



Análisis de termografía aplicada en las líneas eléctricas del alimentador de la Subestación ‘Crucita’

Thermography analysis applied to the power lines of the feeder of the ‘Crucita’ Substation

Thermography analysis applied to the power lines of the feeder of the ‘Crucita’ Substation

Erick Manuel Mora Reyna ^I
erick.mora199407@gmail.com
<http://orcid.org/0000-0001-6467-9786>

Ítalo Navarrete García ^{II}
italogarcia@gmail.com
<http://orcid.org/0000-0003-0798-3321>

Yolanda Llosas Albuerno ^{III}
yolandaalbuerno@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-5713-0565>

Correspondencia: erick.mora199407@gmail.com

Ciencias Técnicas y Aplicadas
Artículo de Investigación

* **Recibido:** 23 de julio de 2022 * **Aceptado:** 12 de agosto de 2022 * **Publicado:** 2 de septiembre de 2022

- I. Estudiante del Instituto de Posgrado, Universidad Técnica de Manabí, del Programa Maestría Académica en Mención de Mantenimiento Industrial, Portoviejo, Manabí, Ecuador.
- II. Universidad Técnica de Manabí, Ecuador.
- III. Universidad Técnica de Manabí, Ecuador.

Resumen

La investigación abordó la termografía, como herramienta clave en las líneas eléctricas, que visualiza la temperatura a distancia que generan los soportes de la línea eléctrica, evitando que se generen fallos eléctricos y pérdidas económicas en la Subestación Crucita, que se encarga de almacenar energía y de la distribución eléctrica y cuenta con capacidad de 13.8 KvA (Kilovontaperios) de media tensión a 35.000 habitantes. Por ello como metodología fue necesario la elaboración de un plan de mantenimiento predictivo mediante la técnica moderna, que sirvió como herramienta útil para detectar fallas, de los alimentadores de distribución de medio voltaje (13,8 kV) que salen de la subestación, donde se realizaron mediciones para determinar los puntos calientes dentro de las redes eléctricas. Los resultados mostraron, que para la búsqueda de afectaciones los operadores pueden hacer uso de la cámara termográfica FLUKE TiS65, que posee grandes ventajas y beneficios a la hora de realizar estudios termográfico, ya que obtuvieron datos reales en conjunto con su software Smart View. Donde se concluyó, que existió una correcta disposición y funcionamiento de las estructuras y los daños eléctricos o térmicos en las estructuras se tornaron casi invulnerables. Aunque los factores naturales pueden influir, tales como sal marina por brisas del mar, para ello la planta eléctrica debe contar con operadores sumamente capacitados y un presupuesto alto que cubra con la constante exploración de estructuras eléctricas mediante la cámara termográfica.

Palabras Clave: Análisis termográfico; puntos calientes; anomalías; mantenimiento predictivo; interrupciones.

Abstract

The research addressed thermography, as a key tool in power lines, which visualizes the remote temperature generated by the power line supports, preventing electrical failures and economic losses from occurring at the Crucita Substation, which is responsible for storing energy and of electrical distribution and has a capacity of 13.8 KvA (Kilovontaperios) of medium voltage to 35,000 inhabitants. Therefore, as a methodology, it was necessary to develop a predictive maintenance plan using modern techniques, which served as a useful tool to detect failures of the medium voltage distribution feeders (13.8 kV) that leave the substation, where made measurements to determine hot spots within electrical networks. The results showed that operators can use the FLUKE TiS65 thermographic camera to search for damages, which has great advantages and

benefits when carrying out thermographic studies, since they obtained real data in conjunction with its Smart View software. Where it was concluded that there was a correct layout and functioning of the structures and the electrical or thermal damage to the structures became almost invulnerable. Although natural factors can influence, such as sea salt from sea breezes, for this the power plant must have highly trained operators and a high budget that covers the constant exploration of electrical structures by means of the thermographic camera.

Keywords: thermographic analysis; hot spots; anomalies; Predictive Maintenance; interruptions.

Resumo

A pesquisa abordou a termografia, como ferramenta fundamental em linhas de transmissão, que visualiza a temperatura remota gerada pelos suportes das linhas de transmissão, evitando que falhas elétricas e perdas econômicas ocorram na Subestação Crucita, responsável pelo armazenamento de energia e de distribuição elétrica e tem uma capacidade de 13,8 KvA (Kilovontaperios) de média tensão para 35.000 habitantes. Portanto, como metodologia, foi necessário desenvolver um plano de manutenção preditiva utilizando técnicas modernas, que serviu como uma ferramenta útil para detectar falhas dos alimentadores de distribuição de média tensão (13,8 kV) que saem da subestação, onde são feitas medições para determinar pontos quentes dentro das redes elétricas. Os resultados mostraram que os operadores podem utilizar a câmera termográfica FLUKE TiS65 para a busca de danos, o que apresenta grandes vantagens e benefícios na realização de estudos termográficos, pois obtiveram dados reais em conjunto com seu software Smart View. Onde se concluiu que houve um correto layout e funcionamento das estruturas e os danos elétricos ou térmicos nas estruturas tornaram-se quase invulneráveis. Embora fatores naturais possam influenciar, como o sal marinho da brisa do mar, para isso a usina deve ter operadores altamente treinados e um orçamento alto que cubra a exploração constante de estruturas elétricas por meio da câmera termográfica.

