



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA
MECÁNICA ELÉCTRICA**

“Mantenimiento predictivo mediante la técnica de termografía para optimizar el funcionamiento del sistema eléctrico Tierras Nuevas en empresa Coelvisac”

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Mecánico Electricista

AUTOR:

Br. Hugo Ramiro Bances Vidaurre (ORCID: 0000-0001-6303-189X)

ASESOR:

Dr. Aníbal Jesús Salazar Mendoza (ORCID: 0000-0003-4412-8789)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño y modelamiento electromecánico

CHICLAYO – PERÚ

2020

Dedicatoria

A Dios por haberme dado las fuerzas y haber permitido a no desmayar y obtener uno de los anhelos más importante.

A mi esposa Maribel por nuestro amor y su apoyo constante para culminar mi carrera y poder desarrollarme profesionalmente.

A mis hijos Jhon Hugo y Ruth Aracely, quienes son mis amores y mi motivación para seguir creciendo profesionalmente

A mis padres Gregorio y Simona, que de una y otra forma me apoyaron y motivaron para culminar mi carrera.

Hugo Ramiro Bances Vidaurre

Agradecimiento

Agradecer primero a Dios por el apoyo constante, por bendecirnos la vida y permitirnos tomar las mejores decisiones.

Agradezco a mis docentes que me enseñaron nuevos métodos, a mi Tutor de Tesis por haberme guiado desde el inicio hasta el final de mi tesis.

A la Universidad Cesar Vallejos por brindar las facilidades para poder desarrollarme profesionalmente.

A la empresa eléctrica Coelvisac por permitir desarrollarme profesionalmente y poder demostrar mis habilidades, especialmente agradecer al Ingeniero Antonio Ancco Pechuilla jefe de operaciones y mantenimiento quien me brindo el apoyo y la confianza para desenvolverme como un profesional.

Hugo Ramiro Bances Vidaurre

Página del Jurado

Declaratoria de Autenticidad

DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD

Yo, **HUGO RAMIRO BANCES VIDAURRE**, estudiante de la Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica Eléctrica de la Universidad César Vallejo, identificado con DNI N° 17626065, con el trabajo de investigación titulada,

“MANTENIMIENTO PREDICTIVO MEDIANTE LA TÉCNICA DE TERMOGRAFÍA PARA OPTIMIZAR EL FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA ELÉCTRICO TIERRAS NUEVAS EN EMPRESA COELVISAC”

Declaro bajo juramento que:

- 1) El trabajo de investigación es mi autoría propia.
- 2) Se ha respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes utilizadas. Por lo tanto, el trabajo de investigación no ha sido plagiada ni total ni parcialmente.
- 3) El trabajo de investigación no ha sido auto plagiado; es decir, no ha sido publicada ni presentada anteriormente para obtener algún grado académico previo o título profesional.
- 4) Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados y por lo tanto los resultados que se presentan en la tesis se constituirán en aportes a la realidad investigada.

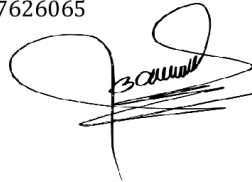
De identificarse la falta de fraude (datos falsos), plagio (información sin citar autores), autoplagio (presentar como nuevo algún trabajo de investigación propio que ya ha sido publicado), piratería (uso ilegal de información ajena) o falsificación (representar falsamente las ideas de oro), asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndome a la normalidad vigente de la Universidad César Vallejo.

Chiclayo 22 de julio, 2020

Nombres y apellidos: HUGO RAMIRO BANCES VIDAURRE

DNI :17626065

Firma :



Índice

Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento	iii
Página del Jurado.....	iv
Declaratoria de Autenticidad	v
Índice	vi
Índice de Tablas.....	ix
Índice de Figuras	x
Índice de Gráficos.....	xi
RESUMEN	xii
ABSTRACT	xiii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Realidad problemática	1
1.2 Trabajos previos.....	8
1.3 Teorías relacionadas al tema	11
1.3.1 Conformación del sistema eléctrico	11
1.3.2 Tipo de interrupciones	12
1.3.3 Indicadores.....	13
1.3.4 Mantenimiento.....	14
1.3.5 Importancia del mantenimiento	14
1.3.6 Tipos de mantenimientos	14
1.3.7 Temperatura.....	14
1.3.8 Calor	15
1.3.9 Termografía	16
1.3.10 Determinación de puntos calientes	17

1.4	Formulación del problema	19
1.5	Justificación del estudio	19
1.6	Hipótesis	20
1.7	Objetivos	20
II.	MÉTODO.....	21
2.1	Diseño de la investigación	21
2.2	Variables, operacionalización	21
2.3	Población y muestra.....	23
2.4	Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad.....	23
2.4.1	Instrumento de recolección de datos	24
2.4.2	Procedimiento.....	24
2.5	Métodos de análisis de datos	25
2.6	Aspectos éticos	25
III.	RESULTADOS.....	26
3.1	Análisis de las interrupciones del servicio de energía eléctrica.....	26
3.1.1	Indicadores SAIFI Y SAIDI año 2018	27
3.1.2	Tipo de fallas presentadas en el sistema eléctrico de Tierras Nuevas.	31
3.2	Auditoría del sistema eléctrico Tierras Nuevas en 22.9 Kv.....	33
3.2.1	Subestación de transformación Tierras Nuevas.....	33
3.3	Identificación de puntos calientes a plena carga en los alimentadores.....	36
3.3.1	Inspección termográfica a doble terna.....	36
3.3.2	Inspección termografica alimentador de media tensión ST-01	37
3.3.3	Inspección termográfica en alimentador ST-02 P3	38
3.3.4	Inspección termográfica alimentador ST-02	39
3.3.5	Inspección termográfica al alimentador de media tensión ST-03	39
3.3.6	Reporte de puntos calientes detectados	40

3.4	Mantenimiento predictivo para disminuir las interrupciones en el sistema eléctrico	
	Tierra Nuevas.....	45
3.4.1	Proceso de mantenimiento predictivo mediante la termografía	45
3.4.2	Criterios de diseño de la estrategia de mantenimiento	46
3.4.3	Metodología para la inspección actividad	46
3.4.4	Determinación de estrategia de mantenimiento.....	47
3.4.5	Matriz de criticidad.....	47
3.4.6	Pasos de análisis de criticidad	48
3.4.7	Actividades predictivas.....	50
3.4.8	Criterio de diseño para el mantenimiento predictivo.....	51
3.4.9	Programa de mantenimiento predictivo.....	51
3.4.10	Ejecución de actividad de inspección con cámara termográfica	52
IV.	DISCUSIÓN.....	57
V.	CONCLUSIONES.....	59
VI.	RECOMENDACIONES.....	60
	REFERENCIAS	61
	ANEXOS	65
	Acta de aprobación de originalidad de tesis	72
	Reporte turnitin.....	73
	Autorización de publicación de tesis en repositorio institucional UCV.....	74
	Autorización de la versión final del trabajo de investigación	75

Índice de Tablas

Tabla 1. Operacionalización de variables.....	22
Tabla 2 Técnica de instrumento de recolección de datos	23
Tabla 3. Motivo de salida de servicio sistema eléctrico, 2018.....	26
Tabla 4. Indicadores SAIFI y SAIDI mes enero – abril 2018.....	27
Tabla 5 Indicadores SAIFI y SAIDI mes mayo-agosto 2018.....	28
Tabla 6 Indicadores SAIFI y SAIDI mes setiembre-diciembre 2018.....	29
Tabla 7 Indicadores por Alimentador.....	30
Tabla 8. Componentes de subestación transformación Tierras Nuevas.....	33
Tabla 9. Inspección doble terna.....	36
Tabla 10. Resultados del ST-01.....	37
Tabla 11. Resultados de ST-02.....	38
Tabla 12. Inspección ST-02.....	39
Tabla 13. Resultados ST-03	39
Tabla 14. Resultados de inspección estructura 114 ST-02.....	40
Tabla 15. Resultado de la inspección estructura 114 ST-01.....	41
Tabla 16. Resultado de la inspección estructura 33P1.....	42
Tabla 17. Resultado de la inspección a la estructura P1-01.....	43
Tabla 18. Resultado de la inspección estructura P1-02.....	44
Tabla 19. Tabla de frecuencias para mantenimiento predictivo.....	46
Tabla 20. Definir la criticidad.....	48
Tabla 21. Evaluación de criticidad de los sistemas.....	49
Tabla 22. Modos de fallas en alimentadores	50
Tabla 23. Causas de fallas en alimentadores	50
Tabla 24. Definición de tareas y requisitos previos.....	51
Tabla 25 Uso de los implementos y elementos complementario	52
Tabla 26. Datos técnicos de seccionador tipo cuchilla seleccionado.....	53
Tabla 27. Plan de mantenimiento predictivo para el sistema eléctrico Tierras Nuevas	54
Tabla 28. Sistema eléctrico Tierras Nuevas, metrado general.....	55
Tabla 29. Resultados críticos detectados con cámara Termográfica.....	56

Índice de Figuras

Figura 1. Algoritmo de proceso de mantenimiento usando termografía.	45
Figura 2. Matriz de criticidad	47
Figura 3. Seccionamiento tipo cuchilla, seleccionado y cambiado.	53

Índice de Gráficos

Gráfica 1. Evolución de los indicadores SAIFI - SAIDI enero- abril, 2018.	30
Gráfica 2. Evolución de los indicadores SAIFI - SAIDI mayo- agosto, 2018.	30
Gráfica 3. Evolución de los indicadores SAIFI - SAIDI setiembre- diciembre, 2018.	31

RESUMEN

El objetivo de la presente tesis de investigación consiste en implementar un plan de mantenimiento predictivo, utilizando la tecnología con cámara termo gráfica a las inspecciones periódicas de las redes eléctricas de propiedad de la Empresa Coelvisac, en el sistema eléctrico Tierras Nuevas, ubicado en el proyecto Olmos,

El plan consiste en inspeccionar periódicamente al sistema eléctrico Tierras Nuevas sin necesidad de realizar cortes de energía, mayormente a los puntos de conexiones, bushing de los transformadores, entradas y salidas de los seccionamientos tipo Cut Out, a los conectores tipo Ampac en los empalmes aéreos y donde exista esfuerzo mecánico.

En la información del centro de Control de Coelvisac se conoce las máximas demandas de cada alimentador y las estadísticas de eventos pasados que interrumpieron el sistema eléctrico.

Con estos antecedentes se inicia la actividad de mantenimiento predictivo en las redes eléctricas, con la finalidad de eliminar o minimizar interrupciones intempestivas, para luego analizar cada imagen térmica, dependiendo el grado de criticidad para planificar las actividades al respecto.

Finalmente se muestra varias conclusiones.

Palabras claves: Mantenimiento predictivo, termografía infrarroja, cámara termografía.

ABSTRACT

The objective of this research thesis is to implement a predictive maintenance plan, to use the technology with a thermal imager for periodic inspections of the electrical networks owned by the Coelvisac Company, in the Tierras Nuevas electrical system, located in the Olmos project.

The plan consists of inspecting connections to the Tierras Nuevas electrical system without the need for power outages, connection points in, bushings of transformers, inlets and outlets of Cut Out sections, connections of ampac connectors and where they exist. mechanical effort.

In the information of the Coelvisac Control Center, the maximum demands of each feeder and the statistics of past events that interrupted the electrical system are known.

With this background, the predictive maintenance activity begins and then analyzes each thermal image, determining the degree of criticism to plan activities in this regard.

Finally, several conclusions are shown.

Keywords: Predictive maintenance, infrared thermography, thermography camera.

I. INTRODUCCIÓN

1.1 Realidad problemática

La presente investigación de actitud profesional, se enfoca en un plan de mantenimiento predictivo con cámara termo gráfica a las redes eléctricas de propiedad de Coelvisac, esta es una empresa eléctrica, dedicada a la comercialización de energía eléctrica, en media tensión y baja tensión, cuenta con dos subestaciones de potencia y una línea de transmisión. La primera subestación es de transferencia llamada Felam y otra de transformación llamada Tierras Nuevas y la línea de transmisión código 2163 que une ambas subestaciones eléctricamente en 220.000 voltios.

Cuenta con redes eléctricas de distribución en 22.900 voltios un promedio de 146.33 km de línea, con conductor de aluminio AAAC de 220mm², 185mm² y 120mm², unidos con conectores bimetálico y Ampác, divididos en tres alimentadores, ST-01, ST-02 y ST-03 respectivamente, las mismas que están bajo la supervisión, mantenimiento, control y monitoreo por parte de Coelvisac, se cuenta con un transformador de potencia de 60Mva de potencia, el mismo que viene abasteciendo de energía a la zona de concesión del proyecto de Irrigación Olmos-Tinajones, un promedio de 15 Mw de potencia, se recopiló información del centro de control de operaciones sobre las interrupciones del año 2018, donde un total de 67 interrupciones se registraron en el sistema eléctrico creando malestar a los usuarios, algunas de las interrupciones fueron por programación propia mantenimiento, expansión de redes y otras por fallas propias y externas, las más comunes registradas son conectores bimetálicos en los cuellos sulfatados, del mismo modo en los ingresos y salidas de los seccionamientos tipos Cut Out produciendo par galvánico.

Como toda empresa, el objetivo principal es de mantener en forma ininterrumpida el sistema eléctrico, no llegar o pasar los indicadores del Saifi y el Saidi.

En los últimos tiempos las empresas internacionales y algunas nacionales han dado inicio a mantenimiento predictivo con cámara infrarrojo porque este ha demostrado ser fiable y te ayuda a detectar posibles fallas sin tener que realizar corte de servicio eléctrico, ya que sus valores o datos de comparación de temperaturas de las imágenes captadas son realizadas en el menor tiempo.

En el presente proyecto está estructurado en cinco capítulos, los cuales dan a conocer los métodos y aplicación de termografía infrarrojo como una herramienta fiable del mantenimiento predictivo aplicada a las redes eléctricas de distribución en 22.900 voltios de propiedad de la empresa.

Para Nazmul y Taib S (2013), Mantenimiento predictivo empleando cámara termográfica se basa en capturar una imagen de algún elemento eléctrico o mecánico en funcionamiento, luego esta será analizada, dependiendo una tabla donde te indica el grado de criticidad, puedes disponer si amerita su reemplazo en el acto en todo caso programar su mantenimiento preventivo o correctivo, hoy en día esta actividad ha evolucionado en forma fiable, una de las ventajas de esta actividad es que no es necesario realizar el contacto con el elemento o pieza a estudiar (p.1).

Para aumentar la fiabilidad, reducir recursos y disminuir tiempo de inactividad en una subestación eléctrica, redes eléctricas, con mayor prioridad es recomendable el uso de cámara termográfica, aprovechando dos criterios básicos fundamentales como la temperatura absoluta y criterio de diferencia (Asare y Quansah, 2019)

El mantenimiento en equipos es una clave importante, mejora la eficiencia, el tiempo de operación de todos los equipos, se tiene conocimiento de la confiabilidad de los resultados del mantenimiento predictivo, ya que son capaz de detectar fallas en equipos en funcionamiento sin realizar algún tipo de parada del sistema (Carvalho *et al*, 2019).

Las Centrales solares vienen ejecutando mantenimiento predictivo con cámara infrarrojo, siempre se han presentado fallas en un 32% en los inversores por problemas térmicos, los cuales han perjudicado la generación con paradas de emergencia, teniendo en cuenta que algunas plantas generadoras se encuentran con gran demanda generada (Toledo, Serrano, Abad, Lampitelli y Urbina, 2019).

En estudios para analizar los puntos calientes, se realizó pruebas en un laboratorio, se utilizó conductor de aluminio, conectores nuevos y conector sulfatado usado, se dejó fluir 150 amperios, con un cámara termo grafica marca Frir, se realizaron simulaciones, comprobando que, la existencia de corrosión polución incrementa los niveles de temperatura (Ferreira, Silva, Teixeira y Andrade, 2018).

En las industrias modernas se viene realizando proyectos de mantenimiento predictivo con cámara infrarrojo, con la finalidad de monitorear y diagnosticar elementos a plena carga, en un sistema de refrigeración el elemento mayor monitoreado es el radiador, ya que una sobre

temperatura, conlleva a reducir el rendimiento del motor perjudicando a todo el sistema (Nasiri, Taheri, Omid y Maria, 2019).

El uso de la cámara termográfica es una práctica moderna y rentable en mantenimiento predictivo, el método empleado es la medición térmica a elementos en funcionamiento, permite identificar y cuantificar problemas térmicos y mediciones sin contacto, dependiendo siempre de la emisividad y la reflexividad del área del elemento estudiado (Dragomir, Adam y Andrușcă, 2019, p. 4).

Hoy en día las industrias cementeras modernas utilizan sensores infrarrojos para determinar mantenimientos predictivos [...], estos están conectados siempre, monitoreando el incremento de temperatura del equipo en el cual está conectado, estos sensores a su vez están conectados a una computadora, en el caso que hubiese un incremento de temperatura, estos envían señal y se activaran señales de alarmas (Bartknecht, Siegfried y Weber, 2019).

En plantas generadoras de energía eléctricas, en redes eléctricas de transmisión y distribución, así mismo en tuberías, bombas y tanques de gas, el mantenimiento predictivo es una actividad de suma importancia para la fiabilidad de las empresas, ya que un mantenimiento predictivo programado, minimizará gastos innecesarios y aumentará los ingresos (Leligou, Zahariadis, Sarakis y Tsampasis, 2018, p. 3).

Hoy en día la mayoría de las industria a nivel mundial viene invirtiendo en mantenimientos, con la finalidad de evitar paradas o disminución de su productividad, uno de los mantenimiento que se está considerando es el mantenimiento predictivo, el cual te ayuda a mantener el sistema estable y mejorar la salud de los equipos, así mismo se puede percibir con gran aceptación la degradación del rendimiento, ya que es una actividad fiable capaz de minimizar costos, y aumentar la función de operaciones de los equipos, realizando y programando mantenimientos preventivos cuando sea necesario (Zhang, Yang y Wang, 2019).

La termografía juega un papel importante en las predicciones de fallas de los motores eléctricos [...], como por ejemplo muchas veces se han presentado fallas en la caja de bornes en mal estado, falsos contactos, rodamientos, fajas desgastadas (Newport , 2019).

La empresa Tuboplex SAC, es una de las empresas más grande en Colombia, produciendo anualmente 4,000 toneladas de uniones y tubos de pvc, de las cuales 200 toneladas no reúnen las condiciones aptas para el mercado, con esto disminuye la producción, aumentando gastos, disminuye utilidades y otros. Con la finalidad de recuperar las 200 toneladas se realiza un reprocesado, la misma que se recupera una parte. Se concluyó que las deformaciones de las 200 toneladas, es a causa de las interrupciones del servicio eléctrico interno, ya que esta empresa no realiza mantenimiento preventivo a sus motores, hornos y equipos eléctricos, a pesar que vienen laborando las 24 horas en doble turno. El personal para mejorar la productividad opta por alternativas precisas para detectar fallas sin contacto, mantenimiento predictivo con cámara infrarrojo, la misma que realiza el monitoreo al sistema eléctrico y el control de exceso de temperatura en las paredes de los hornos (Aldana, 2017, p. 18).

El mantenimiento predictivo con cámara termo grafica es una de las actividades muy eficiente en monitorear y evaluar los equipos o componentes a plena carga sin tener que interrumpir el servicio eléctrico, sabemos que desde que se ponen en funcionamiento todo tipo de componentes, estos tienden a presentar fallas desde el primer momento debido a muchos factores; tales como, contaminación del ambiente, sulfatamientos, vibraciones, fatiga, aflojamiento de contactos muy independiente de la carga que suministra, se pone en práctica el plan de mantenimiento predictivo en la subestación del edificio 1 bloque B-BB, de la Universidad Tecnológica de Pereira, por los constantes apagones, los resultados detectados fueron conexiones dilatadas y falso contacto mayormente en las conexiones de los interruptores de fuerza, por lo que se recomienda programar mantenimiento preventivo para el levantamiento de la observaciones (Chico y Londoño, 2014, p.100).

Los diagnósticos de fallas de motores de inducción o en todas clases de motores eléctricos o mecánicos, en una forma segura que se está considerando debido a la alta confiabilidad es la técnica de la termografía infrarrojo, ya que tiene una amplia gama de análisis en detección de fallas a lo largo de la cadena cinemática (Garcia *et al*, 2014).

El mantenimiento predictivo es la practica más fiable para mejorar la producción de las industrias, así mismo mayor vida para los componentes, y por ende eliminar paradas por

emergencias, está comprobado que, los tiempos de inoperatividad es exponencialmente una amenaza mayor a lo costes de producción (Byrd, 2019)

El aumento del porcentaje de las fallas presentadas en los equipos eléctricos de la subestación San Lorenzo y en sus redes de distribución principal, han sufrido cuantiosos daños debido a la falta de mantenimiento predictivo, el mismo que permite identificar, cuantificar los equipos que se encuentren en operación riesgosa a punto de producir una avería o una falla de alto riesgo. Con la puesta en marcha del mantenimiento predictivo aplicado al sistema eléctrico de la subestación San Lorenzo con cámara termo gráfica, se evidencio varias anomalías riesgosas en diferentes puntos de los elementos eléctricos como son: entradas de los seccionadores y en las salidas de las mufas del alimentador 2, los cuales se encontraban con temperaturas elevadas próximos a fallar (Yepez, 2016, p. 61).

En Colombia como otros países del mundo existen normas vigentes, consistente en realizar mantenimientos periódicamente a los sistemas eléctricas con el objetivo de asegurar y mantener estable el servicio eléctrico y larga vida de los componentes eléctricos, así mismo indica la importancia, de administrar los resultados y monitoreo de las actividades realizadas (Ibarra, 2018, p. 11).

La empresa cervecera Ambev Perú, dedicada a la elaboración de cerveza, cuenta con diferentes áreas de producción, tales como Envasado, Servicios Industriales y Elaboración, las mismas que en el año 2016 han tenido cantidad de paradas no programados, esto debido a problemas internos en equipos, y falta de mantenimiento, métodos inadecuados y mano de obra no calificada. A raíz de esto se programa realizar plan de mantenimiento predictivo con cámara termo gráfica, y minimizar las paradas [...] (Aguila, 2018, p. 12).

