



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

**DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN: REQUERIMIENTOS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE
LA AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE EQUIPO
DE POTENCIA, POR MEDIO DE TERMOGRAFÍAS EN SUBESTACIONES DEL
SISTEMA CENTRAL, INDE**

Juan Luis Saraccini Salguero

Asesorado por la MSc. Inga. Sandra Ninett Ramírez Florez

Guatemala, agosto de 2016

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN: REQUERIMIENTOS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE
LA AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE EQUIPO
DE POTENCIA, POR MEDIO DE TERMOGRAFÍAS EN SUBESTACIONES DEL
SISTEMA CENTRAL, INDE**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

JUAN LUIS SARACCINI SALGUERO

ASESORADO POR EL MSC. ING. SANDRA NINETT RAMÍREZ FLOREZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO ELECTRICISTA

GUATEMALA, AGOSTO DE 2016

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL I	Ing. Angel Roberto Sic García
VOCAL II	Ing. Pablo Christian de León Rodríguez
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Raúl Eduardo Ticún Córdova
VOCAL V	Br. Henry Fernando Duarte García
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Armando Alonzo Rivera Carrillo
EXAMINADOR	Ing. Jorge Gilberto González Padilla
EXAMINADOR	Ing. Bayron Armando Cuyán Culajay
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

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 LA INVESTIGACIÓN: REQUERIMIENTOS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LA AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE EQUIPO DE POTENCIA, POR MEDIO DE TERMOGRAFÍAS EN SUBESTACIONES DEL SISTEMA CENTRAL, INDE

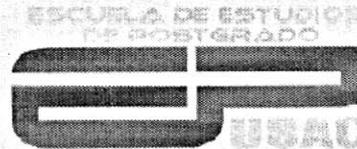
Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Estudios de Postgrado, con fecha 14 de febrero de 2015.

Juan Luis Saraccini Salguero



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

Escuela de Estudios de Postgrado
Facultad de Ingeniería
Teléfono 2418-9142 / Ext. 86226



AGS-MIMPP-007-2015

Guatemala, 09 de junio de 2016.

Director
José Francisco González López
Escuela de Ingeniería Eléctrica
Presente.

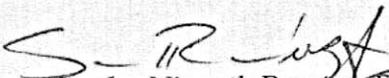
Estimado Director:

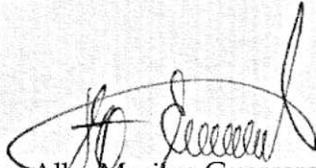
Reciba un atento y cordial saludo de la Escuela de Estudios de Postgrado. El propósito de la presente es para informarle que se ha revisado los cursos aprobados del primer año y el Diseño de Investigación del estudiante **Juan Luis Saraccini Salguero** con carné número **2007-14827**, quien opto la modalidad del "PROCESO DE GRADUACIÓN DE LOS ESTUDIANTES DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA OPCIÓN ESTUDIOS DE POSTGRADO". Previo a culminar sus estudios en la **Maestría de Ingeniería en Mantenimiento**.

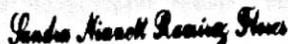
Y si habiendo cumplido y aprobado con los requisitos establecidos en el normativo de este Proceso de Graduación en el Punto 6.2, aprobado por la Junta Directiva de la Facultad de Ingeniería en el Punto Decimo, Inciso 10.2, del Acta 28-2011 de fecha 19 de septiembre de 2011, firmo y sello la presente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

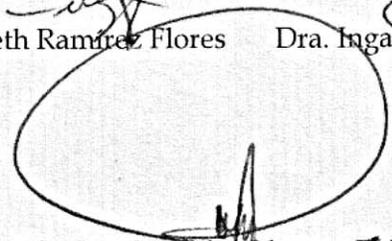
Sin otro particular, atentamente,

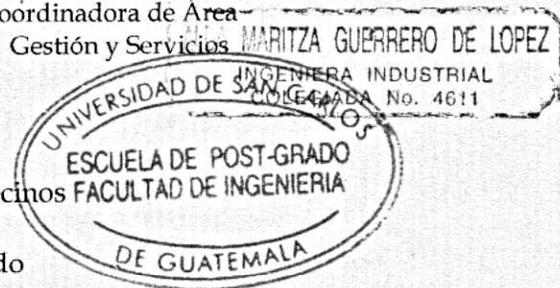
"Id y Enseñad a todos"


MSc. Inga. Sandra Nineth Ramirez Flores
Asesor (a)


Dra. Inga. Alba Maritza Guerrero Spinola
Coordinadora de Área
Gestión y Servicios


INGENIERA QUÍMICA, COL. No. 437
Msc. INGENIERÍA DE MANTENIMIENTO


MSc. Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
Director
Escuela de Estudios de Postgrado



Cc: archivo/la



REF. EIME 49.2016.
Guatemala, 19 de AGOSTO 2016.

FACULTAD DE INGENIERIA

El Director de la Escuela de 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 Revisor y la aprobación del Área de Lingüística de su Proyecto de Graduación en la modalidad Estudios de Pregrado y Postgrado titulado: **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN: REQUERIMIENTOS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LA AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE EQUIPO DE POTENCIA, POR MEDIO DE TERMOGRAFÍAS EN SUBESTACIONES DEL SISTEMA CENTRAL**, INDE presentado por el estudiante universitario **Juan Luis Saraccini Salguero**, considerando que el protocolo es viable para realizar el Diseño de Investigación procedo aprobarlo, ya que cumple con los requisitos establecidos por la Facultad de Ingeniería.

ID Y ENSEÑAD A TODOS



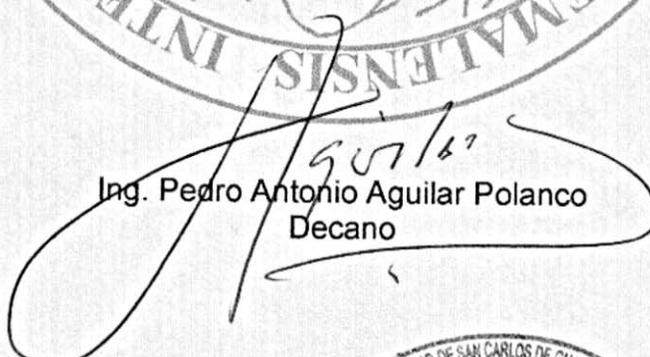
Ing. Francisco Javier González López
Director

Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica



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 INVESTIGACIÓN: REQUERIMIENTOS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LA AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE EQUIPO DE POTENCIA, POR MEDIO DE TERMOGRAFÍAS EN SUBESTACIONES DEL SISTEMA CENTRAL, INDE**, presentado por el estudiante universitario: **Juan Luis Saraccini Salguero**, después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, se autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.


Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
Decano



Guatemala, agosto de 2016

ÍNDICE GENERAL

GLOSARIO	V
INTRODUCCIÓN	VII
1. MARCO CONCEPTUAL.....	1
1.1. Antecedentes.....	1
1.2. Planteamiento del problema	4
1.3. Pregunta general: enunciado del problema	5
1.4. Preguntas específicas	5
2. HIPÓTESIS	7
2.1. Variables.....	7
2.1.1. Variable independiente	7
2.1.2. Variable dependiente	7
2.1.3. Constantes.....	8
3. JUSTIFICACIÓN	9
4. OBJETIVOS	11
4.1. Objetivo general	11
4.2. Objetivos específicos.....	11
5. ALCANCE DE LA INVESTIGACIÓN	13
5.1. Alcance exploratorio	13
5.2. Alcance descriptivo.....	13
5.3. Alcance correlacional	13

5.4.	Alcance causal	14
6.	MARCO TEÓRICO	15
6.1.	INDE.....	15
6.2.	Historia.....	15
6.3.	Subestaciones de distribución eléctrica	16
6.4.	Clasificación de Subestaciones.....	16
6.4.1.	Clasificación de Subestaciones según su función... ..	17
6.4.2.	Clasificación de Subestaciones según su ubicación en el sistema eléctrico.....	18
6.4.3.	Clasificación de Subestaciones según su forma de instalación o montaje.....	19
6.4.4.	Clasificación de Subestaciones según su equipamiento.....	19
6.5.	Elementos de la subestación eléctrica	20
6.5.1.	Transformadores eléctricos	20
6.5.1.1.	Tipos de transformadores.....	21
6.5.2.	Pararrayos.....	22
6.5.3.	Interruptor de potencia	22
6.5.4.	2.2.4. Seccionadores.....	22
6.5.5.	Transformadores de corriente	23
6.5.6.	Transformadores de tensión.....	23
6.5.7.	Interruptores de potencia.....	24
6.5.7.1.	Tipos de interruptores de potencia	24
7.	MANTENIMIENTO	27
7.1.	Objetivos del mantenimiento	27
7.2.	Tipos de mantenimiento	28
7.2.1.	Mantenimiento de conservación.....	28

7.2.2.	Mantenimiento de actualización.....	28
8.	PROPUESTA DE ÍNDICE INFORMAL FINAL.....	29
9.	MARCO METODOLÓGICO	31
9.1.	Tipo de investigación.....	31
10.	OBTENCIÓN DE DATOS.....	35
11.	TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN	37
12.	RECURSOS NECESARIOS.....	39
13.	CRONOGRAMA.....	41
14.	RECURSOS NECESARIOS Y FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO	43
14.1.	Factibilidad operativa.....	43
14.2.	Factibilidad técnica	44
	BIBLIOGRAFÍA.....	47

GLOSARIO

ANSI	“American National Standard Institute”. Organización sin fines de lucro encargada de la supervisión de estándares para productos, procesos y servicios, para la industria eléctrica en EEUU.
ESPIRA	Conductor cerrado plano.
INDE	Instituto Nacional de Electrificación. Entidad pública autónoma descentralizada con personalidad jurídica y patrimonio propio. Es la entidad responsable a todo lo concerniente a electrificación del país.
NTSD	Normas técnicas del servicio de distribución.
TAPS	Interruptor que cambia las posiciones de la relación de transformación de voltaje, de un transformador de potencia.

INTRODUCCIÓN

En Guatemala; en el departamento de Escuintla se encuentran construidas las cinco subestaciones de transmisión eléctrica denominadas como Sistema Central, las cuales corresponden a los nombres de: 1) Subestación Guatemala Sur; ubicada en el km 14.5 carretera al pacífico. 2) Subestación Guatemala Norte; ubicada en el km 22 carretera al Atlántico. 3) Subestación Guatemala Este; ubicada en el km 18.5 carretera al Salvador. 4) Subestación Escuintla; ubicada en km 61.5 carretera a Masagua. 5) Subestación Palin I; ubicada en km 32.5 y Palin II ubicada en km 42.

Dichas subestaciones se encuentran en operaciones desde 1975 y transforman voltajes provenientes de distintas generadoras con voltajes transmisión de 230 KV/69 KV y 69 KV/ 13.8KV hacia diferentes partes de la república de Guatemala.

Debido a la importante función que desempeña el sistema de distribución; todas las subestaciones y sus equipos de potencia requieren de un estricto plan de mantenimiento, pues de ello depende la correcta distribución de energía eléctrica a toda la región central del país. Se debe tomar en especial consideración el adecuado mantenimiento de los transformadores; dispositivos los cuales desempeñan la función más importante de la subestación puesto que son sometidos a grandes cantidades de corriente en sus barras eléctricas para transformar (como su nombre lo indica) dicho voltaje en transmisión eléctrica.

La correcta ejecución de un plan de mantenimiento preventivo y predictivo se hace necesario, debido a los esfuerzos eléctricos a los que son sometidos

los equipos; se debe iniciar por la localización de puntos con temperaturas elevadas que representan un posible fallo por diversas causas como corrosión, mal ajuste del torque normado, suciedad o abrasión del ambiente en las conexiones del sistema trifásico de los transformadores y otros dispositivos.

El uso de la termografía infrarroja representa una herramienta eficaz debido a que permite localizar este tipo de anomalías; permitiéndonos a distancia y sin ningún contacto, medir y visualizar temperaturas de superficie convirtiendo las mediciones de la radiación infrarroja en medición de temperatura, haciendo sencilla la detección de problemas en cualquier equipo de potencia para transmisión eléctrica. Parte de las ventajas que caracteriza el uso de éste procedimiento es impedir fallas en horarios normales y horas de mayor demanda.

En el presente estudio se elaborará un plan de mantenimiento basado en la implementación de un método que permita identificar problemas críticos, fallas imprevistas, la implementación de un programa de inspección y control de informes con termografías en las instalaciones y equipos eléctricos. Con el plan de mantenimiento, se pretende minimizar el riesgo de fallas en equipos y sus consecuencias, a la vez ofrecer una herramienta de control de calidad en las reparaciones efectuadas.

1. MARCO CONCEPTUAL

1.1. Antecedentes

Paralelo al crecimiento y desarrollo acelerado de la sociedad actual, se observa una progresiva demanda del servicio eléctrico lo cual conlleva a una dependencia de energía eléctrica competente y calificada. Para lograr la calidad y la distribución adecuada es necesario y clave una correcta planificación de mantenimiento predictivo/preventivo en los sistemas de distribución.

El uso de la termografía en procedimientos de mantenimiento de distribución eléctrica refuerza la detección temprana de posibles averías o anomalías, reduciendo posibilidad de un fallo en el sistema.

