



Universidad de San Carlos de Guatemala  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Ingeniería de Mecánica Eléctrica

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO PARA EL  
ANÁLISIS TERMOGRÁFICO A LA RED ELÉCTRICA Y SUBSISTEMAS DE UN CENTRO DE  
CAPACITACIÓN TÉCNICA UBICADO EN LA ZONA 21 DE LA CIUDAD DE GUATEMALA**

**Byron René Bravo del Cid**

Asesorado por el Mtro. Ing. Víctor Eduardo Izquierdo Palacios

Guatemala, agosto de 2023

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO PARA EL ANÁLISIS TERMOGRÁFICO A LA RED ELÉCTRICA Y SUBSISTEMAS DE UN CENTRO DE CAPACITACIÓN TÉCNICA UBICADO EN LA ZONA 21 DE LA CIUDAD DE GUATEMALA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

**BYRON RENÉ BRAVO DEL CID**

ASESORADO POR EL MTRO. ING. VÍCTOR EDUARDO IZQUIERDO  
PALACIOS

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO ELECTRICISTA**

GUATEMALA, AGOSTO DE 2023

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO a.i.	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Ing. Kevin Vladimir Cruz Lorente
VOCAL V	Br. Fernando José Paz González
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADOR	Ing. Jorge Gilberto González Padilla
EXAMINADOR	Ing. Luis Manuel Pérez Archila
EXAMINADORA	Inga. Ingrid Salomé Rodríguez de Loukota
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

## HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO PARA EL ANÁLISIS TERMOGRÁFICO A LA RED ELÉCTRICA Y SUBSISTEMAS DE UN CENTRO DE CAPACITACIÓN TÉCNICA UBICADO EN LA ZONA 21 DE LA CIUDAD DE GUATEMALA**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de Escuela de Estudios de Postgrado, con fecha junio de 2018.



Byron René Bravo del Cid



**EEPFI-PP-0686-2023**

Guatemala, 1 de junio de 2023

**Director**  
**Armando Alonso Rivera Carrillo**  
**Escuela Ingenieria Mecanica Electrica**  
**Presente.**

**Estimado Ing. Rivera**

Reciba un cordial saludo de la Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ingeniería.

El propósito de la presente es para informarle que se ha revisado y aprobado el Diseño de Investigación titulado: **DISEÑO DE INVESTIGACION DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO PARA EL ANALISIS TERMOGRAFICO A LA RED ELECTRICA Y SUBSISTEMAS DE UN CENTRO DE CAPACITACIÓN TECNICA UBICADO EN LA ZONA 21 DE LA CIUDAD DE GUATEMALA**, el cual se enmarca en la línea de investigación: **Gestión del Mantenimiento - Control de efectividad de mantenimiento basado en indicadores (disponibilidad, tiempo entre fallas, criticidad, tiempo medio entre fallas, entre otros)**, presentado por el estudiante **Byron Rene Bravo Del Cid** carné número **200117686**, quien optó por la modalidad del "PROCESO DE GRADUACIÓN DE LOS ESTUDIANTES DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA OPCIÓN ESTUDIOS DE POSTGRADO". Previo a culminar sus estudios en la Maestría en ARTES en Ingeniería De Mantenimiento.

Y habiendo cumplido y aprobado con los requisitos establecidos en el normativo de este Proceso de Graduación en el Punto 6.2, aprobado por la Junta Directiva de la Facultad de Ingeniería en el Punto Décimo, Inciso 10.2 del Acta 28-2011 de fecha 19 de septiembre de 2011, firmo y sello la presente para el trámite correspondiente de graduación de Pregrado.

Atentamente,

*"Id y Enseñad a Todos"*

**Ingeniero Mecánica**  
**Victor Eduardo Izquierdo Palacios**  
Maestro en Ingeniería de Mantenimiento  
Calle 3, 103  
Mtro. Víctor Eduardo Izquierdo Palacios  
Asesor(a)

**Mtra. Rocio Carolina Medina Galindo**  
Coordinador(a) de Maestría

**Mtro. Edgar Darío Álvarez Cotí**  
Director  
Escuela de Estudios de Postgrado  
Facultad de Ingeniería





EEP-EIME-0673-2023

El Director de la Escuela Ingeniería Mecánica Eléctrica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el visto bueno del Coordinador y Director de la Escuela de Estudios de Postgrado, del Diseño de Investigación en la modalidad Estudios de Pregrado y Postgrado titulado: **DISEÑO DE INVESTIGACION DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO PARA EL ANALISIS TERMOGRAFICO A LA RED ELECTRICA Y SUBSISTEMAS DE UN CENTRO DE CAPACITACIÓN TÉCNICA UBICADO EN LA ZONA 21 DE LA CIUDAD DE GUATEMALA**, presentado por el estudiante universitario **Byron Rene Bravo Del Cid**, procedo con el Aval del mismo, ya que cumple con los requisitos normados por la Facultad de Ingeniería en esta modalidad.

ID Y ENSEÑAD A TODOS

The image shows a handwritten signature in black ink, which appears to be "AR". To the right of the signature is a circular official stamp. The stamp contains the text: "UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA", "DIRECCIÓN ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA", and "FACULTAD DE INGENIERÍA".

Ing. Armando Alonso Rivera Carrillo  
Director  
Escuela Ingeniería Mecánica Eléctrica

Guatemala, junio de 2023



**USAC**  
TRICENTENARIA  
Universidad de San Carlos de Guatemala

Decanato  
Facultad e Ingeniería

24189101- 24189102

LNG.DECANATO.OIE.61.2023

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, al Trabajo de Graduación titulado: **DISEÑO DE INVESTIGACION DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO PARA EL ANALISIS TERMOGRAFICO A LA RED ELECTRICA Y SUBSISTEMAS DE UN CENTRO DE CAPACITACIÓN TECNICA UBICADO EN LA ZONA 21 DE LA CIUDAD DE GUATEMALA**, presentado por: **Byron Rene Bravo Del Cid** después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:

Firmado electrónicamente por: José Francisco Gómez Rivera  
Motivo: Orden de impresión  
Fecha: 23/08/2023 19:05:08  
Lugar: Facultad de Ingeniería, USAC.

Ing. José Francisco Gómez Rivera  
Decano a.i.



Guatemala, agosto de 2023

Para verificar validez de documento ingrese a <https://www.ingenieria.usac.edu.gt/firma-electronica/consultar-documento>

Tipo de documento: Correlativo para orden de impresión Año: 2023 Correlativo: 61 CUI: 2448642250108

Escuelas: Ingeniería Civil, Ingeniería Mecánica Industrial, Ingeniería Química, Ingeniería Mecánica Eléctrica, - Escuela de Ciencias, Regional de Ingeniería Sanitaria y Recursos Hidráulicos (ERIS). Postgrado Maestría en Sistemas Mención Ingeniería Vial. Carreras: Ingeniería Mecánica, Ingeniería Electrónica, Ingeniería en Ciencias y Sistemas. Licenciatura en Matemática. Licenciatura en Física. Centro de Estudios Superiores de Energía y Minas (CESEM). Guatemala, Ciudad

## **ACTO QUE DEDICO A:**

<b>Dios</b>	Por darme la oportunidad de vida y ser la guía de mis acciones y decisiones para creer que, de la mano de él, nada es imposible.
<b>Mi familia</b>	Por ser el apoyo incondicional mostrado durante mi época estudiantil sin esperar nada a cambio.
<b>Mis amigos</b>	Por ser fuente de apoyo durante mi época de estudio.
<b>Mis padres</b>	Por ser fuentes de inspiración y por enseñarme que, con trabajo, perseverancia y constancia, se pueden alcanzar los sueños.
<b>Mis hermanos</b>	Por el apoyo incondicional.

## **AGRADECIMIENTOS A:**

<b>El pueblo de Guatemala</b>	Por el esfuerzo y trabajo, los cuales hacen que este sueño sea realidad.
<b>Mis catedráticos</b>	Por compartir sus conocimiento y experiencias sin condiciones.
<b>Mis colegas</b>	Por ser partícipes de mí logro profesional, en gran medida por sus consejos y apoyo en tiempos difíciles; toda mi admiración y respeto.
<b>Mis asesores</b>	Por el apoyo y tiempo en la asesoría de mi documento de graduación.
<b>Mis amigos</b>	Por el acompañamiento en los días de lucha y desesperación.

## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
LISTA DE SÍMBOLOS .....	VII
GLOSARIO .....	IX
RESUMEN.....	XI
1. INTRODUCCIÓN .....	1
2. ANTECEDENTES .....	3
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	9
3.1. Descripción del problema .....	9
3.2. Pregunta general .....	10
3.3. Preguntas específicas.....	11
3.4. Delimitación del problema.....	11
3.5. Consecuencias de la implementación de la investigación .....	11
3.5.1. De realizarse.....	12
3.5.2. De no realizarse.....	12
4. JUSTIFICACIÓN .....	13
5. OBJETIVOS .....	15
5.1. General .....	15
5.2. Específicos.....	15
6. NECESIDADES POR CUBRIR Y ESQUEMA DE LA SOLUCIÓN .....	17

7.	MARCO TEÓRICO .....	19
7.1.	Mantenimiento y su importancia en la gestión.....	19
7.1.1.	Proceso y evolución del mantenimiento .....	20
7.1.1.1.	Mantenimiento preventivo .....	20
7.1.1.2.	Mantenimiento predictivo.....	21
7.1.1.3.	Mantenimiento correctivo .....	21
7.1.2.	Formas de optimización del mantenimiento .....	22
7.1.2.1.	Mantenimiento productivo total (TPM) .....	23
7.1.2.2.	Mantenimiento basado en el riesgo (RBM).....	25
7.1.3.	Indicadores clave para la gestión del mantenimiento (KPI's).....	28
7.1.3.1.	Indicadores de gestión del mantenimiento.....	29
7.2.	Normas internacionales aplicadas a la gestión del mantenimiento.....	29
7.3.	Termografía tomada como un buen sistema de gestión llevadas a los sistemas preventivos.....	30
7.3.1.	Técnicas de termografía infrarroja.....	31
7.3.1.1.	Técnica activa .....	31
7.3.1.2.	Termografía pasiva .....	32
7.3.1.3.	Termograma.....	34
7.3.2.	Termografía en los mantenimientos preventivos.....	35
7.4.	ISO 50001 basado en la eficiencia .....	36
7.4.1.	Términos relativos al desempeño/rendimiento.....	37
7.4.2.	La termografía y le eficiencia energética.....	40
7.5.	Historia del centro de Guatemala dos .....	41

7.5.1.	CGDI (Centro Guatemalteco para el Desarrollo Industrial).....	44
7.5.2.	CFPI (Centro de Fomento de Productividad Industrial).....	44
7.5.3.	CFPI (Centro de Fomento de Productividad Industrial).....	45
7.5.4.	CDPI (Centro de Desarrollo y Productividad Industrial).....	45
7.5.5.	CENDAP (Centro Nacional de Desarrollo, Adiestramiento y Productividad) .....	46
7.5.6.	Modernización .....	46
8.	PROPUESTA DE ÍNDICE DE CONTENIDOS .....	49
9.	METODOLOGÍA.....	51
9.1.	Enfoque .....	51
9.2.	Diseño de la investigación .....	51
9.3.	Tipo de estudio .....	51
9.4.	Alcance .....	52
9.5.	Variables e indicadores.....	52
9.6.	Fases de la investigación.....	53
9.7.	Fase 1 .....	53
9.8.	Fase 2.....	54
9.9.	Fase 3.....	54
9.10.	Fase 4.....	54
9.11.	Resultados esperados .....	54
9.12.	Población y muestra .....	55
10.	TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE INFORMACIÓN.....	57

11.	CRONOGRAMA .....	59
12.	RECURSOS NECESARIOS Y FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO .....	61
12.1.	Recursos físicos .....	61
12.2.	Recursos humanos.....	61
12.3.	Recursos financieros .....	61
13.	REFERENCIAS .....	63
14.	APÉNDICES .....	67
15.	ANEXOS .....	69

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

<b>Figura 1.</b>	Esquema de la solución .....	18
<b>Figura 2.</b>	Ciclo Deming .....	24
<b>Figura 3.</b>	Etapas de implantación del TPM .....	25

### TABLAS

<b>Tabla 1.</b>	Nivel de probabilidad de fallo .....	27
<b>Tabla 2.</b>	Criterios de las consecuencias .....	28
<b>Tabla 3.</b>	Contextualización de la ISO 50001 .....	36
<b>Tabla 4.</b>	Operacionalización de variables.....	53
<b>Tabla 5.</b>	Cronograma de actividades.....	59
<b>Tabla 6.</b>	Costos y factibilidad.....	62



## LISTA DE SÍMBOLOS

<b>Símbolo</b>	<b>Significado</b>
<b>DaN</b>	Decanewton
<b>dB</b>	Decibeles
<b>°C</b>	Grados Celsius
<b>kA</b>	Kiloamperios
<b>kg</b>	Kilogramo
<b>kgf</b>	Kilogramo pies
<b>km</b>	Kilómetro
<b>KN</b>	Kilo Newton
<b>kv</b>	Kilovoltio
<b>μm</b>	Micrómetro
<b>mm</b>	Milímetro
<b>mm<sup>2</sup></b>	Milímetro cuadrado
<b>nm</b>	Nanómetro
<b>Ω</b>	Ohmio
<b>Q</b>	Quetzales
<b>seg</b>	Segundos



## GLOSARIO

<b>AA</b>	Aleaciones de aluminio para aumentar la rigidez del aluminio.
<b>ANSI</b>	Instituto Nacional Estadunidense de Estándares.
<b>ASTM B398</b>	Es la norma que rige la especificación estándar para los alambres de aleación de aluminio.
<b>ASTM</b>	Es una organización de normas internacionales que desarrolla y publica acuerdos de normas para materiales, productos y servicios.
<b>AZ</b>	Cables trenzados.
<b>CA</b>	Centro América.
<b>EIA 359A</b>	Es la norma para colores para la identificación y codificación de color.
<b>EIE/TIA</b>	Son estándares que tratan el cableado comercial para productos y servicios de telecomunicaciones.
<b>IEC 60889</b>	Es la norma que rige al alambre de aluminio estirado para conductores de línea aérea.