Palavras-chave: análise termográfica; pontos quentes; anomalias; Manutenção preditiva; interrupções.

Introducción

En la actualidad el mantenimiento predictivo con la ayuda de la termografía constituye una herramienta indispensable para el seguimiento de los rangos permisibles de temperatura en los diferentes equipos y componentes en el área eléctrica señala (Nieta y Peño, (2011). Donde las subestaciones y redes de distribución son de alto costo económico, la continuidad del servicio eléctrico, por esta razón es importante dar mayor énfasis a estos sistemas con acciones predictivas en base a un barrido termográfico, con el fin de reducir los costos de mantenimiento, mejorar la disponibilidad de los equipos de la Subestación y Alimentador, minimizando el riesgo de accidentes e interrupciones inesperadas (Navarrete et al.,2016).

La energía eléctrica se ha convertido en un requerimiento de mejor suministro eléctrico de excelente calidad y disponibilidad. Una herramienta clave para obtener estos objetivos es el mantenimiento predictivo y preventivo de las líneas y sistemas de distribución eléctrica, lo cual exige el uso de procedimientos y equipos de mantenimiento en armonía con las insuficiencias presentes (Fluke, 2016). Por esta razón, esta técnica de medir temperatura emerge con la tecnología, cuyo empleo es la intervención en los sistemas de distribución eléctrica y a ayudar a divisar de forma anticipada posibles averías en los mismos, reduciendo de esta manera los riegos de fallos en las líneas eléctricas en lo posterior (Gallo t al., 2015).

Por ello, la termografía es una técnica no destructiva y sin contacto, que está basada en la radiación térmica o energía infrarroja que los cuerpos emiten o reflejan, esta energía se emite en forma de ondas electromagnéticas que viajan a la velocidad de la luz a través del aire o por cualquier otro medio de conducción y está en relación directa con su temperatura, es decir, cuanto más caliente está el objeto, mayor cantidad de energía emite, y menor longitud de energía de onda tiene esta energía, Guerrero et al., 2019). En general, la emisión se hace en longitudes onda mayor a las que el ojo humano es capaz de captar, es decir, el espectro de emisión es infrarrojo y por lo tanto invisible, (Gondres et al., 2007).

De acuerdo con (Moncada et al., 2014), la termografía es la técnica mediante la cual se transforma una imagen de infrarrojos en una imagen radiométrica, que permite visualizar las distribuciones superficiales de la temperatura y leer los valores de las temperaturas de la imagen; a fin de reunir toda la información térmica de un equipo eléctrico o mecánico, de tal forma que se pueda monitorear bajo condiciones de trabajo normales o anormales, y descubrir posibles problemas que generan fallas futuras, pues la temperatura es uno de los primeros parámetros observables que pueden indicar la condición de operación de un equipo.

En el mantenimiento predictivo, (Olarte et al., 2010) señalan que la termografía infrarroja tiene una amplia gama de aplicaciones para el control de la temperatura y detección de fallas. Se utiliza principalmente en equipos eléctricos, equipos mecánicos, control de procesos, refrigeración, aislaciones de sistemas de fluidos, edificios y estructuras, etc. Las fallas típicas que hacen aumentar la temperatura son la fricción, exceso o falta de lubricante, chispas eléctricas, entre otras

Pero, en la actualidad el mantenimiento predictivo con la ayuda que nos ofrece la termografía constituye una herramienta esencial para el seguimiento de los rangos permisibles de temperatura en los diferentes equipos y componentes en el área eléctrica (Royo, 2013). Si bien la termografía no es una tecnología nueva, ya que han existido equipos termográficos desde hace décadas, para ser específicos desde 1965, año en que se utilizó la técnica de termografía por primera vez y se ha ido popularizando en los últimos años debido a los avances técnicos en miniaturización electrónica, que han dado lugar a la aparición de equipos de prestaciones mejoradas con una reducción importante en su tamaño y precio (Tapia, 2019).