El mantenimiento predictivo en transformadores de distribución es una alternativa muy beneficiosa, de gran ayuda para mantener estable la operatividad de un sistema, evitando o minimizando las interrupciones de todo el sistema y por ende evita se realice mantenimientos innecesarios (Kabir, Foggo, Member y Yu, 2018).

Se tiene una comprobación de un 80% que, las causas de fallas en los componente o elementos es por falta de mantenimiento, se suma la falta de planificación, métodos,

presupuesto, conocimiento y supervisión, esto se comprobó en la Empresa Grúas Américas, la misma que cuenta con maquinarias pesadas para diversos tipos de trabajo, lo cual se vio completamente afectado en gastos de repuestos, a raíz de esto se programan sus mantenimientos predictivos con cámara termo gráfica, la misma que ayuda a minimizar tiempos de paradas (Vega, 2017, p. 11)

Mantenimiento predictivo a los equipos de una subestación eléctrica se basa en el monitoreo con cámara termo gráfica para ver el estado térmico y la obtención de datos reales de cada uno de los equipos o elementos eléctricos que conforman una subestación eléctrica; con la ayuda de esta actividad se ha logrado reducir los cortes de servicio en varias subestaciones eléctrica, detecto varias falla en su etapa inicial en más de 10 subestaciones las mismas que fueron enviados en informe para su reparación.

(Ullah *et al* , 2017, p. 4)

El Mantenimiento predictivo es la practica más recomendada periódicamente a los equipos eléctricos, se realizó estudio en una planta termoeléctrica, la misma que contaba oportunamente con un programa de mantenimientos preventivo y correctivo, a pesar de eso se presentaban salidas no programadas del sistema eléctricos y averías de componentes eléctricos, motivo por el cual la empresa concesionaria mensualmente tenía que realizar grandes desembolsos por compensaciones a los usuarios por un mal servicio. A raíz de esto el personal de mantenimiento logra realiza la actividad de mantenimiento predictivo encontrando la causa del problema, motivo por el cual el personal de mantenimiento propone a gerencia realizar en primer lugar mantenimiento predictivo y segundo lugar mantenimiento preventivo (Milton, Ubiratan, Jandecy y Moya, 2017, p. 7).

El Mantenimiento predictivo se basa en el control, monitoreo y en el diagnóstico de los elementos de un sistema, la estrategia principal es anotar medidas o temperaturas de los elementos en operación, la finalidad es predecir y evitar desperfectos o averías en los elementos o componentes eléctricos de un sistema, así mismo evita riesgos a las personas técnicas que laboran (Lughofer y Sayed, 2019, p.1).

Hoy en día las empresas en fabricación de metales han implementado sus mantenimientos predictivos utilizando sensores físicos y virtuales tipo cámaras infrarrojos, la diferencia que

estos sensores están en continuo monitoreo, conectados a una computadora mediante un programa, los mismos que van a detectar fallas en su etapa inicial (Bousdekis *et al*, 2019, p.12)

Para motores de inducción se han presentado temas de aplicación de mantenimientos predictivos utilizando técnicas de imágenes térmicas de infrarrojo, teniendo en cuenta los equipos a utilizar tienen un número de ventajas, son portátiles muy pequeños, uno de ellos es la cámara termo gráfica la misma que será capaz de evidenciar tomas o fotos con las temperaturas reales, pudiendo prevenir o evitar una falla (Choudhary, Goyal, Létha y Akula, 2018, p. 13).

Se realizó estudios de investigación en escuelas de alumnos de nivel primario y secundario, en cuanto a termografía infrarrojo, como una técnica de mantenimiento predictivo en las actividades de laboratorio, donde se realizó dos circuitos uno en perfectas condiciones y otro circuito donde se presentaban fallas, las mismas que fueron detectadas por el equipo de la cámara termo gráfica evidenciando datos reales, dejando en claro a los alumnos que la técnica aplicada con cámara termo grafica proporcionará datos relevantes el sistema, proceso o estructura, así mismo se puede utilizar para detectar defectos mecánicos de todo tipo (Ribeiro, Pereira y Rodrigues, 2019, p. 2).

Se realizó estudios en una caldera de vapor, donde las fallas más comunes presentadas son por defectos térmicos y por vibraciones, a pesar de contar con sus planes de mantenimientos periódicos, se logra realizar el monitoreo de la condición en las instalaciones de la central de vapor, utilizando el equipo de la cámara termo gráfica. Los resultados arrojaron que, el mantenimiento predictivo con cámara termo grafica (Behzad, Kim, Behzad y Asghari, 2018) A nivel nacional e internacional las empresas e industrias de todo rubro están enfocadas en aumentar su productividad, algunas sin incrementar sus costo a pesar de realizar trabajos de doble turno las 24 horas cosas similar a la empresa Soguar, dedicada a realizar trabajos de fabricación de piezas mecánicas, contando con una gama de motores eléctricos, capaz de realizar trabajos forzados, la empresa Soguar carece de mantenimiento predictivo, por lo que en esta oportunidad debido a la máxima demanda, paradas y análisis técnico se pone en marcha el plan de mantenimiento predictivo con cámara termografía, la misma que detecta en inspecciones realizadas puntos crítico con altas temperaturas, así mismo se indica en los

casos de no contar con plan de mantenimiento predictivo, corren los riesgos de paradas innecesarias, calentamiento de rodamientos, conllevando a la pérdida de equipo, materiales y dinero (Caiza, 2016, p. 18).

1.2 Trabajos previos

(Gallo Benjamín, 2018) En la elaboración de su tesis, “Mantenimiento predictivo utilizando la técnica de la termografía en transformadores y alimentadores de la Empresa Eléctrica CNEL EP Bolívar”, (Ecuador), para obtener el título de ingeniero electricista, Nos indica que, uno de los aspectos para el desarrollo económico de un país depende mucho de los servicios brindados por empresas, uno de ellos es la buena continuidad de la Electricidad, es por eso en su estudio realizado plantea la importancia de los mantenimientos periódicos a todo el sistema eléctrico, indicando para lograr los objetivos está comprobado, la ejecución oportuna de mantenimiento predictivo y preventivo a las redes eléctricas de distribución con las necesidades actuales. El plan de termografía surge como una técnica aplicada a las inspecciones periódicas del sistema eléctrico, el cual detectará en forma anticipada, posibles averías, así mismo en un futuro disminuirá la probabilidad de fallas en el sistema eléctrico de distribución. La técnica de termografía permite detectar temperaturas reales a distancia, sin tener que entrar en contacto con el equipo o elemento a estudiar.

(Fajardo, Armando y Chuisaca, 2015) En su tesis de investigación, "Estudio de Implementación del sistema de mantenimiento predictivo en la compañía Ecuatoriana del caucho Erco", nos indica que el mantenimiento predictivo se basa en obtener, monitorear parámetros en los componentes, equipos y sistemas eléctricos en operación, los mismos que dependiendo los resultados obtenidos se podrá evaluar los fallos para decidir una parada para intervenir, esto también dependiendo de la mínima demanda, por lo que es importante la opinión de área de producción. El objetivo de todo mantenimiento predictivo es reducir costos de mantenimientos y aumentando la fiabilidad del sistema.

El mantenimiento predictivo con cámara infrarrojo sin contacto a satisfecho las necesidades en las predicciones de las temperaturas de los reactores continuos en la Ingeniería química, gracias por la data brindada de la combinación de la termografía, visión por ordenador y la red neuronal, los cuales son capaces de cuantificar y dar cuenta de la difusión térmica del sistema en forma confiable (Rizkin, Popovich y Hartman, 2018, p. 1).

(Camacho, Forero y Sarmiento, 2017) En su tesis “La termografía como herramienta de diagnóstico predictivo para los elementos eléctricos conectados a la red de energía”, para optar con el grado de Tecnólogo en electricidad, el cual ha desarrollado estudio de investigación en la empresa de energía eléctrica de Quindío en Colombia, en la cual indica, en las actividades de mantenimiento, la termografía infrarroja juega un papel fundamental. Es una técnica que permite reconocer sin necesidad de contacto al elemento o componente que se encuentren por sobre los rangos de su temperatura normal de funcionamiento.

Así mismo se indica que, la termografía infrarroja es el instrumento adecuado para analizar un sistema eléctrico, ya que los componentes por más nuevos que estos sean, al entrar en funcionamiento tienden a fallar. Independientemente de la potencia suministrada, las vibraciones, la fatiga y el tiempo en funcionamiento tienden que las conexiones eléctricas se suelten, a la vez que las circunstancias del entorno pueden aumentar el desarrollo de la corrosión, con el paso del tiempo los sistemas eléctricos se deterioran, y si no son corregidos a tiempo podrían originar serias averías y grandes pérdidas económicas.

La universidad la católica de Colombia realizó capacitaciones a su personal en cuanto a mantenimientos predictivos con cámara termográfica, teniendo en cuenta que en la universidad se cuenta con este equipo, el mismo que será utilizado como herramienta predictiva en el sistema eléctrico de la Universidad, teniendo en cuenta la adquisición de maquinarias eléctricas de gran potencia, expansión de redes y por ende su máxima demanda ha incrementado (Martínez, 2018, p. 15).

(Yépez, 2016), [...] nos indica se ha puesto en marcha realizar análisis termográficos en sus redes eléctricas, ya que anteriormente al igual que otras empresas en Ecuador, se limitaban exclusivamente en realizar correcciones de fallas o averías eléctricas, esto permitía que los equipos operaran en condiciones inadecuadas, expuesto a todo tipo de peligro térmico, lo peor que no se contaba con planes de incorporar mantenimiento predictivo al sistema eléctrico, por lo tanto los índices de interrupciones en el sistema eléctrico cada vez incrementaban, por lo que se decidió poner en marcha la técnica del mantenimiento predictivo, utilizando cámara infrarroja ha mejorado satisfactoriamente, detectando varias anomalías y por ende mejoras en el sistema eléctrico (p. 61).

(Cabrera, 2018) Elabora un plan de mantenimiento predictivo a la empresa Hidrandina Sac, debido a las constantes interrupciones de los alimentadores en media tensión, donde evidencia mayor problema de interrupciones en el alimentador 04, el cual propone realizar estudios de mantenimiento predictivo utilizando cámara termo gráfica a todos los elementos y componentes de las redes eléctricas de Hidrandina, esto con la finalidad de encontrar la causa o raíz de las constantes interrupciones.

Con la aplicación de esta técnica a las redes eléctricas de Hidrandina se logró encontrar las causas que originaba las constantes interrupciones, las mismas que fueron programadas y solucionadas en mantenimiento correctivo programado.

Con la aplicación de termografía infrarrojo la empresa redujo las interrupciones y por ende mejoraron sus indicadores saifi y saidi, llegando a reducir sus compensaciones en un 65.5%.

(Mosquera, 2015) En su tesis, optimización de proyectos de mantenimiento de redes de distribución indica que mayormente las empresas ejecutan sus mantenimientos correctivos es decir cuando ocurra una falla, recién realizan reemplazo de la pieza o elemento que fallo. Esta técnica o estrategia se comprobó desastrosa para los fines de las empresas o industrias, indicando la mejor opción es optar por realizar mantenimiento predictivo con cámara infrarrojo periódicamente con la finalidad de predecir fallos.

La tecnología con cámara termo grafica ha ido evolucionando considerablemente, hoy en día en los países Francia y Dinamarca, en estos países están tomando como requisito fundamental pruebas termo graficas a las paredes de la casa o edificio, ya que debido a las altas temperaturas estas han presentado agrietamientos, rajaduras (Lucchi , 2017, p. 2).

La aplicación de la termografía ha evolucionado considerablemente en todo el mundo en diferentes áreas y en diferentes sistemas, en esta oportunidad se realiza inspecciones con cámara termo grafica en la facultad de Ingeniería Marina de la Universidad Marítima de Gdynia, en motores de Buque 3AL25/30, principalmente al turbocompresor, para evitar paradas por sobrecalentamiento, del mismo modo se comprobó el costo beneficio de ejecutar mantenimiento predictivo con cámara termo gráfica (Molenda y Charchalis, 2019).

Los motores de inducción juegan un rol importante en las industrias, desde el más pequeño en potencia hasta el más grande, estos elementos vienen realizando un sin número de actividades continuas en doble turno, debido a la alta demanda y con la finalidad de no interrumpir la producción por temas de sobrecalentamiento a las partes mecánicas, se pone en marcha el mantenimiento predictivo con cámara termo gráfica y detectar avería (Garcia *et al*, 2014).

En el mercado existen varios tipos de marcas, modelos de cámaras termo gráficas, sea cual sea el tipo de cámara termo grafica es necesario e importante realizar sus ajustes, del mismo modo eliminar toda fuente del entorno que genere radiaciones, con la finalidad de brindar datos fiables del objeto a estudiar, a este proceso se llama compensación (Massaro, Galiano y Meuli, 2018).

1.3 Teorías relacionadas al tema

1.3.1 Conformación del sistema eléctrico

Según Mosquera (2015), el sistema eléctrico está conformado por los siguientes elementos. Subestaciones, Sistema eléctrico primario y Sistema eléctrico secundario.

1.3.1.1 Subestaciones y control de operaciones.

Subestaciones. Se encuentran alojados todos los equipos de maniobra, medición, protecciones, equipos de regulación y transformadores reductores, así mismo en algunos casos el centro de control de operaciones. En las subestaciones se encuentra el transformador de potencia, el mismo que transforma el voltaje de alta tensión a media tensión (Mosquera, 2015, p. 27).

Centro de Control de Operaciones. Encargado de controlar y monitorear el sistema eléctrico mediante el sistema sacada, así mismo es el encargado de coordinar y ejecutar las operaciones de cortes y mantenimientos programados (Cabrera, 2018, pág. 18).

1.3.1.2 Sistema eléctrico primario

“Conjunto de componentes eléctricos, los mismos que distribuyen desde la subestación hasta el sistema de medición en media tensión” (Cabrera, 2018, p.30).

“También llamados Alimentadores en media tensión, son los encargados de abastecer con energía al sistema” (Mosquera, 2015, p.28).

Este sistema está compuesto por las siguientes componentes y cumplen funciones diferentes unos en conducir otros en aislar.

- a. Transformador.** Es la maquina estática basada en la inducción electromagnética capaz de transformar un voltaje de corriente alterna, sin alterar la potencia y la frecuencia, sobre un núcleo de hierro están montadas dos devanados conocidos como primario y secundario (Cabrera, 2018, p. 32).
- b. Celda de distribución en media tensión.** Es uno de los componentes principales en una subestación, por intermedio de este se podrá realizar maniobras de corte y desconexión de las redes eléctricas en media tensión, así mismo están diseñadas para ser controladas y monitoreadas desde el sistema scada.
- c. Postes.** Son de concreto armado y de madera tratada pino del sur, son los que soportan todo el recorrido de las líneas eléctricas, teniendo en cuenta el calibre de los conductores y los elementos mecánicos para su tiempo de duración (Cabrera, 2018, p. 32).
- d. Conductores eléctricos.** Los más usados en media tensión en nuestro sistema eléctrico son los de aluminio AAAC, uno por el peso y otro por el bajo costo en comparación con los conductores de cobre, estos son los encargados de transportar la energía en las redes eléctricas (Cabrera, 2018, p. 34).
- e. Aisladores.** Son de material aislante, diseñados para soportar varios niveles de tensión, son los que impiden fugas de corriente eléctrica, evitando interrupciones, son hechos de fibra de vidrio, cerámica y polímeros (Cabrera, 2018, p. 34).

1.3.1.3 Sistema eléctrico secundario.

Son las redes de conexión del transformador de distribución a los usuarios finales en baja tensión, estos usuarios están conectados al sistema a través de alimentadores aéreos o subterráneos que terminan en el medidor de energía (Mosquera, 2015, pág. 28).

1.3.2 Tipo de interrupciones

Se llama a la pérdida total de voltaje en las redes eléctricas, existen dos tipos de interrupciones, las programadas y las no programadas.

- a. Interrupciones programadas.** Son las que se comunican con tiempo a los usuarios mediante carta, avisos y publicaciones, existe fecha y hora de la desconexión y la conexión del servicio, puede ser por expansión o por mantenimiento (Cabrera, 2018, p. 22).

- b. Interrupciones no programadas.** Estas son imprevistas pudiendo ser por motivos tales como, hurto de conductor eléctrico, falla propia, ambiente, terceros.

1.3.3 Indicadores

- **SAIFI:** (System Average Interruption Frequency Index). Es el índice de frecuencia de interrupciones de un cliente, es un indicador confiable por las empresas eléctricas. Es el encargado de registrar toda clases de interrupciones ya sean propias o externas.

$$SAIFI = \sum_{i=1}^n 1U_i / N \quad \text{Ec.01}$$

Donde:

- U_i : Números de usuarios afectados en interrupciones
- n : Números de interrupciones en el tiempo.
- N : Número de usuarios del sistema eléctrico al final del tiempo

- **SAIDI:** (System Average Interruption Duration Index). Es el encargo de medir el tiempo de la duración de la interrupción, está relacionada con la ubicación y magnitud de la falla, así mismo los recursos disponibles para la reposición como: cuadrillas, vehículos, equipos, medios de comunicación, accesos.

$$SAIDI = \sum_{i=1}^n tixU_i / N \quad \text{Ec.02}$$

Dónde:

- U_i : Usuarios afectados en cada interrupción.
- n : Duración de cada interrupción en horas
- N : Número total de usuarios

- **ENS.** Es la energía teóricamente no suministrada al usuario determinado y se emplea la siguiente fórmula para calcular:

$$ENS = \frac{ERS}{(NHS - \sum di) * D} = kwh \quad \text{Ec.03}$$

1.3.4 Mantenimiento

Para Aguila (2018) Es un conjunto de actividades que ayudan a permitir a mantener un equipo o sistema operativo de la forma de cumplir las funciones que fueron diseñados (p.17).

1.3.5 Importancia del mantenimiento

Es importante porque ayuda a mantener en óptimas condiciones los equipos o elementos de un sistema, evita riesgos de fallas y colapsos.

1.3.6 Tipos de mantenimientos

En el siguiente estudio de investigación se realizará los mantenimientos más comunes, los cuales su aplicación en todas las empresas es de suma importancia.

➤ Mantenimiento correctivo

Más comúnmente conocido como reparaciones, esto es trabajo realizado para corregir un defecto o restablecer el funcionamiento de un dispositivo fallido. En general, el mantenimiento correctivo será menos urgente de lo que se llama trabajo reactivo sería un defecto o dispositivo defectuoso que puede ser corregido antes de que moleste significativamente las operaciones (Campbell y Reyes,2016, p.99).

➤ Mantenimiento preventivo

Mantenimiento que se realiza para retener el equipo en un estado operativo aceptable al proporcionar detección e inspección ordenadas además de la prevención de fallas incipientes (He; X. Chen, Chen, 2017, p. 63).

➤ Mantenimiento predictivo

El mantenimiento predictivo es un enfoque sistemático del mantenimiento para determinar la condición del equipo, si el equipo está cerca de fallar y por lo tanto necesita ser reemplazado o reparado al hacerlo, más se puede evitar el costoso mantenimiento no programado (correctivo). Predecir las actividades de mantenimiento están asociadas con la prevención de costosas reparaciones importantes o tiempo de inactividad no programado. Mantenimiento predictivo emplea una serie de herramientas de diagnóstico y monitoreo y medición sistemas minimiza el tiempo de paradas, optimiza costos de mantenimiento, toma decisiones para el reemplazo de un elemento (Campbell, y Reyes, 2016, p. 100).

1.3.7 Temperatura

Es una magnitud relacionada con la energía interna de un sistema termodinámico, definido en física (Yepez, 2016, p. 17).

Escala relativa de la temperatura son conocidas como escalas de temperaturas relativas, basándose en el punto de ebullición y congelación del agua, las más reconocidas son:

- **Grados Celsius.** Es la unidad termométrica más utilizada tomando como referencia al cero como punto de congelamiento y el cien como punto de ebullición del agua.
- **Grados Fahrenheit.** Es una escala de temperatura donde se toma 32°F como punto de congelación y 212°F como punto de ebullición.

1.3.7.1 Escala absoluta de la temperatura

Es el valor de la temperatura medida con respecto a una escala que comienza en cero absoluto, derivando las siguientes escalas (Yepez, 2016, p.19)

- **Grados Kelvin.** Es la unidad de la temperatura donde se toma como punto de congelamiento en 273.15K y el punto de ebullición 373K.
- **Grados Rankine.** Se toma como referencia los grados Fahrenheit sobre el cero absoluto, por lo que su punto cero absoluto 459.67°F.

1.3.8 Calor

Se define como una transferencia de energía de un cuerpo a otro, vinculado al movimiento de moléculas, átomos y otras partículas (Yepez, 2016, p.22).

En la primera ley de la termodinámica, define al calor como la energía que debe intercambiar el sistema para balancear la diferencia entre trabajo y energía (Gallo, 2018, p. 48).

1.3.8.1 Métodos de transferencia de calor

Se transfiere o se transmite del cuerpo más caliente al cuerpo más frío, buscando obtener una temperatura común, se lleva a cabo de tres maneras.

- **Transferencia por conducción.** Se transmite el calor con contacto directo de un cuerpo a otro (Yepez, 2016, p.9).
- **Transferencia por convección.** Se produce a través de un fluido, el cual es el que transporta el calor a zonas con diferentes temperaturas (Yepez, 2016, p. 9).
- **Transferencia por radiación.** Es la energía emitida en forma de onda electromagnéticas, las más rápida se transmite a la velocidad de la luz (Yepez, 2016, p. 10).

1.3.9 Termografía

Para Camacho, Forero y Sarmiento (2017), Es una técnica que nos permite evidenciar las mediciones en tiempo real la temperatura de un equipo o elemento en pleno funcionamiento a una distancia prudencial, no es necesario realizar el contacto físico ya que puedes obtener información por la captación de los rayos infrarrojos. La termografía por infrarrojos es denominada como la ciencia que recopila información sobre el uso de instrumentos ópticos para descubrir y cuantificar la radiación de las superficies de los equipos o elementos inspeccionados (p. 35).