<b>IEC 61262</b>	Es la norma que rige al alambre de acero revestido de aluminio para uso eléctrico.
<b>IEEE</b>	( <i>Institute of Electrical and Electronics Engineers</i> ), es el Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos.
<b>ITU-T</b>	Son normas que definen como funcionan e interactúan las redes de telecomunicaciones.
<b>NBR</b>	Son normas brasileñas que se encargan de aspectos relativos a la transmisión de la televisión.
<b>NEMA</b>	Son normas que se encargan de regir estándares de fabricantes eléctricos.
<b>SIN</b>	Sistema interconectado nacional.

## RESUMEN

El mantenimiento es parte fundamental de todo tipo de industria por lo que realizar un diseño es clave para garantizar el funcionamiento por lo que en este caso utilizarlo para la termografía puede ser de mucha ayuda. Los equipos que funcionan correctamente tienden a tener una temperatura uniforme en sus componentes, mientras que los componentes que presentan fallos o desgaste excesivo pueden generar puntos calientes o fríos que se pueden detectar mediante el análisis termográfico.

Estos puntos pueden ser señales de problemas que están afectando el rendimiento del equipo, como, por ejemplo, la presencia de un cortocircuito o un componente con sobrecalentamiento. Es por ello por lo que, el análisis termográfico se ha convertido en una herramienta fundamental para el mantenimiento predictivo, ya que permite detectar problemas en los equipos antes de que ocurran fallos catastróficos. El uso de esta técnica puede reducir el tiempo de inactividad no planificado, aumentar la vida útil de los equipos y mejorar la seguridad en el área de trabajo.

La termografía es una técnica no invasiva que permite detectar y medir la temperatura de los equipos eléctricos mediante el uso de cámaras termográficas. Esta técnica se ha convertido en una herramienta esencial para el mantenimiento predictivo de las instalaciones eléctricas, ya que permite detectar problemas en los equipos antes de que se produzcan fallos catastróficos. La termografía se basa en la medición de la radiación infrarroja que emiten los cuerpos a partir de su temperatura.

Las cámaras termográficas convierten esta radiación en una imagen en la que se pueden ver las diferencias de temperatura entre los distintos componentes, puesto que se detectó el problema de la no realización de evaluaciones de mantenimiento en las instalaciones del sistema de la red eléctrica en las instalaciones del centro de capacitación de la zona 21 de Guatemala, en lo cual se buscará implementar un plan de mantenimiento que permita mejorar la funcionalidad de los elementos críticos de la red eléctrica, planta generadora, protecciones principales, tableros alimentadores.

# 1. INTRODUCCIÓN

La termografía se toma como una sistematización para lograr un plan de mantenimiento para un centro de capacitación en la zona 21 con el fin de lograr el ordenamiento de equipos y protección por medio de diferentes técnicas. La termografía es una técnica de medición sin contacto (ensayo no destructivo END) que permite visualizar la distribución de temperatura de un objeto o una superficie. Esta técnica se basa en la detección de la radiación infrarroja que emiten los cuerpos debido a su temperatura.

La termografía se utiliza en una amplia variedad de aplicaciones, como en la industria para detectar fallas en maquinarias y sistemas eléctricos, en la construcción para identificar pérdidas de energía en edificios y en la medicina para la detección de anomalías en el cuerpo humano. La termografía es una herramienta muy útil y versátil que ha revolucionado el mundo de la medición y el diagnóstico en muchos campos; así como para emplearlo en el mantenimiento predictivo.

El punto inicial de la termografía es el desarrollo de y evolución de la radiación como se ha mencionado anteriormente por lo que esta se desarrolló aún más con el paso de la primera guerra mundial utilizándose para misiles guiados y a partir de 1990 surge una evolución para las cámaras convirtiéndose en un método de prevención. Para el desarrollo de la termografía se emplean el uso de cámaras termográficas, que son dispositivos que permiten medir y visualizar la radiación infrarroja que emiten los cuerpos y convertirla en una imagen térmica.

El problema existente en el trabajo de investigación consiste en la técnica y viabilidad para localizar las áreas críticas las cuales pueden ir desde un tablero monofásico de doble polo hasta un tablero de distribución principal que alimente el sistema eléctrico más sin embargo no existe un plan de trabajo que aporte para determinar los puntos de medición térmico.

La importancia del trabajo de investigación es mitigar cualquier falla que pueda provocar alteraciones en el funcionamiento de las instalaciones o paros en el sistema. La necesidad de realizar esta investigación parte del tiempo de vida ya de los elementos que conforman al sistema de la red eléctrica del centro de capacitación, aunque la carga conectada se enfoca puramente al uso de prácticas y simulaciones, por el tiempo que ya llevan las instalaciones es necesario realizar inspecciones de mantenimiento y debido al constante de las instalaciones que no se puede detener, se realizará con el uso de la termografía.

Las fases propuestas para el trabajo de investigación son cuatro: revisión documental de trabajos de investigación anteriores para la realización de los antecedentes, necesidades a cubrir; bibliografía para la realización de marco teórico; verificación de datos e historiales realizados con anterioridad con base en fotografías, reportes, descripción en general, levantamiento de los elementos que conforman el sistema eléctrico.

El trabajo de investigación se puede mencionar que tiene un enfoque mixto, para el tema del análisis se presenta como cuantitativo por medio de la estadística descriptiva y el diseño de la solución es experimental con el alcance explicativo; así mismo, incluirá el informe final de investigación que estará conformado por cinco capítulos los cuales son: marco referencial, marco teórico, desarrollo de la investigación, presentación de resultados y discusión de resultados.

## 2. ANTECEDENTES

La termografía es una técnica utilizada en el mantenimiento predictivo para detectar fallas en equipos y sistemas eléctricos. Muchas veces es fundamental no solo para encontrar formas de solución sino también bien técnicas para encontrar errores que puedan afectar.

Un sistema 3D da una facilidad a las acciones que deben realizarse, esto quiere decir que cualquier proceso que involucre la parte eléctrica o cualquier sistema mecánico puede ser parte de un riesgo si se pudiera encontrar algún punto caliente. Cual fue el objetivo de la investigación, que metodología, que resultado obtuvieron o a que conclusión llegaron, cual es el aporte para la investigación (Flores, 2019).

Existen en el mundo una variedad de plantas industriales quienes de cualquier forma-manera quiere evitar paros innecesarios o paros por daños en algún proceso, y es de donde nace la necesidad de incorporar mantenimientos los cuales deberán mitigar cualquier eventualidad de sistema de operación. La predicción es parte de la solución, sin embargo, una predicción sin la planificación de la corrección será como mencionar un sándwich de jamona sin el jamón ya que todo debe estar amarrado para que el funcionamiento del sistema exista.

De acuerdo con González (2019) los procesos productivos es importante alinear los objetivos de la gestión de mantenimiento predictivo para que contribuya a la estrategia de la institución donde se realizan dichos procesos. El principal aporte de la termografía es la metodología que es replicable para evaluar el costo-beneficio del mantenimiento predictivo. Se recomienda extender

el monitoreo a otros equipos, para mejorar su eficiencia en costo al integrar nuevos equipos y capacitar a los involucrados para profesionalizar al equipo.

Este mismo autor indica que la gestión de conservación industrial tiene como objetivo asegurar que los activos lleven a cabo las funciones para las cuales fueron previstos. Las estrategias adoptadas para la gestión van enfocadas hacia un mantenimiento proactivo, debido a que la idea es reducir la probabilidad y severidad de las fallas.

Por otra parte, afirma que los paros de producción por mantenimiento no programado se traducen en costos para la compañía, representados en falta de producción, accidentes y reparaciones emergentes. Ninguno de los monitoreos propuestos pretende ser un referente único sobre la frecuencia óptima para este tipo de monitoreo de condición. La idea es transmitir la metodología para el desarrollo de otros monitoreos en los equipos que se consideren críticos por su valor estratégico para la empresa o bien, por cumplir una condición importante para el negocio.

Tavares (2019) expresa que la técnica empleando la termografía, es una técnica no invasiva, su uso para medir temperatura ofrece resolución espacial, midiendo así la temperatura de diferentes componentes o regiones a la vez. Esta técnica ha sido ampliamente utilizada para analizar el desempeño de módulos fotovoltaicos, pero no ha sido tan utilizada para entender el funcionamiento de los componentes de las celdas solares. Se desarrolla la metodología propuesta para el análisis de las celdas, se describe la instrumentación y el manejo de los datos; estos a su vez, permiten la creación de historiales, estos pueden contener información sobre los fallos previos, las reparaciones realizadas, las piezas de repuesto utilizadas y los costos asociados.

De la misma manera afirma que dicho análisis permitió evaluar el desempeño de los módulos fotovoltaicos, ya que se puede inferir al medir su temperatura con cámaras infrarrojas.

La termografía parece ser una técnica adecuada, al ser no invasiva, para medir la temperatura de sistemas energéticos como lo son las celdas solares y entender el funcionamiento de los materiales que las componen. Los historiales de mantenimiento predictivo también pueden utilizarse para optimizar los programas de mantenimiento preventivo existentes. Al analizar los datos de mantenimiento, los ingenieros pueden identificar qué piezas de repuesto se utilizan con mayor frecuencia y cuánto tiempo duran. Esto permite a los equipos de mantenimiento planificar mejor las compras de piezas y reducir el tiempo de inactividad.

Según Quispe (2020) los razonamientos llevados a la modernización de las plantas sabiendo que se ha logrado mitigar muchas fallas por medio de la técnica infrarroja, que a su vez forma una principal parte de las técnicas del mantenimiento. La termografía infrarroja realiza un papel fundamental e importante en el mantenimiento predictivo. Esta práctica es ampliamente utilizada en el mantenimiento de maquinaria no solo eléctrica estática; así como en el mantenimiento predictivo de máquinas eléctricas rotativas a pesar de sus enormes ventajas para la detección de fallas.

Indica que los motores eléctricos en la industria proporcionan los medios para convertir la energía eléctrica en una producción significativa y medible. Debido a que son tan prevalentes y críticos para la industria, la capacidad para diagnosticar con precisión, predecir y tratar eficientemente los problemas de los motores es esencial para el personal de mantenimiento, ingeniería y operaciones. Uno de los desafíos más grandes es ser capaz de reconocer, diagnosticar y

reparar un motor sin problemas, hasta el punto de evitar un evento catastrófico inesperado.

Afirma que es importante contar con un registro de imágenes térmicas, patrón de motores eléctricos de las máquinas herramientas con las que se cuenta en el taller para controlar la evolución y determinación de posibles síntomas de falla en la máquina. El uso de termografía infrarroja es una técnica predictiva de mucha utilidad y es recomendable aplicarla en procesos, sistemas y elementos de máquinas. La elevación de temperatura representa síntoma de anomalías, lo que finalmente permitirá anticipar y predecir antes de que ocurra la falla.

Venegas (2019) expresa que de acuerdo con la aplicación de la termografía, enfocado a los materiales que son utilizados en los sistemas mecánicos, ya que la termografía no se aplica únicamente a los sistemas eléctricos, sino que también a sistemas que emplean esfuerzos mecánicos, ya que estos también generan un calor y este puede ser observado empleando la termografía infrarroja; se mencionan materiales con elevada tenacidad, alta resistencia a la fatiga y al desgaste, que sean también resistentes a recibir tratamientos superficiales específicos tales como químicos y mecánicos.

