

**DIAGNÓSTICO DE PUNTOS CALIENTES
A TRAVÉS DE TOMAS TERMOGRÁFICAS EN
LOS SISTEMAS ELÉCTRICOS DE POTENCIA
BASADO EN EL PROCESAMIENTO DE
IMÁGENES**



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

SEDE QUITO

CARRERA DE ELECTRICIDAD

**DIAGNÓSTICO DE PUNTOS CALIENTES
A TRAVÉS DE TOMAS TERMOGRÁFICAS EN
LOS SISTEMAS ELÉCTRICOS DE POTENCIA
BASADO EN EL PROCESAMIENTO DE
IMÁGENES**

Trabajo de titulación previo a la obtención del
Título de Ingeniero Eléctrico

AUTOR: CARLOS ALEXANDER BETANCOURT ACOSTA

TUTOR: MILTON GONZALO RUIZ MALDONADO

Quito -Ecuador

2023

Carlos Alexander Betancourt Acosta

DIAGNÓSTICO DE PUNTOS CALIENTES A TRAVÉS DE TOMAS TERMOGRÁFICAS EN LOS SISTEMAS ELÉTRICOS DE POTENCIA BASADO EN EL PROCESAMIENTO DE IMÁGENES.

Universidad Politécnica Salesiana, Quito – Ecuador 2023

Carrera de Electricidad

Breve reseña histórica e información de contacto.



Carlos Alexander Betancourt Acosta (Y'1993 – M'03). Realizó sus estudios de nivel secundario en el Colegio Unidad Educativa Fiscomisional Don Bosco“La Tola” de la ciudad de Quito. Estudiante de Ingeniería Eléctrica de la Universidad Politécnica Salesiana. Su trabajo se basa en el diagnóstico de puntos calientes a través de tomas termográficas en los sistemas eléctricos de potencia basado en el procesamiento de imágenes. .
cbetancourta@est.ups.edu.ec

Dirigido por:



Ing. Milton Gonzalo Ruiz Maldonado(Y'1987– M'01),se graduó de la Universidad Politécnica Salesiana en 2012 como Ingeniero Electrónico y en 2015 como Ingeniero Eléctrico; Recibió su MSc en Redes de Comunicaciones en la Pontificia Universidad Católica del Ecuador; Sus intereses de investigación están en comunicaciones verdes, infraestructura de medición avanzada , red inteligente , redes inalámbricas , gestión de energía. Es profesor de la Universidad Politécnica Salesiana , Ecuador y parte del Grupo de Investigación GIREI.mruizm@ups.edu.ec

Todos los derechos reservados:

Queda prohibida, salvo excepción prevista en la ley, cualquier forma de reproducción, distribución, comunicación pública y transformación de esta obra para fines comerciales, sin contar con la autorización de los titulares de propiedad intelectual. La infracción de los derechos mencionados puede ser constitutiva de delito contra la propiedad intelectual. Se permite la libre difusión de este texto con fines académicos o investigativos por cualquier medio, con la debida notificación a los autores.

DERECHOS RESERVADOS

©2023 Universidad Politécnica Salesiana

QUITO - ECUADOR

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Carlos Alexander Betancourt Acosta con documento de identificación N°1715216055 manifiesto que:

Soy el autor y responsable del presente trabajo; y, autorizo a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Quito, 23 de octubre del año 2023

Atentamente,



Carlos Alexander Betancourt Acosta

1715216055

CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

Yo, Carlos Alexander Betancourt Acosta con documento de identificación No. 1715216055, expreso mi voluntad y por medio del presente documento cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autor del Artículo Académico: “Diagnóstico de puntos calientes a través de tomas termográficas en los sistemas eléctricos de potencia basado en el procesamiento de imágenes”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero Eléctrico, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribo este documento en el momento que hago la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 23 de octubre del año 2023

Atentamente,



Carlos Alexander Betancourt Acosta

1715216055

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Milton Gonzalo Ruiz Maldonado con documento de identificación N° 1714409065, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: **DIAGNÓSTICO DE PUNTOS CALIENTES A TRAVÉS DE TOMAS TERMOGRÁFICAS EN LOS SISTEMAS ELÉCTRICOS DE POTENCIA BASADO EN EL PROCESAMIENTO DE IMÁGENES** , realizado por Carlos Alexander Betancourt Acosta con documento de identificación N° 1715216055, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Artículo Académico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 23 de octubre del año 2023

Atentamente,



Ing. Milton Gonzalo Ruiz Maldonado, MSc
1714409065

ÍNDICE GENERAL

1	Introducción	2
2	Marco teórico	2
2.1	Mantenimiento Correctivo.....	3
2.2	Mantenimiento preventivo.....	3
2.3	Mantenimiento productivo total	4
2.4	Mantenimiento predictivo.....	4
3	Termografía.....	4
3.1	Aplicación de la termografía	5
3.2	Termografía en sistemas de distribución eléctrica	6
3.2.1	Líneas de distribución eléctrica.....	6
3.3	Termografía en centros de transformación	7
4	Planteamiento del problema	7
4.1	Caso de Estudio	8
	Caso 1:Subestación A-04 Chimbacalle	8
	Caso 2: Calle Abel Meléndez y Napo	9
4.2	Resultados obtenidos	9
5	Conclusiones	13
5.1	Trabajos futuros	13
6	Referencias	13
6.1	Matriz de Estado del Arte	17
6.2	Resumen de Indicadores	21

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Diagrama de flujo de mantenimiento correctivo.	3
Figura 2.	Diagrama de flujo de mantenimiento preventivo.	4
Figura 3.	Diagrama de flujo de mantenimiento productivo total.	4
Figura 4.	Imágen termográfica en el sector A-04 Chimbacalle.	7

Figura 5.Diagrama de Flujo del Procesamiento de Imágenes.....	7
Figura 6.Subestación Chimbacalle A-04.....	8
Figura 7.Transformador Trifásico en poste Eduardo Bata y Guayllabamba.....	8
Figura 8.Transformador sin efecto térmico.....	8
Figura 9.Punto caliente en el fusible NH en la fase w con efecto térmico.....	9
Figura 10.Trasformador Trifásico en poste Abel Meléndez y Napo.....	9
Figura 11.Transformador sin efecto térmico.....	9
Figura 12.Punto caliente en el fusible NH en la fase v con efecto térmico.....	9
Figura 13.Procesamiento de imágenes en RGB en el programa Matlab.....	10
Figura 14.Procesamiento de imágenes en RGB en el programa Matlab.....	11
Figura 15.Resumen e indicador de la temática- Estado del arte.	21
Figura 16..Indicador de formulación del problema- Estado del arte.....	21
Figura 17.Indicador de solución-Estado del arte.....	22

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.Dimensionamiento de la Matriz generado por la imagen termográfica caso 1.....	10
Tabla 2.Ubicación del punto caliente en las coordenadas [X Y][90 60].....	10
Tabla 3.Dimensionamiento de la matriz generada por la matriz termográfica caso 2.	11
Tabla 4.Ubicación del punto caliente en las coordenadas [X,Y][244 334].....	11
Tabla 5.Tabla de resultados mediante el procesamiento de imágenes en diferentes transformadores.....	12
Tabla 6.Matriz de estado del arte.	17

DIAGNÓSTICO DE PUNTOS CALIENTES A TRAVÉS DE TOMAS TERMOGRÁFICAS EN LOS SISTEMAS ELÉCTRICOS DE POTENCIA BASADO EN EL PROCESAMIENTO DE IMÁGENES

Resumen

Este artículo presenta el diagnóstico de puntos calientes a través de tomas termográficas en los sistemas eléctricos de potencia basado en el procesamiento de imágenes, implementando un algoritmo en Matlab. El procesamiento de imágenes es una técnica utilizada para aplicar en imágenes digitales con el objetivo de buscar información. El proceso de imágenes implica la utilización de algoritmos para crear, procesar y visualizar los algoritmos que permiten convertir en señales. Se clasifican en tres tipos de imágenes como son la imagen de intensidad, la imagen binaria y la imagen a color.

Por lo cual se aplica el algoritmo de Matlab para el diagnóstico de puntos calientes utilizando la cámara termográfica en los sistemas eléctricos de potencia a través del procesamiento de imágenes, así se comprueba las fallas que existen los diferentes tipos de transformadores, pararrayos, fusibles NH, etc.

Palabras Clave: Termografía, procesamiento de imágenes, sistemas eléctricos de potencia, Matlab, imágenes RGB.

Abstract

This article presents the diagnosis of hot spots through thermographic shots in electrical power systems based on image processing, implementing an algorithm in Matlab. Image processing is a technique which applies digital images in order to search for information. Image processing involves the use of algorithms to create, process and display the algorithms that allow conversion into signals. They are classified into three types of images such as the intensity image, the binary image, and the color image.

