voltaje y conductor, flojo o sulfatado
<b>Recomendación</b>	Limpiar superficie de unión y asegurar un buen contacto entre el conector de bajo voltaje y el conductor, cambiar los conectores de bajo voltaje.

Fecha de acción correctiva	
Responsable de la corrección	

**REPORTE TERMOGRÁFICO NO: 17**

**EMPRESA:** CNEL – EP Corporación Nacional de Electricidad Unidad De Negocios Esmeraldas



<b>Instalación:</b> Subestación Eléctrica San Lorenzo	Fecha:	18/04/2016
<b>Análisis realizado por:</b> Yépez Bennett Felipe	Hora:	20:42:03

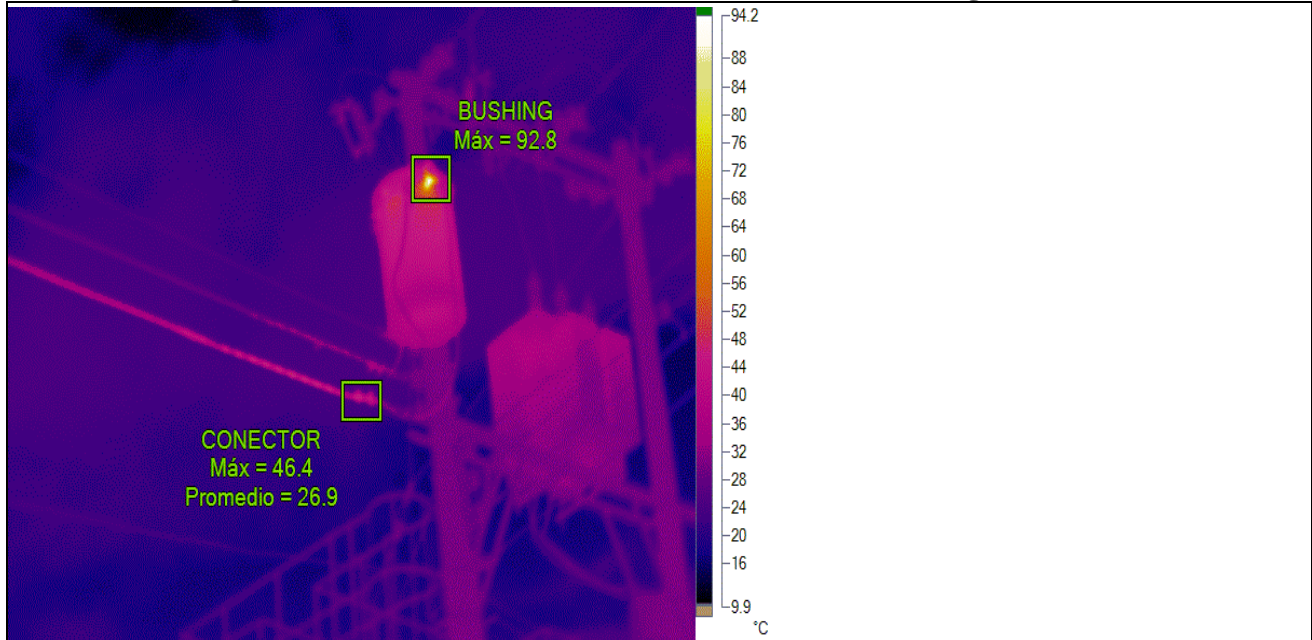
UBICACIÓN	INSTALACIÓN	EQUIPO CON ANOMALÍA	DESCRIPCIÓN DE LA ANOMALÍA	SEVERIDAD
-----------	-------------	---------------------	----------------------------	-----------