Comenta que entre dichos modelos matemáticos desarrollados se menciona el de difusividad térmica proyectada, que permite analizar el comportamiento del flujo térmico producido en las inspecciones termográficas, empleando ecuación difusa térmica en 2D resolviendo la ecuación mediante datos de registro. El segundo de los métodos desarrollados es el de funciones de iluminación virtual, que aplica algoritmos de procesamiento, para tomar datos respecto a las propiedades del material y a través de valores de temperatura. El tercer método es Proyección RGB a base de criterios de evaluación de acuerdo con datos del método anterior. El cuarto método desarrollado es colorización

termográficas por síntesis computacional, que se encarga de extraer la información generada por las inspecciones termográficas.



### **3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

El centro de capacitaciones no cuenta con un plan de mantenimiento el cual puede ser derivado por medio de un proceso termográfico que ayudará a la mejora del sistema y a evitar fallas circunstanciales en la red eléctrica.

#### **3.1. Descripción del problema**

Los sistemas eléctricos requieren constante revisiones periódicas (mantenimiento), para que estos mantengan la funcionalidad para la cual fueron hechos; sin embargo, al carecer de estas, es decir, no llevar el mantenimiento requerido, esto perjudicará los componentes o elementos que conforman al sistema, tales como: materiales, equipos, subsistemas, entre otros. En el centro de capacitación de la zona 21, se ha determinado que a través del tiempo y de los usos, algunos sistemas por no decir todos, no han llevado el mantenimiento requerido, puesto que los sistemas generalmente están en función, no se puede detener esta. Al no realizar el mantenimiento correcto, esto representará las fallas por desgaste o por el mismo consumo.

Debido a la capacidad de servicio del centro de capacitación y los aportes que entrega al sistema estudiantil donde existen muchos jóvenes, señoritas, familias, empresas y organizaciones que buscan las capacitaciones constantes para crecer de forma profesional y paralelo a ello crecer de una forma económica. Dada la situación y el requerimiento del centro de capacitación, se buscarán los planes de mantenimiento necesarios para tener todo tipo de centro de distribución eléctrico, aire acondicionado o cualquier sistema con el fin de ajustar a una planificación que trate de mitigar fallas en el sistema.

La planificación del sistema es fundamental ya que para intervenir en la implementación del control y llevar a un plan de mantenimiento la planificación de mantenimiento implica la supervisión de condiciones de activos para evaluar la necesidad de trabajo de mantenimiento a corto plazo. Las decisiones en planificación de mantenimiento se basan en la disponibilidad de herramientas, mano de obra, recursos y para este caso del tiempo para la evaluación de todos sistemas incluidos en el plan de mantenimiento.

Una vez marcado y definido el proceso o plan de evaluación se deberán revisar a detalle los documentos del proceso como planos, esquemas, diagramas de flujo, entre otros, para definir cada una de las variables con las que funcionarán los protocolos de mantenimiento y así realizar los ensayos para posteriormente marcar el inicio de la programación de ejecución.

La ejecución del trabajo de investigación no solamente será el revisar sistemas al azar, ya que para que la implementación tendrá que ser de forma eficiente en sus resultados, se deberá crear planes de mantenimientos, donde cada uno de los equipos que conforman el proceso como partes mecánicas, eléctricas, climatización neumáticos sean revisados en sus partes eléctricas acorde a lo pactado en los diferentes mantenimientos y así evitar paros innecesarios que provoquen distorsión en los resultados.

### **3.2. Pregunta general**

¿Cuál es el diseño de un plan de mantenimiento predictivo para el análisis termo gráfico a la red eléctrica y subsistemas en un centro de capacitación técnica ubicado en la zona 21 de la ciudad de Guatemala?

### **3.3. Preguntas específicas**

- ¿Cuál es la situación actual de los elementos de la red eléctrica del centro de capacitación?
- ¿Cuáles son los procedimientos para realizar rutinas de mantenimiento predictivo?
- ¿Cuáles son los indicadores de mantenimiento predictivo a base de análisis termo gráfico para elementos que conforman la red eléctrica del centro de capacitación?
- ¿Cuáles serán los beneficios de la propuesta para el mantenimiento predictivo del centro de capacitación?

### **3.4. Delimitación del problema**

La investigación se realizará en el centro de capacitación ubicado en la zona 21 de la ciudad de Guatemala, en el área de talleres, laboratorios y áreas específicas creando así, los protocolos necesarios para la creación de los planes de mantenimiento en el sistema eléctrico. El periodo de ejecución de la investigación será durante los meses de marzo 2023 hasta junio 2023.

### **3.5. Consecuencias de la implementación de la investigación**

A continuación, se presentan las consecuencias de la implementación de la investigación.

### **3.5.1. De realizarse**

- Se tendrá una trazabilidad del sistema eléctrico de centros de distribución de energía, así como una noción de lo que pueda pasar después de los ramales eléctricos si se encontrará una falla en un ramal.
- Se pueden aprovechar los errores de mantenimiento correctivo realizados para ser monitoreados de primera instancia o tomados en cuenta para inicios del plan de mantenimiento y así mitigar una repercusión en lo ya corregido.
- El proyecto es competitivo debido a que la calidad de cada una de las revisiones será eficiente y al ser eficientes podemos indicios de un buen sistema de gestión como lo menciona la ISO 50001

### **3.5.2. De no realizarse**

- La compañía siempre seguirá con los actuales problemas de fallas eléctricas en el sistema provocando cortes de energía a pequeña o gran escala.
- No se podrán crear nuevos planes de mantenimiento que posiblemente sean parte de una revolución de lo que actualmente se tiene.
- Se seguirá con los mismos protocolos de mantenimiento, sin que la innovación abarque el camino a nuevas tendencias de gestión de sistemas energéticos.

## 4. JUSTIFICACIÓN

La investigación del presente trabajo conlleva una línea de gestión del mantenimiento de la Maestría en Ingeniería para el Mantenimiento de la Universidad de San Carlos de Guatemala. Los cursos que se relacionan corresponden a: seminario del mantenimiento predictivo, donde se mide la disponibilidad de las líneas de producción, enfocándose en la demanda del cliente y la capacidad de respuesta ante posibles fallos durante la producción.

La importancia de mostrar el trabajo de investigación es buscar los lineamientos que permitan que el sistema de la red eléctrica y sus subsistemas se encuentren dentro de un margen de conocimiento de funcionalidad y si existiese fallas que ocasionen deterioros muy significativos, de modo que se pueda obtener valores de criticidad de función, así como la respuesta de solución al suceder alguna falla, ya sea por desgaste o por mal manejo de este.

La necesidad del trabajo de investigación es el plan de mantenimiento predictivo buscara marcar un punto de partida en el caso que no existiera en la actualidad alguno; cabe mencionar que este plan tratara de conjuntar no solo los elementos que conforman la red eléctrica, sino que también elementos que sean necesarios y requeridos, tales como materiales, herramientas, equipos, personal de mano de obra y sistemas de análisis más complejos como el uso de programas de computación o equipos de calidad de energía, que permitan tener una respuesta ante alguna posible falla o avería.

La motivación que otorga la presente investigación es el poder aportar nuevas técnicas, conocimientos y experiencias encontradas durante el proceso

de termografía realizado al centro de capacitación donde puede ser parte de una práctica para los estudiantes que quieran introducirse a la certificación de termógrafos, siendo una mejora en el sistema estudiantil como mejora en el sistema de gestión del centro.

El beneficio se basa en tener una respuesta rápida ante alguna posible eventualidad de modo de hacer baja la tasa de fallas triviales de cualquier subsistemas que se transforme en fallas vitales o importantes; debido al uso general y tiempo de vida de los elementos que los conforman, tales como: conductores, aisladores, conectores, interruptores termo magnéticos, tableros alimentadores, tableros de distribución, sistemas de unidades de fuerza 120 V monofásicos, fuerza 240 V monofásicos, fuerza 240 V trifásicos; estos sistemas que alimentan equipo didácticos, equipos con funciones reales pero de simulación, equipos con funciones reales aplicadas al centro.

Uno de los beneficiarios será el mismo centro de capacitación en zona 21 debido a que al momento de realizar una inversión para un mejor sistema de gestión podrá involucrarse en nuevas tendencias o certificaciones como lo puede ser la ISO 50001 O ISO 50002 que busca formar gestores y auditores energéticos que llevan la batuta para el cambio climático y reducción de la huella de carbono.

## **5. OBJETIVOS**

### **5.1. General**

Diseñar un plan para el análisis termo grafico a la red eléctrica y subsistemas de un centro de capacitación técnica ubicado en la zona 21 de la ciudad de Guatemala.

### **5.2. Específicos**

- Determinar los factores necesarios para la creación de un plan de mantenimiento preventivo basado en las imágenes térmicas que permitan la reducción de fallas.
- Identificar los parámetros necesarios en cada una de las imágenes térmicas que permitan identificar y al mismo tiempo diferenciar cada uno de los posibles puntos de falla.
- Desarrollar un plan de mantenimiento preventivo para confiabilidad del sistema de red eléctrica dentro de las instalaciones del centro de capacitación.
- Evaluar los beneficios del sistema de gestión encontrados para garantizar el buen funcionamiento del plan basado en las imágenes térmicas.



## **6. NECESIDADES POR CUBRIR Y ESQUEMA DE LA SOLUCIÓN**

La necesidad a cubrir referente a la parte laboral conforme al trabajo de investigación es innovar en el sistema de mantenimiento basado en la termografía para la reducción de fallas en pequeña y gran escala.

El trabajo de investigación aspira mejorar el ámbito económico del centro de capacitación derivado que las fallas se reducirán en gran magnitud y aportará una mejor distribución de opex anual.

El esquema de la solución constará de cuatro fases, donde la primera fase se refiere a la revisión documental del trabajo de investigación que dará a entender a detalle el proceso para el desarrollo y comprensión del problema y tener un contexto de los antecedentes del proyecto; en la segunda fase, se medirá el plan de mantenimiento, organizando aspectos para la formulación de los procedimientos requeridos, tiempos, actividades, revisiones e informes.

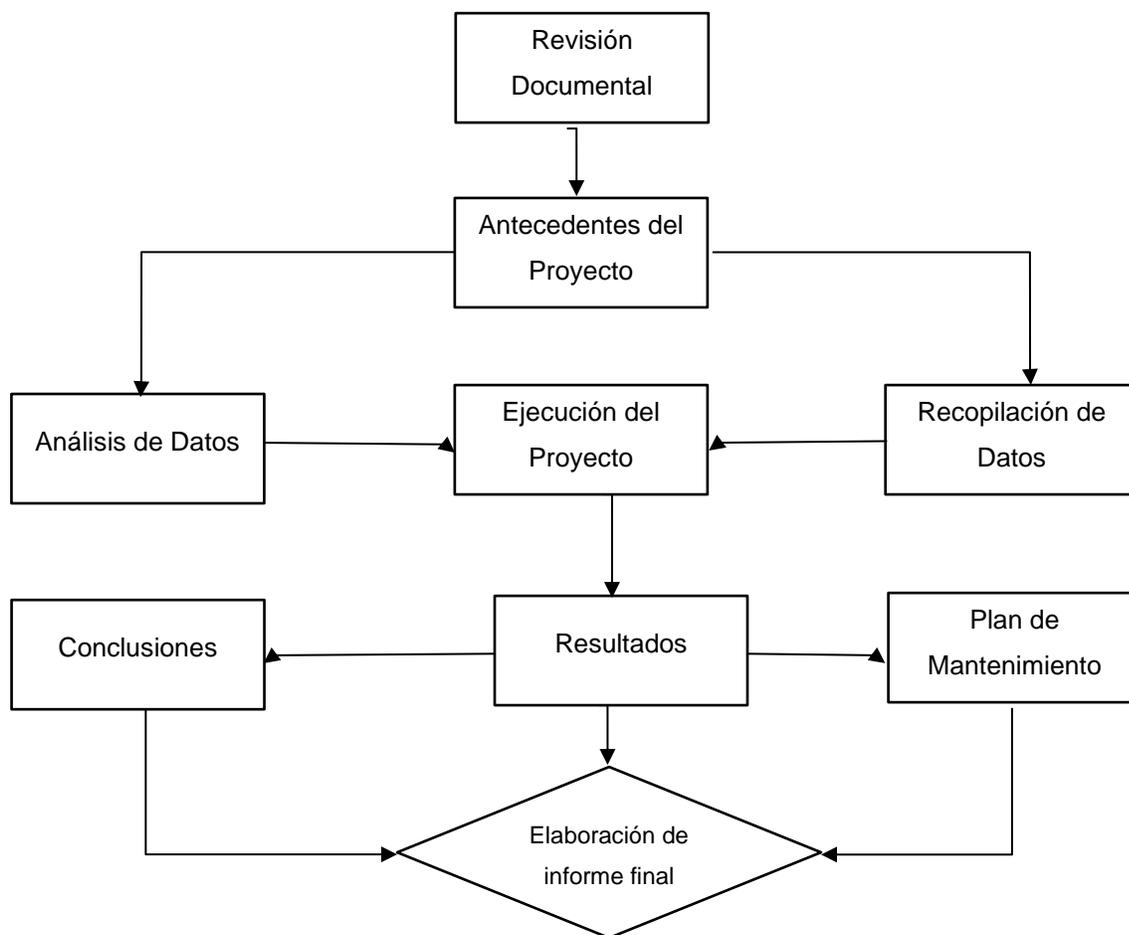
La tercera fase la conformarán la descripción técnica, detalle de equipos instalados, montajes, instalación y verificación actual y fiabilidad de los elementos existentes.