Por lo que esta situación está dando lugar a un incremento del uso de la termografía de forma general y de forma particular en la inspección de sistemas de distribución eléctrica expresa (Álava, 2013). A nivel técnico, señala (Dispac, 2015), que la aplicación de la termografía va a permitir visualizar los patrones de temperatura de los sistemas e instalaciones eléctricas. A nivel técnico, la aplicación de la termografía visualiza los patrones de temperatura de los sistemas e instalaciones eléctricas. En este sentido, hay que tener en cuenta que una causa de fallo en los sistemas eléctricos es un exceso de temperatura (Ebingel, 2017).

El análisis termográfico permite determinar los puntos calientes, mediante la utilización del software Smart View 4.3 que está incorporado en la cámara termográfica, cabe recordar que el estudio termográfico es una inspección no invasiva, que permitirá predecir los cambios térmicos efectuados en el lapso (Endesa, 2016). Para determinar los puntos calientes del análisis realizado se debe comparar con las normas internacionales. El análisis termográfico aplicando los criterios que se encuentran establecidos por la Internacional Electric Testing Asociación Inc. - ANSI/NETA ATS-2017 y ANSI/NETA MTS-2011, para la detección y evaluación de los puntos calientes presentes en el sistema de redes para líneas de transmisión y alimentadores de 13.8 y 69 KV además de la temperatura, esto permitirá realizar los tipos de mantenimientos adecuados en la topología de las líneas eléctricas, de lo demostrado anteriormente el sistema eléctrico debe brindar confiabilidad, disponibilidad, calidad, seguridad, sostenibilidad esto obedece a un buen plan de

mantenimiento y donde sus protecciones deben ser seguras para el buen funcionamiento de los sistemas eléctricos (Ferro,2019).

En ese contexto, (Navarrete et al., 2016) indica que, en la actualidad la CNEL-EP, Unidad de Negocios Manabí, en base a entrevistas realizadas, mayormente se realizan estudios en las estructuras tipo 3CD, 3CR, 3CP; salinidad del mar, derivaciones 1Ø, 3Ø y temperatura diaria, por lo cual, en el estudio termográfico realizado, está orientado a los tipos estructuras hallados, en conjunto a los seccionadores, grapas, aisladores, empalmes y salinidad del mar, que ameritan ser estudiados, para hallar posibles fallas y averías, que causan grandes daños y colapsos en los sistemas eléctricos.

Conociendo que las subestaciones, redes de distribución y líneas de su transmisión son de alto costo económico, la continuidad del servicio depende del DOM (Departamento de Operación y Mantenimiento); por esta razón es importante dar mayor énfasis a estos sistemas con acciones predictivas en base a un estudio termográfico y visual, con el fin de reducir los costos de mantenimiento, y mejorar la disponibilidad de los equipos de la subestación y sus alimentadores, minimizando el riesgo de accidentes e interrupciones eléctricas inesperadas y sus alimentadores, minimizando el riesgo de accidentes e interrupciones inesperadas.

Por ello, en los últimos tiempos ha ocurrido un boom en la aplicación de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC) a todos los ámbitos de la vida. El área de la ingeniería eléctrica no ha sido la excepción, donde se visualiza una fuerte tendencia a los equipos tecnológicos en los sistemas eléctricos y sus procesos, a partir del uso de software en el campo eléctrico (Flir, 2011).

Sin embargo, se evidencia que al no aplicar efectivamente los planes de mantenimiento, se presentaran problemas en las líneas eléctricas ocasionados por la elevación de temperatura debido a los diferentes escenarios como: corrosión, mal ajuste, mala conexión, problemas ambientales como la salinidad, causantes de los puntos calientes que incidirán en los posibles fallos y la vida útil en las líneas eléctricas, con la siguiente interrogante ¿Será posible predecir la ocurrencia de falla en la línea de transmisión a través del análisis de puntos calientes utilizando una cámara termográfica?

En ese sentido, una tecnología extraordinaria es la cámara termográfica, que sin duda aporta significativamente en este campo, ayudando a detectar los puntos calientes en la líneas eléctricas y en efecto previniendo posibles fallos o inclemencias en las redes eléctricas, así pues resultó casi

Para llevar a cabo el análisis de termografía aplicada en las líneas eléctricas del alimentador de la subestación 'Crucita', fue necesario la elaboración de un plan de mantenimiento predictivo mediante la técnica moderna, que servirá como herramienta útil para detectar fallas, de los alimentadores de distribución de medio voltaje (13,8 kV) que salen de la subestación Crucita, donde se realizaron mediciones para determinar los puntos críticos en las líneas eléctricas y determinar el mantenimiento idóneo a aplicar, así como se puede visualizar en el siguiente cuadro, donde se incluyen aspectos eléctricos como los puntos calientes dentro de las redes eléctricas y su respectivo instrumento aplicado en la exploración.