AV. PADRE ELINO CANPESÁN Y ÁNGELA PAREDES DENTRO DE LOS TANQUES DE AGUA POTABLE	LINEA DE DISTRIBUCIÓN TRANSFORMA DOR 37,5KVA	BUSHING Y CONECTOR DE BAJO VOLTAJE	DIFERENCIA DE TEMPERATURA EN <b>BUSHING Y CONECTOR DE BAJO VOLTAJE DE LA SEGUNDA FASE Y NEUTRO, REVISAR POSIBLE SOBRECARGA</b>	GRADO 4
--	---	---	---	------------

**Imagen Térmica**

**Imagen Visual**



**Análisis térmico**

Parámetros térmicos		Condiciones de trabajo		Parámetros de imagen	
T. Max. °C	92,8°C	PRIMERA FASE		Emisividad	0.93
T Referencia. °C	26,9°C	SEGUNDA FASE	Bushing, conector	Humedad relativa %	65%
Delta T. °C	65,9°C	NEUTRO	Bushing conector	T. Ambiente °C	30°C

<b>Observaciones</b>	Medida correctiva requerida <b>REPARAR INMEDIATAMENTE</b>
<b>Posibles causas</b>	Falso contacto entre terminal del bushing, conector y conductor, flojo o sulfatado
<b>Recomendación</b>	Limpiar superficie de unión y asegurar un buen contacto entre los terminales del bushing, conector y el conductor, cambiar los conectores y verificar posible sobrecarga.

Fecha de acción correctiva	
Responsable de la corrección	

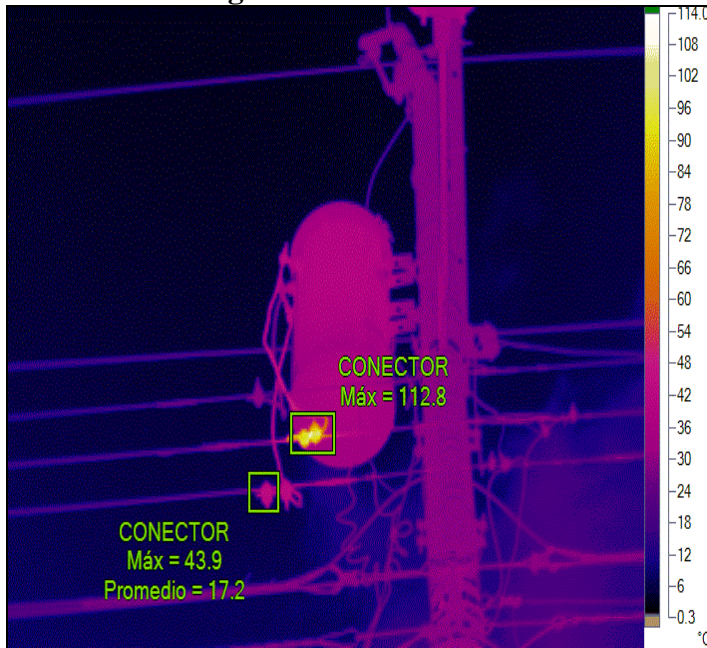
**REPORTE TERMOGRÁFICO NO: 18**

<b>EMPRESA:</b> CNEL – EP Corporación Nacional de Electricidad Unidad De Negocios Esmeraldas			
<b>Instalación:</b> Subestación Eléctrica San Lorenzo	Fecha:	18/04/2016	
<b>Análisis realizado por:</b> Yépez Bennett Felipe	Hora:	20:44:57	

UBICACIÓN	INSTALACIÓN	EQUIPO CON ANOMALÍA	DESCRIPCIÓN DE LA ANOMALÍA	SEVERIDAD
-----------	-------------	---------------------	----------------------------	-----------

AV. PADRE ELINO CANPESÁN FRENTE AL COLEGIO "22 DE MARZO"	LINEA DE DISTRIBUCIÓN TRANSFORMA DOR 25KVA	CONECTOR DE BAJO VOLTAJE	DIFERENCIA DE TEMPERATURA EN <b>CONECTORES DE LINEA DE BAJO VOLTAJE DE PRIMERA Y SEGUNDA FASE</b>	GRADO 4
---	---	-----------------------------	---	------------