Los avances tecnológicos que se consideran de uso común y para uso en la industria tuvieron su origen en aplicaciones militares; tal es el caso de las cámaras termográficas o cámaras de infrarrojo, las cuales tienen la capacidad de captar diferencias de temperatura mínimas y convertirlas en una imagen térmica.

La primera cámara térmica para aplicaciones militares fue desarrollada en Suecia en 1958 (FLIR, Commercial Vision Systems B. V., 2015), por una empresa llamada AGA, denominada actualmente FLIR Systems. Debido a su capacidad de producir una imagen muy clara en la oscuridad total, la tecnología termográfica ofrecía a la milicia la capacidad de visualizar y detectar amenazas durante la noche. El uso de ésta herramienta para aplicaciones industriales/comerciales tiene sus inicios alrededor del año 1965 (FLIR,

Commercial Vision Systems B. V., 2015) con la venta de la primera cámara comercial para inspecciones de cables de alimentación de alta tensión. Desde entonces, la tecnología termográfica ha evolucionado; las cámaras termográficas se han convertido en sistemas compactos, fáciles de usar y con la capacidad de producir imágenes de alta resolución en tiempo real.

Roberto Poyato (2013) en su nota técnica sobre la termografía en sistemas de distribución eléctrica; menciona que han existido equipos termograficos desde hace décadas, pero que su uso se ha popularizado en los últimos años debido a los avances técnicos en la miniaturización electrónica que han dado lugar a la aparición de equipos de presentaciones mejoradas con una reducción importante en su tamaño y precio.

A partir de la reducción de tamaño, precio y las mejoras tecnológicas; se ha dado lugar a un incremento del uso de la termografía de forma general, (doméstico, médico, particular, industrial, militar, marítimo, etc) lo cual permite que ésta herramienta vaya popularizándose para más aplicaciones industriales y aplicaciones orientadas también a consumidores.

John Moubray (2004) Durante las últimas dos décadas el mantenimiento ha cambiado quizá más que cualquier otra disciplina. Estos cambios se deben principalmente al aumento exponencial y en variedad de los activos físicos de la industria que deben de ser mantenidos en todo el mundo, diseños más complejos, mejores y nuevos métodos de mantenimiento y una cámbiate en la organización de los métodos para realizar los mantenimientos y sus responsabilidades.

Frente a la sucesión de grandes cambios en los mantenimientos se esta buscando un nuevo acercamiento; evitar arranques fallidos y retrasos en

procesos que siempre acompañan a los grandes cambios, buscando en cambio una estrategia que sintetice los nuevos desarrollos en un modelo eficiente.

John Moubray (2004) Una vez las tareas de mantenimiento se clasifiquen en grupos de trabajo equilibrados y programas de mantenimiento de alta y baja frecuencia, el siguiente paso es establecer sistemas de planeamiento y control que aseguren que sean ejecutados por las personas mas capacitadas en los momentos adecuados, el factor más influyente e importante de este tipo de sistema es el diseño y la frecuencia de los programas.

Los programas de alta y baja frecuencia se manejan de manera que cada uno contenga los trabajos de planeamiento adecuados para las diferentes necesidades del proceso. Se definen de alta frecuencia a todos aquellos que deban realizarse con intervalos de hasta una semana, que consisten básicamente en búsqueda de fallas simples. Se definen de baja frecuencia los programas que se hacen con un intervalo de frecuencia de un mes o más tiempo, por lo general implican un trabajo mayor y debe detenerse la planta mientras se están llevando acabo.

Revillas (2011) afirma que la termografía infrarroja es una herramienta de diagnóstico eficiente, su empleo en los diferentes análisis de temperaturas y radiación es cada vez más frecuente y permite al operador detectar y evaluar las pérdidas de energía fácilmente en equipos de procesos industriales.

Para el manejo de las cámaras termográficas e interpretaciones de las imágenes y resultados se necesita la capacitación adecuada, no solo con las imágenes es suficiente para diagnosticar una posible falla, sino el trabajo e investigación en campo, la visualización directa de la falla es fundamental.

1.2. Planteamiento del problema

Las subestaciones eléctricas del sistema central son parte indispensable para la transmisión eléctrica en la ciudad capital, y el departamento de Escuintla; departamentos altamente industrializados y con una alta demanda energética, por lo cual es necesaria la ejecución de mantenimientos preventivos con la prioridad y periodicidad del caso. El contar con un plan de mantenimiento programado que garantice un estado óptimo al momento de realizar las diferentes maniobras de operación y evitar fallas en el sistema que ocasionen pérdidas de diferente índole en horarios de demanda máxima; evita conjuntamente penalizaciones por indisponibilidad por parte de la Administración de Mercado Mayorista (AMM).

Por medio de las visitas de campo realizadas a las subestaciones del sistema central INDE, se pudieron detectar diversas deficiencias en la ejecución de métodos de mantenimiento a los equipos de potencia. La mayoría de los procedimientos de mantenimiento son efectuados de modo correctivo y no preventivo lo cual conlleva a la tenencia de equipos en estado crítico y a la alta posibilidad de emergencias y fallos inesperados en el sistema. Así también, es importante resaltar que la falta de control de datos que describan las condiciones y servicios de mantenimiento ejecutados y por efectuar; manifestando la carencia de una programación y seguimiento general del mantenimiento al equipo.

Un mantenimiento eficaz en los transformadores de voltaje e interruptores de potencia busca reducir las distintas consecuencias que pueda desencadenar; por lo cual un deficiente programa de mantenimiento perjudica rotundamente la confiabilidad del sistema eléctrico. El mantenimiento debidamente planificado no es solo una herramienta para garantizar el buen

estado de los transformadores y los equipos de potencia, es también un instrumento que refuerza la capacidad del sistema en general.

1.3. Pregunta general: enunciado del problema

- ¿De qué manera es posible mejorar la confiabilidad de la transmisión de energía eléctrica de las subestaciones del sistema central, INDE?

1.4. Preguntas específicas

- ¿Cómo se puede mejorar el funcionamiento operacional de los equipos de potencia, basándonos en la confiabilidad y criticidad de los mismos?
- ¿Cómo se pueden identificar los puntos críticos para mejorar la continuidad y confiabilidad del sistema?
- ¿Qué puede hacerse para prevenir o predecir fallas en los equipos de potencia asociados con el contexto operacional?
- ¿Es factible emplear la termografía para detectar de forma eficaz posibles interrupciones en la distribución de energía eléctrica?

2. HIPÓTESIS

Los equipos de potencia en las subestaciones son unidades de vital importancia para la distribución eléctrica; las fallas asociadas a los equipos por condiciones de operación no adecuadas, demanda de carga, entre otros, representan condiciones de alto riesgo que mediante la aplicación de tecnologías de mantenimiento predictivo como es la termografía, pueden acoplarse al programa integral de seguridad industrial de la empresa. Es así como conociendo las variables de temperatura se puede visualizar el estado real en el que se encuentran los equipos eléctricos y su grado de confiabilidad bajo prueba.