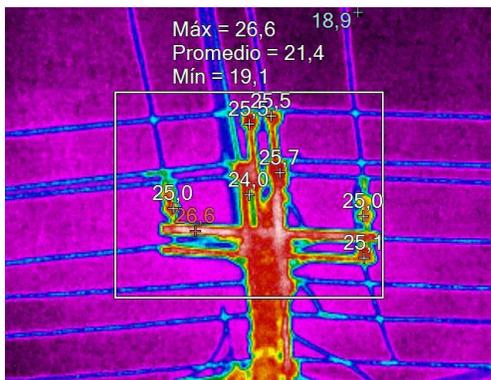
Tarea	Objeto de estudio	Aspectos analizados	Instrumentos	Lugar
1	Análisis termográfico para determinar los puntos calientes en los elementos de la línea eléctrica	<ul style="list-style-type: none"> • Puntos críticos • Tiempo de medición 	<ul style="list-style-type: none"> • Cámara termográfica • Plan de mantenimiento preventivo • Smart view 4.3 	• redes eléctricas crucita
2	Inspecciones no invasivas y destructivas permiten visualizar fallos	<ul style="list-style-type: none"> • Aplicación de equipos y software 	<ul style="list-style-type: none"> • Cámara termográfica • Smart view 4.3 	• redes eléctricas crucita
3	Aplicación de plan de mantenimiento	Fallos en los sistemas y redes eléctricas	<ul style="list-style-type: none"> • Muestras de cámara termográfica 	Departamento de mantenimiento de redes Cnel. EP

Se procedió a realizar la toma de muestras en 285 puntos de líneas de transmisión eléctrica de la parroquia crucita, que extiende hasta la parroquia San Clemente, ya que es de suma importancia por diferentes factores que ayudan y comprometen las líneas eléctricas. Según los mantenimientos aplicados, donde la cámara termográfica genera temperaturas y con bases en las tablas de normas internacionales, y estudios referentes que sirvieron para la toma de decisiones y aplicación del mantenimiento respectivo. Donde se procedió a la toma de muestras con el equipo de medición

(cámara termográfica) y se analizaron las muestras receptadas y se determinaron posibles fallos, y puntos de criticidad en los sistemas de redes eléctricas en la parroquia crucita, luego se determinó un plan de mantenimiento el cual mitigue la problemática de este. Posteriormente se analizaron los datos obtenidos, los puntos críticos, fueron procesados con diagramas en el software Smart view 4.3 para procesar todos los datos y resultados obtenidos, además de determinar el tipo de mantenimiento que se debe aplicar y se determinara las acciones a ejecutar.

Resultados y discusión

Al realizar la investigación e indagar en la problemática, aplicando el análisis termográfico se determinó, la situación actual de la línea eléctrica de la subestación eléctrica Crucita, donde se constató que existen puntos calientes que en su momento podrán causar una falla de distribución por lo cual se procedió a realizar una propuesta de mantenimiento preventivo, y generar una fiabilidad y confiabilidad de los activos, y así generar bienestar y confort a las familias que se benefician de esta magna obra de parte de Cnel. EP.



Al realizar el análisis de las muestras obtenidas por la cámara termográfica Fluke Tis 65 y aplicando los conocimientos obtenidos por el programa Smart view, podemos determinar el estado de la línea eléctrica en la subestación Eléctrica Crucita. El estudio realizado permitió verificar el estado general y el tipo de mantenimiento que se debe aplicar según la norma NETA (International Electrical Testing Association).