Therefore, the Matlab algorithm is applied for the diagnosis of hot spots using the thermographic camera in electrical power systems through image processing, thus verifying the failures that exist in the different types of transformers, lightning rods, NH fuses, etc.

Keywords: Thermography, image processing, electrical power systems, Matlab, RGB images.

1 Introducción

Los sistemas eléctricos de potencia son redes de componentes eléctricos, que a su vez permite el transporte y la distribución a los consumidores finales. El sistema eléctrico de potencia se clasifica en tres elementos principales como son: La generación, transmisión y distribución. Además, las líneas de transmisión y los transformadores están expuestos a sufrir perturbaciones o fallas eléctricas en los sistemas.[1], [2]

Las fallas en los sistemas eléctricos, mejor conocidos como fenómenos o disturbios ocurren frecuentemente en los sistemas de distribución y transmisión, estas están generadas por distintos factores que provocan un sobrevoltaje en la red eléctrica.

Al momento de presentar fallas en las redes eléctricas son examinados de forma minuciosa con la finalidad de encontrar el origen de estas perturbaciones, así detectando su magnitud, tiempo y verificando sus armónicos y su ángulo de factor de potencia.

Para preservar el sistema eléctrico al momento de ocurrir fallas se puede detectar mediante equipos y protecciones instaladas en las líneas de distribución.

Existen diferentes tipos de fallas dependiendo del tiempo y las causas que las generan, es por esto por lo que se realizan múltiples factores de fallas como son: Fallas entre líneas fase a fase, falla de línea a tierra fase con falla a tierra, falla con neutro fase con falla a neutro y trifásica.[3]

Hoy en día, los sistemas eléctricos de potencia han evolucionado a redes eléctricas inteligentes, mejorando así la calidad de energía. Los sistemas eléctricos de transmisión son de amplia extensión y asimismo el estudio de la termografía en las redes eléctricas de distribución ayuda a modelar el estado de funcionamiento del equipo y la temperatura en las horas de máxima demanda y determinar si los puntos de conexiones de medio y bajo voltaje están sobrecalentados. Y pueden ser: Conectores, bujes del transformador ,etc.

Se propone realizar un diagnóstico de puntos calientes en los sistemas eléctricos de potencia (transformadores), utilizando el método del procesamiento de imágenes, por lo tanto, la termografía ayuda a verificar la temperatura de un objeto o lugar, este procedimiento facilita la detección de la temperatura sin necesidad de un contacto físico con el objeto o dispositivo de estudio, mientras se encuentra activo.

La termografía actúa bajo la radiación infrarroja por medio del uso de cámaras termográficas con sensores térmicos lo que facilita a tener una temperatura precisa, además que convierte la energía radiada en información de temperatura.[4], [5]

2 Marco teórico

Hace años, los seres humanos descubrieron la importancia de mantener los equipos en buenas condiciones para asegurar una operación normal; la cuales se realizaban tareas correctivas que facilite a solucionar fallas y en casos extremos sustituir los equipos por unos nuevos, en consecuencia, del uso y desgaste de los equipos de operación.[6], [7] En la actualidad el mantenimiento preventivo no solo se involucra en arreglar el equipo deteriorado en cuanto se encuentre la falla ,así se logrará conservar los componentes en operación a niveles determinados, debido a esto busca la protección del equipo para mejorar el rendimiento, garantizando su funcionamiento en el mejor tiempo posible y operar en óptimas condiciones, mejorando su confiabilidad en su ejecución [8].

El mantenimiento en los sistemas eléctricos de potencia se ha convertido en una inversión sumamente importante en la industria eléctrica y, a causa de que la tecnología continúa desarrollándose, también lo hacen las nuevas tecnologías y los métodos de mantenimiento innovadores, que se convierten en una parte integral de la productividad.

El propósito principal del mantenimiento es asegurar que los clientes (usuarios) todo su equipo estará disponible cuando lo necesite; en el nivel operativo determinado para el proceso, así como la velocidad y la calidad necesaria y la total fiabilidad sin paradas no programadas en los horarios indicados, todos mínimos costos potenciales [9], [10].

El mantenimiento se puede dividir en varios objetivos dependiendo de la empresa sus necesidades de implantación, un programa de mantenimiento ejecutado por el área de mantenimiento y entre otros factores como pueden ser: Disminuir los costos de mantenimiento, mejora de la disponibilidad de los equipos de producción, aumentar el ciclo de vida de la máquina, minimizar la gravedad de los errores inevitables, reducir preferiblemente eliminar los accidentes y aumentar la seguridad humana, acatar las normas de medio ambiente y seguridad.

Existen varios tipos de mantenimiento y tienen algo similar como es aumentar significativamente el dominio del mercado como objetivo. A nivel mundial, estos tipos de mantenimiento se basan en ejecución, se definen como objetivos específicos de campaña, y cuatro de ellos se describen a continuación, dependiendo del equipo utilizado en este tipo de mantenimiento [11].

2.1 Mantenimiento Correctivo

El método de mantenimiento es comúnmente utilizado en la industria, incluida la restauración de defectos o si encuentra un error, generalmente se debe interrumpir la instalación o las máquinas afectadas por el error y debe tener un buen conocimiento de máquinas y piezas dañadas con fines de diagnóstico preciso y rápido. El mantenimiento correctivo es fundamental para realizar diagnósticos y luego solucionar los errores [12].

Aunque han surgido varias técnicas, el mantenimiento de la totalidad de las organizaciones se enlaza en la corrección de

errores, y algunas empresas insisten en que este es el enfoque más rentable y la mayoría de sus esfuerzos están dirigidos a minimizar el error a cero, pero es demasiado difícil de lograr.

Hay dos tipos de mantenimiento correctivo como son: El mantenimiento no esquematizado, que corrige una falla tan pronto como se presenta; y programadores que arreglan el error cuando tienen los empleados, los datos, las herramientas y los materiales necesarios; además el tiempo de corrección depende del proceso a corregir [13], [14]. La importancia de los equipos en el procedimiento útil es de suma importancia y debe llevar a cabo el mantenimiento programado o no programado. El mantenimiento correctivo, reactivo o hasta el fallo con más de 90% de tiempo y recursos utilizando con fines de mantenimiento para corregir errores.

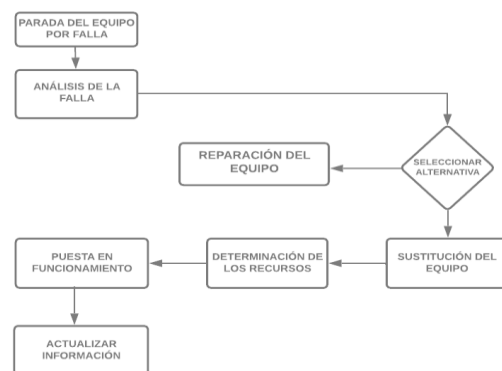


Figura 1. Diagrama de flujo de mantenimiento correctivo.

2.2 Mantenimiento preventivo

El mantenimiento preventivo se desempeña ejecutando un programa fijo, que se basa en la experiencia y el conocimiento de los mantenimientos, las estadísticas y recomendaciones del fabricante. La técnica en que se recoge información de las entidades autorizadas debe ser revisada periódicamente [15]. El mantenimiento programado y regular detecta posibles fallas que podrían causar que la máquina se detuviera inesperadamente o con daños que pudieran afectar su vida útil.

Al momento de ejecutar este modelo de mantenimiento, es imprescindible desarrollar y realizar un proyecto de monitoreo para cada una de las instalaciones que conforma, en el cual se especifican las técnicas mediante las cuales se detectarán los errores y con que continuidad se producirá en ese instante o desde su apertura, buscando la causa del error y las respectivas reparaciones.

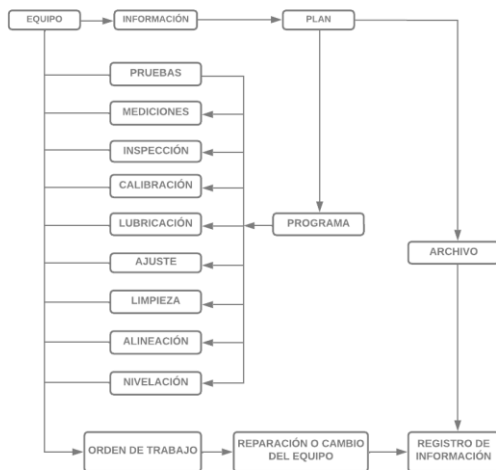


Figura 2. Diagrama de flujo de mantenimiento preventivo.

2.3 Mantenimiento productivo total

En este modelo de mantenimiento se fundamenta en la idea de conservar los equipos en óptimos términos de funcionamiento [16],[18]. Las operaciones deben estar supervisadas por un grupo mínimo de ingenieros o técnicos, es responsabilidad de toda la organización porque la gran mayoría de los empleadores, y hasta los operadores, pueden beneficiarse de los aparatos en buenas condiciones, por lo que todos deberían requerirlos. Es por esto, que se debe conservar la participación como oportunidad de la conservación [19].