2.1. Variables

2.1.1. Variable independiente

Desarrollo de un plan de mantenimiento preventivo para la detección de fallas en el sistema.

2.1.2. Variable dependiente

Los cambios de temperatura en el equipo eléctrico, la humedad relativa y los KPI'S de los equipos.

2.1.3. Constantes

- El área de estudio y aplicación de los métodos: INDE – Sistema Central
- Corriente eléctrica en el sistema: su voltaje y potencia.
- Método de análisis de variables de temperatura en el equipo.

3. JUSTIFICACIÓN

Los requerimientos de servicio continuo consisten en la planificación temprana de programas de mantenimiento preventivo en las subestaciones del sistema central. Los problemas y fallas eléctricas en un entorno eléctrico (ya sean de índole eléctricos o mecánicos) que estén precedidos por cambios térmicos en los componentes de los equipos, pueden ser detectados mediante una correcta monitorización de su temperatura.

Un transformador de potencia es el activo físico principal de la subestación eléctrica, dado que convierte la energía eléctrica alterna de cierto voltaje, en energía eléctrica de otro nivel basándose en el fenómeno de la inducción electromagnética. Está constituido por tres bobinados en su primario y tres en su secundario, pueden adoptar configuraciones de estrella con hilo de neutro o no, o delta-triangulo las cuales son las configuraciones más comunes.

El equipo de la subestación; transformador voltaje, interruptores de potencia, transformador de corriente y transformador de potencia deben de ser capaces de soportar las tensiones de la red a las cuales se distribuyen 230 kv, 69 kv y 13,8 kv tiene menor tiempo de respuesta al momento de realizar maniobras de conexión con otro enlace de la red eléctrica o al momento de una realización de mantenimiento por medio de la conexión bypass (que consiste en tener una línea de respaldo).

Mediante el análisis termograficos en conexiones trifásicas, equipo eléctrico y transformador de voltaje, se puede establecer una rutina de inspección en los lugares de mayor incidencia termográfica, con el fin de

prevenir y corregir las anomalías térmicas debido a sobre voltajes ocasionados por efectos atmosféricos, fallas trifásicas, corrientes parasitas en el sistema o equipo en condiciones críticas, evitando ser recurridos constantemente para su monitoreo. Por lo cual la termografía infrarroja es uno de los principales parámetros para el diagnóstico, la cual se ha convertido en un instrumento indispensable en la resolución de problemas de mantenimiento.

La aplicación de un correcto planeamiento de mantenimiento predictivo basándonos en los informes termograficos se tendrá mejor control y automatización de los servicios (mecánicos y eléctricos) y así evitar los paros de emergencia en la transmisión de energía eléctrica en las subestaciones del sistema central, INDE Guatemala y los costos debido a penalizaciones por perdidas de generación interconectadas al sistema de subestaciones.

La propuesta de la planificación de mantenimiento es minimizar los riesgos causados por dichas fallas de equipos de potencia más críticas. Además el uso de la termografía como herramienta para el control de calidad de cualquier equipo en operación en las subestaciones eléctricas del sistema central, INDE Guatemala.

4. OBJETIVOS

4.1. Objetivo general

- Establecer los requerimientos necesarios para implementar al mantenimiento preventivo la automatización y control de los equipos de potencia, para el funcionamiento deseado de las subestaciones del sistema central, INDE en Guatemala.

4.2. Objetivos específicos

- Establecer métodos de mantenimiento por medio de análisis termograficos de los equipos de potencia de las subestaciones del sistema central, Guatemala.
- Identificar fallas críticas por medio de una revisión periódica y planificada de análisis termograficos en equipos con mayor relevancia.
- Implementar un plan de mantenimiento preventivo debidamente planificado reduciendo así los riesgos relacionados con la seguridad de los equipos de potencia.
- Implementación de la termografía como técnica de ensayo no destructivo para el mejoramiento de la confiabilidad, desempeño y efectividad en los mantenimientos de equipos en las subestaciones del sistema central, INDE,

5. ALCANCE DE LA INVESTIGACIÓN

El siguiente trabajo de investigación busca ser aplicado a las subestaciones correspondientes al sistema central, INDE de Guatemala, en el cual el equipo de potencia y transformadores trifásicos de voltajes serán analizados por medio de estudios termograficos.

5.1. Alcance exploratorio

Análisis de las posibles fallas en el sistema, por medio del uso de la termografía. Investigación de estudios ya realizados con el tema.

5.2. Alcance descriptivo

Recopilación de datos con respecto a la frecuencia de hechos correctivos por fallas en el sistema, a partir de la carencia de un plan de mantenimiento preventivo.

Descripción y conocimiento del equipo del sistema central, así como la especificación del efecto del monitoreo por medio de cámaras termográficas.

5.3. Alcance correlacional

Evaluación de la relación existente entre las temperaturas derivadas del estudio termográfico con los parámetros de temperatura estándar en los equipos eléctricos.

5.4. Alcance causal

Descripción de las causas de fallas en el equipo eléctrico del sistema central y las condiciones en las que se presentan.

6. MARCO TEÓRICO

6.1. INDE

El Instituto Nacional de Electrificación (INDE) es una entidad pública autónoma descentralizada con personalidad jurídica y patrimonio propio. Es la entidad responsable a todo lo concerniente a electrificación del país; parte de sus responsabilidades es el mantener la constante distribución eléctrica y satisfacer la demanda de la misma (Instituto Nacional de Electrificación, Guatemala, s.f)

6.2. Historia

Según el portal del Instituto Nacional de Electrificación (2015), la entidad fue creada el 27 de mayo de 1959 mediante el Decreto Ley 1287 a partir de la necesidad emergente de la distribución eléctrica en el país. En sus inicios, existía en el país únicamente 54 KW instalados y en ese entonces se trabajaba en la construcción de la hidroeléctrica río Hondo.

Posteriormente y ante la situación deficiente de generación que existía para el año 1961, el INDE instaló en sentido emergente la central diesel de San Felipe Retalhuleu con 2.44 MW y una turbina de gas en Escuintla con una capacidad instalada de 12.5 MW en el año 1965. Durante sus 53 años de existencia, los retos afrontados por la entidad le han llevado a consolidarse como una de las instituciones más eficientes de Guatemala.

6.3. Subestaciones de distribución eléctrica

Instalación destinada a la modificación y al establecimiento de los niveles de tensión de una infraestructura eléctrica para facilitar la distribución y transmisión de la misma.

Según la definición manifestada por Botero (2013) de una subestación, ésta consiste en un punto dentro del sistema de potencia en donde se modifican los niveles de tensión y corriente, con el fin de reducir pérdidas y optimizar la distribución de la potencia por todo el sistema; es también el centro de recepción y distribución de energía producida en las generadoras en donde puede maniobrase y controlar su destino final con determinados requisitos de calidad. Estas subestaciones pueden encontrarse junto a las centrales generadoras y en la periferia de las zonas de consumo, exterior o interior de edificios.