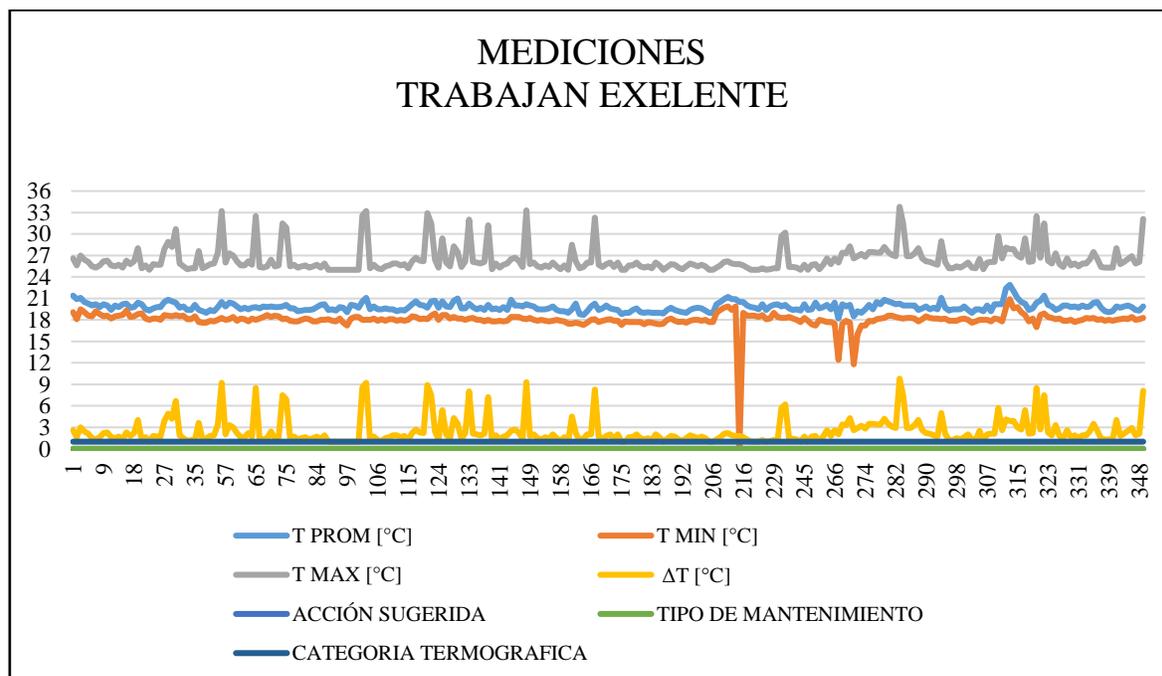
Relevancia	Prioridad	Incremento de temperatura ΔT (°C)	Observación
NORMAL	1 (bajo)	$1^{\circ}\text{C} < \Delta T \leq 3^{\circ}\text{C}$ (O/S) $1^{\circ}\text{C} < \Delta T \leq 10^{\circ}\text{C}$ (O/A)	No es necesaria ninguna actuación hasta el próximo estudio predictivo.
LEVE	2	$3^{\circ}\text{C} < \Delta T \leq 15^{\circ}\text{C}$ (O/S) $10^{\circ}\text{C} < \Delta T \leq 20^{\circ}\text{C}$ (O/A)	Realizar un seguimiento para ver la evolución del punto caliente o crítico usando la metodología y el personal más adecuado.
GRAVE	3	$15^{\circ}\text{C} < \Delta T \leq 25^{\circ}\text{C}$ (O/S) $20^{\circ}\text{C} < \Delta T \leq 30^{\circ}\text{C}$ (O/A)	Actuar lo antes posible teniendo en cuenta la dinámica de cada empresa y sus turnos de trabajo, se deberá aprovechar el paro más inmediato para corregir el problema.
CRÍTICO	4	$25^{\circ}\text{C} < \Delta T \leq 35^{\circ}\text{C}$ (O/S) $30^{\circ}\text{C} < \Delta T \leq 40^{\circ}\text{C}$ (O/A)	Estudiar la posibilidad de parar el proceso para corregir el problema.
MUY CRÍTICO	5 (alto)	$\Delta T > 35^{\circ}\text{C}$ (O/S) $\Delta T > 40^{\circ}\text{C}$ (O/A)	Interrumpir el proceso de inmediato para corregir el problema.

(O/S) = Temperatura sobre similar (O/A) = Temperatura sobre ambiente

Fuente: http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_0580_EA.pdf

Mediciones que no necesitaron mantenimiento categoría 0 en 58 mediciones de 353 registros