La termografía es una práctica amplia en la aplicación de detección de fallos térmicos ya sea en subestaciones, línea eléctrica así mismo en la mecánica, se sabe que, si detectas un equipo o componente con temperaturas altas, es decir por encima de lo normal en las inspecciones realizadas con cámara termo gráfica, se concluye que algo está mal, lo cual puede ocasionar fallas en todo el sistema (Ferreira, Silva, Teixeira y Andrade, 2018, p.35).

1.3.9.1 Principio de la termografía infrarrojo

Es una técnica que te permite captar y determinar la cantidad de calor que existe en un cuerpo sin tener que hacer contacto, por lo tanto, la termografía requiere conocimiento de calor y temperatura y sus tipos de transferencia, teniendo en cuenta que la energía térmica está presente en todas las maquinarias o elementos eléctricos, por lo que es importante la termografía infrarroja (Aldana, 2017, p. 23)

1.3.9.2 Tipos de termografía

- **Termografía comparativa cuantitativa.** Requiere de un valor de temperatura determinado, con esto realizas las comparaciones con las muestras tomadas en las imágenes, es un método eficaz para evaluar el estado térmico de un elemento o componente (Aldana, 2017, p. 24).
- **Termografía comparativa cualitativa.** Es una técnica rápida y fácil, no requiere programar temperatura como referencia, se basa en comparar el perfil térmico de un componente con la de otro componente idéntico o similar, en las mismas condiciones de operación. Aunque este tipo de medición puede deficiencia, no proporciona nivel de gravedad (Aldana, 2017, p. 24).
- **Termografía activa.** En aquella donde el elemento se encuentra en reposo por lo que no produce calor, en este caso es necesario la estimulación de algunas fuentes que producen calor como lámparas, resistencias, corriente eléctrica que eleven la temperatura de la superficie del material (Aldana, 2017, p. 25).

- **Termografía pasiva.** La radiación censada no necesita ningún estímulo externo en el elemento. La radiación captada es producto de un proceso de transferencia de calor, puede ser por medio de conducción, convección o radiación (Aldana, 2017, p. 25).
- **Termografía térmica.** Compara resultados obtenidos en función del tiempo en el mismo componente, teniendo en cuenta la velocidad del viento, lluvias son perjudiciales para una buena obtención de resultados (Yepez, 2016, p. 13).

1.3.9.3 Objetivos de la termografía.

Examinar de manera precisa y en tiempo real probables fallas que estén presentando sistemas eléctricos, subestaciones de potencia, redes eléctricas, Así mismo mejorará la confiabilidad del sistema eléctrico, evitara paradas no programadas (Gallo, 2018, p. 53).

1.3.9.4 Procedimiento de la termografía.

Se tendrá información de los circuitos, rutas establecidas y se dará inicio a la actividad, utilizando cámara termografía, la misma que debe estar calibrada para tal fin.

Se procesará la información guardada en la cámara termografía utilizando un software para cálculos de analices de los reportes (Gallo, 2018, p. 53).

1.3.9.5 Resultados de la termografía

Estos resultados son importantes ya que depende del estado de las temperaturas se emplean la tabla de criticidad para la reparación o el cambio de los elementos observados (Gallo, 2018, p. 53).

1.3.9.6 Ventajas de la termografía

Facilita información antes que produzca un daño o avería en cualquier equipo o elemento eléctrico, garantiza la confiabilidad del sistema. Esta actividad a llegada a ser una alternativa de gran importancia en lo que es mantenimiento predictivo (Gallo, 2018, p. 53).

1.3.10 Determinación de puntos calientes

Se emplea una fórmula matemática, después de haber programado la cámara termo gráfica con sus valores de máximo y los valores de temperaturas reales de los equipos, determinas la variación de temperatura:

$$\Delta T = T_{max} - T_{prom}$$

Las normas ANSI/NETA, clasifican el grado de severidad depende de la tabla (Yepez, 2016, p. 24).

1.3.10.1 Cuando no se debe realizar inspecciones termográficas.

Cuando el viento su velocidad sea mayor a los 8 metros/segundo y cuando se presenta lluvias fuertes en la zona (Gallo, 2018, p. 63).

1.3.10.2 Cámara termográfica

Son herramientas que detectan a una distancia prudencia, los valores de los elementos o componentes eléctricos a plena carga, conocidos como puntos calientes, gracias a los resultados de esta herramienta calibrada, evitará mantenimiento correctivo y aumentando la confiabilidad del sistema eléctrico (Yepez, 2016, p. 13).

En un mantenimiento predictivo se podría decir que es la herramienta principal ya que nos permite observar y detectar puntos calientes en los elementos que se programen a estudiar y el análisis térmico general de un sistema (Yepez, 2016, p. 13).

1.3.10.3 Campo de visión instantáneo

- **Campo de visión instantáneo.** Es la resolución de medida con precisión a una distancia concreta, determinando el tamaño mínimo que debe tener un objeto.
- **Campo visual.** Define el tamaño y el área de la imagen térmica que puede ser observado por la cámara, el lente es el elemento de mayor influencia, independiente del tamaño de la matriz (Yepez, 2016, p. 14).

1.3.10.4 Criterios de evaluación termográfica

➤ **De la temperatura**

Consiste en control, monitoreo y análisis del estado de los componentes a intervenir, donde se establecen criterios de evaluación de la temperatura (Aldana, 2017, p. 28).

➤ **Diferencia de temperatura**

Indica la temperatura ideal del componente la misma que indica el fabricante, los criterios de evaluación se basan en temperaturas históricas (Aldana, 2017, p. 28).

➤ **De temperatura máxima admisible**

Se puede utilizar criterios para identificar anomalías en un sistema, existen dos categorías de criterio, los del material y del diseño (Aldana, 2017, p. 28).

➤ **Aceptación eléctrica**

Establece criterio de aceptación y rechazo en el sistema eléctrico mediante la norma ISO 18434-1, en la tabla detalla la diferencia de temperatura el grado de criticidad de los elementos estudiados (Aldana, 2017, p. 29).

1.4 Formulación del problema

¿Con la ejecución del plan de mantenimiento predictivo aplicado al Sistema Eléctrico Tierras Nuevas de propiedad de Coelvisac, incrementará la confiabilidad?

1.5 Justificación del estudio

Mantenimiento predictivo aplicado al sistema eléctrico Tierras Nuevas si justifica su ejecución ya que gracias a sus resultados optimizara gastos.

➤ **Relevancia tecnológica**

Es una de las tecnologías modernas importante para el desarrollo de un mantenimiento en cualquier tipo de empresa.

➤ **Relevancia económica**

El presente proyecto ayudará a la empresa Coelvisac a fortalecer o a mejorar su economía, porque con un plan de mantenimiento predictivo, depende de este para programar un mantenimiento preventivo o en todo caso un mantenimiento correctivo, así mismo te permitirá a monitorear los elementos eléctricos; por lo tanto, la empresa mejorará su servicio menos interrupciones, evitando las compensaciones.

➤ **Relevancia social**

El presente estudio se justifica socialmente porque los beneficiados son los usuarios ubicados en la concesión del proyecto, ya que podrán contar con un servicio eléctrico más estable, sin cortes intempestivos.

➤ **Relevancia ambiental**

Se justifica la investigación de la termografía, ya que la implementación o desarrollo de esta actividad no generará ningún tipo de contaminación al ambiente, ni al personal que se encuentre en su entorno.

1.6 Hipótesis

Con la elaboración y ejecución de un plan de mantenimiento con cámara termo grafica aplicada al mantenimiento predictivo al sistema eléctrico Tierras Nuevas, si optimizará el funcionamiento y mejorará los indicadores de calidad de suministro.

1.7 Objetivos

➤ Objetivo general

Desarrollar el plan de mantenimiento predictivo con cámara termo grafico para optimizar el funcionamiento del sistema eléctrico Tierras Nuevas.

➤ Objetivos específicos.

1. Análisis de las interrupciones del servicio de energía eléctrica.
2. Auditoria del sistema eléctrico tierras nuevas en 22.9 Kv
3. Identificar la existencia de puntos calientes a plena carga en alimentadores
4. Diseñar el mantenimiento predictivo al sistema eléctrico en media tensión analizando la criticidad de los sistemas.

II. MÉTODO

2.1 Diseño de la investigación

Aplicada: Se pondrá en práctica los conocimientos adquiridos teóricamente, en lo que concierne a mantenimientos para minimizar riesgos potenciales.

Pre-Experimental: Dicha investigación se realizará en campo, utilizando equipos de tecnología, generando hipótesis, aplicando métodos de análisis de fallas, programando actividades para eliminarlas y seleccionar plan de mantenimiento predictivo.

2.2 Variables, operacionalización

➤ **Variable dependiente.**

Optimizar el funcionamiento en el sistema eléctrico Tierras Nuevas de la empresa Coelvisac.

➤ **Variable independiente**

Plan de mantenimiento predictivo mediante la técnica de termografía.

Tabla 1. Operacionalización de variables.

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFICNICIÓN OPERACIONAL	INDICADOR	ESCALA DE MEDICIÓN	INSTRUMENTO
Variable Independiente: Plan de Mantenimiento predictivo mediante termografía	Termografía, Es un método que nos permite evidenciar las mediciones en tiempo real la temperatura de un equipo o elemento eléctrico a través de la cámara termográfica.	Evalúa la criticidad del estado de cada uno de los elementos eléctricos del sistema sin contacto, dependiendo los resultados para programar una parada por emergencia	Interrupciones	5 a 200 °C	Cámara Termografica
			Confiabilidad		
			Disminuciones de carga		
Variable Dependiente: Optimizar el Funcionamiento	Saidi: duración media de interrupciones por usuario.	Duración promedio de interrupciones de un año en un alimentador en media tensión	Horas/año	horas	Programa de mantenimiento
	Saifi: Frecuencia media de interrupciones por usuario	Frecuencia media de las interrupciones en un año en un alimentador en media tensión	Número de interrupciones / año	>1	
	ENS: Energía dejado de entregar por interrupciones	Energía dejado de vender en un año en los alimentadores en media tensión	Kw/ hora		

2.3 Población y muestra

➤ Población

Sistema eléctrico Tierras Nuevas en 22.9 Kv.

➤ Muestra

Redes Eléctricas de Distribución en 22.9 Kv, tres circuitos.

2.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad

Tabla 2 Técnica de instrumento de recolección de datos

TECNICA	DEFINICIÓN	INSTRUMENTO
Encuesta	Se realizará una serie de varias preguntas por parte del investigador a las personas que laboran en la empresa Coelvisac para tener mayor claridad	Formato de encuesta
Observación	Determinación de los parámetros del mantenimiento predictivo. Evaluación del mantenimiento predictivo con cámara termografía	Formatos de inspección en el sistema de distribución.
Revisión Documentaria	Búsqueda de información técnica para el plan de mantenimiento	Ficha de revisión documentaria

➤ Encuesta

Se realizará encuesta al personal técnico, Ingenieros de la empresa Coelvisac para analizar y tener un concepto del estado de los elementos, componentes pertenecientes al sistema eléctrico Tierras Nuevas.

➤ Observaciones

Es una técnica que te permite determinar, cuantificar los componentes, elementos de un sistema eléctrico.

Por medio de esta técnica te permite conocer el alimentador más crítico en interrupciones.

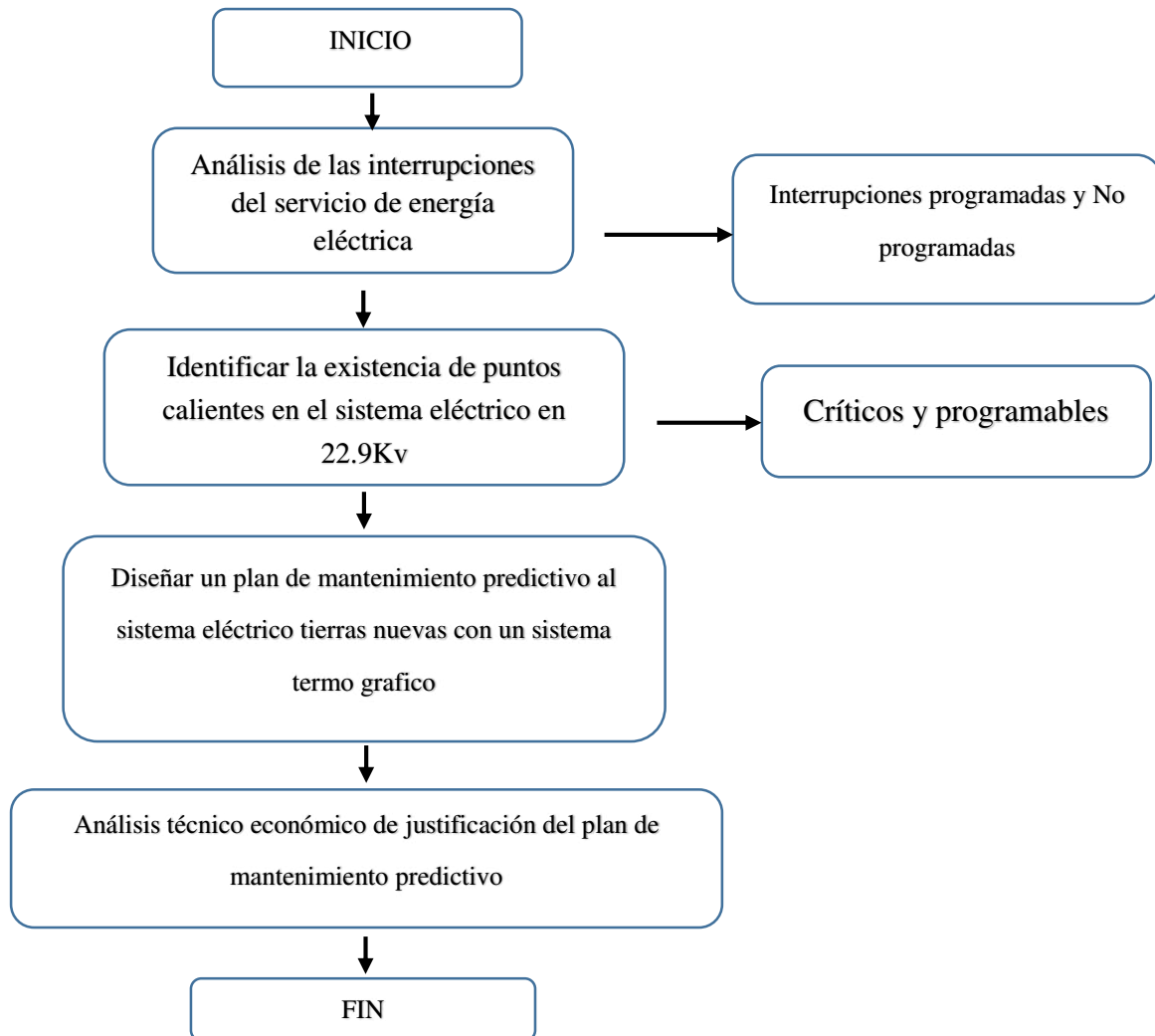
➤ Revisión Documentaria

Es una técnica donde el investigador recopilará información, la misma que te permitirá seleccionar la técnica ideal para el desarrollo del proyecto.

2.4.1 Instrumento de recolección de datos

- Ficha Inspección Línea de Transmisión. En la presente ficha se emplea para evidenciar datos de las estructuras en el sistema de Transmisión, la persona que realiza el servicio, observaciones y otros.
- Ficha de Inspección Línea de Distribución. En el presente formato se utiliza para cada uno de las estructuras de Distribución en 22.9 kv, evidenciando el tipo de armado, cuantificando la ferretería y el estado de cada uno.
- Fichas de Inspección Termografica. Formato de registro de valores de temperaturas registradas por la cámara termo gráfica, así mismo el modelo, el nombre de la persona ejecutora, fecha y observaciones.

2.4.2 Procedimiento



Fuente: Elaboración Propia

2.5 Métodos de análisis de datos

➤ Método deductivo

En este método se aprovecha las citas biográficas de los autores, donde se analiza y se tomas las opiniones de cada uno de ellos, con la finalidad de entender de la mejor manera las causas o fallas que originen problemas en el sistema, así mismo la solución al problema (Yepez, 2016, p. 35).

➤ Método de recolección de datos de campo

Este método es fundamental para analizar los resultados obtenidos, además se constituye como un método fundamental para el desarrollo de trabajos ya que te permite recopilar información de temperaturas reales de cada equipo defectuoso (Yepez, 2016, p. 35).

2.6 Aspectos éticos

Como alumno investigador e respectado la propiedad intelectual, se ha recopilado información de tesis aprobadas, las mismas que se han parafraseado textos y contenidos.

III. RESULTADOS

3.1 Análisis de las interrupciones del servicio de energía eléctrica.

El sistema eléctrico Tierras Nuevas que es operada por la empresa COELVISAC, actualmente tiene tres alimentadores ST-01; ST-02 y ST-03 en 22.9 KV, los cuales transportan energía eléctrica a los usuarios desde la subestación Tierras Nuevas hasta los transformadores de distribución de los clientes, su potencia aproximado en hora punta es de 15MW. Las características de los tres alimentadores son:

- **Alimentador ST-01.** Es un circuito en media tensión, abastece exclusivamente a Agro Olmos y a Telefónica (claro), es decir este alimentador es exclusiva para los dos clientes.
- **Alimentador ST-02.** Es un circuito en media tensión, diseñada para abastecer a usuarios de vuestra concesión, actualmente abastece a 27 usuarios, en hora punta llega a un aproximadamente a 8 Mw de potencia, y se tiene una línea de 40 km aproximadamente.
- **Alimentador ST-03.** Es un circuito en media tensión, abastece a 16 clientes en media tensión, su carga máxima en hora punta llega a 10 Mw de potencia aproximadamente.

En el año 2018, se presentó interrupciones al servicio eléctrico, en el cual los motivos del corte de servicio se detallan en la tabla 3.

Tabla 3. Motivo de salida de servicio sistema eléctrico, 2018.

Motivo de salida de servicio sistema eléctrico Tierras Nuevas COELVISAC, 2018				
N°	Motivo de la Interrupción	Alimentador ST-01	Alimentador ST-02	Alimentador ST-03
1	Falso contactos en la entradas de los seccionamientos tipo Cut Out.	4	6	3
2	Falso contactos en las salidas de los seccionamientos tipo Cut Out.	3	7	3
3	Sobrecalentamiento en las entrada y salida de los seccionamientos tipo cut out.	4	4	2
4	Falso contacto en los empalme en los conectores tipo Ampác.	1	3	2
5	Fallas a tierra.	2	2	1
6	Ampliaciones de redes eléctricas.	0	4	3
7	Caída de conductor de media tensión de aluminio	0	2	0
	Total	14	28	14

Fuente: COELVISAC, 2018

Se tiene los registros de las interrupciones y de la duración de éstos entre los meses de enero y diciembre del 2018, en el cual se evidencia que cada vez más dichos valores se incrementan, los cuales hacen que la calidad del servicio no sea el adecuado.

3.1.1 Indicadores SAIFI Y SAIDI año 2018

Tabla 4. Indicadores SAIFI y SAIDI mes enero – abril 2018.

		Enero - Abril 2018				
Alimentador	Motivo de la avería	Usuarios Afectados en cada interrupción UI	Tiempo de la interrupción (Horas) TI	Número usuarios del sistema eléctrico al final del periodo N	Frecuencia Promedio de Interrupciones del Sistema de Distribución - SAIFI	Duración Promedio de las Interrupciones del Sistema de Distribución - SAIDI
ST-01	Falso contactos en la entradas de los seccionamientos tipo Cut Out.	2	4.5	2	5.50	11.65
	Falso contactos en las salidas de los seccionamientos tipo Cut Out.	1	1.8	2		
	Sobrecalentamiento en las entrada y salida de los seccionamientos tipo cut out.	2	2.3	2		
	Falso contacto en los empalme en los conectores tipo Ampác.	1	3.1	2		
	Fallas a tierra.	2	0.8	2		
	Ampliaciones de redes eléctricas.	2	1.1	2		
	Caída de conductor de media tensión de aluminio	1	1	2		
ST-02	Falso contactos en la entradas de los seccionamientos tipo Cut Out.	12	3.5	24	3.50	7.05
	Falso contactos en las salidas de los seccionamientos tipo Cut Out.	12	2.8	24		
	Sobrecalentamiento en las entrada y salida de los seccionamientos tipo cut out.	12	3.4	24		
	Falso contacto en los empalme en los conectores tipo Ampác.	12	2.4	24		
	Fallas a tierra.	24	0.4	24		
	Ampliaciones de redes eléctricas.	0	0	24		
	Caída de conductor de media tensión de aluminio	12	1.2	24		
ST-03	Falso contactos en la entradas de los seccionamientos tipo Cut Out.	10	1.6	20	4.00	8.45
	Falso contactos en las salidas de los seccionamientos tipo Cut Out.	10	3.2	20		
	Sobrecalentamiento en las entrada y salida de los seccionamientos tipo cut out.	10	0.6	20		
	Falso contacto en los empalme en los conectores tipo Ampác.	20	2.3	20		
	Fallas a tierra.	20	2.2	20		
	Ampliaciones de redes eléctricas.	0	0	20		
	Caída de conductor de media tensión de aluminio	10	2.5	20		

Fuente: COELVISAC, 2018

Tabla 5 Indicadores SAIFI y SAIDI mes mayo-agosto 2018.