El mantenimiento del TPM se basa en una serie de actividades organizadas, de modo que están diseñadas para ayudar y mejorar la competitividad de la empresa, por consiguiente, se describe a continuación.

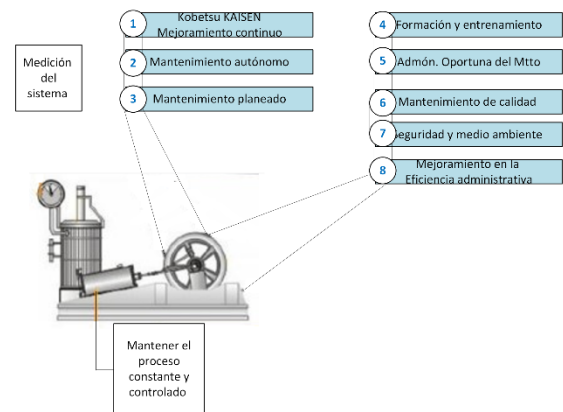


Figura 3. Diagrama de flujo de mantenimiento productivo total.

2.4 Mantenimiento predictivo

Este modelo de mantenimiento se sustenta en determinar las relaciones entre las variables físicas y el daño de una pieza o artefacto por medio del control de las circunstancias de funcionamiento, detecta defectos y evita que afecten o detengan la producción sin interrumpir el funcionamiento del equipo.

En general, se implementan los siguientes procedimientos: Monitoreo, planificación y programación del funcionamiento general de los equipos para determinar su estado técnico real (mecánico y eléctrico) para lograr, en base a estas mediciones, el seguimiento y monitoreo de las variables de condición o estado de los equipos determinadas por temperatura, frecuencia, velocidad, aceleración, movimiento, se determinaran variables como: Concentración, desplazamiento, deformación, espesor, humedad, presión, ruido, viscosidad y pH [20].

3 Termografía

La termografía es un procedimiento de prueba no perjudicial que se utiliza para verificar la temperatura de un objeto o lugar [21]. Este tipo de prueba puede detectar con presión la temperatura a distancia sin necesidad del contacto físico con el objeto o dispositivo en estudio, mientras sigue activo.

Entre sus usos destaca el sitio de contacto eléctrico incorrecto.

Las termografías funcionan con radiación infrarroja, mediante el uso de cámaras con sensores térmicos se obtiene información sobre la temperatura exacta del cuerpo.

Esto sucede así: Una cámara térmica capta rayos infrarrojos del espectro electromagnético y convierte la energía radiada en información de temperatura [22].

3.1 Aplicación de la termografía

Aunque las imágenes térmicas no son una tecnología nueva, desde la llegada de los dispositivos de imágenes térmicas, años atrás, su utilización se ha extendido en los últimos años desarrollando la tecnología de la miniaturización electrónica ha dado especialmente popularidad a la creación de dispositivos con contribuciones renovadas, tamaño y precio muy reducidos.

Esta situación ha llevado a un aumento general en el uso de las tecnologías de imágenes térmicas, especialmente en el reconocimiento de sistemas de distribución de energía [23].

Profesionalmente, el uso de imágenes térmicas permite visibilizar los patrones de temperatura en instalaciones y redes eléctricas. Al respecto, cabe señalar que las fallas en los sistemas eléctricos son ocasionadas por temperaturas excesivas por diversas razones:

Según con la ley de Joule , el incremento de resistencia en puntos de intersección o conexión.

$$P = I^2 * R \quad (1)$$

En otras palabras, es la suma de la resistencia de contacto que da como resultado una fuerza en la potencia disipada [24]. Con lo mencionado, una situación normal provoca un crecimiento de temperatura. Conocido como " puntos calientes" que pueden ser identificados por las cámaras de imágenes térmicas [25]. Estos fenómenos de oxidación o corrosión son debido al aumento de la resistencia de contacto y provocando así: Presión defectuosa en los contactos móviles y tornillos flojos.

Mal funcionamiento en los sistemas de enfriamiento. Por ejemplo: El calor generado en el transformador de potencia con desgaste al exterior mediante el sistema de refrigeración del intercambiador de calor. Por ejemplo : Si la extracción de calor se disminuye o falla por congestión del intercambiador de los tubos de calor o deficiencia del ventilador de aire forzado, el transformador se sobrecalienta, lo que puede producir el mismo valor final.

Corriente de fuga en sistemas de aislamiento debido a la pérdida de resistencia de aislamiento, o la propagación de suciedad que pueden causar arcos y corrientes de fuga y hacer que el equipo se sobrecaliente, así reduciendo el rendimiento del equipo.[26]

En este sentido, podemos hablar de dos pruebas separadas: Una es cualitativa y la otra es cuantitativa.

En el primer caso, en lugar de medir la temperatura de un componente con gran precisión, primero se deben comparar los tipos de patrones de temperatura y de los componentes que funcionan en óptimas condiciones.

Dichosamente, la distribución de energía se sustenta en un sistema trifásico, por lo que este método es muy efectivo para probar los sistemas de distribución, ya que se puede confrontar las celdas monofásicas versus celdas de otras fases, esto brinda un instrumento de prueba muy poderoso, fácil de usar y rápido [27].

Si se detecta una diferencia de temperatura significativa en el componente, se puede realizar una determinación cuantitativa midiendo con precisión la temperatura del componente, y es de suma importancia en varios puntos de vista, entre lo que se mencionan son:

La emisividad del espacio investigado, la cámara térmica mide con su propio sensor la radiación infrarroja térmica emitida por el cuerpo y mostrada la imagen en la pantalla de una computadora de la temperatura de la

superficie del objeto y utilizada su fórmula respectiva:

$$T = \sqrt[4]{\frac{R}{\sigma \varepsilon}} \quad (2)$$

Se observa la correlación entre la temperatura mostrada y la radiación medida. Estos dos valores están vinculados con un parámetro llamado emisividad ε , que admite entre valores de 0 a 1 y caracteriza la capacidad de la superficie para emitir radiación. Este indicador a nivel práctico suele tener valores elevados cercanos a 0.95 para la mayoría de los objetos, pero existen excepciones, principalmente para objetos con superficie metálica pulida (ejemplo: cobre pulido $\varepsilon = 0,2$).

La velocidad del viento debe tenerse en cuenta en el estudio al aire libre, porque este es un componente que incrementa la propagación de calor entre los elementos de calefacción del ambiente por convección, lo que hace que la temperatura del punto crítico disminuya.

Resolución espacial y óptica, imágenes térmicas como cámara generalmente incluye un sistema de lentes, cuya tarea es enfocar suficientemente en el sensor de la cámara la radiación.[28] En servicio de la resolución del sensor y la distancia focal se define dos parámetros que altera a la grabación de las imágenes termográficas. Por otro lado, se conceptualiza el campo de visión instantáneo y su determinación espacial como un ángulo de vista que abarca cada uno de los píxeles del sensor, prácticamente este punto de vista definirá el objeto reducido que la cámara puede localizar en determinadas condiciones de distancia.

3.2 Termografía en sistemas de distribución eléctrica

El análisis de los sistemas de distribución de energía desde una vista termográfica, dividimos estos sistemas en tres áreas principales que reflejarán algunas

características especiales. Por lo tanto, se discutirá las inspecciones de líneas de distribución [29].

3.2.1 Líneas de distribución eléctrica

Las líneas de distribución de electricidad son las responsables de entrelazar las centrales eléctricas a los puntos de consumo, mediante los centros de transformación y subestaciones y así garantiza la mayor redundancia viable a través de la estructura de la red. Dado que puede haber largas distancias entre las centrales eléctricas y los consumidores, el voltaje de las líneas de distribución se establece en valores distintos en las subestaciones donde el voltaje es más alto y se reduce a los valores normales estandarizados para reducir las pérdidas de energía y además optimiza los costos de instalación. Un aspecto para considerar de la termografía de las líneas de distribución es su disponibilidad. Por lo tanto, se considera tres tipos principales de pruebas:

Supervisiones aéreas: En este procedimiento utiliza específicamente cuando se requiere la detección a larga distancia de líneas de transmisión en medios de transporte como es un helicóptero equipado con una cámara térmica con un sistema giroscópico, este método tiene algunas ventajas claras en términos de velocidad y disponibilidad, pero debido a los altos costos asociados con este tipo de pruebas, debería ser ventajoso usarlo para pruebas rápidas de grandes redes de distribución o donde se requiera pruebas de disponibilidad.

Inspecciones todo terreno: Este método es adecuado si las líneas eléctricas pueden ser rastreadas por un vehículo todo terreno que puede montar una cámara termográfica suficiente para capturar imágenes térmicas convencionales [30].