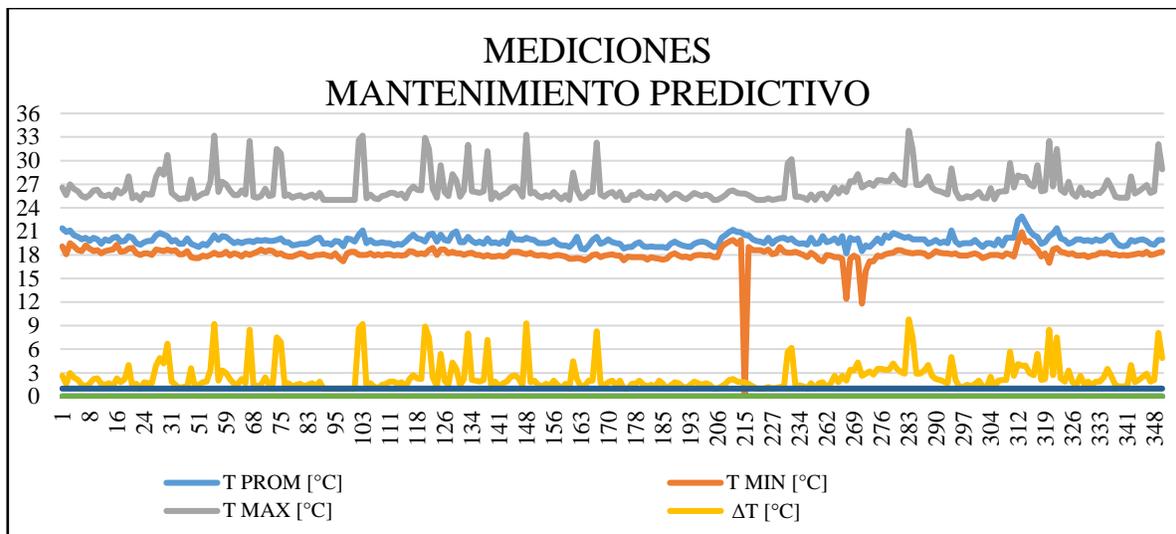
Gráfico de análisis termográfico



Elaboración: Autor de la investigación

Mediciones mantenimiento predictivo categoría 1 (283 mediciones 353 registros)

Gráfico de análisis termográfico



Elaboración: Autor de la investigación

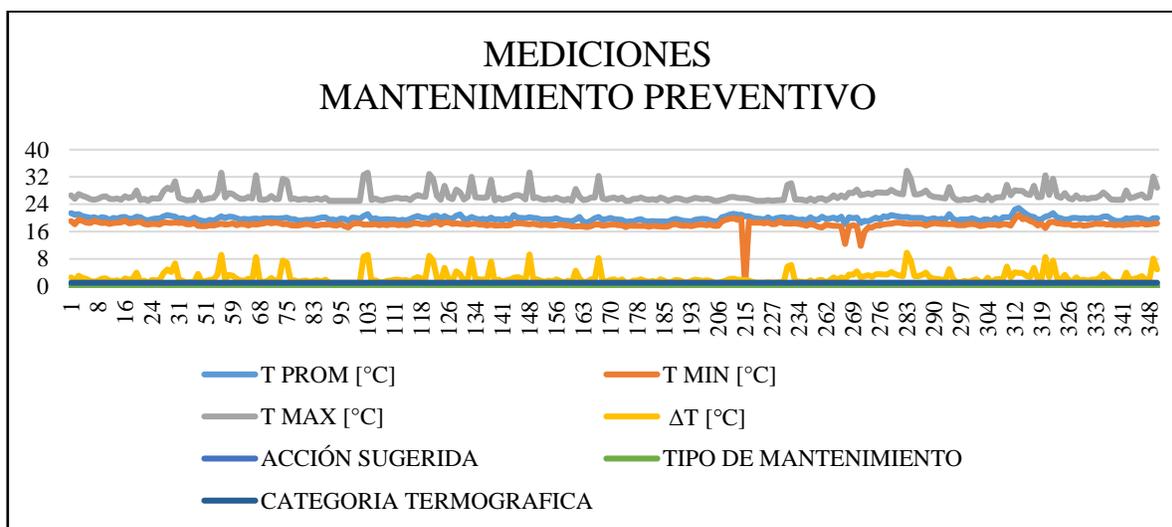
Mediciones mantenimiento preventivo categoría 2 (8 mediciones 353 registros)

# POSTE	T PROM [°C]	T MIN [°C]	T MAX [°C]	ΔT [°C]	Acción sugerida	Tipo de mantenimiento	Categoría termográfica
14	20,4	18,2	35,8	11,8	Probable deficiencia	Mantenimiento preventivo	2
66	19,8	17,7	39,3	15,3	Probable deficiencia	Mantenimiento preventivo	2
85	22,9	18,6	36,4	12,4	Probable deficiencia	Mantenimiento preventivo	2
88	24	18,6	35,2	11,2	Probable deficiencia	Mantenimiento preventivo	2
123	20,7	18,7	35,8	11,8	Probable deficiencia	Mantenimiento preventivo	2

171	20,1	18,2	38,3	14, 3	Probable deficiencia	Mantenimiento preventivo	2
340	19,8	18,1	34,8	10, 8	Probable deficiencia	Mantenimiento preventivo	2
352	20,6	18,1	35,9	11, 9	Probable deficiencia	Mantenimiento preventivo	2