Por último, la parte final involucra la creación de un plan de mantenimiento apto para cubrir la necesidad de la línea de producción.

La investigación tendrá validez debido a que se busca la mejora en la innovación, multiplicidad en los ingresos económicos, eficacia en los sistemas eléctricos y de distribución.

**Figura 1.**

*Esquema de la solución*



*Nota.* Presentación de esquema de solución. Elaboración propia, realizado con Word (Mirror en línea).

## **7. MARCO TEÓRICO**

Para el diseño de investigación de un plan de mantenimiento predictivo para el análisis termo grafico a la red eléctrica y subsistemas de un centro de capacitación técnica fueron de importancia puntos donde se relaciona lo siguiente:

- Los diferentes tipos de mantenimientos y conceptos.
- Termografía tomada como un buen sistema de gestión llevadas a los sistemas preventivos.
- Técnicas termografías durante el proceso de auditoría para localización de puntos calientes.

### **7.1. Mantenimiento y su importancia en la gestión**

El tener un equipo funcionando es una ventaja para una planta de producción, edificio o cualquier tipo de empresa, por tal razón Prando (1996) en su libro de mantenimiento a la medida menciona que “El mantenimiento constituye un sistema dentro de toda organización industrial cuya función consiste en ajustar, reparar, reemplazar o modificar los componentes de una planta industrial para que la misma pueda operar satisfactoriamente en cantidad/calidad durante un periodo dado” (p. 5).

Con base en lo anterior, se derivan los conceptos siguientes:

### **7.1.1. Proceso y evolución del mantenimiento**

Los mantenimientos darán resultados por medio de cada uno de los diferentes tipos de mantenimiento que se basan en:

- Prevención en el mantenimiento
- Predicción en el mantenimiento
- Corrección en el mantenimiento

#### **7.1.1.1. Mantenimiento preventivo**

Desde la vida cotidiana hasta las planificaciones suele utilizarse la palabra prevenir para lo cual el mantenimiento preventivo es una de las bases para aportar para la disminución de las fallas, por tal motivo Sima (1986) en su artículo da a conocer un concepto básico y entendible de lo que es un mantenimiento preventivo.

Como su nombre lo indica el mantenimiento preventivo se diseñó con la idea de prever y anticiparse a los fallos de las máquinas y equipos, utilizando para ello una serie de datos sobre los distintos sistemas y sub-sistemas e inclusive partes. Bajo esa premisa se diseña el programa con frecuencias calendario o uso del equipo, para realizar cambios de sub-ensambles, cambio de partes, reparaciones, ajustes, cambios de aceite y lubricantes, entre otros, a maquinaria, equipos e instalaciones y que se considera importante realizar para evitar fallos.

### **7.1.1.2. Mantenimiento predictivo**

Las variables y parámetros que se logra recopilar en cada uno de los mantenimientos servirán para garantizar el buen funcionamiento del sistema. Por tal motivo el no perder la rutina para dar seguimiento al estado de la maquinaria servirá para la predicción de una futura falla, así mismo para alcanzar este tipo de mantenimiento es necesario saber distintos parámetros que pueden involucrar; temperatura, energía, vibración, entre otros, este tipo de mantenimiento se menciona que es más tecnológico (Sanzol, 2010).

El concepto obtenido demuestra que se deberá estar preparado con conocer el proceso y tener varios conceptos de operatividad, con cada parámetro basado en temperaturas u otras variables que puedan afectar a los equipos.

### **7.1.1.3. Mantenimiento correctivo**

Este tipo de sistema quizá sea un de los más utilizados más sin embargo un buen porcentaje de realizar este tipo de mantenimiento es derivado de malas planificaciones donde están involucrados las revisiones o los mantenimientos antes mencionados, Garrido (2009) menciona en su libro, que se entiende por mantenimiento correctivo la corrección de las averías o fallas, cuando estas se presentan, es la habitual reparación tras una avería que obligó a detenerse.

También indica que los mantenimientos correctivos deben ser diferenciados en dos tipos:

- Mantenimiento correctivo programado
- Mantenimiento correctivo no programado

El tomar decisiones que marquen importancia como realizar reparaciones inmediatas o con previa planificación normalmente repercuten en el sistema productivo: los fallos pueden tratarse de forma inmediata cuando los problemas se ocasionan por emergencia, sin embargo, estas no tienen planificación a diferencia que si una falla no repercute en el sistema operativo y puede continuar con la falla hasta realizar una programación para reparar la falla.

### **7.1.2. Formas de optimización del mantenimiento**

Se expone un método para la optimización del mantenimiento preventivo planificado (MPP) a partir de la introducción del mantenimiento basado en la condición (MBC) en las turbinas y generadores de vapor de una central termoeléctrica cubana, utilizando las técnicas de diagnóstico integral. Se presenta el estado del arte del desarrollo del mantenimiento y se caracteriza este en las centrales termoeléctricas cubanas; además, se realiza un estudio estadístico de las fallas y se presentan varios casos de estudio con la finalidad que el lector pueda comprender la necesidad de implantación de esta técnica, cuyos únicos costos son la organización de los datos de fallas y la colaboración del personal técnico ligado a las mismas (Montes, 2008).

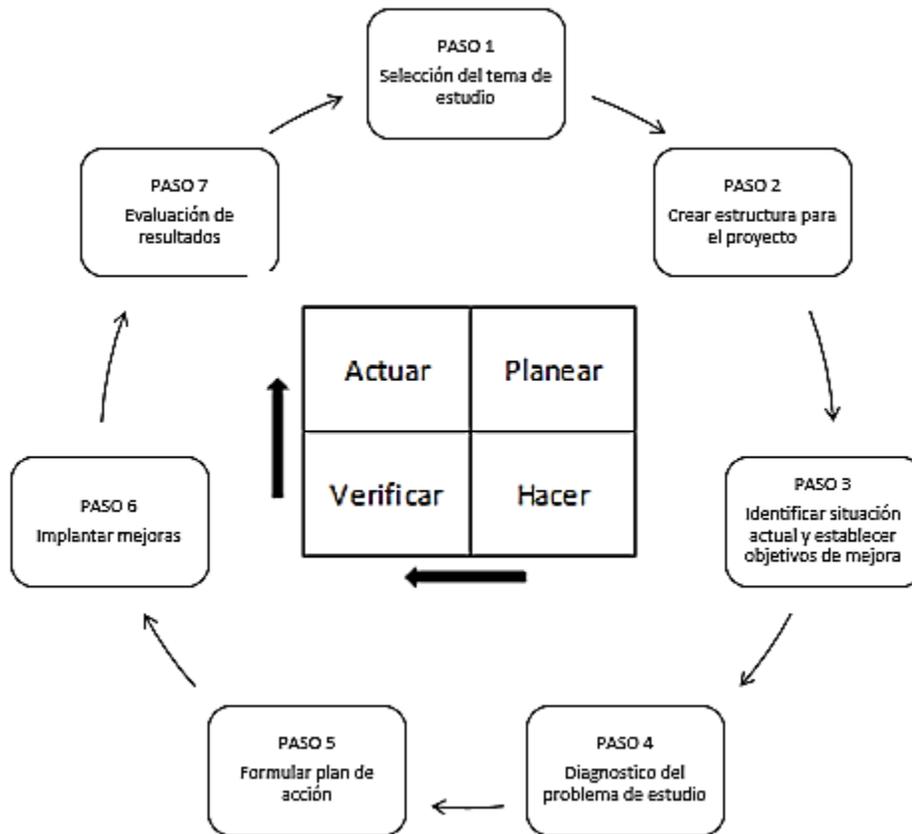
Para optimizar los diferentes sistemas operativos, se deberá considerar aspectos donde no solamente se encuentre el mantenimiento sino también la parte humana debido a que los diferentes equipos de trabajo son quienes mostrarán historiales de fallas o los diferentes indicadores para que la planta entre en funcionamiento acorde a las necesidades de la producción.

### **7.1.2.1. Mantenimiento productivo total (TPM)**

De tal manera que los programas de mantenimiento deberán reunir todos los requisitos necesarios para desarrollar los objetivos.

El TPM reunirá a los equipos de trabajo para fortalecer las actividades que involucren mejoras en los mantenimientos de los equipos. Gómez, (s.f.) reúne varios artículos para mencionar que el TPM busca fortalecer el trabajo en equipo, incremento en la moral del trabajador, crear un espacio donde cada persona pueda aportar lo mejor de sí. Este autor también menciona que para conseguir los resultados en los procedimientos se deben seguir los pasos del ciclo Deming de la figura 2.

**Figura 2.**  
*Ciclo Deming*



*Nota.* Descripción del ciclo Deming. Obtenido de Gómez. (s.f.). *Mantenimiento Productivo Total.* (p. 40.) s.e.

Garrido (2009) en su libro de Ingeniería de mantenimiento indica la implicación de toda la organización en el mantenimiento de las instalaciones. Aparece el concepto de TPM, o Mantenimiento Productivo Total, donde menciona que las tareas de rutinas fueron trasladadas a operarios.

Las recopilaciones de Gómez (s.f.) mencionan que para realizar la implantación de un TPM se tendrá un promedio de tiempo de 3 a 6 meses y de 2

a 3 años, siempre que se consideren y se lleven a cabalidad los pasos de la figura 3:

**Figura 3.**

*Etapas de implantación del TPM*

Etapa inicial	Etapa implantación	Etapa consolidación
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Compromiso de la alta gerencia</li> <li>• Campaña de difusión del método</li> <li>• Definición de comité nombramiento de responsables y formación de grupos .</li> <li>• Política Básica y metas.</li> <li>• Plan piloto</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Inicio de implantación</li> <li>• Kobetsu-kaisen</li> <li>• Mantenimiento autónomo.</li> <li>• Eficacia de equipos.</li> <li>• Establecimiento de sistema eficiencia global.</li> <li>• Establecimiento de sistema: Seguridad, higiene y ambiente agradable.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aplicación plena de TPM</li> </ul>

*Nota.* Descripción de las etapas de implantación del TPM. Obtenido de Gómez. (s.f.). *Mantenimiento Productivo Total.* (p. 10.) s.e.

**7.1.2.2. Mantenimiento basado en el riesgo (RBM)**

Para proceder con este sistema, Alave (2016) menciona tres fases fundamentales:

- Fase I: estimación del riesgo, teniendo en cuenta una estimación de las consecuencias de cada fallo y la probabilidad de que ese fallo se produzca, que incluye la utilización de análisis de árbol de fallos (FTA).
- Fase II: evaluación del riesgo, definiendo un nivel de riesgo aceptable y comparando los riesgos estimados de cada fallo con ese valor.

- Fase III: planificación del mantenimiento, optimizando el plan de mantenimiento para reducir la probabilidad de los fallos que sobrepasan el criterio de aceptación, reduciendo así su riesgo.

Las jerarquías dentro de la compañía es otro factor que será útil para este tipo de mantenimiento, ya que permitirá la identificación de los mecanismos, degradación y fallos.

Alave (2016) conduce a la norma ISO 14224, que explicará cómo clasificar los equipos según su jerarquía.

- A la función que se ocupa dentro de un proceso se le denomina clase de equipos.
- Cuando se realiza una función específica dentro de un servicio determinado donde está incluido el proceso se le llama sistema.
- También existe la posibilidad de dividir por sus funciones específicas que a eso se le llama subsistema.

Para el mantenimiento basado en el riesgo, se tomarán varias consideraciones más el trabajo de investigación solamente permitirá mencionar algunas de ellas, por tal motivo se mostrarán tablas donde se indicará la clasificación.

**Tabla 1.***Nivel de probabilidad de fallo*

Frecuencia	Definición	Casos/Año	Valor
Improbabilidad	Ocurrencia Difícil: La ocurrencia es de menos de 1 vez en 50 años	Menos de 0.2	1
Remoto	Probabilidad baja: Ocurrencia entre los 20 y 50 años	Entre 0.02 y 0.05	2
Ocasional	Limitada probabilidad: El dato se basa en la ocurrencia de 0.05 entre 5 y 20 años.	Entre 0.05 y 0.2	3
Moderado	Probabilidad mediana: entre 0.2 y cada 1 y 5 años.	Entre 0.2 y 1	4
Frecuente	sucede 1 vez y 10 veces al año.	Entre 1 y 10	5
Constante	Sucede mas de 10 veces al año.	Mas de 10	6

*Nota.* Probabilidad de los siniestros. Obtenido de Fondo de Prevención y Atención de Emergencias. (2012). *Metodología de análisis de riesgo documento soporte, guía para elaborar planes de emergencia y contingencias.* (p. 46.) FOPAE.