**Imagen Térmica**



**Imagen Visual**



**Análisis térmico**

Parámetros térmicos	
T. Max. °C	112,8°C
T Referencia. °C	17,2°C
Delta T. °C	95,2°C

Condiciones de trabajo	
PRIMERA FASE	CONECTOR
SEGUNDA FASE	CONECTOR
NEUTRO	

Parámetros de imagen	
Emisividad	0.93
Humedad relativa %	65%
T. Ambiente °C	30°C

<b>Observaciones</b>	Medida correctiva requerida <b>REPARAR INMEDIATAMENTE</b>
<b>Posibles causas</b>	Falso contacto entre conector de bajo voltaje y conductor, flojo o sulfatado
<b>Recomendación</b>	Limpiar superficie de unión y asegurar un buen contacto entre los conectores de bajo voltaje y el conductor, cambiar los conectores de bajo voltaje.

Fecha de acción correctiva	
Responsable de la corrección	

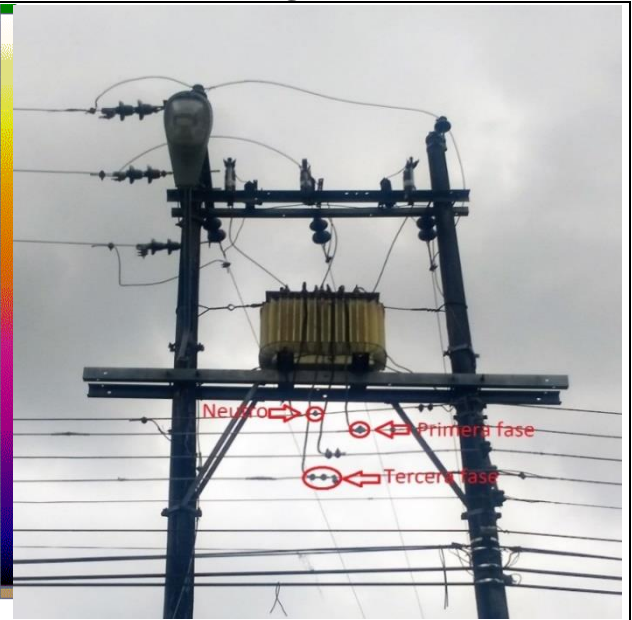
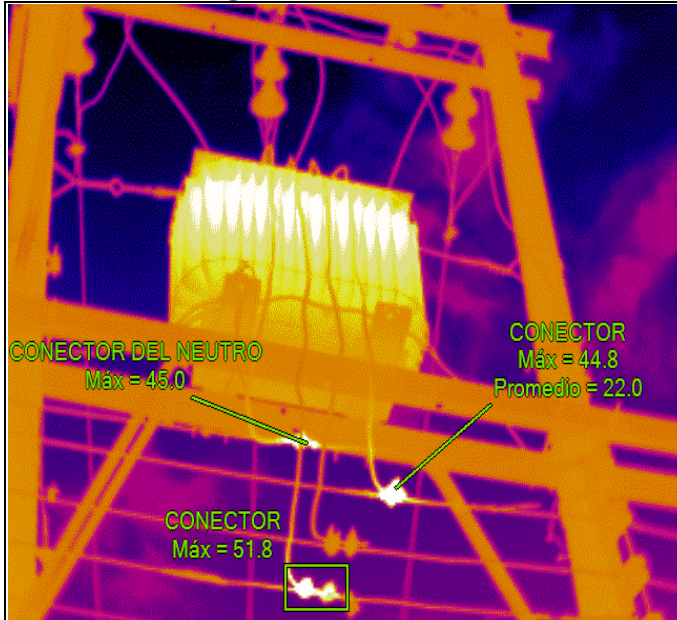
**REPORTE TERMOGRÁFICO NO: 19**