Elaboración: Autor de la investigación

Gráfico de análisis termográfico



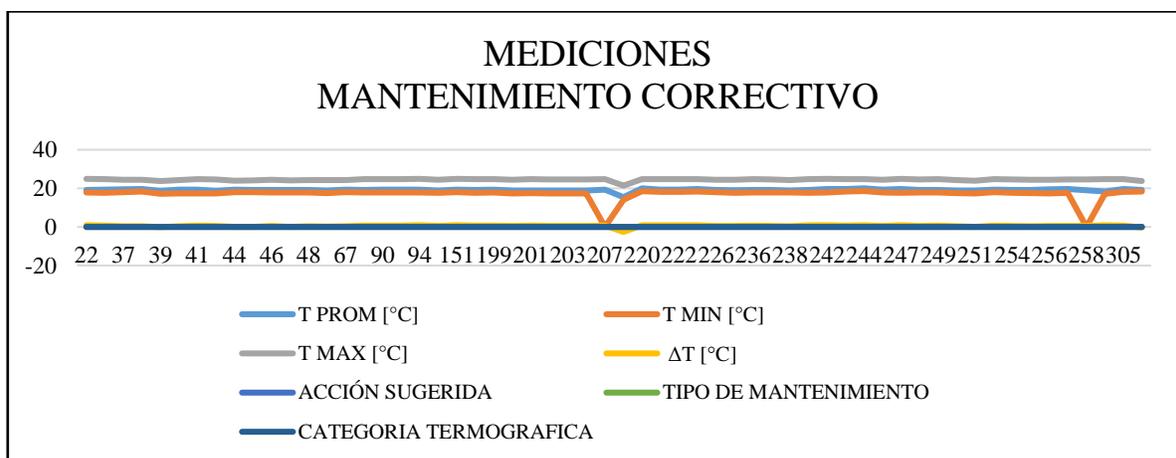
Elaboración: Autor de la investigación

Mediciones mantenimiento correctivo categoría 3 (2 mediciones de 353 registros)

# POSTE	T PROM [°C]	T MIN [°C]	T MAX [°C]	ΔT [°C]	Acción sugerida	Tipo de mantenimiento	Categoría termográfica
52	19,7	17,9	45,1	21,1	Medidas correctivas	Mantenimiento correctivo	3
101	20	18,1	50,5	26,5	Medidas correctivas	Mantenimiento correctivo	3

Elaboración: Autor de la investigación

Gráfico de análisis termográfico



Elaboración: Autor de la investigación

Mediciones mantenimiento correctivo categoría 4 (1 medición de 353 registros)

# POST E	T PRO M [°C]	T MI N [°C]	T MA X [°C]	ΔT [°C]]	Acción sugerida	Tipo de mantenimiento	Categoría termografic a
131	19,7	18	87,5	63, 5	Medidas correctivas	Mantenimiento correctivo	4

Elaboración: Autor de la investigación

Por medio de la técnica de la termografía se pudo obtener una imagen térmica, en la cual se estableció la distribución de todos los componentes del sistema y estableció la temperatura presente en cada punto de la superficie del objeto sea estacionario o en movimiento de forma instantánea y a una distancia segura, lo cual es de gran importancia cuando existen altas temperaturas, gases, corriente eléctrica, entre otras situaciones, que son de alto riesgo en el sitio donde se realiza la medición, en este caso en la Subestación 'Crucita'.mⁱ.

Conclusiones

Se pudo constatar que las estructuras están construidas con materiales recomendados para cada una de sus funciones y sus componentes forman parte de las estructuras de transmisión de energía eléctrica, mismos que con la propagación de calor por el paso de corriente eléctrica, se producen puntos calientes que pueden afectar el sistema de potencia eléctrico, los cuales son detectados con el empleo de la cámara termográfica y permitieron determinar el tipo de mantenimiento adecuado en cada uno de los casos antes de que se origine la interrupción del servicio de energía.

Dentro de este análisis dentro de la Subestación 'Crucita' se pudo establecer que en mediciones que no necesitaron mantenimiento categoría 0 en 58 mediciones de 353 registros. Mientras que en las mediciones mantenimiento predictivo categoría 1 se realizaron 283 mediciones con 353 registros. Así mismo en la preventiva categoría 2 se identificaron 8 mediciones con 353 registros.

En relación con el mantenimiento correctivo categoría 3, fueron 2 mediciones de 353 registros y las que necesitaron mantenimiento correctivo categoría 4, fue 1 medición de 353 registros, el cual incidió las altas radiaciones solares y las acumulaciones de sales por las brisas marinas, que se desplazan por las estructuras eléctricas.

Se concluye que es importante la utilización de la cámara termográfica FLUKE TiS65, que posee grandes ventajas y beneficios a la hora de realizar estudios termográfico, ya que obtiene datos reales en conjunto con su software para el análisis de las imágenes termográfica capturadas y aprovechar el máximo la información que entrega, se puede presentar un informe del estado del elemento analizado.