Inspecciones a pie: Al igual que las imágenes térmicas aéreas de alguna manera

nos permite mirar hacia atrás a grandes distancias, próximamente, las inspecciones permitirán no solo realizar cambios preventivos en las instalaciones en los lugares más accesibles, sino también realizar cambios oportunos en el sistema mientras se realizan estas inspecciones trabajos de mantenimiento y reparación, también aprovecha el alto contraste de la imagen, imágenes térmicas porque a menudo se toman contra un cielo que es muy frío y proporciona un contraste muy alto con los componentes eléctricos que se prueban. Por lo contrario, esto no debería ocurrir con una vista aérea, donde en el fondo puede ser: plantas, bosques, selva, hierba, vegetación, pavimento, terrenos, etc., que tiene poco contraste con el sistema eléctrico a temperatura ambiente [31].

3.3 Termografía en centros de transformación

Un centro de transformación es una instalación encargada de convertir la media tensión en baja tensión, el voltaje que utilizan los usuarios finales suele ser trifásico de 400 V y monofásico de 230 V.

Teniendo en cuenta la descripción anterior, durante la inspección con imágenes térmicas en centros de transformación, se deben verificar los puntos de conexión de la puesta en marcha, como aisladores de bushing, aisladores, fusibles terminales y contactos en interruptores, es por esto tener en observación a los puntos calientes causados por una insuficiente presión en los contactos móviles, así también se deben revisar los conectores del transformador, incluyendo la terminal alta y la terminal baja del enchufe [32]. El sobrecalentamiento de uno de los terminales indicará un mal contacto, por lo que debemos verificar estas conexiones de enchufe o el ajuste de tuerca a tuerca.

En la Figura 4, se indica la temperatura ideal o los límites indicados deben estar sobre

una temperatura promedio a los 40 grados Celsius y no deben sobrepasar de ese límite.



Figura 4. Imágen termográfica en el sector A-04 Chimbacalle.

Diagrama de Flujo

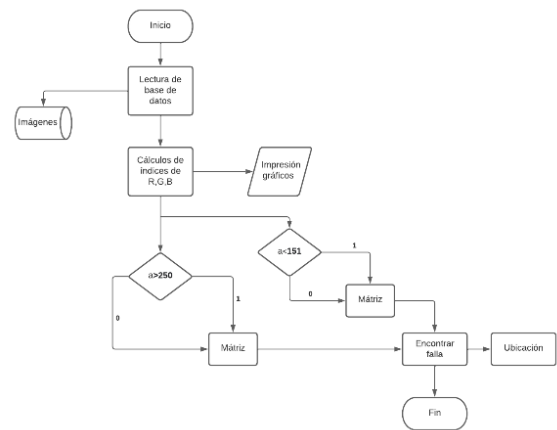


Figura 5. Diagrama de Flujo del Procesamiento de Imágenes.

4 Planteamiento del problema

Actualmente, la electricidad significa un gran requerimiento de suministros de mayor calidad y mayor asequibles, con el objetivo de determinar el diagnóstico de puntos calientes en los sistemas de eléctricos de potencia, haciendo esto posible obtener los datos necesarios para su detección y mantenimiento; así diagnosticar posibles fallas de manera anticipada con el procesamiento de imágenes, el cual permite identificar un alto porcentaje de probabilidad de futuras fallas eléctricas.

En este sentido la termografía se ha convertido en una tecnología, y su aplicación en la inspección de los sistemas de distribución de energía, ya que permite estar al alcance de las anomalías detectadas en los componentes o equipos eléctricos que deben repararse o remplazarse, según la gravedad, ya sea de inmediato o como parte del mantenimiento.

4.1 Caso de Estudio

Caso 1: Subestación A-04 Chimbacalle (Quito -Ecuador)

Para este caso, se tomó como caso de estudio el sector de la subestación A-04 Chimbacalle en Quito-Ecuador, se escogió este sector debido al alto índice de fallo de energía en la zona de Chimbacalle por falta de mantenimientos preventivos en las redes de distribución exactamente en los transformadores y redes de distribución. Este sector tiene un alto índice de consumo eléctrico, ya que existe viviendas unifamiliares, edificaciones, centros comerciales, unidades educativas y un centro de entrenamiento y deporte.

En la Figura 6, se puede observar la subestación A-04 Chimbacalle con el programa WEBGIS y un plano especificando la red de la zona consolidada en la ciudad de Quito, en esta representación gráfica se observan las diferentes conexiones que existen y se identifican con un color específico que es el color azul. Asimismo, se ubica el caso de estudio y se muestra la vista del lugar donde se puede apreciar el mayor índice de fallos en los sistemas eléctricos de potencia.



Figura 6. Subestación Chimbacalle A-04.

En la Figura 7, se puede observar la ubicación de los diferentes puntos donde se encuentran los transformadores, vista de la calle Guayllabamba y con intersección a Eduardo Bata. Se ha tomado como referencia a uno de los transformadores que han producido fallas en su operación, de tal forma que ha producido fallas en el sector eléctrico.

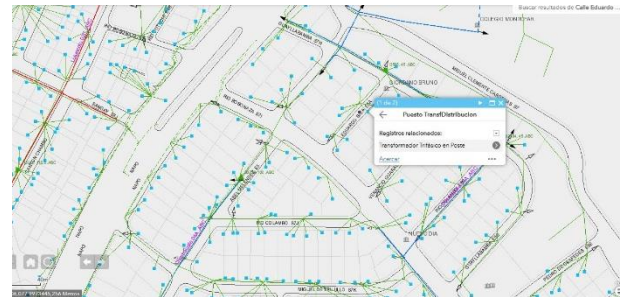


Figura 7. Transformador Trifásico en poste Eduardo Bata y Guayllabamba.

En la Figura 8, se contempla como se observa el transformador sin el uso de la cámara termográfica y todavía no se logra apreciar la falla encontrada con el efecto térmico.



Figura 8. Transformador sin efecto térmico.

En la Figura 9, se tomó una imagen a través de la cámara termográfica, verificando así la existencia de un punto caliente en dicho transformador, el cual detecto la falla en el fusible NH de la fase w con efecto térmico, esto es causado por el fusible de alta y baja tensión, puesto que no están configurados de manera correcta y así provocando

sobredimensionamiento, sobrecarga e incendios en el transformador.

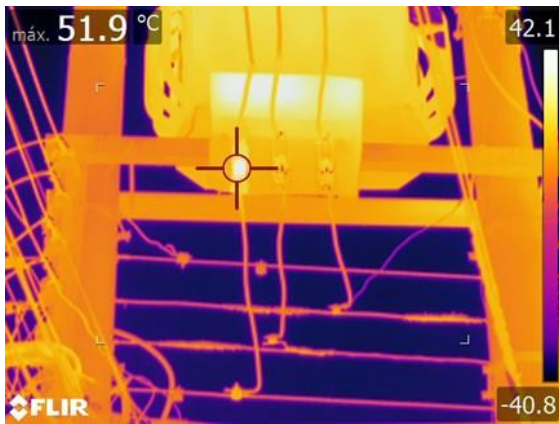


Figura 9. Punto caliente en el fusible NH en la fase w con efecto térmico.

Caso 2: Calle Abel Meléndez y Napo

En la Figura 10, se puede analizar la ubicación del transformador, localizado en la calle Abel Meléndez con intersección Napo. Se ha tomado como referencia a otro transformador con fallos en la zona.

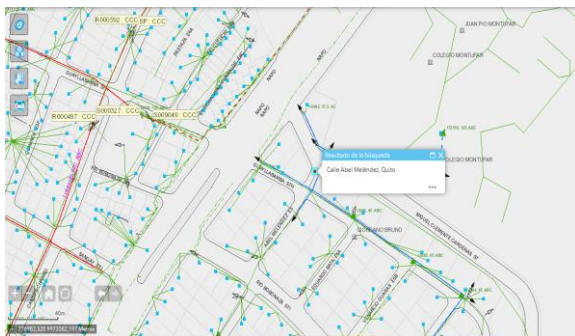


Figura 10. Transformador Trifásico en poste Abel Meléndez y Napo.

En la Figura 11, se examina al transformador sin ningún uso de la cámara termográfica y no se puede encontrar la falla o problema.



Figura 11. Transformador sin efecto térmico.

En la Figura 12, se capturó una imagen por medio de la cámara termográfica, comprobando así la detección de la falla en el transformador puesto que se halló un punto caliente en el fusible NH en la fase v con el efecto térmico.



Figura 12. Punto caliente en el fusible NH en la fase v con efecto térmico.

4.2 Resultados obtenidos

En la Figura 13, se muestra los resultados obtenidos del caso 1 a través de la cámara termográfica, en este estudio se dio a conocer que existe una temperatura anormal de 51.9 grados centígrados, debido a que su temperatura debería ser de 20 a 25 grados como mínimo para mantener su operación continua y en excelente estado.