6.4. Clasificación de subestaciones

Como afirma Rojas (2013), afirma que las subestaciones de distribución eléctrica se pueden clasificar según:

- Función
- Por su ubicación en el sistema eléctrico
- Por su forma de instalación / montaje
- Por su equipamiento

6.4.1. Clasificación de subestaciones según su función

- Subestación de transformación

Subestación equipada con transformadores y elementos de control; protección tanto en el lado primario como en el secundario para la transformación de una tensión nominal a otra, esto quiere decir que la tensión de salida difiere a la tensión de entrada. Éste tipo de subestación es la que permite elevar o reducir los niveles de tensión desde los puntos de generación.

- Subestación de transformación elevadora

Tienen la función de elevar la tensión generada de media a alta o muy alta para ser transportada (Subestaciones, Endesa Educa, 2014). Se encuentra al aire libre y están situadas al lado de las centrales generadoras de electricidad. La tensión primaria de los transformadores suele estar entre 3 y 36kV, mientras que la tensión secundaria está condicionada por la tensión de la línea de transporte (110kV, 220kV o 380kV).

- Subestación de transformación reductora

Como su nombre lo indica, tienen la función de reducir la tensión de alta o muy alta a tensión media. La tensión primaria de los transformadores depende de la tensión de la línea de transporte (110kV, 220kV o 380kV), mientras que la tensión secundaria está condicionada por la tensión de las líneas de distribución (entre 6 y 30kV).

- Subestación de seccionamiento o maniobra

Subestación equipada con dispositivos de protección, maniobra y eventualmente de control para conexión y desconexión de circuitos. Su función consiste en unir algunas líneas de transporte con líneas de distribución, con el objetivo de proveer mayor confiabilidad y continuidad al servicio.

Se trabaja con un solo nivel de tensión, por lo que no necesita un transformador de potencia que eleve o reduzca el voltaje.

6.4.2. Clasificación de Subestaciones según su ubicación en el sistema eléctrico

- Subestación de generación

Estación primaria de la energía producida en las plantas generadoras. Su objetivo radica en transformar el voltaje a niveles altos, para obtener una economía con la reducción de la corriente.

- Subestación de transmisión

Su función consiste en interconectar las diferentes líneas de transmisión de 115 kV o 220 kV.

- Subestación de sub transmisión

Su función consiste en alimentar o interconectar líneas de nivel intermedio de tensión; 44 kV o 34,5 kV, para distribución a distancias moderadas y descargas no muy altas.

- Subestación de distribución

Estación cuya función radica en reducir la tensión a niveles de distribución 13.2 kV para (como su nombre lo indica) distribuirla hacia los centros de consumo de carácter industrial o residencial en donde los transformadores de distribución instalados a lo largo de los circuitos se encargan de reducir los niveles a baja tensión (440, 220 o 108V).

6.4.3. Clasificación de subestaciones según su forma de instalación o montaje

- Subestación interior

Subestación en la que sus elementos constitutivos se instalan en el interior de edificaciones.

- Subestación exterior o al intemperie

Subestación en la que sus elementos constitutivos se instalan en las condiciones ambientales. Generalmente se usan para sistemas de alta tensión.

6.4.4. Clasificación de subestaciones según su equipamiento

- Subestación convencional

Estación cuyo equipamiento es del tipo interior, pero su instalación es exterior.

- Subestación encapsulada

Estación cuyas partes y equipos que soportan tensión se encuentran contenidos dentro de envolventes metálicos.

- Subestación aérea

Estación cuyo equipamiento se encuentra a la intemperie e instalado sobre el nivel del suelo en uno o dos soportes.

- Subestación compacta

Estación cuyo equipamiento se encuentra a la intemperie y posee un transformador trifásico no convencional denominado transformador compacto porque sus dispositivos de protección y maniobra se encuentran incorporados dentro del tanque de aceite dieléctrico.

6.5. Elementos de la subestación eléctrica

6.5.1. Transformadores eléctricos

Como su nombre lo indica; consiste en un dispositivo electromagnético que transforma la energía que viaja por líneas de alta, media y baja tensión para su posterior distribución.

Éste dispositivo se basa en el fenómeno de la inducción electromagnética y está constituido, en su forma más simple, por dos bobinas devanadas sobre un núcleo cerrado. A éste conjunto de bobinas se le denominan como primarias

y secundarias, siendo la primera aquella que recibe el voltaje de entrada y la segunda aquella que entrega el voltaje transformado.

- **Proceso de transformación**

La bobina primaria recibe un voltaje alterno que hará circular por ella una corriente alterna la cual inducirá un flujo magnético en el núcleo de hierro. Debido a que el bobinado secundario está arrollado sobre el mismo núcleo de hierro, el flujo magnético circulará a través de las espiras de éste.

Al haber un flujo magnético que atraviesa las espiras del secundario y se generará por el alambre del secundario un voltaje.

La razón de la transformación del voltaje entre el bobinado Primario y el Secundario depende del número de vueltas que tenga cada uno (Transformadores eléctricos, Tecnología Industrial, s.f.). Si el número de vueltas del secundario es el triple del primario, en el secundario habrá el triple de voltaje.

6.5.1.1. Tipos de transformadores

- **Transformador de potencia**

Se utilizan para subtransmisión y transmisión de energía eléctrica en alta y media tensión. Son de aplicación en subestaciones transformadoras, central de generación y en grandes usuarios. Se construyen en potencias normalizadas desde 1.25 hasta 20 MVA, en tensiones de 13.2, 33, 66 y 132 Kv.

- Transformador de distribución

Transformadoras de potencias iguales o inferiores a 500 kVA y de tensiones iguales o inferiores a 67 000 V, tanto monofásicos como trifásicos.

6.5.2. Pararrayos

Instrumento cuyo objetivo es atraer un rayo ionizando del aire para conducir la descarga hacia tierra, de tal modo que no cause daños a las personas o instalaciones.

6.5.3. Interruptor de Potencia

El interruptor de potencia es el equipo eléctrico de desconexión que puede asegurar la “puesta en servicio” o “puesta fuera de servicio” de un circuito eléctrico y que, simultáneamente, está capacitado para garantizar la protección de la instalación en que han sido montados contra los efectos de las corrientes de cortocircuito. Dichos aparatos deben ser capaces de cortar la intensidad máxima de corriente de cortocircuito.

6.5.4. 2.2.4. Seccionadores

Los seccionadores o cuchillas son un dispositivo de maniobra que sirven para conectar y desconectar los diversos equipos que componen una subestación eléctrica. Su operación puede ser con circuitos energizados pero sin carga. Algunos equipos vienen equipados con dispositivos para ser operados bajo carga.