Mayo - Agosto 2018						
Alimentador	Motivo de la avería	Usuarios Afectados en cada interrupción UI	Tiempo de la interrupción (Horas) TI	Número usuarios del sistema eléctrico al final del periodo N	Frecuencia Promedio de Interrupciones del Sistema de Distribución - SAIFI	Duración Promedio de las Interrupciones del Sistema de Distribución - SAIDI
ST-01	Falso contactos en la entradas de los seccionamientos tipo Cut Out.	1	2.2	2	5.50	4.70
	Falso contactos en las salidas de los seccionamientos tipo Cut Out.	1	1.1	2		
	Sobrecalentamiento en las entrada y salida de los seccionamientos tipo cut out.	2	1.2	2		
	Falso contacto en los empalme en los conectores tipo Ampác.	1	2.3	2		
	Fallas a tierra.	2	0.1	2		
	Ampliaciones de redes eléctricas.	2	0.2	2		
	Caída de conductor de media tensión de aluminio	2	0.4	2		
ST-02	Falso contactos en la entradas de los seccionamientos tipo Cut Out.	12	2.3	24	3.50	6.35
	Falso contactos en las salidas de los seccionamientos tipo Cut Out.	12	2.2	24		
	Sobrecalentamiento en las entrada y salida de los seccionamientos tipo cut out.	12	1.2	24		
	Falso contacto en los empalme en los conectores tipo Ampác.	12	5	24		
	Fallas a tierra.	24	0.4	24		
	Ampliaciones de redes eléctricas.	0	0	24		
	Caída de conductor de media tensión de aluminio	12	1.2	24		
ST-03	Falso contactos en la entradas de los seccionamientos tipo Cut Out.	10	2.3	20	3.50	6.75
	Falso contactos en las salidas de los seccionamientos tipo Cut Out.	10	1.8	20		
	Sobrecalentamiento en las entrada y salida de los seccionamientos tipo cut out.	10	2.9	20		
	Falso contacto en los empalme en los conectores tipo Ampác.	20	2.9	20		
	Fallas a tierra.	0	0	20		
	Ampliaciones de redes eléctricas.	10	0.3	20		
	Caída de conductor de media tensión de aluminio	10	0.4	20		

Fuente: COELVISAC, 2018

Tabla 6 Indicadores SAIFI y SAIDI mes setiembre-diciembre 2018.

Setiembre - Diciembre 2018						
Alimentador	Motivo de la avería	Usuarios Afectados en cada interrupción UI	Tiempo de la interrupción (Horas) TI	Número usuarios del sistema eléctrico al final del periodo N	Frecuencia Promedio de Interrupciones del Sistema de Distribución - SAIFI	Duración Promedio de Interrupciones del Sistema de Distribución - SAIDI
ST-01	Falso contactos en la entradas de los seccionamientos tipo Cut Out.	0	0	2	3.00	5.05
	Falso contactos en las salidas de los seccionamientos tipo Cut Out.	1	0.3	2		
	Sobrecalentamiento en las entrada y salida de los seccionamientos tipo cut out.	1	3.4	2		
	Falso contacto en los empalme en los conectores tipo Ampác.	1	5.4	2		
	Fallas a tierra.	0	0	2		
	Ampliaciones de redes eléctricas.	1	0.2	2		
	Caída de conductor de media tensión de aluminio	2	0.4	2		
ST-02	Falso contactos en la entradas de los seccionamientos tipo Cut Out.	24	2.3	24	4.00	7.50
	Falso contactos en las salidas de los seccionamientos tipo Cut Out.	12	2.2	24		
	Sobrecalentamiento en las entrada y salida de los seccionamientos tipo cut out.	12	1.2	24		
	Falso contacto en los empalme en los conectores tipo Ampác.	12	5	24		
	Fallas a tierra.	24	0.4	24		
	Ampliaciones de redes eléctricas.	0	0	24		
	Caída de conductor de media tensión de aluminio	12	1.2	24		
ST-03	Falso contactos en la entradas de los seccionamientos tipo Cut Out.	10	2.3	20	3.50	6.75
	Falso contactos en las salidas de los seccionamientos tipo Cut Out.	10	1.8	20		
	Sobrecalentamiento en las entrada y salida de los seccionamientos tipo cut out.	10	2.9	20		
	Falso contacto en los empalme en los conectores tipo Ampác.	20	2.9	20		
	Fallas a tierra.	0	0	20		
	Ampliaciones de redes eléctricas.	10	0.3	20		
	Caída de conductor de media tensión de aluminio	10	0.4	20		

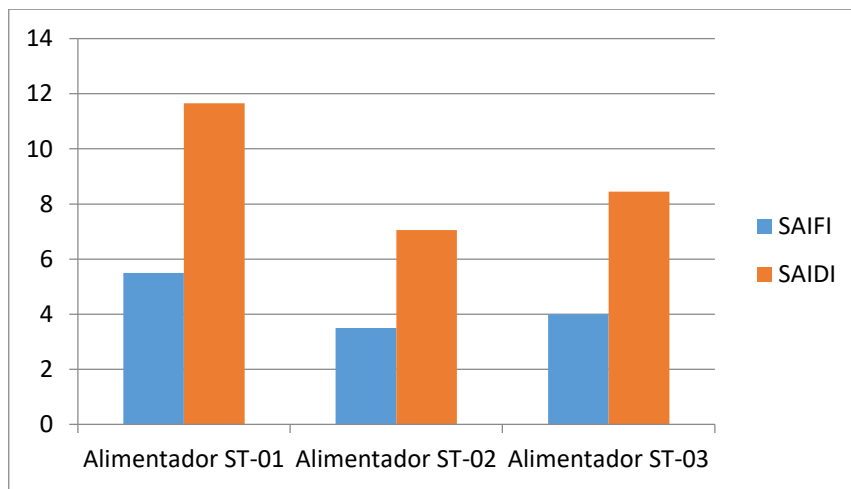
Fuente: COELVISAC, 2018

Indicadores SAIDI y SAIFI por alimentador en diferentes periodos año 2018

Tabla 7 Indicadores por Alimentador.

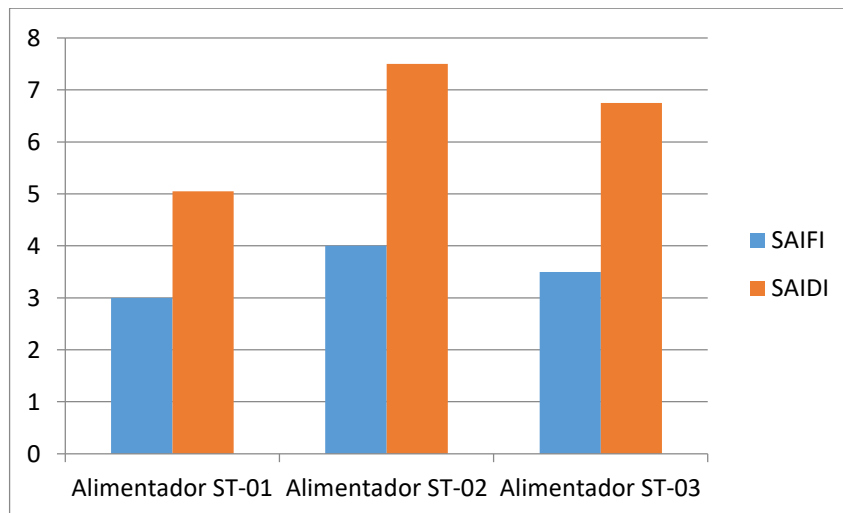
Alimentador	Enero - Abril		Mayo - Agosto		Setiembre-Diciembre	
	SAIFI	SAIDI	SAIFI	SAIDI	SAIFI	SAIDI
ST-01	5.50	11.65	5.50	4.70	3.00	5.05
ST-02	3.50	7.05	3.50	6.35	4.00	7.50
ST-03	4.00	8.45	3.50	6.75	3.50	6.75

Fuente: COELVISAC, 2019



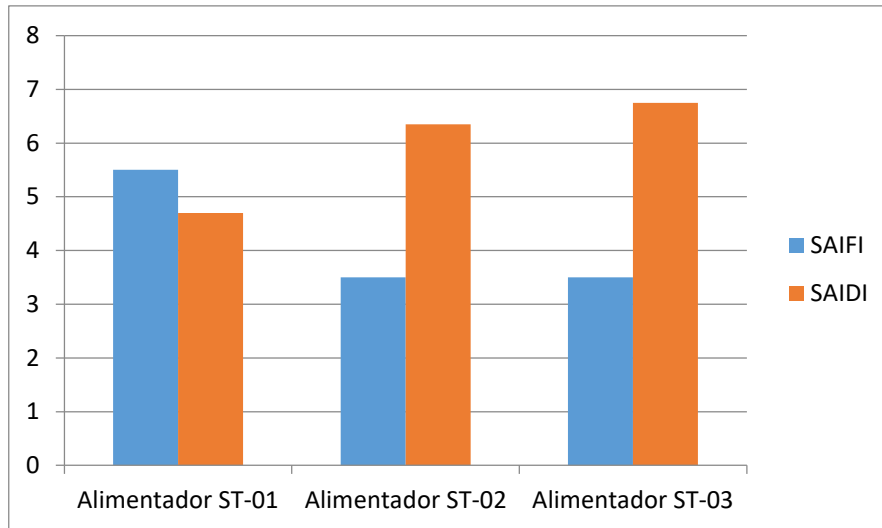
Gráfica 1. Evolución de los indicadores SAIFI - SAIDI enero- abril, 2018.

Fuente: Propia, 2019



Gráfica 2. Evolución de los indicadores SAIFI - SAIDI mayo- agosto, 2018.

Fuente: Propia, 2019



Gráfica 3. Evolución de los indicadores SAIFI - SAIDI setiembre- diciembre, 2018.

Fuente: Propia, 2019

3.1.2 Tipo de fallas presentadas en el sistema eléctrico de Tierras Nuevas.

- **Falsos contactos.** Esta avería crea problemas en los alimentadores de media tensión, en las uniones de los conductores de aluminio. Los conectores tipo ampac son utilizados para unir dos conductores de aluminio de media tensión en una estructura de anclaje, con el pasar del tiempo el viento, la polución, corrosión y otros agentes salinos han sido la causa de las interrupciones de los alimentadores de media tensión.
- **Fallas en seccionadores tipo Cut Out.** Coelvisac siempre ha tenido como puntos de maniobras visibles en los alimentadores a los seccionamientos tipo cut out, estos siempre presentaban problemas en los contactos, sulfatándose por la alta corriente que circulaba por ellas, después de las mediciones de temperatura con la cámara termografía, se detectó que llegaban a más de 127°.

Datos de seccionadores tipo Cut out:	
Tipo:	Expulsión
Tensión:	27 Kv
Corriente:	200 amperios
Línea de fuga:	150kvbil
Marca:	ABB

En un inicio se programaron para circular menos de 200 amperios, con el incremento de carga, las corrientes que fluyen por sus contactos son más de 300 amperios, motivo por el cual el efecto Joule perjudicó a las entradas de los seccionadores.

$$P_{3\phi} = \sqrt{3} * I * V$$

$$I_{3\phi} = \frac{P}{V * \sqrt{3}}$$

$$I_{3\phi} = \frac{12MW}{22.9 * \sqrt{3}}$$

$$I_{3\phi} = 302A$$

En los alimentadores según las cargas registradas, 18 Mw de potencia en hora punta un promedio de 5 horas, si calculamos la cantidad de calor por el efecto joule con la siguiente formula, Q es igual a la energía o calor desprendido en Joule o calorías.

$$Q = P * T$$

$$Q = 12MW * 5h$$

$$Q = 60,000Kcal$$

Dónde:

P: Representa la potencia activa en watts

T: Tiempo transcurrido

3.2 Auditoría del sistema eléctrico Tierras Nuevas en 22.9 Kv.

Para realizar el plan de mantenimiento predictivo es necesario y fundamental realizar auditoria al sistema eléctrico tierras nuevas en el nivel de tensión 22.9 Kv, ya que se recopilará información y características de cada uno de los componentes eléctricos a plena carga, esto con la finalidad de reducir paradas no programadas.

3.2.1 Subestación de transformación Tierras Nuevas

Es una instalación o conjunto de dispositivos eléctricos, que forman parte del sistema de potencia, su principal función es transformación, regulación, distribución, la subestación tierras nuevas se encuentra compuesto por equipos de alta tensión y media tensión, los mismos que se detallan a continuación.

Tabla 8. Componentes de subestación transformación Tierras Nuevas.

En alta tensión 220,000 voltios		
ítem	Cantidad	Descripción
1	6	Pararrayos con contadores de descargas
2	3	Transformadores de tensión tipo capacitivo
3	3	Transformadores de corriente
4	1	Interruptores de potencia con mando unitripolar
5	1	Seccionador de línea
6	1	Seccionador de Barra
7	1	Transformador de potencia con regulación automática bajo carga de 220 ±10x1%/61/23.5 KV de 50/60 MVA ONAN/ONAF
8	1	Tablero de regulación del transformador
9	1	Tablero de protección, mando y medición de línea
10	1	Tablero de control, protección y medición del transformador
11	1	Tablero de comunicaciones
12	1	Tablero de automatización CDS
13	1	Tablero de SSAA – 380/220 VAC
14	1	Tablero de SSAA -220 VCC
15	2	Cargadores – Rectificadores
16	5	Celdas.
17	3	Alimentadores en media tensión en 22.9 KV.

Fuente: Propia (2019)

3.2.1.1 Transformador de potencia.

Maquina estática encargada de transformar el nivel de voltaje de 220,000 a 22,900 voltios, marca Schneider Eléctric de 50/60Mva, a la actualidad viene asumiendo una carga de 15 MVA en el sistema eléctrico de Tierras Nuevas.

Por tratarse del elemento eléctrico más importante de un sistema eléctrico de potencia, cada año se realiza pruebas de análisis de aceite de la cuba y el conmutador así mismo las pruebas eléctricas y sus respectivos mantenimientos preventivos, tales como, cambio de sílica gel, ajuste de ferretería para eliminar fuga de aceite dieléctrico.

3.2.1.2 Línea de distribución.

Se tiene tres alimentadores ST-01; ST-02 y ST-03 en 22.9 kv, los cuales transportan energía eléctrica a los usuarios desde la subestación Tierras Nuevas hasta los transformadores de distribución de los clientes, su potencia aproximado en hora punta es de 18MW.

Cuenta con una longitud de línea de 146.33 km y 1,551 estructuras de concreto armado y pino del sur.

3.2.1.3 Alimentador ST-01

Es un circuito en media tensión conformada por estructuras de concreto armado y de madera pino del sur, conductor de aluminio AAAC de 240 mm² y 120mm², abastece exclusivamente a la empresa Agro Olmos y Telefónica (claro) cuenta con 25.5 km de línea en 270 estructuras,

3.2.1.4 Alimentador ST-02

Es un circuito en media tensión conformada por estructuras de concreto armado y pino del sur, conductor de aluminio AAAC de 240mm², 120mm² y 70mm² en derivaciones, cuenta con 56.19km de línea en 573 estructuras, abastece a 19 subestaciones.

3.2.1.5 Alimentador ST-03

Es un circuito en media tensión conformada por estructuras de concreto armado y de madera pino del sur, conductor de aluminio AAAC de 185mm², 150mm² 120mm², cuenta con 708km de línea montada en 708 estructuras.

3.2.1.6 Celdas de distribución

Se cuenta con Cinco celdas de salida tipo "metal clad", de marca siemens, tipo 8BT2, diseñadas para abastecer de energía a cada uno de los alimentadores, son de interruptor extraíble, controladas y monitoreadas por el sistema scada desde el HMI.

Actualmente se tiene tres alimentadores y se cuenta con dos celdas de reserva para el futuro.

3.2.1.7 Reconectores

Se cuenta con tres reconectores uno por cada salida, son de marca ABB, del tipo OVR, en vacío, para cada circuito.

3.2.1.8 Seccionadores tipo Cut Out

Son seccionamientos ubicados en las cabeceras de circuitos, destinados a operar en forma visible en mantenimientos programados, así mismo operan en forma automática al presentarse fallas agua abajo.

3.2.1.9 Conectores tipo Aampác

Es un dispositivo que se usa en empalmes para unir o para cerrar un circuito, mayormente en las estructuras del tipo anclaje, así mismo en derivaciones ya sea en conectar una subestación o un circuito.

3.2.1.10 Aisladores

En las redes eléctricas del sistema eléctrico tierras nuevas se han utilizado materiales aislantes en los diferentes alimentadores tales como de porcelana y polímeros, estos son instalados dependiendo sus especificaciones técnicas.

Son elementos que antes de salir al mercado pasan por rigurosas pruebas de resistencia de aislamiento, mecánicas, voltaje de contorno, pruebas de torsión y otros.

3.3 Identificación de puntos calientes a plena carga en los alimentadores

Se determinó a través de los indicadores que el alimentador ST-02 presenta mayores índices de fallas por tanto se realizó identificación de los puntos calientes a través de la termografía.

3.3.1 Inspección termográfica a doble terna

En la tabla 09 se detallan 23 imágenes térmicas captadas por la cámara termográfica marca Guide, con sus respectivas temperaturas a plena carga, el grado de emisividad es 0.98

Tabla 9. Inspección doble terna

Ítem	N° Estación	Alimentador	N° Foto	T°. Max	Estado	Cámara T
1	01	ST-02	IR002405	25.5	Normal	Guide
2	01	ST-01	IR002406	25.9	Normal	Guide
3	02	ST-02	IR002407	27.9	Normal	Guide
4	02	ST-01	IR002408	26.2	Normal	Guide
5	13	ST-02	IR002409	24.3	Normal	Guide
6	13	ST-01	IR002410	23.9	Normal	Guide
7	26	ST-02	IR002411	24.1	Normal	Guide
8	23	ST-01	IR002412	22.8	Normal	Guide
9	39	ST-02	IR002413	24.1	Normal	Guide
10	39	ST-01	IR002415	25	Normal	Guide
11	52	ST-02	IR002416	25.5	Normal	Guide
12	52	ST-01	IR002417	25.3	Normal	Guide
13	65	ST-02	IR002418	23.8	Normal	Guide
14	65	ST-01	IR002419	26.4	Normal	Guide
15	80	ST-02	IR002420	24.3	Normal	Guide
16	80	ST-01	IR002421	25	Normal	Guide
17	91	ST-02	IR002422	23.5	Normal	Guide
18	91	ST-01	IR002423	24.8	Normal	Guide
19	104	ST-02	IR002424	23.8	Normal	Guide
20	114	ST-01	IR002425	96.9	Critico	Guide
21	114	ST-01	IR002426	35.3	Critico	Guide
22	114	ST-02	IR002427	127.4	Critico	Guide
23	P1-01	ST-01	IR002428	32.7	Critico	Guide

Fuente: propia, 2018

3.3.2 Inspección termografía alimentador de media tensión ST-01

En el siguiente cuadro se detallan 17 imágenes térmicas captadas por la cámara termográfica marca Guide, con sus respectivas temperaturas a plena carga, el grado de emisividad es 0.98

Tabla 10. Resultados del ST-01

Ítem	N° Estación	Alimentador	N° Foto	T° Max	Estado	Cámara T
1	P1-72	ST-01	IR002494	27.4	Normal	Guide
2	P1-67	ST-01	IR002496	28.5	Normal	Guide
3	P1-63	ST-01	IR002498	36.2	Normal	Guide
4	P1-58	ST-01	IR002500	30.9	Normal	Guide
5	P1-54	ST-01	IR002502	29.2	Normal	Guide
6	P1-33	ST-01	IR002505	29.6	Normal	Guide
7	P1-26	ST-01	IR002507	29.6	Normal	Guide
8	P1-17	ST-01	IR002509	30.7	Normal	Guide
9	P1-12	ST-01	IR002511	32.2	Normal	Guide
10	P1-97	ST-01	IR002513	27.1	Normal	Guide
11	P1-104	ST-01	IR002514	26.9	Normal	Guide
12	P1-115	ST-01	IR002515	27.3	Normal	Guide
13	P1-117	ST-01	IR002516	26.7	Normal	Guide
14	P1-122	ST-01	IR002517	28.5	Normal	Guide
15	P1-134	ST-01	IR002518	26.5	Normal	Guide
16	P1-165	ST-01	IR002519	29.6	Normal	Guide
17	P1-168	ST-01	IR002520	28.7	Normal	Guide

Fuente: propia, 2018

3.3.3 Inspección termográfica en alimentador ST-02 P3

En el siguiente cuadro se detallan 39 imágenes térmicas captadas por la cámara termográfica marca Guide, con sus respectivas temperaturas a plena carga, el grado de emisividad es 0.98.

Tabla 11. Resultados de ST-02

Ítem	N° Estación	Alimentador	N° Foto	T° Max	Estado
1	0	ST-02 P3	IR002429	30.5	Normal
2	01	ST-02 P3	IR002430	25.6	Normal
3	02	ST-02 P3	IR002431	39.2	Normal
4	03	ST-02 P3	IR002432	24.5	Normal
5	09	ST-02 P3	IR002433	23.7	Normal
6	14	ST-02 P3	IR002434	23.5	Normal
7	19	ST-02 P3	IR002435	25	Normal
8	24	ST-02 P3	IR002436	23.8	Normal
9	29	ST-02 P3	IR002437	25.2	Normal
10	34	ST-02 P3	IR002438	24.2	Normal
11	39	ST-02 P3	IR002439	25.7	Normal
12	44	ST-02 P3	IR002440	25.3	Normal
13	45	ST-02 P3	IR002441	26.7	Normal
14	45.1	ST-02 P3	IR002442	26.3	Normal
15	52	ST-02 P3	IR002443	22.9	Normal
16	54	ST-02 P3	IR002444	22.9	Normal
17	56	ST-02 P3	IR002445	23.5	Normal
18	58	ST-02 P3	IR002446	27.1	Normal
19	59	ST-02 P3	IR002447	23.3	Normal
20	60	ST-02 P3	IR002448	23.3	Normal
21	64	ST-02 P3	IR002449	24	Normal
22	67	ST-02 P3	IR002450	22.9	Normal
23	71	ST-02 P3	IR002451	23.4	Normal
24	83	ST-02 P3	IR002452	25.1	Normal
25	87	ST-02 P3	IR002453	23.2	Normal
26	87.1	ST-02 P3	IR002454	30.9	Normal
27	92	ST-02 P3	IR002455	24.4	Normal
28	107	ST-02 P3	IR002456	25.2	Normal
29	107	ST-02 P3	IR002457	24.7	Normal
30	110	ST-02 P3	IR002458	23.8	Normal
31	114	ST-02 P3	IR002459	25	Normal
32	194	ST-02 P3	IR002475	26.1	Normal
33	198	ST-02 P3	IR002476	26.9	Normal
34	202	ST-02 P3	IR002477	29.4	Normal
35	202.1	ST-02 P3	IR002478	27.6	Normal
36	203	ST-02 P3	IR002479	26.6	Normal
37	205	ST-02 P3	IR002480	28.8	Normal
38	208	ST-02 P3	IR002481	25.4	Normal
39	209	ST-02 P3	IR002482	22.8	Normal

3.3.4 Inspección termográfica alimentador ST-02

En el siguiente cuadro se detallan 20 imágenes térmicas captadas por la cámara termográfica marca Guide, con sus respectivas temperaturas a plena carga, el grado de emisividad es 0.98

Tabla 12. Inspección ST-02.