**Tabla 2.**

*Criterios de las consecuencias*

<b>Criterio</b>	<b>Definición</b>
Insignificante	Las perdidas tienden a ser despreciables
Marginal	Las pérdidas o daños son pequeños
Grave	Las consecuencias solamente afectan parcialmente el funcionamiento
Critica	En este caso ya las consecuencias afectan el funcionamiento de la organización, pueden tenerse mas de 30 victimas y 5 muertes.
Desastrosa	Este caso puede calificarse con mucha atención ya que las consecuencias ya afectan a la organización. Pueden producirse entre 6 y 10 muertes.
Catastrófica	Se afecta totalmente a la organización y se tienen mas de 10 muertes

*Nota.* Probabilidad de las consecuencias. Obtenido de Fondo de Prevención y Atención de Emergencias. (2012). *Metodología de análisis de riesgo documento soporte, guía para elaborar planes de emergencia y contingencias.* (p. 47.) FOPAE.

**7.1.3. Indicadores clave para la gestión del mantenimiento (KPI's)**

Para los indicadores se tomarán en cuenta los siguientes:

### **7.1.3.1. Indicadores de gestión del mantenimiento**

Les dará un matiz práctico a los indicadores que menciona a los indicadores con tipos de referencias donde pueden ser históricos, teóricos, por requerimiento de los usuarios (Lezana, s.f).

Por tal motivo para la parte de gestión de mantenimiento, Lezana (s.f) indica que los indicadores de mantenimiento en su gestión son utilizados como:

- Medios o instrumentos
- Se menciona que son una unidad de medida
- Existe la posibilidad que den mediciones para poder analizarla
- Todo lo que puede ser medible puede ser utilizada para el alcance de metas y pueden generar alertas.

### **7.2. Normas internacionales aplicadas a la gestión del mantenimiento**

Rivera (2011) aporta al trabajo de investigación, las normas que se considerarán útiles, siendo estas las siguientes:

- UNE 200001-3-11:2003
- UNE-EN 60300-3-14:2007
- UNE 20654-1:1992
- UNE 20654-2:1995
- UNE 20654-3:1996
- UNE 20654-4:2002

- UNE 20654-5:1998
- UNE 20654-6:2000
- UNE 20863:1996
- UNE-EN 13269:2007
- UNE-EN 13306:2002
- UNE-EN 13460:2003
- UNE-EN 15341:2008
- UNE-EN 29000-3:1994
- UNE-EN 61703:2003
- EN 60706-2:2006

### **7.3. Termografía tomada como un buen sistema de gestión llevadas a los sistemas preventivos**

La predicción de sistemas eléctricos puede realizarse de diferentes maneras, sin embargo, la tomografía según Silva, Salazar, Ponce y Herrera (2017) en la revista de tecnología de innovación indica que:

La termografía infrarroja en mantenimiento predictivo es relativamente nueva en la industria, por las ventajas ofrecidas, ha ganado importancia en los programas de mantenimiento de forma creciente, esta tecnología demanda personal calificado que realice inspecciones de manera acertada, es por esto, que en la Universidad Tecnológica de Puebla se desarrolló un manual técnico donde se describe el procedimiento de configuración de una cámara termográfica. (p. 9)

### **7.3.1. Técnicas de termografía infrarroja**

Estas técnicas se describirán a continuación se describirán de la siguiente manera:

- Técnica activa
- Técnica pasiva

#### **7.3.1.1. Técnica activa**

Silva, *et al.*, (2017) expresa que la termografía activa necesita de una estimulación externa (fuente de radiación infrarroja externa) que incida en el objeto de estudio y que produzca en él un flujo de calor, estas estimulaciones sirven como perturbaciones de flujo de calor sobre la superficie del objeto, de manera que, un defecto interno puede alterar ese flujo, provocando una distribución anómala de la temperatura, generando patrones de temperatura en la superficie, los cuales se pueden medir y estudiar para establecer el estado del objeto. (p. 10)

Por otra parte, la termografía activa es una técnica de inspección relacionada con los ensayos no destructivos (*END* o *NDT* de *Non Destructive Testing*) en la que intervienen las cámaras termográficas como instrumento de medición y una fuente de calor como excitación (parte activa). Las técnicas tradicionales de END, entre las que se encuentran la inspección por radiología, ultrasonidos, corrientes inducidas, líquidos

penetrantes, entre otros, van dejando paso a técnicas novedosas como la Termografía Activa. (Álava Ingenieros, s.f. párr. 2)

El principio de funcionamiento es sencillo: se emplean cámaras termográficas para detectar heterogeneidades en la superficie del material. Dichas heterogeneidades se ponen de manifiesto al provocar una excitación térmica en dicho material y aparecen debido a los diferentes coeficientes de conductividad térmica y la manera en la que se disipa el calor aportado. El objetivo de esta técnica es la detección de defectos sub-superficiales, como pueden ser fallos de pegado, de laminaciones, burbujas de aire, soldaduras defectuosas, entre otros. (Álava Ingenieros, s.f. párr. 3)

#### **7.3.1.2. Termografía pasiva**

Las técnicas de la termografía pasiva no necesitan de lo que se menciona como una estimulación externa, en este caso se genera patrones externos de temperatura los cuales pueden ser medidos y por tal motivo un defecto puede ser determinado para facilidad del auditor.

Se mencionan que la TIR pasiva se refiere a aquellos casos en los que no se usa ninguna estimulación de calentamiento o enfriamiento externo para provocar un flujo de calor en el cuerpo inspeccionado. El objeto estudiado produce un patrón de temperaturas típico por el hecho de estar

involucrado en un proceso (industrial) que produce calor. Unos pocos grados de diferencia respecto a la temperatura normal de trabajo (referencia) del objeto muestra un comportamiento inusual. La TIR es capaz de capturar esta información de temperatura en tiempo real desde una distancia segura sin ninguna interacción con el objeto.

También complementa mencionando que la TIR pasiva se usa, por ejemplo, para la monitorización del producto en procesos de fabricación, para monitorización de procesos de soldadura o comprobación de la eficiencia de los discos de freno de automóviles utilizados en su momento para varias formas. También puede ser usada en mantenimiento predictivo, predictivo, como en rodamientos, turbinas y compresores, instalaciones eléctricas que se requieran para evitar problemas o fallas, tuberías enterradas-salida o fugas de gas. Existen otras muchas aplicaciones industriales o no industriales como son las de tipo medicinal en detección de cáncer de pecho que puede ser de aporte para evitar fatalidades o desordenes vasculares, detección de fuegos, detección de objetivos (militar) o localización de pérdidas de calor y humedades en edificios donde podemos convertirlo en un edificio LED. (Sáez, *et al.*, 2005, pp. 309-310)

### **7.3.1.3. Termograma**

Las cámaras aportan actualmente diversas formas de vivir, sin embargo, la evolución de las cámaras ha ayudado a mejorar en la industria ya que se le ha introducido los termogramas y para ello se entiende que:

Los termogramas permiten el análisis cualitativo y cuantitativo de las temperaturas del elemento en estudio, con un alto grado de confiabilidad, y se obtiene, además, la identidad de los diferentes niveles isotérmicos del mismo. Es así como objetos estacionarios o en cambio constante de posición pueden ser inspeccionados a distancias seguras, cuando altas temperaturas, corriente eléctrica y otros elementos de alto riesgos esta presentes. (Equipos y Laboratorios de Colombia, s.f., párr. 1)

Es importante contar con una termografía ya que puede aportar lo siguiente:

- No incurrir en paros de planta ya que las pruebas son no invasivas
- Se tiene un concepto básico de todo el panorama de temperatura
- Los resultados son instantáneos

Se aporta sobre los termogramas mencionando que estos son un tipo de prueba por imágenes. Implica capturar imágenes infrarrojas del calor que irradia el cuerpo de una persona y usar las imágenes para detectar signos de afecciones médicas o lesiones. Las anomalías se detectan debido a cambios en la producción de calor que se pueden observar a través de estas imágenes. Por ejemplo, si hay una infección o crecimientos anormales, se producirá una

inflamación que hará que aparezca una imagen anormal. Este tipo de prueba se diferencia de otras pruebas de diagnóstico por imágenes, como los rayos X, en el hecho de que no utiliza radiación. Esto significa que una persona puede tener termograma con la frecuencia necesaria sin preocuparse por poner en riesgo su salud. Además, no es necesario que el equipo médico toque el cuerpo cuando se realiza un termograma y el procedimiento no causa dolor ni malestar físico (Spiagueto, s.f.).

### **7.3.2. Termografía en los mantenimientos preventivos**

Para el caso de Guatemala, existen muchas empresas las cuales definitivamente la cámara termográfica es parte del día para detectar fugas, puntos calientes o distintas formas de prevenir, por lo que es fundamental tener presente la forma o el plan que debe seguir para mejorar en la industria.

En la misma revista se indica que no es extraño que el uso de la termografía sea exigido en distintas normas y directivas y que algunas empresas aseguradoras les exijan a sus clientes examinar periódicamente sus instalaciones y mecanismos asegurados mediante la termografía. En consecuencia, las empresas que renuncian a las inspecciones termográficas regulares corren riesgos financieros y legales considerables en caso de lesiones personales y daños materiales. Esta guía práctica le presenta algunos campos de aplicación importantes de la termografía y le muestra cómo es posible optimizar sus procesos de mantenimiento y la disponibilidad de las instalaciones con ayuda de las cámaras termográficas. (Testo, s.f., párr. 1)

#### 7.4. ISO 50001 basado en la eficiencia

La ISO 50001 es una norma en la cual se puede encontrar la eficiencia o encontrar las indicaciones para llegar a tener distintas formas de eficiencia. ISO 50001 especifica los requisitos necesarios para establecer implementar, mantener y mejorar un sistema de gestión energético (SGEn). Los resultados previstos de la culminación exitosa de este proceso permitirán a las organizaciones seguir una aproximación sistemática para la mejora continua, tanto de su desempeño energético, como de su SGEn.

Se podrá mencionar una tabla como apoyo para entender la ISO 50001 en la cual el cuadro remarca lo siguiente:

**Tabla 3.**

##### *Contextualización de la ISO 50001*

<b>Aplicabilidad</b>	<b>Utilización</b>	<b>Consecuencias</b>
A cualquier Organización sin importar su tipo, tamaño, complejidad, localización geográfica, cultura organizacional y los productos y servicios que provea.	El SGEn puede operar independientemente o estar alineado e integrado con otros sistemas de gestión.	Se requiere demostración de una mejora continua del desempeño energético de la Organización
A todas aquellas actividades que afectan al rendimiento o desempeño energético y que sean dirigidas, gestionadas y controladas por la propia Organización.		
Sin tener en cuenta la cantidad, uso y tipos de energía consumidos		

*Nota.* Descripción de la contextualización de la ISO 50001. Obtenido de ISO 50001. (s.f.). *Sistema de la gestión de la energía.* (<https://www.bureauveritas.es/esg-sostenibilidad/medioambiente/certificacion-medioambiente/iso-50001>), consultado el 19 de mayo de 2019. De dominio público.

Por medio de la ISO 50001 se logrará entender sus distintas terminologías las cuales serán de suma importancia donde definiremos lo siguiente:

La ISO 50001 define una estructura y serie de términos que afectan a conceptos que aplican en la implementación de un SGE. Algunos de ellos han sido cambiados respecto de la versión anterior con el propósito de mejorar el alineamiento con otros estándares relativos a otros sistemas de gestión. Sin embargo:

- ISO 50001:2018 no especifica como requisito que su estructura o terminología tenga que ser aplicada a la documentación del SGE de una Organización.
- ISO 50001:2018 no impone como requisito que cualquier Organización tenga que reemplazar los propios términos que use por las definiciones que ella especifica.

El trabajo de investigación tendrá vistas de poder entrar en la tendencia de la eficiencia energética, es por ello que se manejan los siguientes conceptos de eficiencia. Durante el plan de mantenimiento preventivo por medio de termografía tendremos muy en cuenta la eficiencia por lo que para tener presente se conocerá a profundidad los siguientes conceptos:

#### **7.4.1. Términos relativos al desempeño/rendimiento**

Los términos serán de la siguiente manera:

- Competencia: habilidad para aplicar conocimientos y aptitudes para alcanzar los resultados previstos.

- Desempeño o rendimiento: resultado medible. Características:
  - Puede estar relacionado bien a aspectos cuantitativos o cualitativos.
  - Puede hacer referencia a la gestión de actividades, procesos, productos y servicios, sistemas u organizaciones.
  
- Desempeño energético: resultados medibles relacionados con la eficiencia energética y el uso y consumo de energía.
  - El desempeño energético se mide, compara y contrasta contra los objetivos, metas y otros requisitos energéticos impuestos por la propia organización.
  - El desempeño energético es uno de los componentes fundamentales que determina el rendimiento de un SGE<sub>n</sub>.
  
- Efectividad: extensión y medida en la que se realizan las actividades planeadas y los resultados planificados son alcanzados.
  