Referencias

1. Alava, I. (2013). Guía de termografía para mantenimiento predictivo "flir". Consultado el 5 de enero de 2019. <http://www.flir.es/home/>.
2. Dispac. (2015). Manual e mantenimiento para redes eléctricas de alta, media y baja tensión. La energía del Chocó, <https://studylib.es/doc/4667022/manual-de-mantenimiento-para-redes-de-alta--media-y>.
3. Ebingel. (2017). Mantenimiento eléctrico. Consultado el 25 de diciembre de 2018. <https://www.ciles.co/guia-2018-instalaciones-electricas>.
4. ENDESA. (2016). La red eléctrica. Consultado el 7 de enero de 2019. http://www.endesaeduca.com/Endesa_educarecursos-interactivos/el-transporte-de-electricidad/xv.-la-red-electrica.
5. Ferro, G. L. (2019). Electrotécnia 2. Circuitos trifásicos. Departamento de Ingeniería Eléctrica Área Electrotecnia. Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional Mar del Plata. http://www3.fi.mdp.edu.ar/dtoelectrica/files/electrotecnia2/e2_circuitos_trifasicos.pdf.
6. FLIR. (2011). Guía informativa del uso de cámaras termográficas en aplicaciones industriales. Grupo Álava Ingenieros. <http://www.mra.pt/repositorio/6769/pdf/3505/2/guia-de-termografia-para-mantenimiento-predictivo.pdf>.
7. FLUKE. (2016). Termografía en sistemas eléctricos en planta. Consultado el 8 de enero de 2019. <http://www.fluke.com/fluke/eses/soluciones/camarastermograficas/termografia-en-sistemas-electricos-en-planta>.

8. Gallo, O. D., Martín, F. D., & Tonin, W. R. (2015). Ensayo de determinación de puntos calientes en estatores trifásicos de baja tensión. *Ciencia y Tecnología*, 15, 2015, pp. 55- 66 ISSN 1850-0870.
9. Grijalva, D. I. (2013). Sistemas autónomos de análisis y detección de puntos calientes en cuadros eléctricos. Proyecto de fin de carrera. Universidad de la Rioja. España.
10. Ordoñez, S. J. P., & Nieto, A. L. G. (2010). Mantenimiento de sistemas eléctricos de distribución. Universidad Politécnica Salesiana del Ecuador, Repositorio Institucional de la Universidad Politécnica Salesiana / Tesis / Grado. <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/2119>.
11. Paguay, V. (2012). La red de distribución de energía eléctrica. ITES Carlos Cisneros. Consultado el 9 de enero de 2019. <http://es.slideshare.net/victorpaguay/la-red-de-distribucion-de-energia-elctrica>.
12. Pascual, Á. (2016). Sistemas de transporte y distribución de las líneas eléctricas. Consultado el 8 de enero de 2019. <http://www.monografias.com/trabajos101/sistemas-transporte-y-distribucion-lineas-electricas/sistemas-transporte-y-distribucion-lineas->
13. Nieta Duarte, L. & Elkin Peño Rodríguez (2011). Principios básicos de la Termografía infrarroja y su utilización como técnica para mantenimiento predictivo. http://biblioteca.upbbga.edu.co/docs/digital_20999.pdf
14. Navarrete et al (2016). Empleo del Software Smart View 4.3 como clasificador de escenarios para detección de puntos calientes. <file:///C:/Users/ERICK/Downloads/DRA%20YOLANDA%20solo%20articulo%201.pdf>
15. Guerrero Cano, M., Luque Sendra, A., Lama Ruiz, J. R., & Córdoba Roldán, A. (2019). Mantenimiento predictivo mediante técnicas de machine learning. http://dspace.aepro.com/xmlui/bitstream/handle/123456789/2293/AT03020_2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y
16. Gondres, I., Lajes, S., & del Castillo, A. J. I. E. (2007). Nuevo enfoque sobre la gestión del mantenimiento en subestaciones eléctricas. 28(3), 30-34. <https://www.redalyc.org/pdf/3291/329127738006.pdf>

17. Moncada Carrero, E., Sierra Penaloza, D. F., & Tamayo Ricas, M. (2014). Diseño De La Estrategia Del Plan De Mantenimiento Predictivo Para Sistemas De Distribucion De Energia Electrica Universidad Industrial de Santander, Escuela De Ing. Mecánica]. <http://noesis.uis.edu.co/bitstream/123456789/38286/1/151345.pdf>
18. Olarte, W., Botero, M., & Cañón, B. J. S. e. t. (2010). Técnicas de mantenimiento predictivo utilizadas en la industria. 2(45), 223-226. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4546591>
19. Royo Pastor, R. (2013). TERMOGRAFÍA INFRARROJA. FUNDAMENTOS, INVESTIGACIÓN Y APLICACIONES. Editorial Universitat Politècnica de València. https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/66062/TOC_0469_04_01.pdf?sequence=5
20. Tapia Montero, G. O. (2019). Diagnóstico de fallas en máquinas eléctricas de la planta BALMISA por análisis de Termografía. <http://192.188.52.94/bitstream/3317/12743/1/T-UCSG-PRE-TEC-IEM-212.pdf>

© 2022 por los autores. Este artículo es de acceso abierto y distribuido según los términos y condiciones de la licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0) (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>).