Ítem	N° Estación	Alimentador	N° Foto	T° Max	Estado	Cámara T
1	P2-197	T-02 P3	IR002483	29.5	Normal	Guide
2	P2-195	T-02 P3	IR002484	27	Normal	Guide
3	P2-190	T-02 P3	IR002485	28.6	Normal	Guide
4	P2-185	T-02 P3	IR002486	30.6	Normal	Guide
5	P2-180	T-02 P3	IR002487	27.4	Normal	Guide
6	P2-165	T-02 P3	IR002488	30.1	Normal	Guide
7	P2-160	T-02 P3	IR002489	27.2	Normal	Guide
8	P2-127	T-02 P3	IR002490	30	Normal	Guide
9	P2-116	T-02 P3	IR002491	31.9	Normal	Guide
10	P2-107	T-02 P3	IR002492	27.9	Normal	Guide
11	P2-84	T-02 P3	IR002493	28.1	Normal	Guide
12	P2-72	T-02 P3	IR002495	27.4	Normal	Guide
13	P2-67	T-02 P3	IR002497	28.6	Normal	Guide
14	P2-63	T-02 P3	IR002499	28.5	Normal	Guide
15	P2-58	T-02 P3	IR002501	28.6	Normal	Guide
16	P2-54	T-02 P3	IR002503	36.2	Normal	Guide
17	P2-46	T-02 P3	IR002504	34.3	Normal	Guide
18	P2-33	T-02 P3	IR002506	30.9	Normal	Guide
19	P2-26	T-02 P3	IR002508	32.2	Normal	Guide
20	P2-17	T-02 P3	IR002510	29.2	Critico	Guide

Fuente: propia, 2018

3.3.5 Inspección termográfica al alimentador de media tensión ST-03

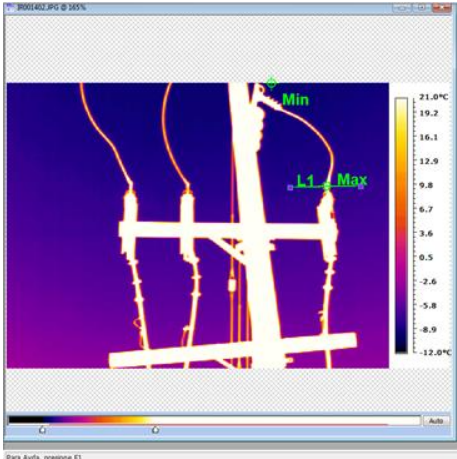
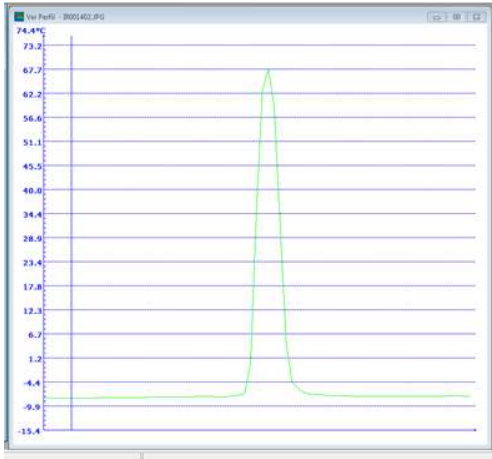
En el siguiente cuadro se detallan 10 imágenes térmicas captadas por la cámara termográfica marca Guide, con sus respectivas temperaturas a plena carga, el grado de emisividad es 0.98

Tabla 13. Resultados ST-03

Ítem	N° Estación	Alimentador	N° Foto	T° Max	Estado	Cámara T
1	ST-03	ST-03 P01	IR002521	36.4	Normal	Guide
2	ST-03	ST-03 P02	IR002522	39.6	Normal	Guide
3	ST-03	ST-03 P013	IR002523	27.9	Normal	Guide
4	ST-03	ST-03 P025	IR002524	25.7	Normal	Guide
5	ST-03	ST-03 P026	IR002525	26.5	Normal	Guide
6	ST-03	ST-03 P027	IR002526	30.9	Normal	Guide
7	ST-03	ST-03 P038	IR002527	93.7	Normal	Guide
8	ST-03	ST-03 P045	IR002528	63.4	Normal	Guide
9	ST-03	ST-03 P060	IR002529	55	Normal	Guide
10	ST-03	ST-03 P069	IR002530	35	Normal	Guide

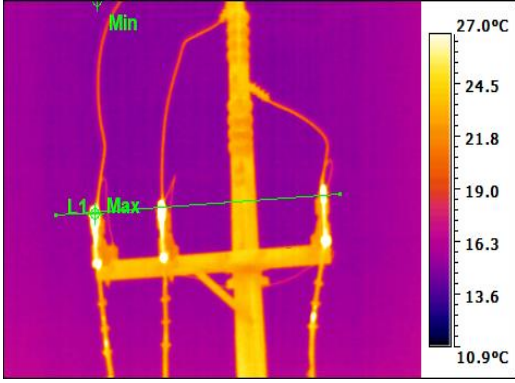
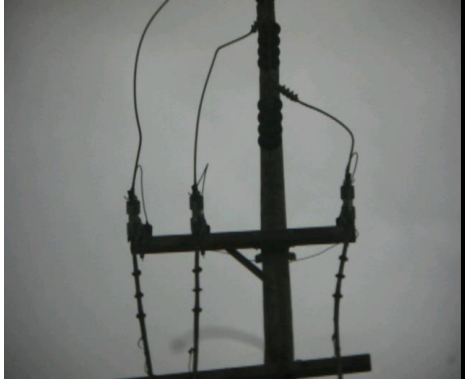




3.3.6 Reporte de puntos calientes detectados

Tabla 14. Resultados de inspección estructura 114 ST-02

INFORMACIÓN: ESTRUCTURA 114 ST-02							
Imagen termográfica	Diagrama						
							
File Name:	IR002427.JPG						
CreateTime:	03/08/2019 12:57:03 p.m.						
Emissivity:	0.98						
Background Temp:	24.6°C						
Max Temp:	R=44.7 S=127.4 T=76						
Min Temp:	13.5°C						
Comentario	En la inspección realizada se detectó en la parte superior de los seccionadores principal tipo Cut Out temperaturas anormales, críticos para el sistema, causa par galvánico(uni3n de aluminio con contactos de cobre), por lo que se necesita el reemplazo de mechas de cobre, para eliminar la corrosi3n en estos puntos. As3 mismo se necesita reemplazar los Cut Out Por seccionamientos tipo cuchillas, porque estos soportan mayor amperaje por sus contactos evitando recalentamiento.						
Análisis de tabla							
Parámetro del Objeto	Valores	Medida correctiva					
Max T°C:	127.4°C	Corregir lo más pronto por encontrarse en grado crítico					
Max: Emisividad:	0.98						
Min T°C:	13.5°C						
Min: Emisividad:	0.98						
L1:Temp.Promedio:	20.0°F						
L1:Temp Max:	118.8°F						
L1:Temp Min:	13.9°F						
L1:Emisividad:	0.98						
Niveles de riesgo							
Bajo	■	Moderado	■	Alto	X	Extremo	■

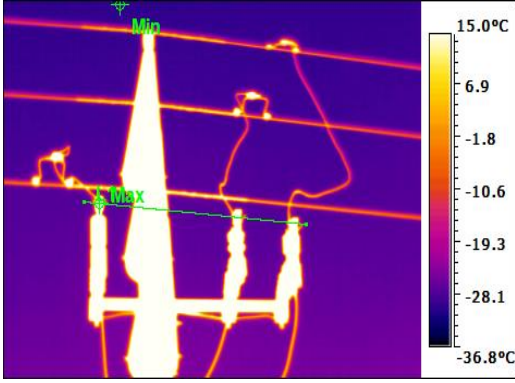

Fuente: Propia, 2019

Tabla 15. Resultado de la inspección estructura 114 ST-01

INFORMACIÓN: ESTRUCTURA 114 ST-01							
Imagen termográfica		Imagen física					
							
File Name:	IR002425.JPG						
CreateTime:	03/08/2019 12:54:05 p.m.						
Emissivity:	0.98						
Background Temp:	24.5°C						
Max Temp:	R=96.9°C S=68.2 T=34						
Min Temp:	14.7°C						
Comentario	<p>En la inspección realizada se detectó en la parte superior de los seccionadores principal tipo Cut Out temperaturas anormales, críticos para el sistema, causa par galvánico(unión de aluminio con contactos de cobre), por lo que se necesita el reemplazo de mechas de cobre, para eliminar la corrosión en estos puntos. Así mismo se necesita reemplazar los Cut Out Por seccionamientos tipo cuchillas, porque estos soportan mayor amperaje por sus contactos evitando recalentamiento</p>						
Análisis de tabla							
Parámetro del Objeto	Valores	Medida correctiva					
Max T°C:	96.9°C	Corregir lo más pronto por encontrarse en grado critico					
Max: Emisividad:	0.98						
Mín T°C:	14.7°C						
Mín: Emisividad:	0.98						
L1:Temp.Promedio:	20.1°F						
L1:Temp Max:	89.3°F						
L1:Temp Min:	15.0°F						
L1:Emisividad:	0.98						
Niveles de riesgo							
Bajo		Moderado		Alto		Extremo	

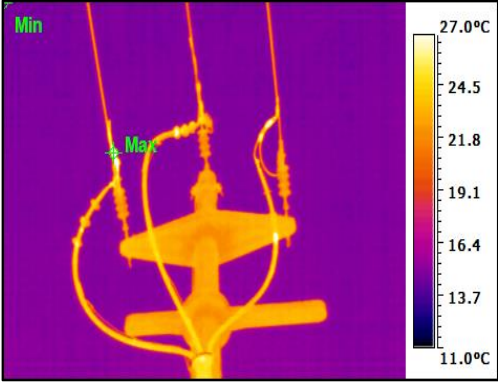

Fuente: Propia, 2019

Tabla 16. Resultado de la inspección estructura 33P1.

INFORMACIÓN: PMI DEL AGRO OLMOS EST.33 P1		
Imagen termográfica		Imagen física
		
File Name:	IR002505.JPG	
CreateTime:	03/08/2019 04:19:52 p.m.	
Emissivity:	0.98	
Background Temp:	32.2°C	
Max Temp:	R=41.5°C S=21.6°C T=24°C	
Min Temp:	-30.5°C	
Comentario	<p>En la inspección realizada se detectó en la parte superior del seccionador principal tipo Cut Out temperaturas es normal, eso representa que el par galvánico es muy bajo por tanto el calentamiento térmico también, se recomienda seguir monitoreando durante los meses siguientes.</p>	
Análisis de tabla		
Parámetro del Objeto	Valores	Medida correctiva
Max T°C:	41.5°C	Evaluar para el próximo mantenimiento, su estado no es crítico.
Max: Emisividad:	0.98	
Mín T°C:	-30.5°C	
Mín: Emisividad:	0.98	
L1:Temp.Promedio:	-7.4°F	
L1:Temp Max:	41.5°F	
L1:Temp Min:	-27.4°F	
L1:Emisividad:	0.98	
Niveles de riesgo		
Bajo	X	Moderado Alto Extremo

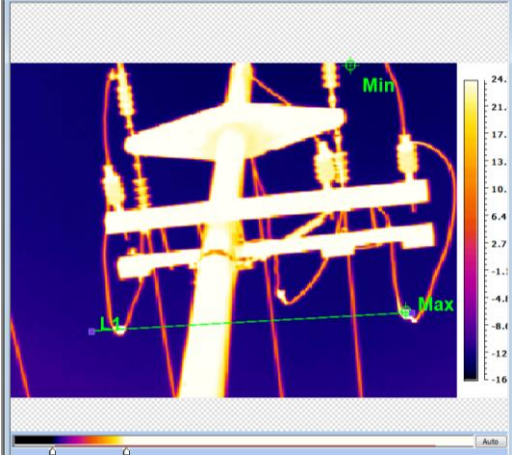
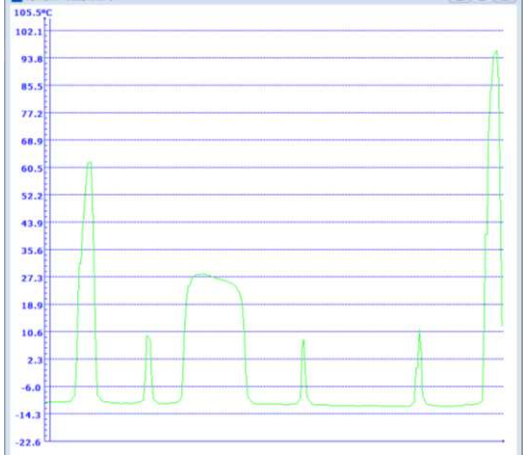
Fuente: Propia, 2019

Tabla 17. Resultado de la inspección a la estructura P1-01.

INFORMACIÓN: ESTRUCTURA P1-01				
Imagen termográfica		Imagen física		
				
File Name:	IR002428.JPG			
CreateTime:	03/08/2019 01:00:02 p.m.			
Emissivity:	0.98			
Background Temp:	24.5°C			
Max Temp:	32.7°C			
Min Temp:	14.5°C			
Comentario	En la inspección se observó todos los puntos de unión con temperaturas estándar de trabajo por tal motivo esta estructura no requiere ningún cambio.			
Análisis de tabla				
Parámetro del Objeto	Valores	Medida correctiva		
Max T°C:	32.7°C	Ninguna, condición normal.		
Max: Emisividad:	0.98			
Mín T°C:	14.5°C			
Mín: Emisividad:	0.98			
L1:Temp.Promedio:	-			
L1:Temp Max:	-			
L1:Temp Min:	-			
L1:Emisividad:	-			
Niveles de riesgo				
Bajo	X	Moderado	Alto	Extremo

Fuente: Propia, 2019

Tabla 18. Resultado de la inspección estructura P1-02.

INFORMACIÓN: ESTRUCTURA P1-02		
Imagen termográfica	Diagrama	
		
File Name:	IR001404.JPG	
CreateTime:	03/08/2019 01:00:02 p.m.	
Emissivity:	0.98	
Background Temp:	24.5°C	
Max Temp:	116.5°C	
Min Temp:	72°C	
Comentario	En la inspección termo grafica realizada se detectó en los cuellos de la estructura P2 del alimentador 1 temperaturas anormales 116.5°C, posible causa, falso contacto en el conector tipo Ampac, recomendaciones utilizar pistola ampac para un ajuste correcto.	
Análisis de tabla		
Parámetro del Objeto	Valores	Medida correctiva
Max T°C:	32.7°C	Cambio de conector Ampac, presenta un Riesgo alto por sobre temperatura.
Max: Emisividad:	0.98	
Min T°C:	14.5°C	
Min: Emisividad:	0.98	
L1:Temp.Promedio:	-	
L1:Temp Max:	-	
L1:Temp Min:	-	
L1:Emisividad:	-	
Niveles de riesgo		
Bajo	Moderado	Alto X
Extremo		

Fuente: Propia, 2019

3.4 Mantenimiento predictivo para disminuir las interrupciones en el sistema eléctrico Tierra Nuevas

Aplicar una estrategia de mantenimiento basado en condición con técnicas de predicción de fallas utilizando tecnología termográfica en las redes eléctricas se buscó minimizar las interrupciones no deseadas e incrementar la confiabilidad reflejándose en los indicadores saidi y saifi, y por ende brindar un buen servicio eléctrico a los usuarios, con la finalidad de mantener estable el sistema eléctrico y reducir recursos innecesario, se plantea realizar periódicamente inspecciones con cámara termográfica para detectar puntos calientes en su estado inicial, y así prevenir interrupciones no programada.

Así mismo rigiéndonos mediante las normas establecidas NFPA 70E Y NFPA 70B y las citas bibliográficas para un mejor entendimiento de lo referente en termografía aplicando criterios técnicos.

3.4.1 Proceso de mantenimiento predictivo mediante la termografía

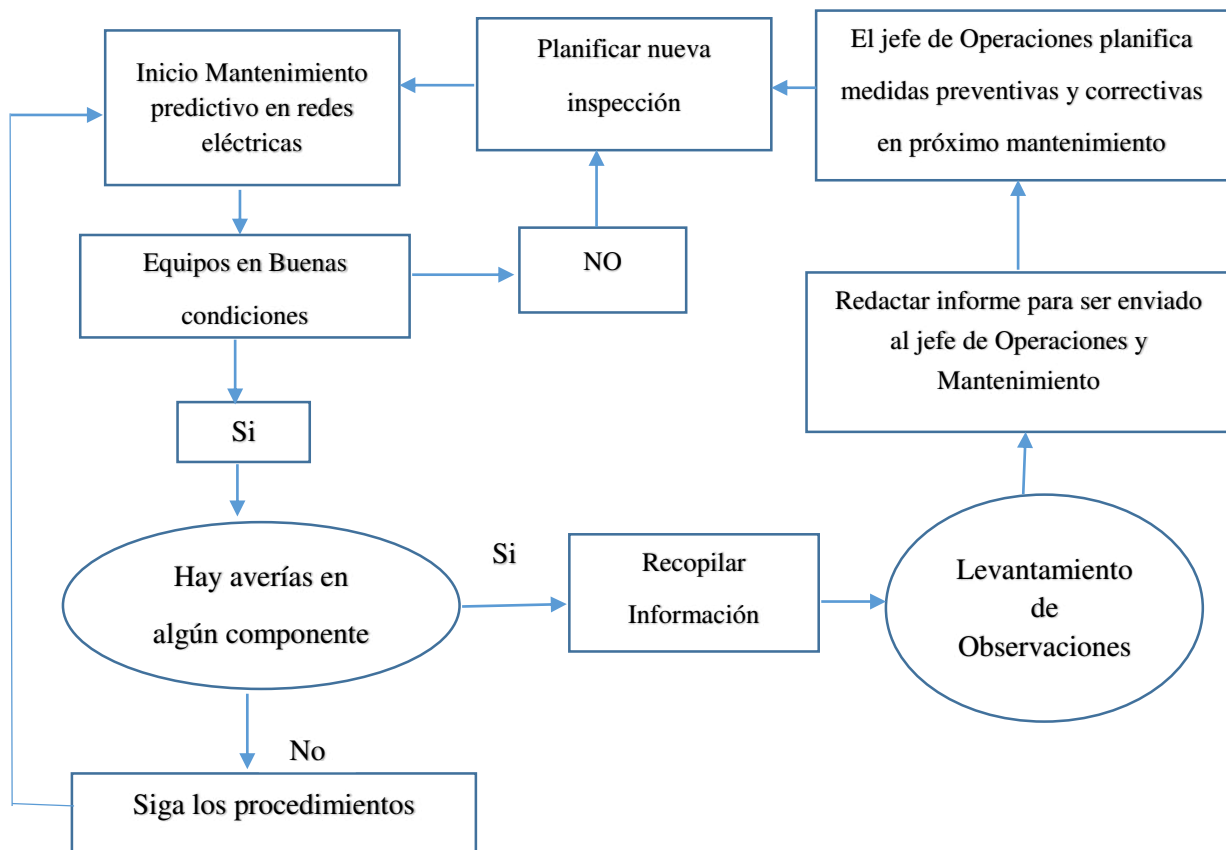


Figura 1. Algoritmo de proceso de mantenimiento usando termografía.

Fuente: Propia, 2019

En años anteriores semestralmente se realizaba mantenimiento preventivo, el cual consistía en realizar un corte programado a todo el sistema eléctrico por ocho horas, y con personal eventual realizar limpieza en forma manual a todas las partes aislantes, en algunas oportunidades, después del mantenimiento se tenía interrupciones esto debido a puntos calientes originados por falsos contactos, los cuales no eran solucionados por que no se tenía evidencia, esto creaba malestares a los usuarios, con la implementación de este plan antes de realizar un mantenimiento se realiza inspección con cámara termográfica y se cuantifica los puntos calientes, los cuales son corregidos en su totalidad.

La frecuencia de inspecciones termográficas depende de varios factores tales como las estadísticas de interrupciones, fallas ya presentadas anteriormente por temas de sobrecalentamiento en sus contactos eléctricos.

Tabla 19. Tabla de frecuencias para mantenimiento predictivo.

Sistema	Frecuencia
Subestaciones de alta tensión	Anual
Transformadores de potencia	Anual
Línea de distribución	Semestral
Motores de gran potencia	Anual

Fuente: Yepez, 2016

3.4.2 Criterios de diseño de la estrategia de mantenimiento

Para el diseño de esta estrategia de mantenimiento se ha tomado en cuenta planificar un procedimiento, el cual consiste primeramente en capturar la imagen, y grabar los resultados en el mismo dispositivo, estos después serán analizados y programar solucionarlos, en el caso que una de las imágenes capturadas resulta valores altos el cual pone en riesgo la continuidad del sistema eléctrico o en su defecto riesgos mayores, este se solucionará en el acto, dependiendo el grado de criticidad del sistema.

3.4.3 Metodología para la inspección actividad

Para esto se tiene en cuenta tres métodos importantes, método comparativo, inicial y tendencia, en cada alimentador se realizará inspecciones con cámara infrarroja, con mayor énfasis a los componentes donde existe esfuerzo mecánico y en puntos de conexión, estos fueron analizado por el método comparativo, la cual se tomó como referencia las temperaturas de los componentes.

3.4.4 Determinación de estrategia de mantenimiento

La gestión de mantenimiento es una estrategia para optimizar la confiabilidad operacional de un sistema, teniendo en cuenta los indicadores ya establecidos anualmente, por lo que priorizan realizar mantenimientos más efectivos, en base a la criticidad de los activos, para tomar las mejores decisiones respecto a las parada total o parcial del sistema y no crear malestar a los usuarios, se debe análisis los tiempos de corte y aplicar la jerarquización de cada alimentador.

3.4.5 Matriz de criticidad

Matriz de criticidad es una herramienta importante para analizar en forma rápida los elementos o equipos más críticos de un determinado alimentador o un sistema eléctrico en un determinado tiempo, además se cuenta con códigos de colores, el cual te permite identificar el grado de criticidad de un elemento o un sistema eléctrico.