Por medio de la metodología realizada (Procesamiento de imágenes) en el programa Matlab y con el objetivo principal de mejorar o buscar información, esto implica el uso de algoritmos para crear, visualizar y procesar los diferentes algoritmos que ayudan a transformar en señales. Se ejecutó tres tipos de imágenes en RGB y se pueden diferenciar con diferentes figuras de colores como son: rojo, verde y azul.

En la imagen termográfica se observa el punto caliente donde se obtiene las siguientes coordenadas: $[X,Y][90\ 60]$ y asimismo las coordenadas en: $[R,G,B][254\ 230\ 204]$, de tal manera localizando la falla oportuna en el transformador y el elemento afectado como es el fusible NH, esto favorecerá para el mantenimiento de los equipos garantizando

así su eficiencia y confiabilidad para prevenir futuros daños o cortes de energía.

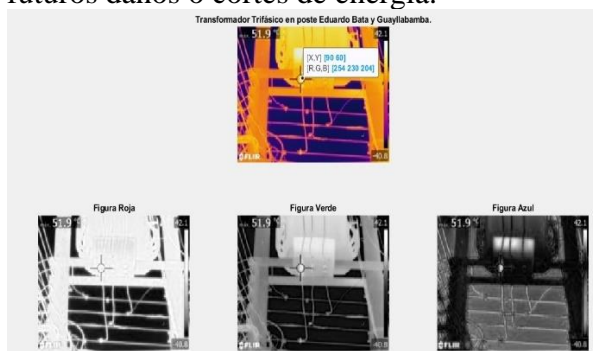


Figura 13. Procesamiento de imágenes en RGB en el programa Matlab.

Con el programa en uso se generará una matriz conformada por filas y columnas y como resultado el dimensionamiento de la imagen termográfica como se mostrará en la Tabla 1:

Donde:

a: Imagen original.

ab: Imagen en color azul/blue.

ag: Imagen en color verde/green.

ar: Imagen en color rojo/red.

ca: Valor de imagen.

fa: Matriz de imagen.

i: Condiciones.

ii: Condiciones.

pcg: Ubicación de falla matriz verde/green.

pcr: Ubicación de falla matriz roja/red.

Tabla 1. Dimensionamiento de la Matriz generado por la imagen termográfica caso 1.

Nombre	Valor
a	157×209×3 uint8
ab	157×209 uint8
ag	157×209 uint8
ar	157×209 uint8
ca	209
fa	157
i	157
ii	209
pcg	157×209 uint8
pcr	157×208 uint8

Como resultado de la imagen termográfica a través del procesamiento de imágenes se obtuvieron las siguientes coordenadas en [X Y] [90 60], las cuales permitirá encontrar el punto caliente, obtener datos precisos y la ubicación exacta de la falla del transformador y se podrá evidenciar en la Tabla 2.

Tabla 2. Ubicación del punto caliente en las coordenadas [X Y] [90 60].

pcr	pcg	ca	ar	a					
157×208 uint8					Dimensionamiento de la matriz				
		83	84	85	86	87	88	89	90
49	0	0	0	255	252	0	0	0	0
50	0	0	0	252	252	0	0	0	0
51	0	0	0	0	0	0	0	0	0
52	0	0	0	252	0	0	0	0	252
53	0	0	0	0	251	0	0	0	0
54	0	0	0	0	255	0	0	0	251
55	0	0	0	0	254	0	0	252	255
56	0	0	0	0	0	0	0	0	0
57	0	0	0	0	0	0	0	0	0
58	0	0	0	0	0	255	252	0	0
59	0	0	0	255	255	255	0	255	255
60	0	0	0	0	0	0	0	0	254

En el caso 2 se evidencia los resultados obtenidos a través de la cámara termográfica, que refleja una temperatura anormal de 91.1 grados centígrados, esto indica que excede la temperatura mínima y sobrepasa los límites de seguridad y no se encuentra en buen estado.

Por medio de la técnica de procesamiento de imágenes se logra apreciar la falla de manera rápida y evitar sobrecargas y posibles incendios en el transformador, es por esto que se obtienen imágenes de RGB para apreciar la falla y además se obtendrá las siguientes coordenadas: [X, Y] [244 334] y de la misma manera las coordenadas en: [R, G, B] [111 22 16], como se mostrará en la Figura 14.

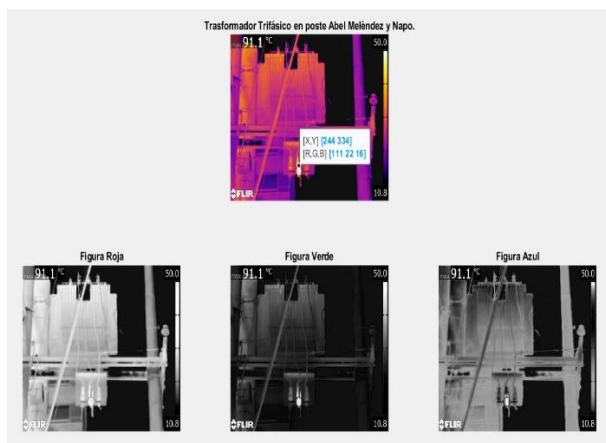


Figura 14. Procesamiento de imágenes en RGB en el programa Matlab.

En el programa se originó la matriz anteriormente dicha y como resultado se obtuvo el dimensionamiento de la imagen termográfica como se observará en la Tabla 3.

Donde:

- a: Imagen original.
- ab: Imagen en color azul/blue.
- ag: Imagen en color verde/green.
- ar: Imagen en color rojo/red.
- ca: Valor de imagen.
- fa: Matriz de imagen
- i: Condiciones
- ii: Condiciones
- pcg: Ubicación de falla matriz verde/green
- pcr: Ubicación de falla matriz roja/red

Tabla 3. Dimensionamiento de la matriz generada por la matriz termográfica caso 2.

Nombre	Valor
a	423×563×3 uint8
ab	423×563 uint8
ag	423×563 uint8
ar	423×563 uint8
ca	563
fa	423
i	423
ii	563
pcg	419×558 uint8
pcr	413×559 uint8

En consecuencia, de los datos precisos obtenidos y las coordenadas en [X,Y][244 334] se obtendrá la ubicación exacta de la falla del transformador, por lo tanto, permitirá encontrar el punto caliente y se observará en la Tabla 4.

Tabla 4. Ubicación del punto caliente en las coordenadas [X & Y] [244 334].

pcr	pcg	ca	ar	a				
419×558		Dimensionamiento de la matriz						
uint8		238	239	240	241	242	243	244
329	0	255	254	0	0	255	0	0
330	0	255	252	0	0	255	0	0
331	0	255	0	0	0	255	0	0
332	0	255	254	0	0	255	0	0
333	0	255	252	0	0	255	0	0
334	0	255	252	253	0	255	0	0

Por último, en la Tabla 5 se representará los resultados obtenidos utilizando la técnica del procesamiento de imágenes y finalmente obteniendo evidencia del estudio realizado en esta investigación y así analizando las diferentes fallas en los transformadores del primario A-04 subestación Chimbacalle.

Tabla 5. Tabla de resultados mediante el procesamiento de imágenes en diferentes transformadores.

TRANSFORMADORES	COORDENADAS	UBICACIÓN DEL TRANSFORMADOR	FALLAS	ALGORITMO DETECTADO	COORDENADAS PUNTO CALIENTE	COORDENADAS [R, G, B]	COORDENADAS INICIO	COORDENADAS FIN	CONFIABILIDAD
TRANSFORMADOR 1	-0.240531, - 78.510462	Eduardo Bata y Guayllabamba	SI	SI	[X, Y] [90 60]	[254 230 204]	[X, Y] [88 58]	[X, Y] [88 64]	100%
TRANSFORMADOR 2	-0.241486, - 78.512429	Abel Meléndez y Napo	SI	SI	[X, Y] [244 334]	[111 22 16]	[X, Y] [239 327]	[X, Y] [247 354]	100%
TRANSFORMADOR 3	-0.247627, - 78.503040	E7B y Francisco Olmos	SI	SI	[X, Y] [316 134]	[230 234 160]	[X, Y] [255 85]	[X, Y] [295 200]	100%
TRANSFORMADOR 4	-0.243715, - 78.506570	Alonso Lobon y Sucumbíos	SI	SI	[X, Y] [185 143]	[233 229 243]	[X, Y] [187 141]	[X, Y] [183 169]	100%
TRANSFORMADOR 5	-0.243211, - 78.512102	Alpahuasi y Borgoñón	SI	SI	[X, Y] [391 249]	[235 242 235]	[X, Y] [387 245]	[X, Y] [388 281]	100%
TRANSFORMADOR 6	-0.245985, - 78.515103	Benjamín Lastra y Primero de Mayo	SI	SI	[X, Y] [285 365]	[232 235 122]	[X, Y] [283 358]	[X, Y] [285 368]	100%
TRANSFORMADOR 7	-0.245214, - 78.510506	Pedro Cepero y Alpahuasi	SI	SI	[X, Y] [194 101]	[232 107 43]	[X, Y] [212 29]	[X, Y] [185 244]	100%

5 Conclusiones

La presente investigación usa el procesamiento de imágenes, esto permite reconocer distintos de fallas: Fallas de fase a tierra, fase a fase, trifásicas y fallas de doble línea a tierra.