6.5.5. Transformadores de corriente

La intensidad de corriente secundaria es proporcional a la intensidad primaria y desfasada a un ángulo próximo a cero con respecto a la misma. Los equipos de protección que requieren alimentación de corriente lo reciben por medio de un transformador de corriente, cuyos objetivos principales consiste en aislar el sistema de protecciones del sistema de potencia y al mismo tiempo transformar la corriente real en una corriente adecuada para la alimentación de los equipos de protección. (Higinio Martínez Tino, Nehemías Hernández Ruiz, 2011).

6.5.6. Transformadores de tensión

En los transformadores de este tipo la tensión secundaria es proporcional a la primaria y desfasada un ángulo próximo a cero con respecto a la misma. Estos alimentan la tensión a los equipos de protección que lo requieran, ya que su objetivo es aislar el sistema de protección y medición del sistema de potencia y transformar la tensión real en una adecuada para la medición.

La función de los transformadores de medida es reducir a valores normalizados, las características de tensión y corriente de una red eléctrica. De la siguiente manera, se evita la conexión directa entre los instrumentos y los circuitos de alta tensión, que sería peligroso para los operarios y requeriría cuadros de instrumentos con aislamiento especial, además de evitar utilizar instrumentos de medida de corrientes intensas especiales y costosos.

6.5.7. Interruptores de potencia

Como su nombre lo indica, los interruptores de potencia son dispositivos mecánicos de interrupción capaces de conducir, interrumpir y establecer corrientes. Su función básica es conectar o desconectar de un sistema o circuito energizado líneas de transmisión, transformadores, reactores o barrajes (Ramírez, 1991).

6.5.7.1. Tipos de interruptores de potencia

- Interruptores según el sitio de instalación

Los interruptores de alta tensión pueden ser utilizados para ambos tipos de instalación; interior y exterior. La diferencia entre ambos tipos de interruptor consiste en la estructura exterior y/o los compartimientos que los contienen, ya que la parte interna activa consiste en la mayoría de los casos, en lo mismo.

- Interruptores según el diseño externo

Según su estructura externa, los interruptores pueden clasificarse como de “tanque vivo” o de “tanque muerto.

El interruptor de tanque muerto consiste en un tanque a potencial de tierra, es decir; de compartimiento aterrizado. Dicho tanque contiene el medio de interrupción y a través de su tapa pasan aisladores de porcelana para conectarse al circuito de alta tensión.

Este tipo de interruptor es quizá el más utilizado en los países que se rigen bajo la Norma ANSI (American National Standards Institute) ya que presentan

diversas ventajas como ofrecer una mayor soportabilidad sísmica, requiere menos espacio para su instalación, reducido uso de la cantidad de medio de interrupción, entre otras.

En el caso del interruptor de tanque vivo, el dispositivo de interrupción se encuentran en tanques de diámetro reducido denominados polos, los cuales se ubican sobre soportes aislantes; los polos se conectan directamente al circuito de alta tensión, es significa que están a un potencial superior al de tierra.

- Interruptores según el medio de interrupción

A partir de los primeros tiempos de la electrificación, alrededor del año 1890 (Ramírez, 1991), el diseño de los interruptores fueron evolucionando según las necesidades de la época y la creciente demanda de un servicio más eficiente.

Éstos pueden clasificarse como interruptores de aceite, interruptores de aire comprimido y de hexafluoruro de azufre (SF_6).

- Interruptores según el mecanismo de operación

El mecanismo de operación en un interruptor es el dispositivo que, por medio de la energía almacenada, puede accionar el interruptor. La energía que alacena este mecanismo debe ser tal que pueda ser capaz de efectuar las secuencias de operación requeridas por el sistema.

Los tipos de mecanismo de operación puede ser de resortes, hidráulico y neumático o el propio gas SF_6 .

7. MANTENIMIENTO

En términos generales, se entiende por mantenimiento al conjunto de acciones que tienen como objetivo mantener un artículo o restaurarlo a un estado en el cual el mismo pueda desarrollar la función requerida.

Para el campo de la industria y la ingeniería el concepto de mantenimiento se refiere a cualquier actividad como mediciones, verificaciones, ajustes, reparaciones, remplazos, etc., necesarias para mantener o restaurar un equipo de manera que éste pueda cumplir sus funciones.

7.1. Objetivos del mantenimiento

- Garantizar el óptimo funcionamiento del equipo, instalaciones y servicios.
- Evitar el envejecimiento prematuro de los equipos, maquinaria, instalaciones, entre otros.
- Aumentar la disponibilidad total del equipo.
- Reducción de costos por medio de la prevención de fallos y errores en el sistema.

Para el Ing. Javier Botero (2013) consultor especialista, el objetivo principal que tiene la realización del mantenimiento, es lograr la máxima vida económica de los equipos e instalaciones, manteniendo el equilibrio de los factores de la producción como equipo, medio ambiente y recurso humano.

7.2. Tipos de mantenimiento

A continuación se presentarán los tipos de mantenimientos.

7.2.1. Mantenimiento de conservación

Es el mantenimiento destinado a compensar el deterioro sufrido por el uso, los agentes meteorológicos, entre otros. Éste tipo de mantenimiento puede dividirse a su vez en correctivo y preventivo.

- Mantenimiento correctivo: Corrige los defectos, errores o averías.

En el caso del sector eléctrico puede ser programado o por avería.

- Mantenimiento **preventivo**: Es el destinado a garantizar la óptima funcionalidad de los equipos antes de que pueda producirse un accidente o avería por deterioro. Este puede ser programado o sistemático.

El mantenimiento preventivo programado se efectúa en días en los que la producción puede ser suspendida; en el caso del sector eléctrico se realiza en días en los que el consumo de energía es menor que los demás, como podrían ser los días de descanso.

7.2.2. Mantenimiento de actualización

Mantenimiento cuyo propósito es compensar la obsolescencia tecnológica, y actualizarlas según las exigencias actuales.