- Factor estático: factor identificado que significativamente impacta en el desempeño energético y que no puede ser rutinariamente cambiado. Ejemplos:
  - Tamaño de las instalaciones
  - Diseño del equipamiento instalado
  - Número de turnos de trabajo semanales
  - Rango de productos

- Otros
- Indicador del desempeño energético (EnPI): variable o unidad de medida del desempeño energético definida por la propia organización. Estos indicadores, dependiendo de la naturaleza de las actividades a ser medidas, pueden expresarse utilizando una ratio, un parámetro o un modelo.
- Línea base energética (EnB): referencia cuantitativa provista como base para la comparación del desempeño energético. Características:
  - La línea base energética se basa en datos obtenidos de unos determinados y especificados periodos de tiempo y condiciones tal como hayan sido definidos por la propia Organización.

Para la determinación del desempeño energético pueden utilizarse una o varias líneas base energéticas. Las líneas base energéticas pueden ser diferentes e ir variando según sean empleadas antes o después y con o sin la implementación de las acciones de mejora del desempeño energético.

- Medida: proceso para determinar un valor.
- Mejora del desempeño energético: mejora en los resultados medibles de la eficiencia o el consumo energéticos en relación con el uso de la energía y comparado contra la línea base energética.
- Meta energética: objetivo cuantificable de mejora del desempeño energético. Las metas energéticas pueden y suelen estar incluidas y formar parte de los objetivos energéticos.

- Mejora continua: actividad recurrente para aumentar el rendimiento. Se relaciona con la mejora del desempeño energético y el SGEEn.
- Normalización: modificación de datos para dar cuenta de los cambios que permiten la comparación del rendimiento energético bajo condiciones equivalentes.

#### **7.4.2. La termografía y le eficiencia energética**

Se estudia un poco sobre el funcionamiento de la termografía en la cual menciona que la radiación infrarroja se define como aquella que tiene una longitud de onda entre 0,78 y 1000  $\mu\text{m}$  (micras). Los rayos infrarrojos se subdividen en función de la proximidad de longitud de onda a la luz visible como cercanos, medios o lejanos. Las cámaras termográficas detectan la radiación infrarroja invisible que emiten los objetos y lo transforma en una imagen dentro del espectro visible en que la escala de colores (o grises) refleja las distintas intensidades. La intensidad de la radiación infrarroja es función de la temperatura, pero no solo de ella, influyen también las características superficiales del objeto, el calor y el tipo de material.

Los usos y aplicaciones de la termografía en la cual se debe tomar en cuenta la certificación para obtener la eficiencia son los siguientes:

- Inspección de pérdida y fugas de energía térmica para edificios (plantas, maquiladoras, hoteles, edificios gubernamentales, entre otros).
- Evaluación de la humedad/goteras para edificios. (Identifica partes de techos dañadas por el agua, rápida y eficientemente).
- Inspecciones de integridad del hormigón.

- Inspecciones en pisos sobrecalentados, localización de fugas y distribución de temperatura.
- Localiza aislamiento dañado o escaso.
- Localiza cables, conductores o tuberías sobrecalentados.
- Medidas de estanqueidad, detección de fugas de aire *Blower door*.
- Control de calidad.
- Mantenimiento preventivo y predictivo.

## **7.5. Historia del centro de Guatemala dos**

La formación técnica profesional surgió en Guatemala en 1871, con los centros de educación técnica que iniciaron atendiendo las áreas de: herrería, fundición, maquinaria industrial, ebanistería, encuadernación, zapatería y sastrería. De 1946 a 1951 se establecieron los centros industriales en toda la república. Se dedicaron al desarrollo vocacional en las especialidades de: madera, cuero, textil, corte y confección, metal mecánico y otras. Así mismo, los clubes agrícolas funcionaron como anexo a las escuelas urbanas y semiurbanas dedicados a los oficios agropecuarios.

En los años 1950 a 1952, se trabajó en el desarrollo de ideas y en algunas experiencias pioneras; que incrementaron el conocimiento del factor humano y sus implicaciones en el campo de las actitudes, intereses y comportamiento en el trabajo. De 1955 a 1971 se crearon varios centros de formación con apoyo de diferentes entidades y del sector empresarial

de Guatemala; los cuales fueron absorbiendo a su antecesor, hasta que en 1972 se creó el Instituto Técnico de Capacitación y Productividad. (INTECAP, s.f., párr. 1 y 2)

La labor del INTECAP inicia en 1972, cuando se crea el Centro Nacional de Desarrollo, Adiestramiento y Productividad (CENDAP) y se convierte en el responsable de la formación técnica profesional del país. Responde a la necesidad del sector empresarial guatemalteco y se crea a través del Decreto No. 17-72 del Congreso de la República de Guatemala, el cual lo constituye como el órgano técnico especializado que actuará por delegación del Estado como una entidad descentralizada, técnica, no lucrativa, con patrimonio propio, fondos privativos y plena capacidad para adquirir derechos y contraer obligaciones.

El CENDAP en junio de 1971 presentó un Plan de trabajo para el Programa de Carreras Técnicas Cortas a la Universidad Mariano Gálvez, con el fin de implementar dicho programa en el año 1972, con la colaboración de la mencionada Universidad.

A principios del año 1971 se pensó en transformar el Centro en un Instituto Tecnológico. El Gobierno y las autoridades del CENDAP buscaban nombres adecuados para cambiar el nombre en el caso que se encontrara financiamiento para el nuevo proyecto que se tenía en mente y el cual debería cubrir toda la República. Se mencionó el nombre de Instituto Politécnico, ya que el CENDAP tenía todas las características de una Universidad Laboral (Instituto Politécnico) en potencia.

En el año 1971, el CENDAP tenía programada su propia ampliación hasta un nivel de Universidad Obrera (o Instituto Politécnico). Se tenían profundos

estudios de la realidad y las necesidades de Guatemala en cuanto a capacitación y profesionalización obrera. Además de manera científica tenía planificada la implantación de Carreras Técnicas Cortas. Buscando nuevos nombres para bautizar la nueva entidad que se había pensado, se descartaron los términos de Universidad Laboral o Universidad Obrera para enfocarlos, más como un Instituto (Técnico, Técnico Vocacional, Politécnico, Tecnológico, entre otros), y se encontró como lógico y natural que en Guatemala se adoptara la denominación Instituto.

El INTECAP fue creado mediante el Decreto No. 17-72 del Congreso de la República de Guatemala, que fue publicado en el Diario Oficial el 19 de mayo de 1972, por iniciativa del sector empresarial guatemalteco para ser responsable de la formación profesional en el país y asistir técnicamente al mismo. Se constituyó como el órgano técnico especializado que actuará por delegación del Estado; como una entidad descentralizada, técnica, no lucrativa, con patrimonio propio.

Cuenta con infraestructura, equipo, maquinaria, tecnología y metodología para desarrollar con calidad la capacitación en los tres sectores productivos del país: agropecuario, industria y comercio y servicios.

Hoy el INTECAP hace uso de las herramientas del Siglo XXI, contando con infraestructura, equipo, maquinaria, tecnología y metodología para desarrollar con calidad la capacitación en los tres sectores productivos del país: agropecuario, industria, comercio y servicios. El INTECAP está presente en los 22 departamentos (INTECAP, s.f.).

### **7.5.1. CGDI (Centro Guatemalteco para el Desarrollo Industrial)**

En Guatemala se empezó a trabajar en los años 1950 a 1952, en el desarrollo de ideas y en algunas experiencias pioneras que incrementaron el conocimiento del factor humano y sus implicaciones en el campo de las actitudes, intereses y comportamiento ante el trabajo. Estas experiencias e ideas deben ser consideradas precursoras y las que paulatinamente condujeron al surgimiento en 1955 del *Centro Guatemalteco para el Desarrollo Industrial*, ubicado en la 8a. Avenida 10-43, zona 1, ciudad de Guatemala. Posteriormente, en mayo – junio de 1956 se trasladó a la 6a. Avenida 5-34, zona 1 a un costado del Palacio Nacional. (INTECAP, s.f., párr. 5)

### **7.5.2. CFPI (Centro de Fomento de Productividad Industrial)**

En junio de 1960, por medio de un convenio de Cooperación entre el Estado de Guatemala y el de los Estados Unidos de Norteamérica, se crea el Centro de Fomento de Productividad Industrial (CFPI) mediante el financiamiento de la Agencia Internacional de Desarrollo (AID), de los Estados Unidos de Norte América y el Ministerio de Economía del Estado de Guatemala. El propósito fundamental de esta entidad fue estimular el desarrollo industrial del país, a través de la elevación de la productividad y el fomento de la inversión. (INTECAP, s.f., párr. 6)

### **7.5.3. CFPI (Centro de Fomento de Productividad Industrial)**

En mayo de 1964, se crea el CDPI que sustituye al CFPI, como una entidad estatal descentralizada con autonomía funcional, patrimonio propio, fondos privativos y capacidad para operar por el logro de sus fines. El financiamiento del CDPI se da a través de: una asignación del Estado, un impuesto privativo, pagos y cuotas de la iniciativa privada, por servicios prestados y donaciones o aportes de la iniciativa privada y de instituciones nacionales o internacionales. Sus funciones principales se orientaron a cooperar con el Estado y la iniciativa privada para el estímulo de la economía, actuando como nexo entre ambos sectores para fomentar la productividad. (INTECAP, s.f., párr. 10)

### **7.5.4. CDPI (Centro de Desarrollo y Productividad Industrial)**

En mayo de 1964, se crea el CDPI que sustituye al CFPI, como una entidad estatal descentralizada con autonomía funcional, patrimonio propio, fondos privativos y capacidad para operar por el logro de sus fines. El financiamiento del CDPI se da a través de: una asignación del Estado, un impuesto privativo, pagos y cuotas de la iniciativa privada, por servicios prestados y donaciones o aportes de la iniciativa privada y de instituciones nacionales o internacionales. Sus funciones principales se orientaron a cooperar con el Estado y la iniciativa privada para el estímulo de la

economía, actuando como nexo entre ambos sectores para fomentar la productividad. (INTECAP, s.f., párr. 10)

#### **7.5.5. CENDAP (Centro Nacional de Desarrollo, Adiestramiento y Productividad)**

En octubre de 1969 se crea el CENDAP que sustituye al CDPI, el CENDAP se integra como una unidad descentralizada con una Junta Directiva formada por: el ministro de Trabajo y Previsión Social, ministro de Economía, representantes de la Coordinadora de Asociaciones Comerciales, Industriales y Financieras (CACIF), la Secretaría General de Planificación Económica (SEGEPLAN) y representantes del sector laboral. El CENDAP se crea para prestar atención, no solo al campo de la productividad empresarial, sino también a la formación acelerada y masiva en el nivel primario laboral, a través de la formación profesional o vocacional. (INTECAP, s.f., párr. 13)

#### **7.5.6. Modernización**

Previo a iniciar el proyecto de modernización, se realizó un análisis de Guatemala en el contexto de las nuevas relaciones económicas mundiales, estudiándose las mega tendencias mundiales, situación del país y retos más importantes que se deben afrontar. Asimismo, se efectuó un estudio sobre los escenarios de la formación profesional, en el entorno mundial, en el

latinoamericano, y en el nacional, para que en función de este contexto se brinde un mejor servicio de capacitación a nivel nacional (INTECAP, s.f.).



## 8. PROPUESTA DE ÍNDICE DE CONTENIDOS

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

LISTA DE SÍMBOLOS

GLOSARIO

RESUMEN

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y FORMULACIÓN DE PREGUNTAS  
ORIENTADORAS

OBJETIVOS

RESUMEN DEL MARCO METODOLÓGICO

INTRODUCCIÓN

1. MARCO REFERENCIAL

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Termografía de edificios

2.1.1. Proceso de termografía para tableros eléctricos

2.1.2. Proceso de termografía para sistemas no eléctricos

2.1.3. Planteamiento del plan de mantenimiento preventivo  
basado en la termografía

2.1.4. Normativas aplicadas a termografía

2.1.5. Termografías como parte de la eficiencia energética

2.1.6. Termografía como parte de la norma ISO 50001

2.1.7. Termografía como parte de la norma ISO 50002

2.1.8. Técnicas de certificación de las termografías

2.1.9. Control de fallas por medio de las termografías

2.1.10. Subestaciones eléctricas controladas por la termografía

2.1.11. Eficiencia en cuartos fríos por medio de termografía

3. DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

4. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

5. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS

APÉNDICES

ANEXOS

## **9. METODOLOGÍA**

### **9.1. Enfoque**

El siguiente trabajo de investigación, tiene un enfoque mixto, por lo siguiente:

Las mediciones de temperatura nos reflejan datos que pueden cuantificarse por tal motivo, se dice que es cuantitativo. La revisión de todo tipo de documento del problema y el marco teórico relacionado se define como cualitativo.