El método desarrollado facilita la localización de fallas en cualquier tipo de nivel de voltaje, fundamentándose en una subida de temperatura, también llamada como: Punto caliente. Según la ley de Joule habla acerca de un crecimiento anormal de la resistencia óhmica, es por esto que la termografía basada en el procesamiento de imágenes permite calcular, comprobar y visibilizar sin contacto y a larga distancia las temperaturas de una superficie con exactitud en los sistemas eléctricos de potencia sin dejar fuera de servicio a sistemas de distribución y seccionamiento, subestación y equipos primarios, por lo que favorece a elaborar informes con reportes termográficos exactos, en los cuales se especifica claramente el lugar y el tipo de falla o el punto caliente encontrado mediante una imagen digital y una infrarroja, lo que ahorra tiempo de mantenimiento.

5.1 Trabajos futuros

En el presente artículo investigativo, se utilizó la técnica del procesamiento de imágenes mediante una cámara termográfica que permite diagnosticar los posibles puntos calientes y que estos actúan como respuesta inmediata a las mediciones de temperatura que se realicen en tiempo real.

Esto significa que ciertos tipos de errores se activan repentinamente antes de la detección final; Asimismo, se recomienda como trabajo a futuro mejorar la metodología propuesta para perfeccionar su precisión y eficiencia, también se propone incluir nuevas funciones como: Donde ocurrió el error, para tener un sistema completo capaz de detectar las fallas, identificar la ubicación de las fallas y

clasificar los tipos de fallas para verificar el mantenimiento de instalaciones a futuro.

6 Referencias

- [1] A. De, L. A. Asignatura, N. Redondo, and M. P. Ayudante, "SISTEMAS ELÉCTRICOS DE POTENCIA," 2012.
- [2] R. Pérez, C. Vásquez, and A. Viloriaf, "Fault Location Methods in Electric Distribution Systems with Presence of Distributed Generation."
- [3] H. Hakimollahi, D. Zamani, S. H. Hosseini, R. Rahimi, and M. Abbasi, "Evaluation of thermography inspections effects on costs and power losses reduction in Alborz Province Power Distribution Co.," in *21st Electrical Power Distribution Network Conference, EPDC 2016*, Jul. 2016, pp. 222–226. doi: 10.1109/EPDC.2016.7514810.
- [4] L. Yaneth and N. Duarte, "PRINCIPIOS BÁSICOS DE LA TERMOGRAFÍA INFRARROJA Y SU UTILIZACIÓN COMO TÉCNICA PARA MANTENIMIENTO PREDICTIVO."
- [5] P. J. Zarco-Periñán, J. L. Martínez-Ramos, and F. J. Zarco-Soto, "A novel method to correct temperature problems revealed by infrared thermography in electrical substations," *Infrared Phys Technol*, vol. 113, Mar. 2021, doi: 10.1016/j.infrared.2020.103623.
- [6] "ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO."
- [7] F. C. Reina-Pérez, F. M. Reina-Quiñónez, N. P. Valencia-Ortiz, B. F. Chere-Quiñónez, and J. G. Góngora-Ortiz, "El mantenimiento predictivo, eficaz para sistemas eléctricos de potencia," *Polo del Conocimiento*, vol. 2, no. 12, p. 134,

- Mar. 2018, doi: 10.23857/pc.v2i12.417.
- [8] L. Yaneth and N. Duarte, "PRINCIPIOS BÁSICOS DE LA TERMOGRAFÍA INFRARROJA Y SU UTILIZACIÓN COMO TÉCNICA PARA MANTENIMIENTO PREDICTIVO."
- [9] B. Tonato Jenny Nataly Solís Mora Vinicio Samuel and I. de Mantenimiento, "ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO "DESARROLLO DEL MANTENIMIENTO PREDICTIVO MEDIANTE LA TÉCNICA DE LA TERMOGRAFÍA PARA EVALUAR EL CORRECTO FUNCIONAMIENTO DE LA SUBESTACIÓN ORIENTE Y ALIMENTADOR TOTORAS DE LA EMPRESA ELÉCTRICA Previo a la obtención del Título de," 2013.
- [10] " Análisis *et al.*, "ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE MECÁNICA ESCUELA DE INGENIERÍA DE MANTENIMIENTO Previo a la obtención del Título de: INGENIERO DE MANTENIMIENTO."
- [11] M.-P. Martínez, "Medidas de seguridad en el mantenimiento de la red de distribución eléctrica Yandry-Rodríguez Domínguez** Mercedes-Canasi Piñeiro***", [Online]. Available: <http://revista.ucpejv.edu.cu/index.php/rPPProf>
- [12] E. Mechkov, "Application of infrared thermography technique in transformers maintenance in distribution network," in *2017 15th International Conference on Electrical Machines, Drives and Power Systems, ELMA 2017 - Proceedings*, Jun. 2017, pp. 354–357. doi: 10.1109/ELMA.2017.7955462.
- [13] D. de Ingeniería Eléctrica and D. María José Picazo Ródenas, "UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA DIAGNÓSTICO DE MÁQUINAS ELÉCTRICAS MEDIANTE TÉCNICAS DE TERMOGRAFÍA INFRARROJA TESIS DOCTORAL PRESENTADA POR."
- [14] "FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA."
- [15] A. Núñez Jiménez, G. R. Santiesteban Hernández, I. Carlos, and E. Cruz Rodríguez, "Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa," 2017.
- [16] A. Sedighi, A. Kafiri, M. Shahnazari, M. R. Sehati, and F. Behdad, "Aging Assessment of Distribution Transformers Based on Thermal Imaging," in *Proceedings - 2019 IEEE International Conference on Environment and Electrical Engineering and 2019 IEEE Industrial and Commercial Power Systems Europe, IEEEIC/I and CPS Europe 2019*, Jun. 2019. doi: 10.1109/IEEEIC.2019.8783439.
- [17] D. de Ingeniería Eléctrica and D. María José Picazo Ródenas, "UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA DIAGNÓSTICO DE MÁQUINAS ELÉCTRICAS MEDIANTE TÉCNICAS DE TERMOGRAFÍA INFRARROJA TESIS DOCTORAL PRESENTADA POR."
- [18] P. Roberto Poyato, "DE DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA Nota Técnica."
- [19] G. Maciel dos Santos, "UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO CENTRO DE

- TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE
ENGENHARIA ELÉTRICA
PROGRAMA DE PÓS-
GRADUAÇÃO EM
ENGENHARIA ELÉTRICA,” 2017.
- [20] F. Javier, R. Atienza, P. Luis, and C. Romero, “Equation Chapter 1 Section 1.”
- [21] Q. Wang *et al.*, “Defect Depth Determination in Laser Infrared Thermography Based on LSTM-RNN,” *IEEE Access*, vol. 8, pp. 153385–153393, 2020, doi: 10.1109/ACCESS.2020.3018116.
- [22] C. S. Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku. Faculty of Electrical Engineering, Institute of Electrical and Electronics Engineers. Region 8, Institute of Electrical and Electronics Engineers. Croatia Section, and Institute of Electrical and Electronics Engineers., *Proceedings of International Conference on Smart Systems and Technologies 2017 (SST 2017): Faculty of Electrical Engineering, Computer Science and Information Technology Osijek, Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Osijek, Croatia, October 18-20, 2017*.
- [23] A. Sedighi, A. Kafiri, M. Shahnazari, M. R. Sehati, and F. Behdad, “Aging Assessment of Distribution Transformers Based on Thermal Imaging,” in *Proceedings - 2019 IEEE International Conference on Environment and Electrical Engineering and 2019 IEEE Industrial and Commercial Power Systems Europe, IEEEIC/I and CPS Europe 2019*, Jun. 2019. doi: 10.1109/EEEIC.2019.8783439.
- [24] “Application_of_artificial_neural_networks_to_monitor_thermal_condition_of_electrical_equipment”.
- [25] K. A. Pareek, D. May, M. A. Ras, and B. Wunderle, “Towards development of an intelligent failure analysis system based on infrared thermography,” *Microelectronics Reliability*, vol. 139, Dec. 2022, doi: 10.1016/j.microrel.2022.114823.
- [26] Y. Duan *et al.*, “Automated defect classification in infrared thermography based on a neural network,” *NDT and E International*, vol. 107, Oct. 2019, doi: 10.1016/j.ndteint.2019.102147.
- [27] A. R. Sedighi, A. Kafiri, M. R. Sehati, and F. Behdad, “Life estimation of distribution transformers using thermography: A case study,” *Measurement (Lond)*, vol. 149, Jan. 2020, doi: 10.1016/j.measurement.2019.106994.
- [28] V. Shiravand, J. Faiz, M. H. Samimi, and M. Djamali, “Improving the transformer thermal modeling by considering additional thermal points,” *International Journal of Electrical Power and Energy Systems*, vol. 128, Jun. 2021, doi: 10.1016/j.ijepes.2020.106748.
- [29] A. R. Abbasi, “Fault detection and diagnosis in power transformers: a comprehensive review and classification of publications and methods,” *Electric Power Systems Research*, vol. 209. Elsevier Ltd, Aug. 01, 2022. doi: 10.1016/j.epsr.2022.107990.
- [30] T. Mariprasath and V. Kirubakaran, “A real time study on condition monitoring of distribution transformer using thermal imager,” *Infrared Physics and Technology*, vol. 90. Elsevier B.V., pp. 78–86, May 01, 2018. doi: 10.1016/j.infrared.2018.02.009.
- [31] P. R. Yela Jaramillo, M. G. Montufar, and M. G. Ruiz, “Wireless Network Design for Intelligent

Measurement Based on Real User Data,” in *Proceedings - 2019 International Conference on Information Systems and Computer Science, INCISCOS 2019*, Nov. 2019, pp. 101–107. doi: 10.1109/INCISCOS49368.2019.00025.