En la figura se muestra la matriz de criticidad con sus respectivos colores

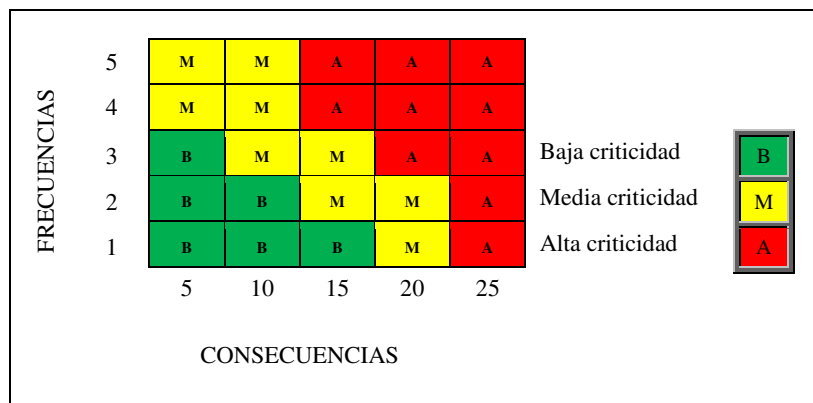


Figura 2. Matriz de criticidad

Fuente. Propia, 2019

La criticidad se determina mediante la operación de la multiplicación la frecuencia de una falla por sus consecuencias estas pueden ser impactos a la productividad, a la seguridad, al medio ambiente, costos de mantenimiento y flexibilidad operacional. Se representa por la siguiente ecuación.

$$Criticidad = Frecuencia * Consecuencia$$

3.4.6 Pasos de análisis de criticidad

Existen varios pasos para analizar el grado de criticidad de un equipo.

- **Definir el nivel de Análisis.** En este paso el análisis se tiene en cuenta la jerarquización de los activos, la instalación general, sistema, equipo o elemento.
- **Definir la Criticidad.** En este paso se tiene en cuenta las fallas con más frecuencias y el impacto total del sistema, en el caso de no contar con registros, se tiene en cuenta las opiniones de personas expertas, para definir con precisión se usa tres parámetros muy necesarios como la severidad la ocurrencia y la detección.

Severidad es una calificación que indica la seriedad del efecto del modo potencial de falla del sistema, la gravedad siempre se aplica al efecto de un modo de falla, de hecho, existe una correlación directa entre efecto y severidad. Por ejemplo, si el efecto es crítico, la gravedad es alta, si el efecto no es crítico, la gravedad es mínima o baja (Stamatis, 2015, p. 116).

Ocurrencia es el valor de calificación correspondiente al estimado número (a veces número acumulado) de fallas que podrían ocurrir por una causa determinada durante la vida de diseño del sistema para identificar la frecuencia para cada una de las causas (Stamatis, 2015, p. 121).

Detección es una calificación que corresponde a la probabilidad de que los controles del sistema propuestos detectarían una causa raíz específica de un modo de falla, causas de primer nivel (Stamatis, 2015, p. 124).

Tabla 20. Definir la criticidad

Proceso: Distribución de energía eléctrica en 22.9KV			
Frecuencia de fallas		Costos de mantenimiento	
▪ 1 falla/año	1	Menor a \$.1000,00.	1
▪ 2 a 3 fallas/año	2	Mayor a \$.1000,00	2
▪ 4 a 10 fallas/año	3	Flexibilidad operacional	
▪ 10 a 20 fallas/año	4	▪ Repuestos en stock	1
▪ < a 20 fallas/año	5	▪ Hay repuesto compartido	2
		▪ No hay repuesto	3
Impacto operacional		Impacto en seguridad y ambiental	
▪ No hay parda de proceso ni subsistemas	1	▪ No afecta al personal y al ambiente.	1
▪ Repercute en costos operacionales	2	▪ Los impactos no pasan los estándares.	2
▪ Parada del sub Sistema sin afectar a otro.	3	▪ Afecta las instalaciones causando daños menores.	3
▪ Paraliza la producción.	4	▪ Afecta las instalaciones causando daños graves.	4
▪ Parada total de línea	5	▪ Afecta a la seguridad de todo el personal.	5

Fuente. Martínez (2019)

Tabla 21. Evaluación de criticidad de los sistemas.

Evaluación de criticidad del sistema eléctrico								
SISTEMAS	FRECUENCIA	SEGURIDAD Y AMBIENTE	FLEXIBILIDAD OPERACIONAL	COSTO DE MANTENIMIENTO	IMPACTO OPERACIONAL	CONSECUENCIAS	TOTAL	JERARQUIZACION DE CRITICIDAD
Subestación y control de operaciones	1	1	2	1	5	10	10	Baja
Sistema eléctrico primario (alimentadores)	3	1	1	2	5	9	27	Alta
Sistema eléctrico secundario	1	1	1	1	2	5	5	Baja

Matriz de criticidad

	5	10	15	20	25
5	Amo	Amo	Alto	Alto	Alto
4	Amo	Amo	Alto	Alto	Alto
3	Bajo	Amo	Amo	Alto	Alto (1)
2	Bajo	Bajo	Amo	Amo	Alto
1	Bajo (1)	Bajo (1)	Bajo	Amo	Alto

CONSECUENCIAS

Sistemas críticos:	1
Sistema criticidad media	0
Sistema no crítico:	2

Fuente: Propia, 2019

Se determina que los sistemas más críticos son los del sistema eléctrico primario este sistema está conformado por los alimentadores ST-01, ST-02 y ST-03, de los cuales se determinó que el alimentador ST-02 es el que más presenta índices de fallas como se observa en los indicadores del SAIFI Y SAIDI, en el año 2018 se registró más interrupciones por lo que se dejó de abastecer de energía eléctrica a los usuarios. Los modos y las causas de fallas fueron.

Tabla 22. Modos de fallas en alimentadores

ítem	Modo de falla
1	Fallas por responsabilidad de Coelvisac (internas)
2	Fallas ocasionadas por los clientes (externas)
3	Fallas por la naturaleza (propias)

Fuente. Propia, 2019

Tabla 23. Causas de fallas en alimentadores

ítem	Causa de falla
1	Colisión vehicular.
2	Sulfatamiento en contactos de los seccionamientos tipo Cut Out.
3	Sulfatamiento de los conectores bimetálicos.
4	Desprendimiento de conductor de aluminio en media tensión.
5	Humedad relativa.
6	Fallas a tierra.

Fuente. Propia, 2019

Todas las fallas son recuperadas dependiendo el grado crítico.

3.4.7 Actividades predictivas

Con la finalidad de eliminar o minimizar cortes no deseados a causa de fallas de algún componente eléctrico en los alimentadores de media tensión de las redes eléctricas de Coelvisac y así garantizar la continuidad del servicio eléctrico, se realiza un plan de mantenimiento predictivo utilizando termografía infrarrojo, teniendo en cuenta que en la zona presenta alto grado de corrosión, calentamiento por inducción o por mal ajuste de los contactos y conectores bimetálicos o conectores tipo Ampac, los cuales serán detectados por la termografía.

3.4.8 Criterio de diseño para el mantenimiento predictivo

Se usa este criterio básicamente entre la diferencia de temperatura de dos puntos, lo cual un punto se toma como referencia en condiciones normal y el otro punto que presente falla, para luego estos ser analizados y evaluar la severidad.

- Inspección Termográfica. Es el técnico capacitado, el cual se le encomienda cumplir con la inspección de campo, encargado de tomar las muestras y guardarlos en el software de la cámara, así mismo debe tener conocimiento de las distancias mínimas de seguridad de los niveles de voltaje.
- Termografía Comparativa. Es el proceso más utilizado por los termógrafos ya que mediante esta técnica es la más eficaz para determinar puntos críticos.
- Frecuencia de inspección termo grafica en subestación y alimentadores. La frecuencia de inspección dependerá de la gestión del área de operaciones y mantenimiento, donde prevalecerá las estadísticas de interrupciones de cada una de las empresas.
- En redes eléctricas de media tensión se debe realizar trimestralmente para detectar algunas posibles anomalías en los elementos.

3.4.9 Programa de mantenimiento predictivo

El mantenimiento predictivo se basa en el monitoreo periódicamente, en este caso la cámara termo grafica es la herramienta principal para esta actividad, la detección de fallas en los sistemas eléctricos, teniendo en cuenta las estadísticas, factores, ambientes contaminantes y hurtos de conductores. Para realizar las inspecciones se siguió los siguientes métodos:

Tabla 24. Definición de tareas y requisitos previos.

Definición de la Tarea	Requisitos
El personal encargado del mantenimiento, previas coordinaciones se recibe la orden de inicio del mantenimiento predictivo con cámara termográfica, así mismo los protocolos de seguridad y planos de los circuitos a intervenir.	✓ Contar con el personal calificado para esta actividad.
	✓ Conocer la Máxima demanda del sistema eléctrico, en este caso es recomendable de lunes a viernes de 09:00am hasta las 14:00hrs aproximadamente.
	✓ Contar con cámara termográfica debidamente calibrada e inspeccionada por indecopi.
	✓ Contar con los equipos de protección personal.
	✓ Validar que los alimentadores estén a plena carga.
	✓ Contar con diagramas unifilares actualizados.
	✓ Se debe tener en cuenta factores ambientales.

Fuente. Propia, 2019.

Para la ejecución es necesario el uso de equipos de protección personal y accesorios complementarios para poder realizar los trabajos con seguridad ya que se trabaja con tensiones de 22.9kv.

Tabla 25 Uso de los implementos y elementos complementario

EPP	Protección
Casco	De cabeza ante golpes o caídas de objetos
Anteojos	De la vista ante proyecciones de partículas en el aire
Arnés	Ante caídas a desnivel
Guantes de protección mecánica	Ante cortes, golpes y otros.
Zapatos de seguridad dieléctrica	De los pies ante caídas y descargas eléctricas
Ropa Ignifuga	Del cuerpo ante agresiones mecánicas o térmicas

Accesorios complementarios	Descripción
Pértiga	Para el uso de colocación de cubiertas y puentes
Elementos de señalización	Mallas, conos, palitroques, delimita las zona de trabajo donde deben estar las únicas personas autorizadas
Escalera telescópica	Para trabajos en altura

Fuente. Propia, 2019.

3.4.10 Ejecución de actividad de inspección con cámara termográfica

Se realizó inspección termografica en las redes eléctricas de coelvisac, en el sistema eléctrico en 22.9 Kv, poniendo en conocimiento las bibliografías, conceptos y temas aprendidos en clases.

Se inicia la actividad en el alimentador ST-01 y ST-02 doble terna, siguiendo en forma accedente, encontrándose tres observaciones críticas.

- Primera observación critica en la estructura 114 del ST-01 y ST-02, en la parte superior de los seccionamientos tipo cut out, fase R y T respectivamente, registrando una temperatura de 96.9°C y 127°C respectivamente.
- Segunda observación, en la estructura 32 PMI del cliente Agro-Olmos en la fase R en el seccionamiento cut out registro 41°C.
- En la derivación del alimentador 01 en la estructura 02, se detectó conector tipo ampac en el cuello de la fase R 116.5°C

Solución.

A raíz de los resultados, la empresa Coelvisac realizó la compra de seccionamientos tipo cuchillas las mismas que reemplazaron a los seccionadores tipo cut out, en la estructura 114 y derivaciones con mayor carga de lo cual se detalla a continuación.

Tabla 26. Datos técnicos de seccionador tipo cuchilla seleccionado.

Datos de seccionamiento tipo cuchilla	
Tipo:	STD CD
Tensión:	27 Kv
Corriente:	600 amperios
Línea de fuga:	150kvbil
Marca:	ABB

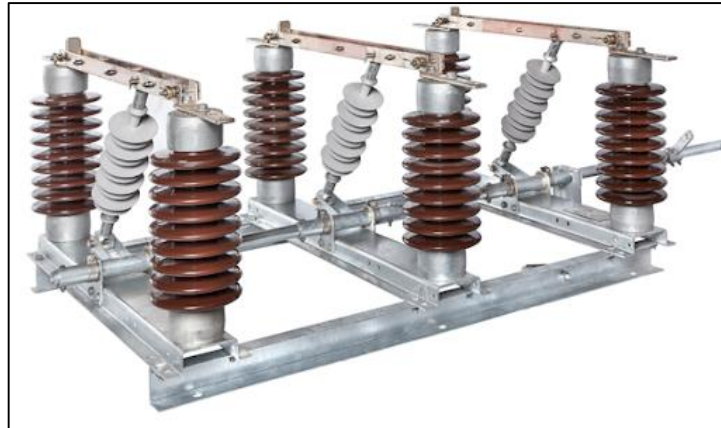



Figura 3. Seccionamiento tipo cuchilla, seleccionado y cambiado.

Fuente. Coelvisac, 2019

Tabla 27. Plan de mantenimiento predictivo para el sistema eléctrico Tierras Nuevas

 PLAN DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO ANUAL EN EL SISTEMA ELÉCTRICO TIERRAS NUEVAS-COELVISAC																
Objetivo: Asegurar la continuidad del servicio eléctrico, las infraestructuras y todo el equipamiento se encuentren en óptimas condiciones de operatividad.																
Alcance: Aplicar a todos los alimentadores de media tensión en el sistema eléctrico de propiedad de Coelvisac																
N°	MANTENIMIENTO	EJECUTOR	FRECUENCIA	ZONAS											OBSERVACIONES	CUMPLIMIENTO
				1		2		3		4		5				
				ST-01		ST-02		ST-03		Subestaciones		LÍNEA DE TRANSMISIÓN L-2163				
				P	E	P	E	P	E	P	E	P	E			
1	Planificar Mantenimiento predictivo	Área Mantenimiento predictivo	TRIMESTR	ENERO												
				FEBRERO	P		P		P		P		P			
				MARZO		E		E		E		E		E		
				ABRIL												
2	Realizar Inspecciones termograficas	Área Mantenimiento predictivo	TRIMESTR	MAYO	P		P	P		P		P		P		
				JUNIO		E		E		E		E		E		
				JULIO												
				AGOST												
3	Ejecutar cambios según inspección termografica	Área Mantenimiento predictivo	TRIMESTR	SETIE	P	E	P	E	P	E	P	E	P	E		
				OCTUB						E		E		E		
				NOV												
				DICIE												

Fuente: Coelvisac

Leyenda p= Programado E=Ejecutado

Tabla 28. Sistema eléctrico Tierras Nuevas, metrado general.

Auditoría de	Estructuras Línea	Subestaciones	RECLOSER	PMI	SEC	Long. Línea (Km)-Aérea	CALIBRE	Long. Línea (Km)-Subterránea	CALIBRE	TOTAL
ALIMENTADOR ST01										25.52
Tramo Principal	114	0	1		1	9.17	AAAC-240	0.00		9.17
Derivación P1	78	1		1	1	8.16	AAAC-120	0.03	N2XSY-120	8.19
Derivación P2	78	1		2	1	8.16	AAAC-120	0.00		8.16
ALIMENTADOR ST02										56.19
Tramo Principal	114	0	1		1	9.17	AAAC-240	0.00		9.17
Derivación P3-Tramo principal	212	19	1	10	1	22.53	AAAC-120	0.08	N2XSY-120	22.61
Derivación P3-45	211	5	0	5	1	21.02	AAAC-120			21.02
Derivación P3-194	36		0	0	1	3.40	AAAC-70			3.40
ALIMENTADOR ST03										64.72
Tramo Principal Doble Terna	76		1			6.78	AAAC-150			6.78
Tramo Principal Simple Terna	235			2	1	18.33	AAAC-185			18.33
Derivación P1	94	8			2	9.73	AAAC-120			9.73
Derivación P2	162	10	0	3	3	16.49	AAAC-120			16.49
Derivación P2-116	124		1	7		11.84	AAAC-120			11.84
Derivación P3	17	2		3	1	1.55	AAAC-120			1.55
TOTAL	1551	46	5	33	14	146.33		0.11		146.33

Fuente: Propia Coelvisac, 2019

Tabla 29. Resultados críticos detectados con cámara Termográfica.

ÍTEM	N° EST	FASE	FOTO	TEMP MAX	ALIMENTADOR	OBSERVACIÓN	ESTADO	GRADO SEVERIDAD	POSIBLE CAUSA	RECOMENDACIONES
1.0	114	R	IR002425	96.9°C	ST-01 TN	Alta temperatura en la entrada del Cut Out	Critico	4	Falso contacto, par galvánico	Reparar inmediatamente
	114	S	IR002425	68.2°C	ST-01 TN	Alta temperatura en la entrada del Cut Out	Critico	4	Falso contacto, par galvánico	Reparar inmediatamente
	114	T	IR002425	34°C	ST-01 TN	Alta temperatura en la entrada del Cut Out	No Critico	4	Falso contacto, par galvánico	Reparar en próxima parada
2.0	114	R	IR002427	44.7°C	ST-02 TN	Alta temperatura en la entrada del Cut Out	Critico	4	Falso contacto, par galvánico	Reparar inmediatamente
	114	S	IR002427	127°C	ST-02 TN	Alta temperatura en la entrada del Cut Out	Critico	4	Falso contacto, par galvánico	Reparar inmediatamente
	114	T	IR002427	76°C	ST-02 TN	Alta temperatura en la entrada del Cut Out	Critico	4	Falso contacto, par galvánico	Reparar inmediatamente
3.0	P-2	R	IR001404	116.5°C	ST-02 TN	Alta temperatura en los cuellos	Critico	4	Falso contacto, corrosión.	Reparar inmediatamente
	P-2	T	IR001404	72°C	ST-02 TN	Alta temperatura en los cuellos	Critico	4	Falso contacto, corrosión.	Reparar inmediatamente
4.0	P1-33	R	IR002505	41.5°C	PMI Agroolmos	Seccionamiento de PMI Agro Olmos	Programar	4	Falso contacto, par galvánico	Programar cambio

IV. DISCUSIÓN

En esta investigación se encontró defectos en las conexiones de los seccionamientos tipos Cut Out, de los alimentadores en 22.9kv, en las mediciones realizadas se observó puntos calientes mayores a los normales a pesar de que estos seccionadores son diseñados y fabricados bajo normas o estándares, con los resultados de este proyecto se pone en discusión sobre los detalles técnicos emitidos por el fabricante ya que las capacidades de corrientes no son siempre las que especifican, hay un alto grado de deficiencia cuando este es instalado y puesto en operación a una carga de 85% a 90%, resulta que se producen sulfataciones en los puntos de contactos, generando falsos contactos y consecuentemente salida del servicio por este tipo de falla, es necesario que el fabricante realice pruebas en ambientes más severos para poder encontrar nuevas variables para un buen diseño.

Después de la implementación del mantenimiento se da soluciones a las fallas en los cut out cambiándolos por seccionadores tipo cuchilla estos resisten mayor corriente mayor a los 600 amperios con esto el sistema tiene mayor disponibilidad porque ya no se interrumpirá por falsos contactos, pero hay una desventaja el circuito queda sin protección (fusibles) porque los seccionadores tipo cuchillas son solo puentes eléctricos sin fusibles, para esto es necesario el uso de un recloser en cada derivación para evitar sacar de servicio a la red principal de distribución afectando a todos los clientes conectados a esta red cuando ocurra algún desperfecto o falla.

El análisis de criticidad es una técnica muy efectiva, gracias a esta se pudo demostrar que sistemas son los más vulnerables a las fallas por sus índices de frecuencia y ocurrencia, en este caso estoy de acuerdo con Martínez (2019) quien determinó la criticidad de los sistemas y subsistemas para usar mayores recursos en los equipos más críticos incrementando la confiabilidad y disponibilidad de los equipos, también concuerdo con Aguila (2018) en su tesis mantenimiento predictivo para la detección de fallas tempranas aumentando un 3.5% de disponibilidad de los equipos, gracias a esta técnica de jerarquización de sistemas y equipos.

La termografía es una práctica muy eficaz en los mantenimientos predictivos, esta nos ayudó a detectar puntos calientes en el sistema eléctrico tierras nuevas, gracias a esta actividad se pudo disminuir las interrupciones y mejorar la calidad del servicio eléctrico, concuerdo con Gallo Benjamín (2018) quien utilizó esta técnica de mantenimiento en detección de fallas en transformadores y alimentadores de la Empresa Eléctrica CNEL EP Bolívar, gracias a la gran posibilidad de realizar este tipo de mantenimiento sin tener contacto directo con las redes energizadas se puede predeterminar las posibles fallas en un futuro permitiendo ahorrar grandes pérdidas económicas no solo del cliente que se abastece también al proveedor de la energía.

El mantenimiento de las redes eléctricas actualmente se realiza de forma convencional, se contrata personal por una maniobra específica donde se realiza limpieza general de ferretería inspección de puntos de unión inspección de estructuras, pero no se puede observar mas ya que estos trabajos se realizan en frio sin energía, al estar en frio todos los efectos que se producen no es perceptible al ojo humano, basándose en esta técnica convencional hay muchas pérdidas y no se realiza un mantenimiento adecuado en los puntos necesarios. Por esto yo discuto, que la técnica basada en condición es una de las más adecuadas para evaluar sistemas en caliente, así se puede determinar cuándo realizar una intervención usando termografía, esta se debe implementar y normalizar en los estándares nacionales para que nuestros sistemas eléctricos puedan tener continuidad, mayor rentabilidad y generando bienestar para la sociedad.

Para el desarrollo de esta estrategia de mantenimiento se debe conocer bien al sistema que se va a evaluar o inspeccionar, así mismo las características térmicas de los elementos o componentes que integran el sistema eléctrico, esto con la finalidad de tomar las mejores decisiones en todos sus contextos ya sean operacionales y de seguridad.

V. CONCLUSIONES

- Se analizó las interrupciones producidas durante 1 año (2018), con esta información se determinó a través de los indicadores de SAIFI Y SAIDI que los alimentadores en 22.9KV son los que presentaron más fallas de todo el sistema eléctrico existente, estas fallas fueron producidas mayormente por falsos contactos y corrosión producto de la misma operación a la intemperie.
- Se realizó una auditoria en todo el sistema eléctrico donde se describió los componentes de este sistema, como subestación, red primaria, esta está compuesta por los 03 alimentadores ST-01, ST-02, ST-03 sumando una carga máxima de 18MVA y cuentan con un sistema de protección y seguridad contra descargas atmosféricas y fugas a tierra.
- Se analizó los puntos calientes con cámara termográfica, esto permitió encontrar las estructuras con mayores riesgos de fallas, estos puntos calientes se presentaron en los seccionadores tipo cut out y en los conectores Ampac (derivaciones de circuitos).
- Se elaboró una estrategia de mantenimiento predictivo usando tecnología termográfica, se aplicó esta técnica previamente se identificó los sistemas más críticos a través de una matriz de criticidad, en esta matriz se determinó que los sistemas más críticos son los alimentadores.