### **9.2. Diseño de la investigación**

La investigación se realizó como una experimental, sabiendo que los ensayos de termografía para la comprobación y determinación de resultados son fundamentales para los cumplimientos de normas. Los datos se obtienen mediante instrumentos de medición de termografía, pruebas y comparaciones para determinar los errores.

### **9.3. Tipo de estudio**

El trabajo de investigación se defino como descriptivo, de forma que todo tipo de resultados, características, factores y procedimientos podrán ser ordenados. El trabajo de investigación describirá las técnicas utilizadas para termografías, así como todo tipo de procesos que conlleven aportes para la

creación de los parámetros para obtener resultados, acorde a las normativas y controles de calidad.

#### **9.4. Alcance**

Se define el alcance como descriptivo, ya que busca especificar las propiedades de eliminación de puntos calientes por medio de resultados de termogramas que produzcan alertas de temperaturas altas. Además de procesos que aporten a la mitigación de fallas que sean ocasionadas por las temperaturas ya que esta no precisamente puede derivarse de la parte eléctrica.

#### **9.5. Variables e indicadores**

Las variables por analizar son de tipo cualitativo, siendo estas la calidad del producto a esterilizar y el tiempo de vida anaquel del producto.

**Tabla 4.***Operacionalización de variables*

Objetivo	Variable	Tipo de Variable	Indicador	Técnica	Plan de tabulación
Diseñar un plan para el análisis termo gráfico a la red eléctrica y subsistemas de un centro de capacitación técnica ubicado en la zona 21 de la ciudad de Guatemala.	Metodología para diseñar un plan de prevención con termografía	Dependiente Cualitativa nominal	Metodología del plan de mantenimiento		
Determinar los factores necesarios para la creación de una plan de mantenimiento basado en imágenes térmicas que permitan la reducción de fallas	Factores y parámetros que aportes a la medición termografica	Dependiente Cualitativa nominal	Índice de temperatura	Medición por termografía	Todo resultado será registrado en una matriz
Crear un plan de mantenimiento para confiabilidad del sistema de red eléctrica dentro de las instalaciones del centro de capacitación.	Indicadores para crear un plan	Dependiente Cualitativa nominal	Índice de temperatura	Medición por termografía	Todo resultado será registrado en una matriz
Evaluar los beneficios del sistema de gestión encontrados para garantizar el buen funcionamiento del plan basado en imágenes térmicas.	Beneficios del establecimiento	Dependiente Cualitativa nominal	% de disminución de fallas	Índice de reporte	Todo resultado será registrado en una matriz

*Nota.* Descripción de la operacionalización de variables. Elaboración propia, realizado con Excel.

## 9.6. Fases de la investigación

El presente trabajo de investigación mostrara distintas fases con el fin de obtener resultados y parámetros medibles y son los siguientes:

### 9.7. Fase 1

Revisión documental para tener la capacidad de comprender los procesos térmicos por medio de técnicas de termografía. (5 semanas).

## **9.8. Fase 2**

Todo tipo de información se obtendrá por medio de entrevistas al personal involucrado en las pruebas para formar así el plan que contribuya a la realización del plan de mantenimiento. (10 semanas)

## **9.9. Fase 3**

Análisis de cada uno de los datos obtenidos durante los trabajos de termografía que serán de utilidad para la planificación de los planes de mantenimiento que sean de mejora en la industria. (5 semanas)

## **9.10. Fase 4**

Define la integración del proyecto de manera que se involucre todo tipo de trabajo eléctrico y de mantenimiento para que el resultado sea la reducción de las fallas. (8 semanas)

## **9.11. Resultados esperados**

Para establecer el resultado, se definirá la base teórica como punto de partida.

También se espera concertar los procesos de instalación para identificar errores que sean corregibles dentro de la programación.

Finalmente, se realizará el reporte final para garantizar el buen funcionamiento del sistema de gestión por medio de termografía.

## **9.12. Población y muestra**

Para el plan de muestreo se utilizará el plan de marco muestra, debido a que, las áreas son demasiadas por lo que se tomara en la planificación de termografía solamente áreas críticas para el establecimiento. La revisión será de forma individual tomando en cuenta que cada uno de los análisis deberá acompañarse de un técnico electricista para mitigar un posible punto caliente de inmediato si así lo requiriera el caso puntual.



## **10. TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE INFORMACIÓN**

El trabajo de investigación contara con un tipo de análisis de estadística descriptiva. Este tipo de estadística indica que se debe contar con muestras para realizar análisis y conclusiones. Para fines de este trabajo de investigación, las muestras de los procesos térmicos serán realizadas en campo.

Se tomarán las técnicas de estadística descriptiva, para la recolección de la información, una de las técnicas, será la entrevista a los electricistas de mantenimiento que servirá para obtener la información del estado físico para posteriormente llevarlo a pruebas de termografía y conocer el estado final.

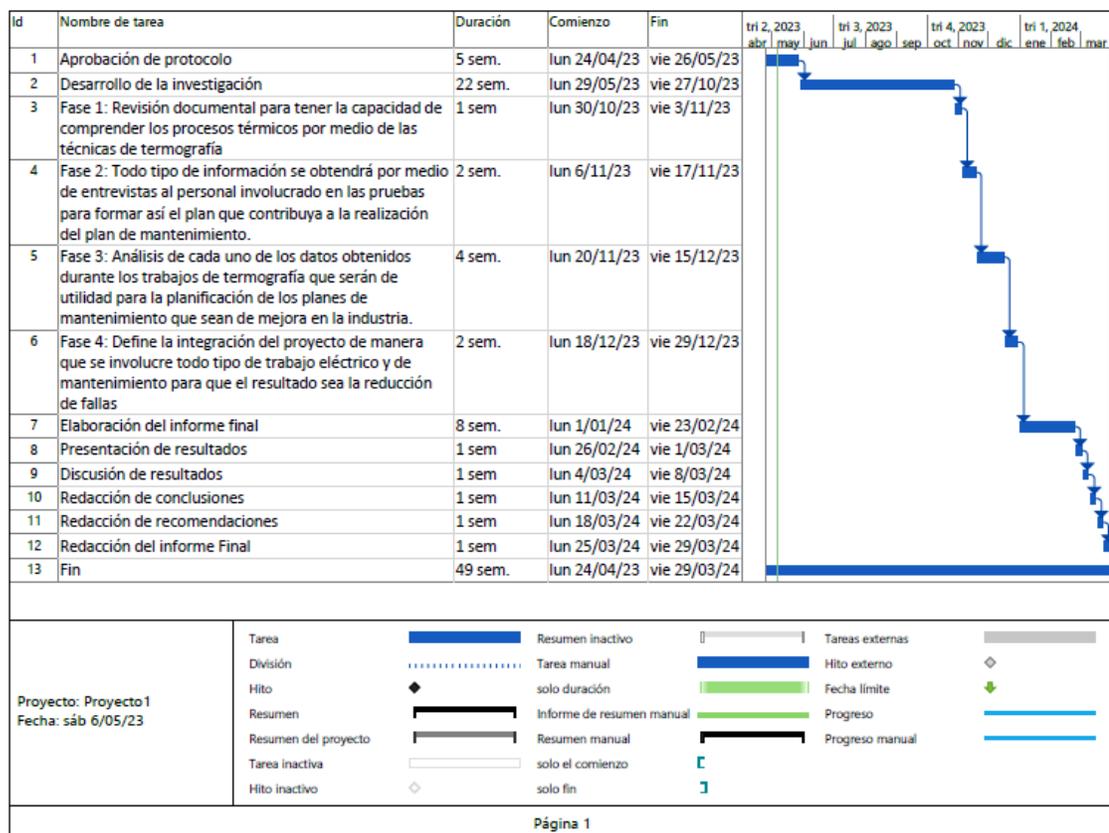
Es fundamental el reconocimiento de los aportes de la información, por parte de los supervisores de mantenimiento y jefes de grupos debido a que ellos validarán el producto final sabiendo que cualquier defecto puede ser corregido dentro de los parámetros programados.



## 11. CRONOGRAMA

**Tabla 5.**

*Cronograma de actividades*



*Nota.* Presentación de cronograma de actividades. Elaboración propia, realizado con Project.



## **12. RECURSOS NECESARIOS Y FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO**

Serán mencionados los siguientes:

### **12.1. Recursos físicos**

Se podrá acceder a todo tipo de infraestructura que sea necesario como lo puede ser tableros, climatización o cualquier sistema eléctrico involucrado.

### **12.2. Recursos humanos**

La comunicación de los ingenieros será fundamental debido a que todo tipo de aporte como fallas mecánicas, eléctricas y de funcionamiento serán de gran aporte para el informe final.

### **12.3. Recursos financieros**

La parte financiera la trabajará el centro de capacitación, quien será la encargada de proporcionar todo tipo recurso como la cámara termografía y/o mano de obra necesaria. Cada uno del personal que actúe dentro del proyecto pertenecerá al centro, quien hasta el momento no tiene previsto realizar contratación de empresas externas

El financiamiento será mixto del cual el aporte del investigador será del 12.5 % donde existirá aporte del investigador y aporte de la empresa con el 87.5 %, quedando de la siguiente forma:

**Tabla 6.***Costos y factibilidad*

<b>Ítem</b>	<b>Recurso</b>	<b>Descripción del gasto</b>	<b>Financiamiento</b>	<b>Costo unitario</b>	<b>Porcentaje</b>
1	Humano	Inversión del tiempo del investigador	Investigador	Q 11,000.00	37%
2	Humano	Asesor de investigación	Investigador	Q 2,500.00	8%
3	Material	Papelería y útiles	Investigador	Q 2,500.00	8%
4	Transporte	Depreciación de vehículo, combustible y transporte pub	Empresa	Q 6,000.00	20%
5	Viáticos	Viáticos y hospedaje	Empresa	Q 4,000.00	13%
6	Tecnológico	Internet	Investigador	Q 1,500.00	5%
7	Comunicación	Telefonía	Investigador	Q 1,500.00	5%
8	Varios	Imprevisto	Investigador	Q 1,000.00	4%
Total				Q 30,000.00	100%

*Nota.* Presentación de costo y factibilidad. Elaboración propia, realizado con Word.

### 13. REFERENCIAS

- Álava Ingenieros. (s.f.). *Termografía activa*. Grupo Álava <http://www.grupoalava.com/ingenieros/productos/termografia-activa-end/>
- Alave, E. (2016). *Desarrollo e implementación de una metodología de gestión de mantenimiento basado en el riesgo para microcentrales hidroeléctricas*. [Tesis de maestría, Universidad Mayor de San Andrés]. Archivo digital. <https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/12295/TM-1790-Alave%20Alavi%2c%20Edwin%20Jesus.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Equipos y Laboratorio de Colombia. (s.f.). *Aportamos innovación, respaldo y calidad a los laboratorios de Colombia*. E&L. <https://www.equiposylaboratorio.com/portal/inicio>
- Flores, L. (2019). *Sistema de Control de Termografía 3D y su incidencia en el Mantenimiento Predictivo de los Equipos de la Dirección de Educación a Distancia y Virtual*. [Tesis de maestría, Universidad Técnica de Ambato]. Archivo digital <https://docplayer.es/183602028-Universidad-tecnica-de-ambato.html>

Fondo de Prevención y Atención de Emergencias. (2012). *Metodología de análisis de riesgo documento soporte, guía para elaborar planes de emergencia y contingencias.* FOPAE.

[https://www.academia.edu/24220481/METODOLOG%3%8DAS\\_DE\\_A\\_N%3%81LISIS\\_DE\\_RIESGO\\_DOCUMENTO\\_SOPORTE\\_GU%3%8DA\\_PARA\\_ELABORAR\\_PLANES\\_DE\\_EMERGENCIA\\_Y\\_CONTINGENCIA\\_C%3%93DIGO\\_MIG\\_VERSI%3%93N\\_2\\_C%3%93DIGO\\_DOCUMENTAL\\_ADOPTADA\\_POR\\_Resoluci%3%B3n\\_004\\_09\\_del\\_FOPAE](https://www.academia.edu/24220481/METODOLOG%3%8DAS_DE_A_N%3%81LISIS_DE_RIESGO_DOCUMENTO_SOPORTE_GU%3%8DA_PARA_ELABORAR_PLANES_DE_EMERGENCIA_Y_CONTINGENCIA_C%3%93DIGO_MIG_VERSI%3%93N_2_C%3%93DIGO_DOCUMENTAL_ADOPTADA_POR_Resoluci%3%B3n_004_09_del_FOPAE)

Garrido, S. (2009). *Mantenimiento correctivo organización y gestión de la reparación de averías.* Renovetec.