- [32] “UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE QUITO CARRERA: INGENIERÍA ELÉCTRICA Trabajo de titulación previo a la obtención del título de INGENIERO ELÉCTRICO.”

6.1 Matriz de Estado del Arte

Tabla 6. Matriz de estado del arte.

DIAGNÓSTICO DE PUNTOS CALIENTES A TRAVÉS DE TOMAS TERMOGRÁFICAS EN LOS SISTEMAS ELÉCTRICOS DE POTENCIA BASADO EN EL PROCESAMIENTO DE IMÁGENES.																												
ITEM	DATOS			TEMÁTICA								FORMULACIÓN DEL PROBLEMA				RESTRICCIONES DEL PROBLEMA			PROPUESTAS PARA RESOLVER EL PROBLEMA				SOLUCIÓN PROPUESTA					
	AÑO DE PUBLICACIÓN	TÍTULO DEL ARTÍCULO	REVISTA Cuartil (Q1,Q2,Q3,Q4), Scielo, Conferencia	CITAS PUBLISH OR PERISH SCHOLAR GOOGLE	DETECCIÓN DE FALLAS	SISTEMAS ELÉCTRICOS DE POTENCIA	MÉTODO DE PROCESAMIENTO DE IMÁGENES	TIPOS DE MANTENIMIENTO	APLICACIÓN DE LA TERMOGRAFIA	TERMOGRAFÍA EN SISTEMAS ELÉCTRICOS DE POTENCIA	DETERMINACIÓN DE LA DETECCIÓN DE FALLAS	MANTENIMIENTO	ANOMALIAS DETECTADAS EN LOS COMPONENTES ELÉCTRICOS	CÁLCULO DE LA LEY DE JOULE	FALLAS EN SISTEMAS ELÉCTRICOS DE POTENCIA	ESTIMACIÓN DE RECURSOS	FALTA DE INFORMACIÓN SOBRE EL TEMA	FALTA DE INFORMACIÓN SOBRE LOS MANTENIMIENTOS REALIZADOS A LOS SISTEMAS ELÉCTRICOS	EVALUAR MÉTODO PROCESAMIENTO DE IMÁGENES	EVALUAR MÉTODO JOULE	SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN BIEN EMPLEADOS	MANTENIMIENTOS PREVENTIVOS	MÉTODOS DE MITIGACIÓN PARA FALLAS	USO DE ALGORITMOS PARA DETECCIÓN DE FALLAS	CÁMARA TERMOGRÁFICA QUE DETECTA FALLOS EN EL SISTEMA O	MANTENIMIENTO GARANTIZADO PARA PREVENIR FUTUROS DAÑOS O	LOCALIZACIÓN DE LAS FALLAS O PERDIDAS DE ENERGÍA	
1	2012	SISTEMAS ELÉCTRICOS DE POTENCIA			<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2	2019	Fault Location Methods in Electric Distribution Systems with Presence of Distributed Generation.		1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3	2016	Evaluation of thermography inspections effects on costs and power losses reduction in Alborz Province Power Distribution Co.	Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc.	3	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
4	2011	PRINCIPIOS BÁSICOS DE LA TERMOGRAFÍA INFRARROJA Y SU UTILIZACIÓN COMO TÉCNICA PARA MANTENIMIENTO PREDICTIVO		9	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
5	2021	A novel method to correct temperature problems revealed by infrared thermography in electrical substations	Infrared Physics and Technology	3	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		

DIAGNÓSTICO DE PUNTOS CALIENTES A TRAVÉS DE TOMAS TERMOGRÁFICAS EN LOS SISTEMAS ELÉCTRICOS DE POTENCIA BASADO EN EL PROCESAMIENTO DE IMÁGENES.

6	2022	Plan de mantenimiento preventivo basado en la condición del grupo electrógeno del Hospital San Juan S.A, aplicando vibraciones y termografía para reducir las ocurrencias de las fallas		1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7	2018	El mantenimiento predictivo, eficaz para sistemas eléctricos de potencia	Polo del conocimiento	3	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8	2014	PRINCIPIOS BÁSICOS DE LA TERMOGRAFÍA INFRARROJA Y SU UTILIZACIÓN COMO TÉCNICA PARA MANTENIMIENTO		9	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9	2013	DESARROLLO DEL MANTENIMIENTO PREDICTIVO MEDIANTE LA TÉCNICA DE LA TERMOGRAFÍA PARA EVALUAR EL CORRECTO FUNCIONAMIENTO DE LA SUBESTACIÓN		1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10	2013	“DESARROLLO DEL MANTENIMIENTO PREDICTIVO MEDIANTE LA TÉCNICA DE LA TERMOGRAFÍA PARA EVALUAR EL CORRECTO FUNCIONAMIENTO DE LA SUBESTACIÓN ORIENTE Y ALIMENTADOR TOTORAS DE LA EMPRESA ELÉCTRICA AMBATO S.A.”		7	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
11	2020	Medidas de seguridad en el mantenimiento de la red de distribución eléctrica.	Revista digital de la Facultad de Ciencias Técnicas CITMA	1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
12	2017	Application of Infrared Thermography Technique in Transformers Maintenance in Distribution Network.	IEEE International Conference on Power, Intelligent Computing and Systems (ICPICS)	12	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
13	2016	DIAGNÓSTICO DE MÁQUINAS ELÉCTRICAS MEDIANTE TÉCNICAS DE TERMOGRAFÍA INFRARROJA		5	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

DIAGNÓSTICO DE PUNTOS CALIENTES A TRAVÉS DE TOMAS TERMOGRÁFICAS EN LOS SISTEMAS ELÉCTRICOS DE POTENCIA BASADO EN EL PROCESAMIENTO DE IMÁGENES.

14	2018	"APLICACIÓN DE CÁMARA TERMOGRÁFICA EN LA PREVENCIÓN DE FALLAS DEL SISTEMA ELÉCTRICO PARA MEJORAR LA CONFIABILIDAD DE UNIDADES KOMATSU 730 EBAYOVAR-2018		1	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
15	2017	Procedimiento para la optimización de los transformadores de media tensión en la Empresa Che Guevara aplicando la termografía infrarroja		1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
16	2019	Aging Assessment of Distribution Transformers Based on Thermal Imaging	Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc.	2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
17	2016	DIAGNÓSTICO DE MÁQUINAS ELÉCTRICAS MEDIANTE TÉCNICAS DE TERMOGRAFÍA INFRARROJA		5	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
18	2009	TERMOGRAFÍA EN SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA Página 1 de 9 TERMOGRAFÍA EN SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA		1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
19	2017	TERMOGRAFIA E INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NA DETECÇÃO DE FALHAS EM TRANSFORMADORES		2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
20	2020	Aplicaciones de la termografía infrarroja en las instalaciones eléctricas.		2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
21	2020	Defect Depth Determination in Laser Infrared Thermography Based on LSTM-RNN	IEEE Institute of Electrical and Electronics Engineers	13	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
22	2017	Detection of Faults in Electrical Panels Using Deep Learning Method	IEEE Institute of Electrical and Electronics Engineers	5	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

DIAGNÓSTICO DE PUNTOS CALIENTES A TRAVÉS DE TOMAS TERMOGRÁFICAS EN LOS SISTEMAS ELÉCTRICOS DE POTENCIA BASADO EN EL PROCESAMIENTO DE IMÁGENES.