8. PROPUESTA DE ÍNDICE INFORMAL FINAL

LISTA DE SÍMBOLOS

GLOSARIO

RESUMEN

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y FORMULACIÓN DE PREGUNTAS

ORIENTADORAS

OBJETIVOS E HIPÓTESIS

RESUMEN DEL MARCO METODOLÓGICO

INTRODUCCIÓN

1. MANTENIMIENTO

1.1. Mantenimiento a subestaciones

1.2. Tipos de mantenimiento

1.2.1. Mantenimiento preventivo

1.2.2. Mantenimiento correctivo

1.2.3. Mantenimiento proactivo

1.2.4. Mantenimiento predictivo

2. SUBESTACIÓN ELÉCTRICA

2.1. Definición

2.2. Elementos de la subestación eléctrica

2.2.1. Transformador

2.2.1.1. Transformador de potencia

2.2.1.2. Transformador de corriente

2.2.1.3. Transformador de instrumentos

2.2.2. Pararrayos

- 2.2.3. Interruptor
- 2.2.4. Seccionador
- 2.2.5. Aislador

3. TERMOGRAFÍA INFRARROJA

- 3.1. Aplicaciones de la cámara termográfica infrarroja
- 3.2. Ventajas y desventajas de la cámara
- 3.3. International Electrical Testing Association (NETA).
- 3.4. Occupational Safety Health Administration (OSHA).
- 3.5. Otras normas y publications

4. PRUEBAS A EQUIPOS DE POTENCIA EN SUBESTACIÓN

- 4.1. Pararrayos
- 4.2. Transformadores de potencia
- 4.3. Transformadores de corriente
- 4.4. Seccionadores
- 4.5. Interruptores de potencia

5. ANÁLISIS DE RESULTADOS OBTENIDOS EN PRUEBAS TÉRMICAS A EQUIPOS DE SUBESTACIONES ELÉCTRICAS INDE

6. PLAN DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD DE LOS EQUIPOS EN SUBESTACIONES INDE, GUATEMALA

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS

ANEXOS

9. MARCO METODOLÓGICO

9.1. Tipo de investigación

La investigación tendrá un alcance descriptivo, no experimental con un enfoque cuantitativo y cualitativo, recaudando información con base al análisis termograficos a equipos eléctricos en las subestaciones bajo rutinas planeadas que proporcionan resultados, los cuales se analizaran estadísticamente, para obtener la confiabilidad de cada equipo y mejorar su rendimiento para funcionabilidad correcta.

Con lo establecido se centrará en la recopilación de datos existentes en forma de documento, como en reportes, órdenes de trabajo, entre otros. El objetivo primordial es obtener en totalidad los antecedentes de todo el equipo eléctrico y que ésta información permita profundizar en las teorías de confiabilidad de los mantenimientos. Así también, dichos antecedentes propiciarán el inicio de la aplicación de la automatización y el empleo de la termografía en los equipos para el análisis de posibles fallas.

A continuación, se desglosan fases de la investigación:

La primera parte se obtendrá un muestreo de pruebas termografías por medio de fenómenos térmicos

La segunda parte se analizará la probabilidad de las variables independientes:

- Diferencias térmicas de equipos
- Conexionado de fases

La tercera etapa consiste en analizar los manuales del fabricante y compararlas con los análisis realizados.

La metodología a utilizar para realizar la investigación se divide en las siguientes partes.

- Primera parte

Observar procedimientos para generar la información enmarcada por los diagnósticos procedentes de las subestaciones y los diferentes fenómenos que se pueden presentar en el estudio del equipo de potencia.

- Segunda parte

Método inductivo – deductivo

A partir del estudio de los diferentes casos se obtiene conclusiones que explican o relacionan los fallos estudiados. El método inductivo utiliza la observación directa de los fallos, la experimentación y el estudio de continuidad entre ellos.

El método deductivo parte de todos los datos generales aceptados como pruebas para inferir y sacar conclusiones, por medio del razonamiento lógico e intelectual varias suposiciones.

- Tercera parte

Método de mejora continua

Mejorar los planes de mantenimiento analizando los resultados de manera de implementar un método más confiable y factible en la búsqueda, prevención y corrección de fallas en los elementos y equipos instalados en las subestaciones de transmisión eléctrica.

10. OBTENCIÓN DE DATOS

En esta parte de la investigación se analizarán los resultados diarios, así como los parámetros que se poseen de fábrica para tener una comparación nominal, así determinar cuáles son los más críticos en los equipos de subestación.

Los equipos de subestación serán evaluados por pruebas mecánicas y termográficas, para determinar si pueden trabajar bajo condiciones de funcionamiento normales y que cuando exista alguna perturbación en la subestación esta pueda ocasionar algún desperfecto en la transmisión de energía eléctrica.

Al contar con el mantenimiento preventivo de los equipos se estaría minimizando las fallas por diferentes factores y así garantizar su buen funcionamiento, ya que al prever la falla se podrán hacer las correcciones antes de suceder la falla.

Al realizar el mantenimiento a los equipos de subestación se podrían determinar los puntos de criticidad alta, así como la obtención de los resultados térmicos y así realizar análisis y tener las refacciones necesarias en bodega para garantizar la continuidad del servicio.

La obtención de datos por medio de técnica experimental y descriptiva, debido a que son equipos que responden a las condiciones de operación y el medio ambiente. El objetivo de la inspección es conocer las principales posibles fallas detectables con el tiempo anticipado.

11. TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

Las técnicas de análisis descriptivo utilizadas para el control y la automatización del mantenimiento preventivo de las subestaciones del sistema central, INDE que se implementará deben de ser soportadas por herramientas necesarias para determinar el nivel de operatividad; éstos deberán ser comprobados con los equipos de medición térmica y la información recopilada del equipo de potencia.

En el presente trabajo de investigación, se utilizarán los métodos de análisis que se enumeran a continuación:

- Técnica de frecuencia y duración: Con esta técnica se determinará la frecuencia que quedara sin suministro de energía eléctrica y la duración promedio de residencia.
- Método de cortes mínimos: Con este método se logrará el análisis de los mantenimientos de la red eléctrica conectando los elementos en paralelo; debido a que la falla se produce cuando todos estos elementos salen de la red eléctrica de distribución. Los cortes a su vez deben conectarse en serie, puesto que la ocurrencia de cualquiera de ellos asegura la interrupción del sistema.
- Interpretación de datos recopilados en los mantenimientos: Consistirá en comparar datos de los equipos y compararlos con los datos obtenidos en las pruebas realizadas al equipo de potencia de subestaciones.

- Método de análisis termográfico: Con éste método se logrará obtener un registro de las variables de temperatura en el equipo lo cual determinará posibles fallos o problemas en el sistema.
- Tabulación de resultados: se procederá a realizar un análisis de los eventos recabados para realizar tablas y graficas de tendencias térmicas.

12. RECURSOS NECESARIOS

A continuación, se detallan los recursos necesarios para el análisis de las fallas. Para realizar la investigación se van a utilizar manuales del fabricante y planos de las subestaciones del sistema.

Se determinaron los criterios técnicos de la norma NETA para una evaluación y crítica de las fallas en base a los incrementos de temperatura, para las condiciones de seguridad e inspecciones con termografía donde se recomienda la utilización de norma OSHA.

Es de carácter obligatorio que el técnico encargado de la realización de los análisis cuente con todo su equipo de protección personal EPP, garantizando de esta manera su salud y bienestar dentro de las instalaciones. Como la charla de seguridad industrial para tener en cuenta todas las áreas de alto riesgo y las condiciones de los equipos.