<b>EMPRESA:</b> CNEL – EP Corporación Nacional de Electricidad Unidad De Negocios Esmeraldas			
<b>Instalación:</b> Subestación Eléctrica San Lorenzo	<b>Fecha:</b>	18/04/2016	
<b>Análisis realizado por:</b> Yépez Bennett Felipe	<b>Hora:</b>	20:49:50	

UBICACIÓN	INSTALACIÓN	EQUIPO CON ANOMALÍA	DESCRIPCIÓN DE LA ANOMALÍA	SEVERIDAD
AV. CARCHI FRENTE AL ANTIGUO HOSPITAL	LINEA DE DISTRIBUCIÓN TRANSFORMADOR 45KVA	CONECTORES DE BAJO VOTAJE	DIFERENCIA DE TEMPERATURA EN <b>CONECTORES DE LINEA DE BAJO VOLTAJE DEL NEUTRO, PRIMERA Y TERCERA FASE.</b>	GRADO 4

**Imagen Térmica**

**Imagen Visual**



**Análisis térmico**

Parámetros térmicos	
T. Max. °C	51,8°C
T Referencia. °C	22,0°C
Delta T. °C	<b>31,8°C</b>

Condiciones de trabajo	
PRIMERA FASE	CONECTOR
SEGUNDA FASE	
TERCERA FASE	CONECTOR
NEUTRO	CONECTOR

Parámetros de imagen	
Emisividad	0.93
Humedad relativa %	65%
T. Ambiente °C	30°C

<b>Observaciones</b>	<b>Medida correctiva requerida REPARAR INMEDIATAMENTE</b>
<b>Posibles causas</b>	Falso contacto entre conectores de bajo voltaje y conductor de bajada, flojos o sulfatados
<b>Recomendación</b>	Limpiar superficie de unión y asegurar un buen contacto entre los conectores de bajo voltaje y el conductor, reajuste y cambiar los conectores de bajo voltaje.

Fecha de acción correctiva	
Responsable de la corrección	

**REPORTE TERMOGRÁFICO NO: 20**

<b>EMPRESA:</b> CNEL – EP Corporación Nacional de Electricidad Unidad De Negocios Esmeraldas			
<b>Instalación:</b> Subestación Eléctrica San Lorenzo			
<b>Análisis realizado por:</b> Yépez Bennett Felipe		Hora:	20:53:10

UBICACIÓN	INSTALACIÓN	EQUIPO CON ANOMALÍA	DESCRIPCIÓN DE LA ANOMALÍA	SEVERIDAD
AV. CARCHI PUERTA PRINCIPAL DEL COLEGIO TÉCNICO AGROPECUARIO	LINEA DE DISTRIBUCIÓN PORTAFUSIBLE	TERMINAL DEL PORAFUSIBLE	DIFERENCIA DE TEMPERATURA EN <b>TERMINAL PARTE SUPERIOR DEL PORTAFUSIBLE DE LA FASE "B"</b>	GRADO 4

**Imagen Térmica**

**Imagen Visual**



**Análisis térmico**

Parámetros térmicos	
T. Max. °C	55,1°C
T Referencia. °C	24,7°C
Delta T. °C	30,4°C

Condiciones de trabajo	
FASE A	
FASE B	Porta fusible derivación
FASE C	

Parámetros de imagen	
Emisividad	0.93
Humedad relativa %	65%
T. Ambiente °C	30°C

<b>Observaciones</b>	<b>Medida correctiva requerida REPARAR INMEDIATAMENTE</b>
<b>Posibles causas</b>	Falso contacto entre conector superior del porta fusible y conductor, flojo o sulfatado
<b>Recomendación</b>	Limpiar superficie de unión y asegurar un buen contacto entre el conector del portafusible y el conductor, cambiar portafusible si es el caso.

Fecha de acción correctiva	
Responsable de la corrección	