23	2019	Aging Assessment of Distribution Transformers Based on Thermal Imaging	IEEE Institute of Electrical and Electronics Engineers	2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
24	2017	Application of Artificial Neural Networks to Monitor Thermal Condition of Electrical Equipment.	Conference on Condition techniques in Electrical Systems (CATCON).	13	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
25	2022	Towards development of an intelligent failure analysis system based on infrared thermography.	Microelectronics Reliability ScienceDirect	1	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
26	2019	Automated defect classification in infrared thermography based on a neural network.	NDT and E International	35	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
27	2020	Life estimation of distribution transformers using thermography: A case study	Measurement	15	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
28	2021	Improving the transformer thermal modeling by considering additional thermal points	International Journal of Electrical Power and Energy Systems	11	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
29	2022	Fault detection and diagnosis in power transformers: a comprehensive review and classification of publications and methods.	Electric Power Systems Research	11	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
30	2018	A real time study on condition monitoring of distribution transformer using thermal imager.	Infrared Physics and Technology	56	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
31	2019	Wireless Network Design for Intelligent Measurement Based on Real User Data	Information Systems and Computer Science, INCISCOS	1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
32	2020	Identificación de Fallas en Sistemas Eléctricos de Potencia Basado en el Reconocimiento de Patrones.		1	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
CANTIDAD:					9	5	6	7	3	9	3	3	2	1	5	0	1	0	6	5	4	2	4	6	8	4	3									

6.2 Resumen de Indicadores

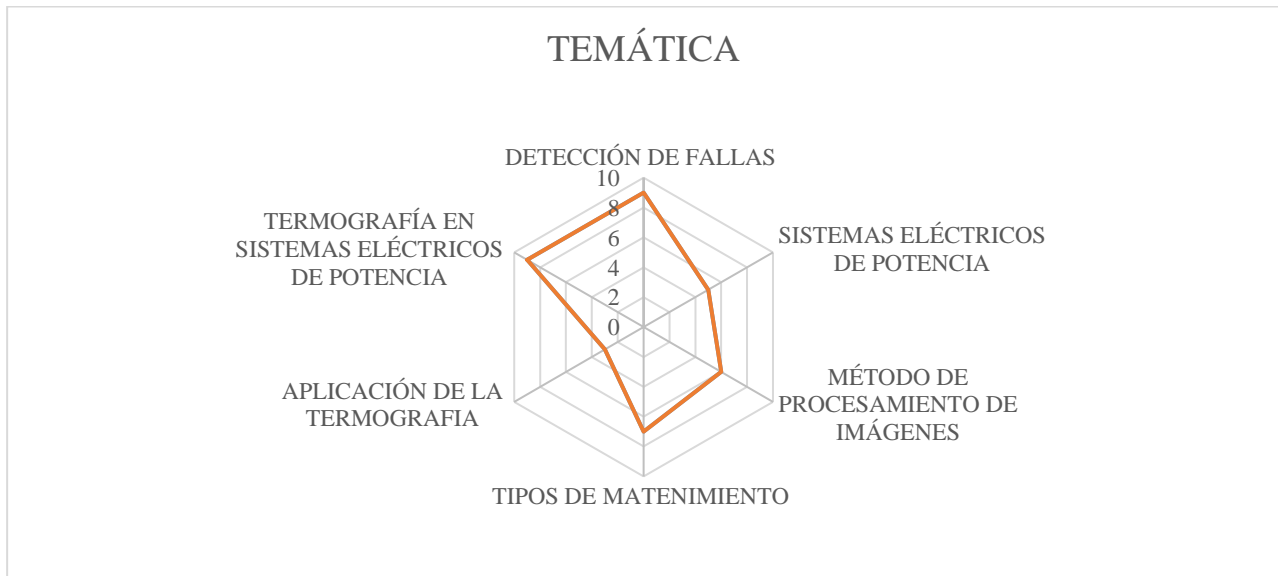


Figura 15. Resumen e indicador de la temática- Estado del arte.

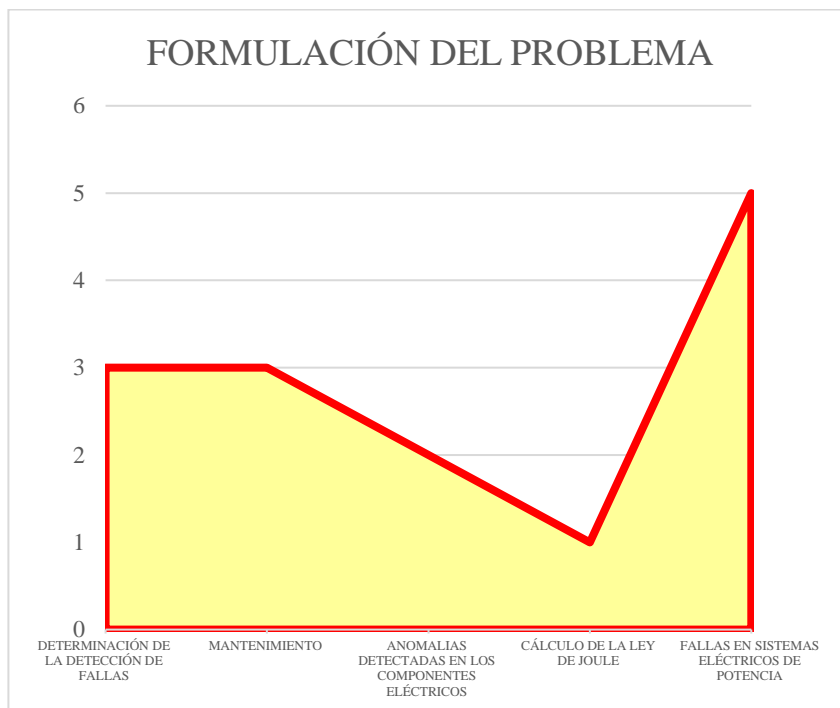


Figura 16. Indicador de formulación del problema- Estado del arte.

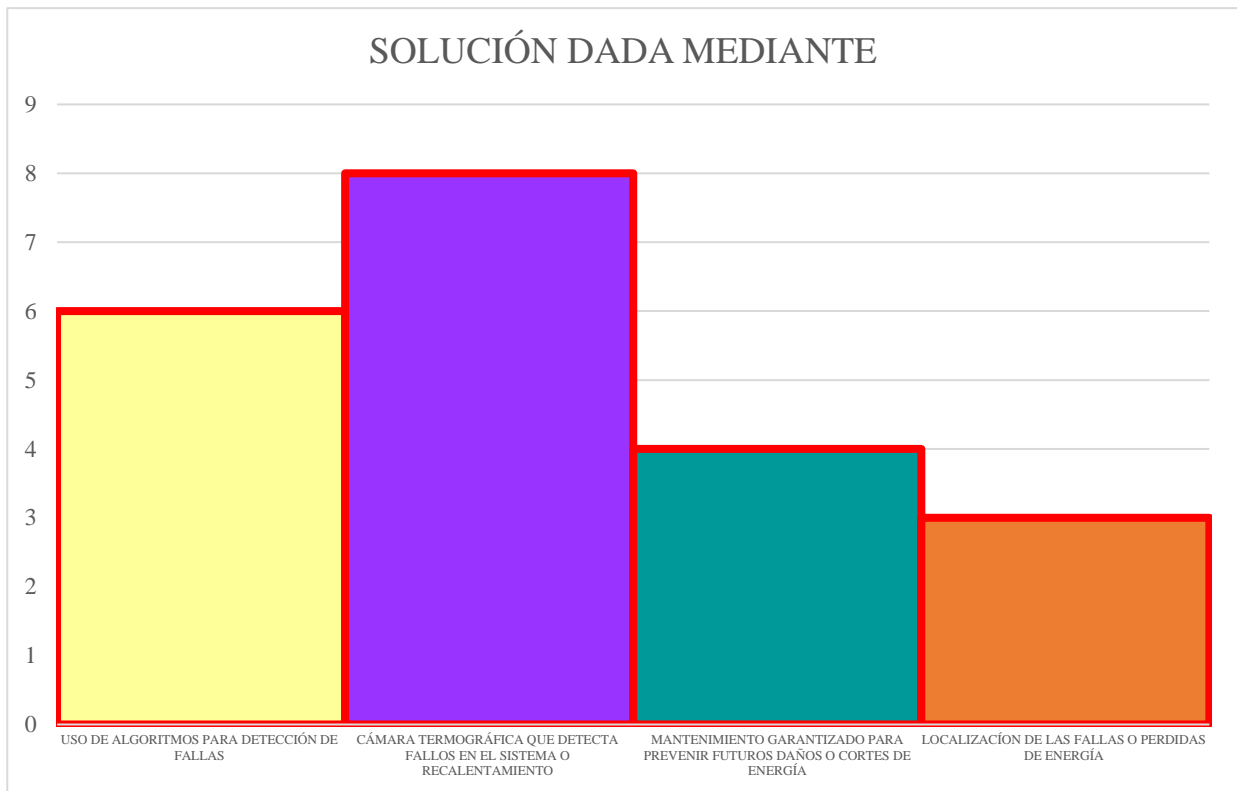


Figura 17. Indicador de solución-Estado del arte.