Se recomienda que el personal encargado de la recopilación de los datos de las termografías sea ajeno a los técnicos encargados de mantenimientos preventivos y correctivos que posean las subestaciones del INDE, para evitar algún faltante de recurso para los mantenimientos programados.

- Recopilación de datos:
- Técnico electricista especializado en termografías de subestaciones.
- Equipo de cómputo (Laptop), Impresora e internet
- Cuadernos, lapiceros, entre otros.
- Tablas de resultados y planos de subestaciones.

- Manual de usuario de equipos y documentos en PDF.

13. CRONOGRAMA

		Mes numero uno				Mes numero dos				Mes numero tres				Mes numero cuatro			
Fase	Descripción	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	Recopilación de información de equipos	■	■	■	■												
	Recopilación de costos de mantenimientos	■	■	■	■												
	Recopilación de periodicidad de mantenimientos	■	■	■	■												
	Clasificación de equipos por criticidad			■	■	■	■										
2	Revisión de reportes de mantenimiento			■	■	■	■										
	Revisión de reportes por equipos				■	■	■	■	■								
	Verificación de equipo para analisis				■	■	■	■	■								
	Pruebas de equipos con termografias					■	■	■	■	■	■						
3	Analisis de costos activos y de equipos							■	■	■	■	■					
	Analisis de resultados basados en termografias							■	■	■	■	■					
	Elaboración de Presupuestos de Mantenimiento							■	■	■	■	■					
	Implementación del sistema SAP							■	■	■	■	■	■	■	■		
4	Implementación de equipo en sistema SAP												■	■	■	■	
	Implementación de programación Sistema SAP												■	■	■	■	
	Implementación programada de mantenimientos												■	■	■	■	
	Realización de base de datos de abastos													■	■	■	■
	Coordinación de Mantenimiento Preventivo													■	■	■	■
	Recomendaciones															■	■

Fuente: elaboración propia.

14. RECURSOS NECESARIOS Y FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO

La automatización del mantenimiento preventivo a las subestaciones del sistema central implementará un método que permita un mayor monitoreo y control de todos los equipos.

En la toma de decisiones lo más importante es tener unificada toda la información necesaria e imprescindible. Es importante que la información se encuentre ordenada y se pueda acceder a ella de una forma rápida, clara y concisa. La organización y accesibilidad a la información es el principal motivo por el cual las empresas implantan los sistemas SAP.

14.1. Factibilidad operativa

Para lograr el control y la automatización del mantenimiento preventivo es necesario un sistema de gestión en el sistema central, INDE. Un proceso de adaptación, tanto por parte de las subestaciones como por parte del sistema. La implantación de SAP R/3 hace necesario el profundo conocimiento del medio donde se implantará, pues es el único modo de adaptar el programa a las necesidades del sistema central eléctrico.

El motivo de la implantación del programa informático SAP R/3 es debido a la necesidad de centralizar la información de todo el equipo de potencia para su análisis y para la reducción de costes en los mantenimientos preventivos.

14.2. Factibilidad técnica

- Tareas del mantenimiento mecánico

El personal requerido para este tipo de tareas es personal con una formación enfocada a la mecánica en general (FP especialidad mecánica, módulos formación de especialidad mecánica y mecánicos de oficio).

Las tareas que debe realizar este personal son:

- Tareas de mantenimiento en las que esté involucrado cualquier tipo de mecanismo (engranajes, pistones, lubricación, cambios de formato, motores de eléctricos, acoples, reductores.)
 - Manipulación de mecanismos de equipo de potencia; seccionadores, interruptores, para rayos, entre otros.
 - Instalación de tuberías, tubos, planchistería en general
 - Soldaduras
- Tareas del mantenimiento eléctrico

El personal requerido para este tipo de tareas es personal con una formación enfocada a la electricidad y/o electrónica en general, área de potencia eléctrica y experiencia en subestaciones y equipo eléctrico.

Tareas en las que esté involucrado:

- Cualquier sistema eléctrico (líneas de tensión, cables de datos, luminiscencia, redes eléctricas, transformadores, conectores,

contactores, PLC's - Programmable Logic Controller -, motores eléctricos, etc.)

- Manipulación de aparatos electrónicos (osciloscopios, amperímetros, voltímetros, ohmnímetros, entre otros).
- Programación de autómatas y automatismos
- Manipulación de la capa de electrónica y de potencia

- Factibilidad económica.

Es de vital importancia la realización de éste estudio con el método termográfico para evitar la interrupción de la distribución eléctrica; ya que esto representa pérdidas elevadas no sólo para los usuarios del servicio sino también las sanciones correspondientes que ameritan éstas a la entidad.

BIBLIOGRAFÍA

1. FLIR, Commercial vision systems. (2015). Recuperado de: http://www.flirmedia.com/MMC/CVS/Applications/Stories/AS_0007_ES.pdf
2. Roberto P. (2013). Termografía en sistemas de distribución eléctrica. Recuperado de <http://pt.rs-online.com/es/pdf/RSFLUKEELECTRICIDAD02.pdf>
3. INDE. (2015). Portal INDE. Equipos de Subestaciones del sistema central. <http://www.inde.gob.gt/>
4. Berting, L. (2002). *Reliability-centred maintenance for electric power distribution systems*. (Disertación doctoral no publicada). Royal Institute of Technology (KTH), Department of Electrical Engineering, Stockholm, Sweden.
5. Crespo M. & Herguedas, A. (2004) *Ingeniería de Mantenimiento. Técnicas y Métodos de Aplicación a la Fase Operativa de los Equipos*. Editorial Aenor. Madrid, España.
6. Dorji, T. (2009). *Reliability assessment of distribution systems* (Tesis de Maestría no publicada). Norwegian University of Science and Technology, Faculty of Information Technology, Mathematics and Electric Engineering, Department of Electrical Power Engineering, Norwegian.

7. Conde, A. Arnaiz, & J. Terradillos, J. (2010) *Modelo de Excelencia en Lubricación y Mantenimiento Predictivo. Revista de Ingeniería del Mantenimiento en Canarias*. Islas Canarias – España.
8. Enríquez, G. (2002) *Líneas de Transmisión y Redes de Distribución de Potencia Eléctrica*. México: Limusa.
9. Serrano D. (2011) *Análisis y Gestión de Riesgos en el Mantenimiento de un Sistema Eléctrico*. México.
10. Martínez, P. (2013). *Mejoras en el cálculo de índices de Fiabilidad en Redes Malladas de distribución de Energía Eléctrica*. (Disertación doctoral no publicada). Universidad de Sevilla, Departamento de Ingeniería Eléctrica, Sevilla, España.
11. Revillas, S. (2011). *Guía de la Termografía infrarroja Aplicaciones en ahorro y eficiencia energética*. Madrid: Impresión Gráfica: Gráficas Arias Montano S.A. 28935 MOSTOLES (Madrid).