Gómez, J. (s.f.). *Mantenimiento Productivo Total.* En Academia Premium.  
[https://www.academia.edu/9353979/MANTENIMIENTO\\_PRODUCTIVO\\_TOTAL](https://www.academia.edu/9353979/MANTENIMIENTO_PRODUCTIVO_TOTAL)

González, N. (2019). *Monitoreo de condición por termografía infrarroja para equipos críticos eléctricos y de transmisión de vapor de la industria avícola en una planta ubicada en Villa Nueva, Guatemala.* [Tesis de maestría, Universidad de San Carlos de Guatemala]. Archivo digital  
[http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08\\_0704\\_MT.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_0704_MT.pdf)

INTECAP. (s.f.). *INTECAP 51 años: historia del INTECAP.*  
<https://intecap.edu.gt/historia/>

ISO 50001. (s.f.). *Sistema de la gestión de la energía.* Bureau Veritas.  
<https://www.bureauveritas.es/esg-sostenibilidad/medioambiente/certificacion-medioambiente/iso-50001>

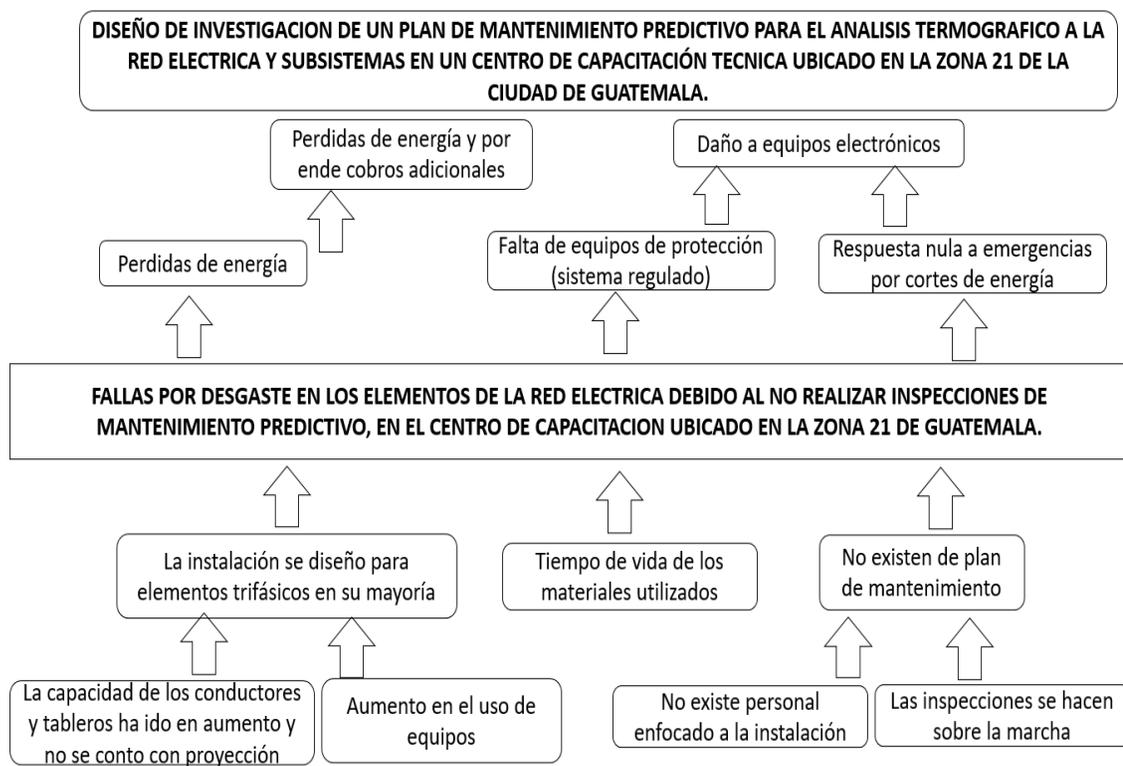
- Lezana, C. (4 de septiembre de 2007). *Indicadores de Gestión*. DOCPLAYER.  
<https://docplayer.es/49436198-Indicadores-de-gestion-cruz-lezama-osain.html>
- Prando, R. (1996). *Manual de gestión del mantenimiento a la medida*. Piedra Santa.  
[https://mantenimientoplanificado.com/Articulos%20gesti%C3%B3n%20mantenimiento\\_archivos/libros%20scienc.oas.org/all\\_manten.pdf](https://mantenimientoplanificado.com/Articulos%20gesti%C3%B3n%20mantenimiento_archivos/libros%20scienc.oas.org/all_manten.pdf)
- Quispe, J. (2020). *Metodología de mantenimiento predictivo para el diagnóstico de motores eléctricos mediante termografía infrarroja*. [Tesis de maestría, Universidad Mayor de San Andrés]. Archivo digital  
<https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/29745/TM-2529.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Sáez, U., Lavega, P., Mateu, M. y Rovira, G. (2014). Emociones positivas y educación de la convivencia escolar. Contribución de la expresión motriz cooperativa. *Revista de Investigación Educativa*, 32(2), 309-326.  
<https://www.redalyc.org/pdf/2833/283331396003.pdf>
- Sanzol, L. (2010). *Implantación de plan de mantenimiento TPM en planta de cogeneración*. [Tesis de licenciatura, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla]. Archivo digital. <https://www.studocu.com/es-mx/document/benemerita-universidad-autonoma-de-puebla/industria-y-procesos-de-manufactura/05-implantacion-de-plan-de-mantenimiento-tpm-en-planta-de-cogeneracion-autor-lorenzo-sanzol-iribarren/37348013>

- Silva, A., Salazar, M., Ponce, J. y Herrera, G. (2017). Procedimiento para inspección de tableros eléctricos con termografía infrarroja. *Revista de Tecnología e Innovación*, 4(11), 24-35. [https://www.ecorfan.org/bolivia/researchjournals/Tecnologia\\_e\\_innovacion/vol4num11/Revista\\_de\\_Tecnologia\\_e\\_Innovacion\\_V4\\_N11\\_3.pdf](https://www.ecorfan.org/bolivia/researchjournals/Tecnologia_e_innovacion/vol4num11/Revista_de_Tecnologia_e_Innovacion_V4_N11_3.pdf)
- SIMA. (1986). *Mantenimiento preventivo*. SIMA. <https://mantenimientoplanificado.com/j%20guadalupe%20articulos/MANTENIMIENTO%20PREVENTIVO%20parte%201.pdf>
- Spiaguetto. (s.f.). *¿Qué es un termograma?*. <https://spiegato.com/es/que-es-un-termograma>
- Tavares, L. (2019). *Administración moderna de mantenimiento*. Novo Polo Publicaciones. <https://soportec.files.wordpress.com/2010/06/administracion-moderna-de-mantenimiento.pdf>
- Testo. (s.f.). *Calibración, cualificación y validación*. Testo be sure. <https://www.testo.com/es-ES/servicio/calibracion-validacion>
- Venegas, P. (2019). *Métodos matemáticos para caracterización de efectos en materiales compuestos mediante termografía activa*. [Tesis de doctorado, Universidad Nacional de Educación a Distancia]. Archivo digital [http://e-spacio.uned.es/fez/eserv/tesisuned:ED-Pg-Teclnd-Pvenegas/VENEGAS\\_BOSOM\\_Pablo\\_Tesis.pdf](http://e-spacio.uned.es/fez/eserv/tesisuned:ED-Pg-Teclnd-Pvenegas/VENEGAS_BOSOM_Pablo_Tesis.pdf)

## 14. APÉNDICES

### Apéndice 1.

#### Árbol del problema



*Nota.* Descripción del árbol de problemas. Elaboración propia, realizado con PowerPoint.

## Apéndice 2.

### Matriz de coherencia

Objetivo específico	Nombre de la variable	Tipo de variable	Indicador	Técnica o Instrumento
1. Determinar la situación actual de los elementos de la red eléctrica del centro de capacitación.	Determinación de la situación actual	Cuantitativa	Voltaje Corriente Factor de potencia Potencia reactiva	Software con los resultados utilizando un analizador de energía.
2. Desarrollar procedimientos para la realización de rutinas de mantenimiento a base de análisis termográficas.	Desarrollo de rutinas de mantenimiento	Cualitativa Cuantitativas	Plan de mantenimiento, cronogramas Hojas de trabajo Lista verificable Responsables a ejecutar Presupuestos	Project, Cotizaciones Levantamiento de equipos
3. Diseñar indicadores de mantenimiento predictivo a base de análisis termográficas para elementos que conforman la red eléctrica del centro de capacitación.	Diseño de indicadores de mantenimiento predictivo	Cualitativa Cuantitativas	Materiales Tiempos Productividad Producción Funcionamiento Costos	Pearson Pareto Correlacional
4. Evaluar los beneficios de la propuesta para el mantenimiento predictivo del centro de capacitación.	Evaluación de los beneficios de la propuesta de mantenimiento	Cualitativa	Costos Viabilidad Funcionalidad	Entrevista (jefes, operarios)

*Nota.* Presentación de la matriz de coherencia. Elaboración propia, realizado con Word.

## 15. ANEXOS

### Anexo 1.

#### *Método de observación*

<b>Método de observación</b>	
CENTRO GUATEMALA 2	
Nombre de área o especialidad	
Fecha	
Elementos eléctricos instalados	
Características o puntos clave obtenidos	
Datos o estadísticas para comprender el análisis termográfico	
Notas adicionales	
Conclusiones y seguimiento	

*Nota.* Presentación de documento del método de observación. Obtenido de INTECAP. (s.f.).

*Método de Observación.*

## Anexo 2.

### Cuestionario abierto

Cuestionario abierto	
CENTRO GUATEMALA 2	
Nombre de área o especialidad	
Fecha	
FALLAS ELECTRICAS EN LOS SISTEMAS ELECTRICOS	
Cuestionario:	
1. ¿Qué información consideras clave para entender este problema?	
2. ¿Cuáles son las causas u orígenes que llevaron a esta situación?	
3. ¿Cuál es el impacto de esta situación particular?	
4. ¿Qué otras áreas se encuentran involucradas directamente?	
5. ¿Qué objetivos o resultados se deberían obtener?	
6. ¿Cómo afecta esto a la capacitación con los grupos?	
7. ¿Cuál es la relación entre la situación y el desempeño deseado al no existir fallas eléctricas?	
8. ¿Qué soluciones puedes plantear para resolver esta problemática?	
9. ¿Qué recursos necesitas para implementar estos resultados?	
10. ¿Qué es lo que podría suceder en caso de ejecutar un plan de acción efectivo?	

Nota. Presentación de cuestionario abierto. Obtenido de INTECAP. (s.f.). *Cuestionario abierto*.

**Anexo 3.**  
*Entrevista*

<b>Entrevista</b>		
<b>CENTRO GUATEMALA 2</b>		
<b>Nombre de área o especialidad</b>		
<b>Fecha</b>		
<b>Análisis termográfico</b>		
<b>Cuestionario para la entrevista</b>		
1. ¿Cuál es tu nombre?		
2. Actualmente, ¿Qué puesto tiene dentro del centro?		
3. ¿Con qué especialidad se identifica?		
4. ¿Cuál es tu último grado de estudios?		
5. ¿Cuál es tu ocupación o trabajo en el que te desempeñas?		
6. ¿Con qué frecuencia utiliza el sistema eléctrico del centro?		
7. ¿Cuál es su consumo más requerido dentro del centro?		
8. ¿Cómo fue la última falla que sucedió dentro de la red eléctrica que recuerda?		
9. ¿Cuándo fue la solución a dicha falla?		
10. ¿Con qué periodicidad suceden las fallas que pudo observar?		

*Nota.* Presentación de cuestionario de la entrevista realizada. Obtenido de INTECAP. (s.f.)  
*Cuestionario abierto.*

#### Anexo 4.

#### Focus Group

<b>Focus Group</b>		
<b>CENTRO GUATEMALA 2</b>		
<b>Nombre de área o especialidad</b>		
<b>Fecha</b>		
<b>Fallas en los sistemas eléctricos</b>		
<b>Preguntas de introducción</b>		
1. ¿Cuál es su especialidad?		
2. ¿Con qué tipos de productos atiende?		
3. ¿Con qué otras carreras se identifican?		
4. ¿Cuál es tu último grado de estudios?		
<b>Preguntas de exploración</b>		
5. ¿Cuál es tu relación dentro del intecap?		
6. ¿Tiene algún concepto de falla eléctrica?		
7. ¿Existe alguna emergencia respecto a una falla eléctrica que pueda solucionar?		
8. ¿Cuál es el impacto que lleva realizar un análisis termografico ?		

Continuación de anexo 4.

<b>Preguntas de seguimiento</b>
9. ¿Qué pasaría en caso de contar con la facilidad suplir una falla eléctrica?
10. ¿Qué otras alternativas estarías dispuesto a utilizar para suprimir una falla eléctrica?
11. ¿Qué elemento o característica te gustaría cambiar?
12. ¿Cuántas personas conoces que tienen esta mismo conocimiento de análisis termográfico?
<b>Preguntas de salida</b>
13. ¿Qué es lo más distintivo en este análisis termográfico?
14. ¿Por qué prefieres esta alternativa frente a otras opciones?
15. ¿Existe algo que te gustaría agregar? Te escuchamos.

*Nota.* Presentación de documento de fallas en el sistema eléctrico. Obtenido de INTECAP. (s.f).  
*Entrevista.*