VI. RECOMENDACIONES

- En los alimentadores principal se debe utilizar seccionamientos tipo cuchillas, ya que sus contactos están diseñados para corrientes hasta más de 600amperios.
- Se recomienda instalar mechas de cobre en los ingresos y salidas de los seccionamientos.
- Toda empresa eléctrica o mecánica debe contar con cámara termográfica, ya que con la utilización de la misma detectará fallas de falsos contactos.
- Se recomienda utilizar pistola Ampac en los cierres de los circuitos con conectores tipo Ampac.
- Se recomienda programar periódicamente mantenimiento predictivo con cámara termográfica a las redes de distribución incluyendo las subestaciones de potencia y la línea de transmisión en 220.000 voltios.
- Se recomienda capacitaciones al personal de operaciones y mantenimiento en esta tecnología de mantenimiento basado en condición usando a termografía.
- Se debe planificar el ruteo antes de inicio de la actividad.

REFERENCIAS

Águila A, 2018, Efecto de Técnica de Mantenimiento Predictivo en la Detención Temprana de Fallas en los equipos Rotativos de la empresa Ambev Perú Sac, Trujillo, obtenido de <http://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/11205>.

Aldana D, 2017, Aplicación de la termografía infrarroja como método de inspección no destructivo para el mantenimiento predictivo del proceso de extrusión de tubería en PVC. Bogotá, Colombia, 2017, <http://www.bdigital.unal.edu.co/59301/>

Asare K, Quansah G, (2019), Investigative analysis to determine safety priority levels for power distribution equipment using Infrared Thermography: The case study of related ancillary equipment located within selected substations in Kumasi Metropolis, Date of Submission: 28-07-2019, publicado en doi: 10.9790/1676-1404011631

Bartknecht F, Siegfried M, Weber H, 2019, Sensors Solutions and Predictive Maintenance Tools to Decrease Kiln and Conveyor Belt Downtime, **Publisher:** IEEE, obtenida de doi: 10.1109/CITCON.2019.8729094, **Date Added to IEEE Xplore:** 06 June 2019

Behzad M, Kim H, Behzad M, Asghari H, Improving sustainability performance of heating facilities in a central boiler room by condition-based maintenance, Republica de Corea, publicado en www.elsevier.com/locate/jclepro, el 26 de setiembre del 2018, obtenida de doi: 10.1016/j.jclepro.2018.09.221

Byrd J, (2019), PREDICTIVE MAINTENANCE PRACTICES & STANDARDS, First online date Posted date 10.06.2019. <https://doi.org/10.25394/PGS.8074376.v1>

Bousdekis A, Lepenioti K, Ntalaperas D, Vergeti D, Apostolou D, Boursinos V, (2019), A RAMI 4.0 View of Predictive Maintenance: Software Architecture, Platform and Case Study in Steel Industry, [/doi.org/10.1007/978-3-030-20948-3_9](https://doi.org/10.1007/978-3-030-20948-3_9)

Cabrera G, 2018, “Mantenimiento predictivo con Aplicación de un sistema Termografico para optimizar los indicadores de calidad de suministro en los Alimentadores de Media Tensión Trujillo Nor Oeste”, Trujillo, Obtenido de repositorio.ucv.edu.pe/handle/UCV/26581.

Caiza N, 2016, “Termografía industrial en motores eléctricos de la planta soguar s.a. para determinar parámetros de mantenimiento predictivo.”, Abanto- Ecuador, 2016 <http://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/21752>

Camacho C, Forero D y Sarmiento H, 2017, La Termografía como herramienta de Diagnostico Predictivo para los elementos eléctricos conectados a la Red Energía, Pereira, obtenido de repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/handle/11059/7467/62136C172.pdf?...1.

Carvalho T, Alphonsus F, Vita R, Piedad R, P. Francisco, Basto J, Alcalá S, 2019, A systematic literature review of machine learning methods applied to predictive maintenance, publicado en Elsevier, 2019, 04; visualizado en doi: [10.1016/j.cie.2019.106024](https://doi.org/10.1016/j.cie.2019.106024)

Cherres D, Ñausta J, 2015, “ Estudio de Implementación del Sistema de Mantenimiento Predictivo en la compañía Ecuatoriana del Caucho Erco”, Cuenca, Diciembre 2015, Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/11282/1/UPS-CT005547.pdf>.

Chico D, Londoño L, 2014, Diagnóstico termográfico de la subestación de energía eléctrica del edificio 1, bloque b-bb, piso 0-p0 de la universidad tecnológica de Pereira, Junio del 2014, <https://core.ac.uk/download/pdf/71397927.pdf>

Choudhary A, Goyal D, Létha S, Akula A, 2018, “Condición Monitoreo y Diagnóstico de fallos de los motores de inducción: una revisión, Barcelona España, Published septiembre 2018, por Cross Mark, ; visualizado en doi: [org/10.1007/s11831-018-9286-z](https://doi.org/10.1007/s11831-018-9286-z) (

Gallo D, (2018),” Mantenimiento Predictivo utilizando la técnica de la termografía en Transformadores y Alimentadores de la Empresa eléctrica CNEL Ep Bolivar”, Ecuador Obtenido de dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/31314.

Garcia G, Morales L, Osornio R, Benitez J, Garcia A, Romero R,(2014), Fault detection in induction motors and the impact on the kinematic chain through thermographic analysis, publicado en Elsevier, 30.03.2014, doi: [10.1016/j.epsr.2014.03.031](https://doi.org/10.1016/j.epsr.2014.03.031)

Dragomir A, Adam M, Andrușcă M, 2019, A Review about Wireless Monitoring of Electrical Equipment Temperature, Date of Conference: 28-30 March 2019, publicado en doi: [10.1109/ATEE.2019.8725019](https://doi.org/10.1109/ATEE.2019.8725019).

Felipe Y, 2016, “ Análisis Termográfico de la Subestación San Lorenzo y su Alimentador Primario Principal para elaborar un plan de Mantenimiento Predictivo, Ibarra Ecuador, Octubre, 2016, obtenido por <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/5681>.

Ferreira R, Silva B, Teixeira G, Andrade R, Porto M, (2018), Uncertainty analysis applied to electrical components diagnosis by infrared thermography, Accepted Date: 13 September 2018, publicado por: DOI: <https://doi.org/10.1016/j.measurement.2018.09.036>

Fonseca M, Holanda U, Cabral J, Moya J, 2017, Maintenance Tools applied to Electric Generators to Improve Energy Efficiency and Power Quality of Thermoelectric Power Plants, Published: 26 July 2017, por Energies; visualizado en doi: 10.3390/en10081091

Ibarra M, 2018, “ Propuesta de una Metodología que permite optimizar el uso de los recursos asociados al plan de Mantenimiento de la Subestación de Ínsula de la empresa Centrales Eléctricas del Norte de Santander, San José de Cucuta, 2016, obtenido por <http://repository.unilibre.edu.co/handle/10901/15399>

Kabir F, Foggo B, Member S and Yu N, (2018), Data Driven Predictive Maintenance of Distribution Transformers, publicado en 19-09-2018

Leligou H, Zahariadis T, Sarakis L, Tsampasis E, (2018), Smart Grid:ademading use case for 5Gtechnologies, 08 October 2018, visualizado por doi: 10.1109/PERCOMW.2018.8480296

Lucchi E, (2017), Applications of the infrared thermography in the energy audit of buildings: A review, publicada en Elsevier el 26.10.2017, en doi: 10.1016/j.rser.2017.10.031,

Lughofer E, Sayed M, 2019, Prologue: Predictive Maintenance in Dynamic Systems, published: 2019, por dinámicos, visualizado en doi: 10.1007/978-3-030-05645-2_1

Ullah I , Yang F , Khan R, Liu L , Yang H , Gao B , Sun K , 2017 , Predictive Maintenance of Power Substation Equipment by Infrared Thermography Using a Machine-Learnin Approach , Publicado en Energies , **2017**, 10, 1987; visualizado en doi:10.3390/en10121987

Martínez G, (2018), Implementación de Termografía como herramienta de Mantenimiento e Inspección en la Universidad Católica de Colombia, 2018, Bogota, Obtenido de <https://repository.ucatolica.edu.co/.../PROPUESTA%20PARA%20LA%20IMPLEMEN>.

Massaro A, Galiano A, Meuli G, Massari S, 2018, Overview and application of enabling technologies oriented on energy routing monitoring, on network installation and on predictive maintenance, International Journal of Artificial Intelligence and Applications (IJIA), Vol.9, No.2, March 2018, doi: 10.5121/ijia.2018.9201

Molenda J, Charchalis A, (2019), Preliminary research of possibility of using thermovision for diagnosis and predictive maintenance of marine engines, Journal of KONBiN 2019, doi: 10.2478/jok-2019-0050

Mosquera A, 2015, Optimización de Proyectos de Mantenimiento de Redes de Distribución Eléctrica, basado en el riesgo de la Ocurrencia de Fallas de sus equipos, Cuenca, obtenido de <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/23303>.

Nasiri A, Taheri A, Omid M, Maria G,(2019), Intelligent fault diagnosis of cooling radiator based on deep learning analysis of infrared thermal images, publicado por Elsevier, aprobado en, Available online 19 September 2019

Nazmul A, Taib S, 2013, Application of infrared thermography for predictive/preventive maintenance of thermal defect in electrical equipment, Publicado en Elsevier, disponible el 02-08-2013; visualizado en doi: 10.1016/j.applthermaleng.2013.07.028

Newport R, (2019), Improving Mechanical System Reliability with Infrared NDT, All content following this page was uploaded by Ron Newport on 11 February 2019, R Newport - researchgate.net, Kelowna, Columbia Británica

Orellana P, 2018, Propuesta de la Integración de Drones, como recursos en el plan de Mantenimiento de la sección de Líneas de Transmisión del Sistema Central de la empresa de Transporte y control de la energía Eléctrica del Inde, Guatemala, Obtenido de www.repositorio.usac.edu.gt/10923

Ribeiro P, Pereira R, Rodrigues P, 2019, Didactic Switchgear for Teaching Thermographic Inspection for Electrical Maintenance, publicado en IEEE, 2019, 06; visualizado en doi: 10.1109/RITA.2019.2922855

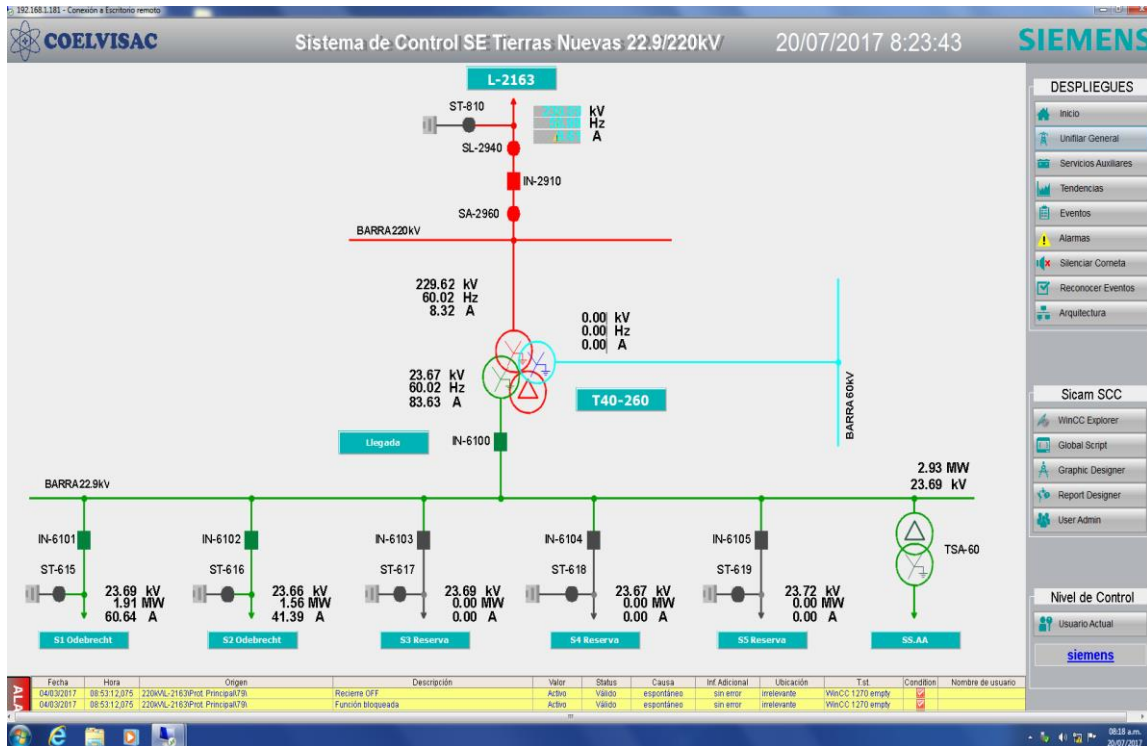
Rizkin B, Popovich K, Hartman R, 2019, Artificial Neural Network control of thermoelectrically-cooled microfluidics using computer vision based on IR thermography, Available online 4 December 2018 por la revista Elsevier, doi: 10.1016/j.compchemeng.2018.11.016

Toledo, C.; Serrano-Lujan, L.; Abad, J.; Lampitelli, A.; Urbina, A. Measurement of Thermal and Electrical Parameters in Photovoltaic Systems for Predictive and Cross-Correlated Monitorization. *Energies* 2019, *12*, 668.

Vera A, 2017, Implementación de Mantenimiento Preventivo para mejorar la disponibilidad de la Maquinaria en la Empresa Grúas América Sac. Santa Anita 2017, obtenido de

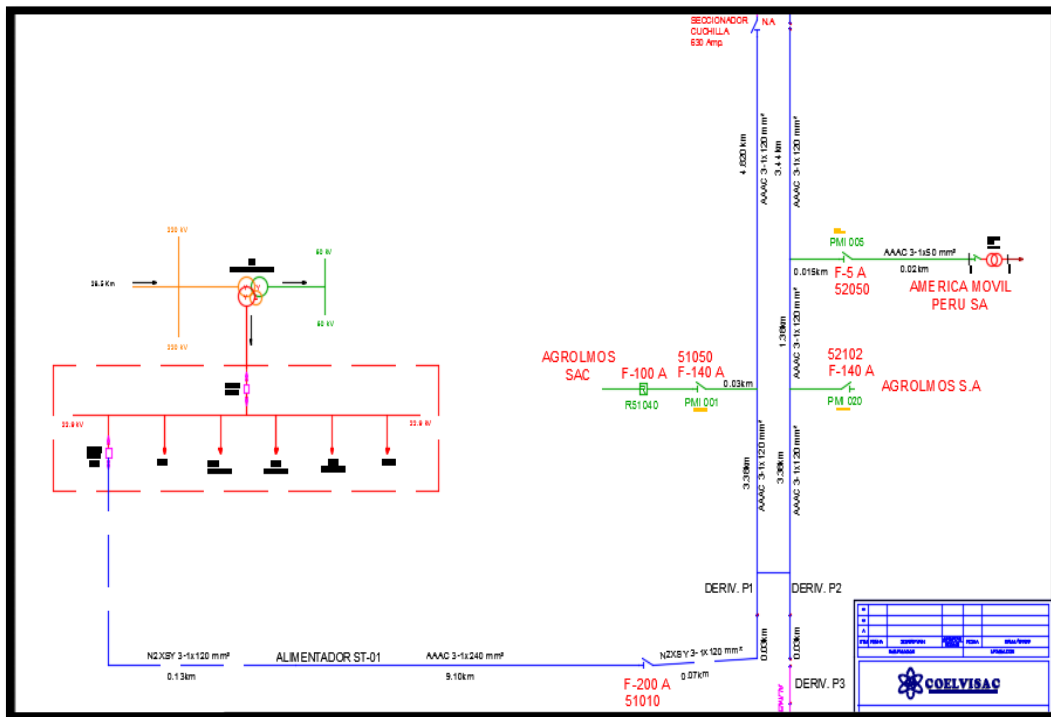
ANEXOS

➤ Sistema eléctrico tierras nuevas



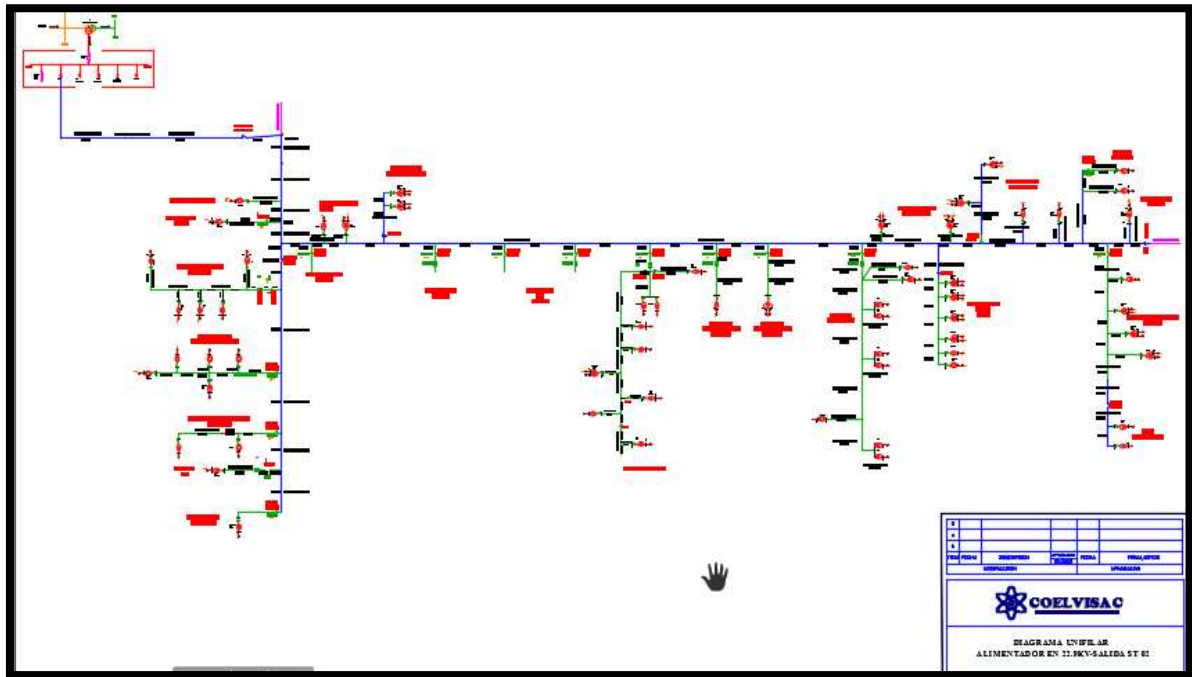
Fuente: Coelvisac 2017

➤ Alimentador ST-01



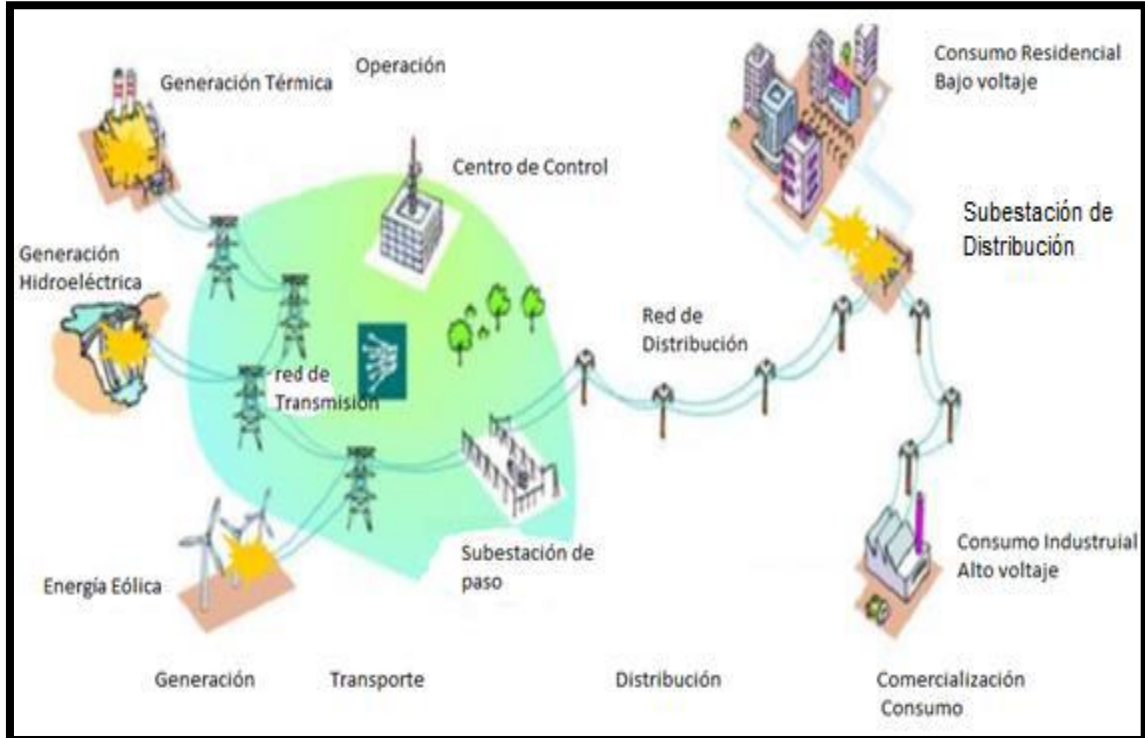
Fuente: Propia Coelvisac, 2019

➤ Alimentador ST-02



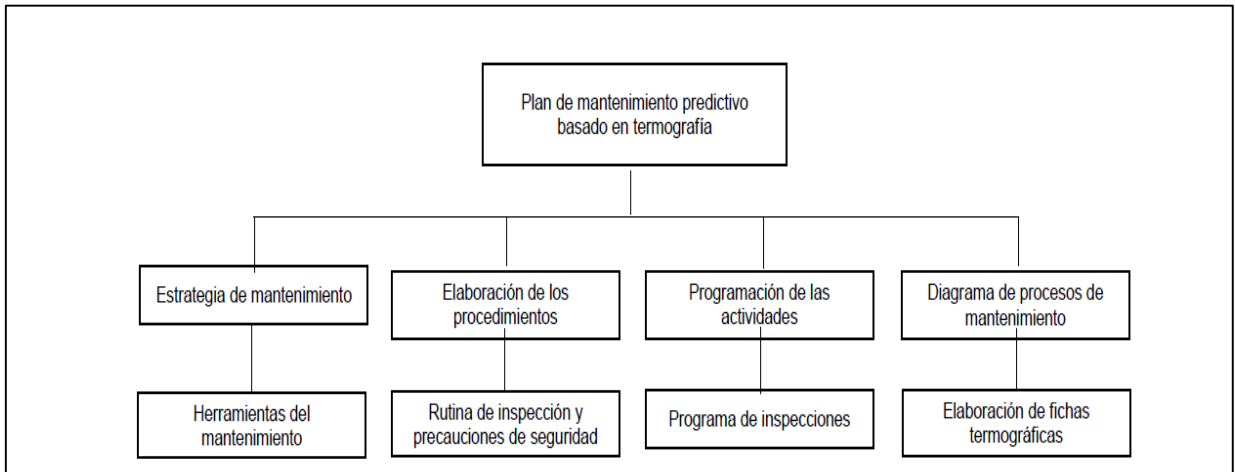
Fuente: Propia

➤ Composición de un sistema de distribución.



Fuente: Mosquera (2015)

➤ Organización de mantenimiento basado en termografía.



Fuente: Yepez (2016)

➤ Cronograma de actividades para el desarrollo del proyecto.

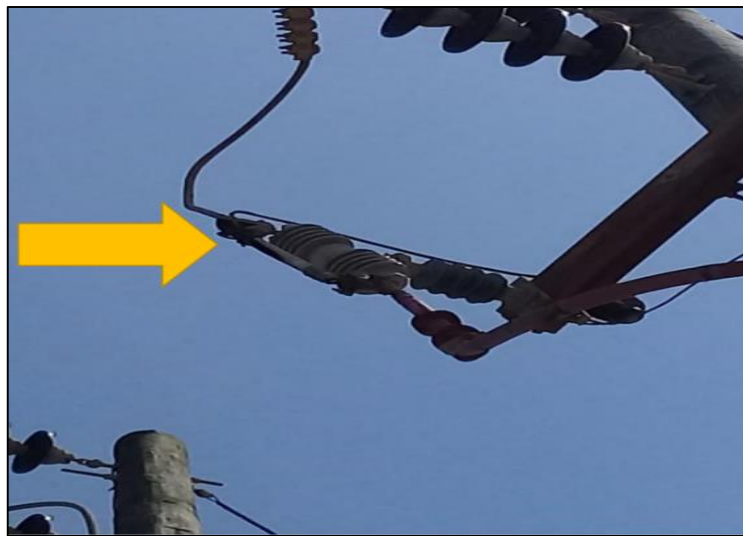
Cronograma de Actividades		Semanas															
Ítem	Actividades	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
		1	Elaborar el plan de Mantenimiento predictivo en el sistema Tierras Nuevas	■	■	■	■	■	■	■	■	■					
2	Mapear los equipos a intervenir	■	■	■													
3	Realizar Metodos priorizar los equipos					■	■										
4	Elaborar cronogramas de inspección termografica						■	■									
5	Implementación del Mantenimiento Predictivo										■	■	■	■	■	■	■
6	Realizar la inspección										■	■	■				
7	Evaluar los datos obtenidos											■	■	■			
8	Realizar informes con las observaciones encontradas												■	■			
9	Revisar indicadores de equipos														■	■	
10	Entrega del material al responsable															■	■

Fuente: Propia Coelvisac

➤ Frecuencias de mantenimiento recomendada

Mantenimiento en:	Frecuencia de las inspecciones
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

Autor: Yepez (2016)



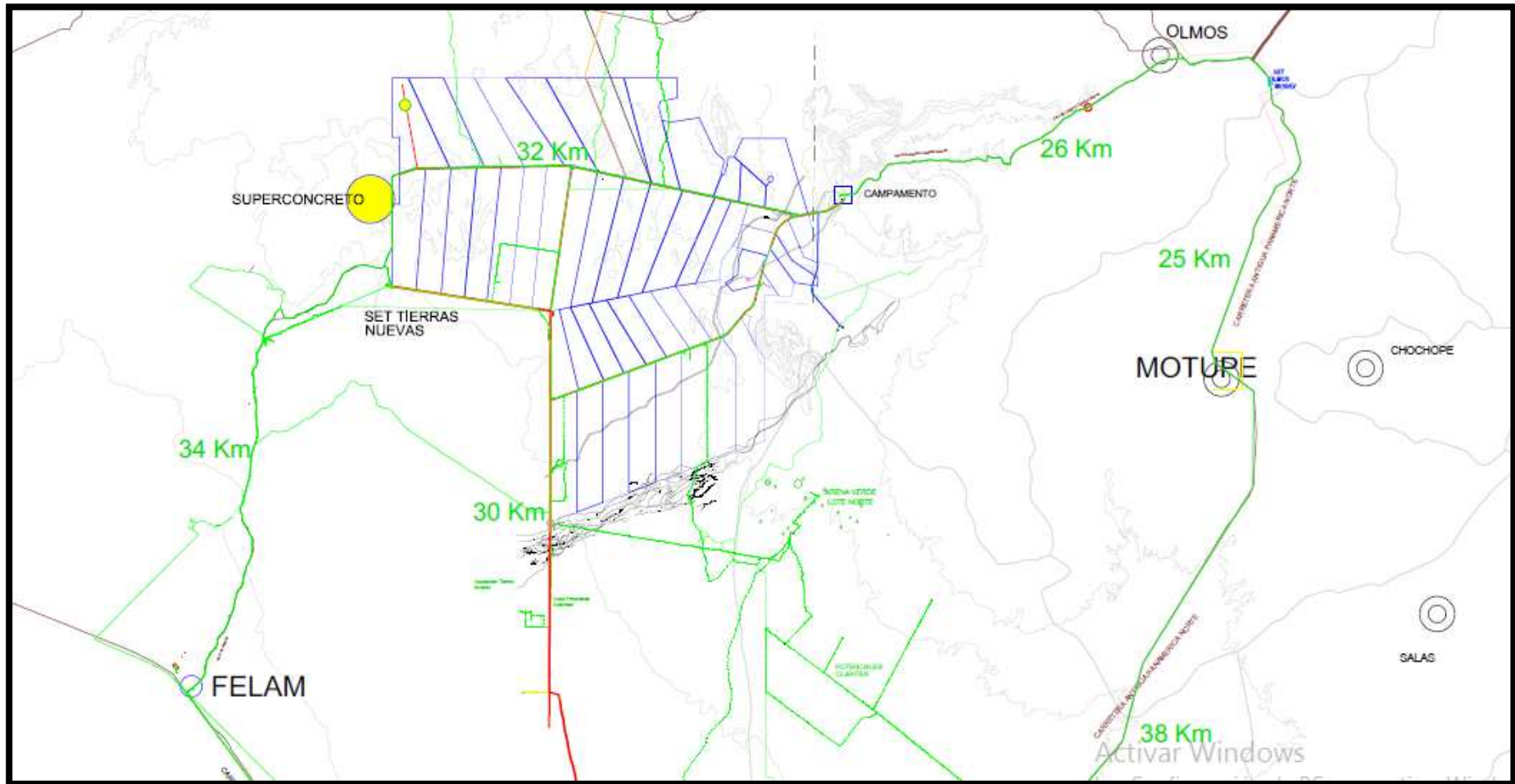
Estructura 114 ST-02

Fuente: propia



Fuente: propia coelvisac,2019

➤ Plano del sistema eléctrico tierras nuevas



➤ Interrupciones en el Sistema Eléctrico Tierras Nuevas

Item	ALIMENTADOR	CARGA INT	FECHA INT	HORA INT	FECHA REP	HORA REP	KW/H DEJADO DE VENDER	DURACIÓN	MOTIVOS
1	ST02	4.72	09/01/2018	14:44:30	09/01/2018	14:44:54	00:01:53	00:00:24	Apertura del INT -6102 Celda N°2 (por fusible abierto EXT 114 FASE "R" y DER P3 canilla quemada Fase "R" , se encontró unión de fases altura PMI 147)
2	ST02	1.70	10/01/2018	15:00:13	10/01/2018	16:59:55	03:23:29	01:59:42	Trabajos de separación de fases de Linea en DER al Lote B12A, DER P3 PMI 147 anulación bajada CUTOOUT fase "R", Limpieza SECC. EXT 114 DER P2 y DER P3
3	ST03	0.49	19/01/2018	11:10:30	19/01/2018	11:13:27	00:01:27	00:02:57	Apertura del IN-6105, gallinazo choco a la linea originando sobre corriente (50/51), estr#27 línea Obrainsa.
4	ST01	0.29	02/02/2018	15:33:01	02/02/2018	17:16:13	00:29:56	01:43:12	Expansión de Redes en MT
5	ST02	2.44	09/02/2018	15:07:45	09/02/2018	15:12:27	00:11:28	00:04:42	Apertura del INT -6102 Celda N°2 Por trabajos de expansion de redes en alimentador ST02 Derivacion P3 MOVILIARIA VILLA CAMPO .
6	ST02	5.20	21/02/2018	11:29:59	21/02/2018	11:30:24	00:02:10	00:00:25	03 Fusibles fundidos 40 A en el seccionamiento de la derivación P3-45 (Línea Sureños) y ha ocasionado la caída de dos fusibles 100 A EN LA P3
7	ST02	3.15	22/02/2018	16:30:32	22/02/2018	16:36:21	00:18:19	00:05:49	Apertura del INT -6102 Celda ST02 (DER P3-45 Los Sureños cambio CUT OUT Fases "R , T" y revision CUT OUT Fase "T")
8	ST02	3.20	04/03/2018	08:14:25	04/03/2018	08:17:15	00:09:04	00:02:50	Apertura del INT -6102 Celda ST02 (DER P3-45 Los Sureños cambio CUT OUT Fases "R , T" y revision CUT OUT Fase "T")
9	ST02	2.81	04/03/2018	13:09:14	04/03/2018	13:09:53	00:01:50	00:00:39	Apertura del INT -6102 Celda ST02 (Derivacion P3 debido a trabajos de Mantenimiento Preventivo y Expansión de Redes).
10	ST03	0.11	21/03/2018	16:05:45	21/03/2018	16:50:28	00:04:55	00:44:43	Apertura del INT -6105 Celda ST05 (POR INSTALACION DE TERCERA SUB ESTACION TRAF0 DE 630 KVA)
11	ST02	3.16	28/03/2018	13:59:03	28/03/2018	14:24:13	01:19:32	00:25:10	Salida de servicio alimentador ST02 por sobrecorriente instantanea y tierra (50/51 y 50N/51N) Caída de postes 204,203 por terceros maquinaria
12	ST02	0.84	28/03/2018	22:53:24	28/03/2018	23:26:28	00:27:47	00:33:04	Apertura del INT -6102 Celda ST02 (Por Reparacion de FALLAS).
13	ST02	1.56	08/04/2018	08:08:35	08/04/2018	08:10:14	00:02:34	00:01:39	Efectuar limpieza de aisladores Der P3 (apertura IN-6102 para abrir fusibles sin carga Seccionamiento DER P3) .
14	ST02	1.37	08/04/2018	15:09:03	08/04/2018	15:09:43	00:00:55	00:00:40	Termino limpieza de aisladores Der P3 (apertura IN-6102 para cerrar fusibles sin carga Seccionamiento DER P3) .
15	ST01	3.63	02/05/2018	11:48:29	02/05/2018	14:52:15	11:07:04	03:03:46	Accidente Vehicular Derivacion P1 Estructura 37,38,39
16	ST01	0.07	27/05/2018	07:32:09	27/05/2018	13:52:00	00:26:35	06:19:51	Mtto preventivo, reforzamiento de redes MT
17	ST01	0.50	22/07/2018	08:00:00	22/07/2018	17:42:14	04:51:07	09:42:14	Mantenimiento preventivo celda ST01 .
18	ST02	0.90	22/07/2018	08:02:00	22/07/2018	17:42:27	08:42:24	09:40:27	Mantenimiento preventivo celda ST02 .
19	ST03	0.03	22/07/2018	08:04:00	22/07/2018	17:42:57	00:17:22	09:38:57	Mantenimiento preventivo celdas ST05 y ST03, Se cambio cables de salida de celda ST05 a ST03 .
20	ST02	3.44	02/08/2018	12:32:28	02/08/2018	13:08:37	02:04:21	00:36:09	Apertura del INT -6102 Celda N°2 maniobra por emergencia DR-P3 Portafusible quemado cambio de cut out dañado Fase R
21	ST02	2.00	15/08/2018	16:31:17	15/08/2018	18:24:38	03:46:42	01:53:21	Expansion en redes de Media Tension 22.9kv .Fundo Chimu Cliente Nuevo y conexión de un Transformador de 100 kva
22	ST01	1.95	29/08/2018	07:35:37	29/08/2018	07:54:17	00:36:24	00:18:40	Sobre corriente a tierra equipo SL-2930 Ave hace contacto
23	ST02	2.90	29/08/2018	07:35:37	29/08/2018	07:54:27	00:54:37	00:18:50	Sobre corriente a tierra equipo SL-2930 Ave hace contacto
24	ST03	0.08	29/08/2018	07:35:37	29/08/2018	07:54:33	00:01:31	00:18:56	Sobre corriente a tierra equipo SL-2930 Ave hace contacto
25	ST02	0.2	02/09/2018	03:40:29	02/09/2018	05:40:30	00:24:00	02:00:01	Reparacion de Cutout Estructura 114 Fase T, poe encontrarse la lengüeta fundida.
26	ST01	2.79	06/10/2018	14:49:49	06/10/2018	21:11:20	17:44:26	06:21:31	Se apertura IN-6101 Sobrecorriente a Tierra 50N/51N (Por caída de cruceta debido a poste quemado Est 007 doble terna).
27	ST02	5.28	06/10/2018	15:57:14	06/10/2018	21:11:28	03:39:09	05:14:14	Se apertura IN-6102 Sobrecorriente a Tierra 50N/51N (Por caída de cruceta debido a poste quemado Est 007 doble terna).
28	ST01	2.37	20/10/2018	13:24:40	20/10/2018	13:36:21	00:27:41	00:11:41	Arranque fase T, se realiza maniobra de abrir ST-01 IN-6101 (por actuacion proteccion , dif,de trafo activada 87 T en RELE F003 y L-2163
29	ST02	3.57	20/10/2018	13:24:34	20/10/2018	13:36:34	00:42:50	00:12:00	Arranque fase S-T ,se realiza maniobra de abrir ST-02 IN-6102 (por actuacion proteccion , dif,de trafo activada 87 T en RELE F003

30	ST03	0.20	20/10/2018	13:24:25	20/10/2018	13:36:45	00:02:28	00:12:20	no se registra evento de arranque se realiza maniobra de abrir ST-03 IN-6103 (por actuacion proteccion , dif,de trafo activada 87 T en RELE F003
31	ST01	2.91	23/10/2018	09:03:40	23/10/2018	09:06:09	00:07:14	00:02:29	no se registra evento de arranque,se realiza maniobra de abrir ST-01 IN-6101 (por proteccion dif trafo, funcion activada 87 T en RELE F003
32	ST02	4.42	23/10/2018	09:03:48	23/10/2018	09:06:26	00:11:38	00:02:38	Arranque fase T,N se realiza maniobra de abrir ST-02 IN-6102 (por actuacion proteccion , dif,de trafo activada 87 T en RELE F003
33	ST03	0.21	23/10/2018	09:04:21	23/10/2018	09:06:35	00:00:28	00:02:14	no se registra evento de arranque,se realiza maniobra de abrir ST-03 IN-6103 (por proteccion dif trafo, funcion activada 87 T en RELE F003
34	ST03	0.05	11/11/2018	08:02:03	16/11/2018	08:52:18	00:02:31	00:50:15	Desconexion celda ST-03 por actividades programadas Instalacion de crucetas,ailadores tipo pin y accesorios queda desconctado
35	ST03	0.01	18/11/2018	08:11:53	18/11/2018	15:51:49	00:04:36	07:39:56	Desconexion celda ST-03 por actividades programadas trabajos de culminacion reforzamiento radial ST03.
36	ST01	0.80	25/11/2018	07:53:55	25/11/2018	16:11:23	06:37:58	08:17:28	Trabajos de Reforzamiento de redes y Mantenimiento Correctivo
37	ST02	1.10	25/11/2018	07:53:55	25/11/2018	15:57:15	08:51:40	08:03:20	Trabajos de Reforzamiento de redes y Mantenimiento Correctivo
38	ST03	0.06	25/11/2018	07:53:55	25/11/2018	15:59:12	00:29:07	08:05:17	Trabajos de Reforzamiento de redes y Mantenimiento Correctivo
39	ST01	0.346	02/12/2018	05:09:18	02/12/2018	05:39:26	00:10:26	00:30:08	SE PRESENCIO FOGONASO DESCARGA ELECTRICA SA-2952 L-2162 PIURA OESTE ,RELE REGISTRO ARRANQUE TIERRA .
40	ST02	1.715	02/12/2018	05:09:18	02/12/2018	05:39:37	00:52:00	00:30:19	SE PRESENCIO FOGONASO DESCARGA ELECTRICA SA-2952 L-2162 PIURA OESTE ,RELE REGISTRO ARRANQUE TIERRA .
41	ST03	1.497	02/12/2018	05:09:18	02/12/2018	05:39:43	00:45:32	00:30:25	SE PRESENCIO FOGONASO DESCARGA ELECTRICA SA-2952 L-2162 PIURA OESTE ,RELE REGISTRO ARRANQUE TIERRA .
42	ST01	0.312	03/12/2018	03:57:45	03/12/2018	04:09:11	00:03:34	00:11:26	SE PRESENCIO FOGONASO DESCARGA ELECTRICA SA-2952 L-2162 PIURA OESTE ,RELE REGISTRO ARRANQUE TIERRA .
43	ST02	0.765	03/12/2018	03:57:45	03/12/2018	04:09:31	00:09:00	00:11:46	SE PRESENCIO FOGONASO DESCARGA ELECTRICA SA-2952 L-2162 PIURA OESTE ,RELE REGISTRO ARRANQUE TIERRA .
44	ST03	0.769	03/12/2018	03:57:45	03/12/2018	04:09:51	00:09:18	00:12:06	SE PRESENCIO FOGONASO DESCARGA ELECTRICA SA-2953 L-2238 CHICLAYO OESTE ,RELE REGISTRO ARRANQUE TIERRA .
45	ST01	0.261	03/12/2018	05:20:41	03/12/2018	05:31:01	00:02:42	00:10:20	SE PRESENCIO FOGONASO DESCARGA ELECTRICA SA-2953 L-2238 CHICLAYO OESTE ,RELE REGISTRO ARRANQUE TIERRA .
46	ST02	0.586	03/12/2018	05:20:41	03/12/2018	05:31:08	00:06:07	00:10:27	SE PRESENCIO FOGONASO DESCARGA ELECTRICA SA-2953 L-2238 CHICLAYO OESTE ,RELE REGISTRO ARRANQUE TIERRA .
47	ST03	0.812	03/12/2018	05:20:41	03/12/2018	05:31:13	00:08:33	00:10:32	SE PRESENCIO FOGONASO DESCARGA ELECTRICA SA-2953 L-2238 CHICLAYO OESTE ,RELE REGISTRO ARRANQUE TIERRA .
48	ST01	0.269	03/12/2018	06:06:22	03/12/2018	06:12:01	00:01:31	00:05:39	SE PRESENCIO FOGONASO DESCARGA ELECTRICA SA-2953 L-2238 CHICLAYO OESTE ,RELE REGISTRO ARRANQUE TIERRA .
49	ST02	0.671	03/12/2018	06:06:22	03/12/2018	06:12:08	00:03:52	00:05:46	SE PRESENCIO FOGONASO DESCARGA ELECTRICA SA-2953 L-2238 CHICLAYO OESTE ,RELE REGISTRO ARRANQUE TIERRA .
50	ST03	0.752	03/12/2018	06:06:22	03/12/2018	06:12:14	00:04:25	00:05:52	SE PRESENCIO FOGONASO DESCARGA ELECTRICA SA-2953 L-2238 CHICLAYO OESTE ,RELE REGISTRO ARRANQUE TIERRA .
51	ST01	0.283	03/12/2018	06:29:49	03/12/2018	09:16:37	00:47:12	02:46:48	SE PRESENCIO FOGONASO DESCARGA ELECTRICA SA-2953 L-2238 CHICLAYO OESTE ,RELE REGISTRO ARRANQUE TIERRA .
52	ST02	0.577	03/12/2018	06:29:49	03/12/2018	09:16:45	01:36:19	02:46:56	SE PRESENCIO FOGONASO DESCARGA ELECTRICA SA-2953 L-2238 CHICLAYO OESTE ,RELE REGISTRO ARRANQUE TIERRA .
53	ST03	0.614	03/12/2018	06:29:49	03/12/2018	09:16:51	01:42:34	02:47:02	SE PRESENCIO FOGONASO DESCARGA ELECTRICA SA-2953 L-2238 CHICLAYO OESTE ,RELE REGISTRO ARRANQUE TIERRA .
54	ST02	1.92	07/12/2018	17:21:47	07/12/2018	18:46:50	02:43:18	01:25:03	Se presento problema en Cut Out del seccionamiento ST-02 fase "R" en la estructura 114DT, Se reemplazo por seccionamiento tipo cuchilla silicon
55	ST02	2.62	21/12/2018	16:55:24	21/12/2018	17:05:44	00:27:04	00:10:20	abrir cuellos estructura P3 071 lo cual Alimenta cooperacion Agricola Olmos . levantamiento de observacion osinergmin agricola olmos chapi
56	ST02	1.57	21/12/2018	18:56:51	21/12/2018	19:11:21	00:22:46	00:14:30	cerrar cuellos estructura P3 071 lo cual Alimenta cooperacion Agricola Olmos . levantamiento de observacion osinergmin agricola olmos chapi

Autor: Propia Coelvisac