



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

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN: GESTIÓN DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO
CON ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS PARA SECCIONADORES BAJO
CARGA EN LÍNEAS DE TRANSMISIÓN 69 kV DE TRELEC**

Marco Vinicio Pérez Camey

Asesorado por el MBA. Ing. David Estuardo Farfán Colindres

Guatemala, julio de 2016

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN: GESTIÓN DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO
CON ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS PARA SECCIONADORES BAJO
CARGA EN LÍNEAS DE TRANSMISIÓN 69 KV DE TRELEC**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

MARCO VINICIO PÉREZ CAMEY

ASESORADO POR EL MBA. ING. DAVID ESTUARDO FARFÁN COLINDRES

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO ELECTRICISTA

GUATEMALA, JULIO 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. Ing. Murphy Olympo Paíz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Saúl Cabezas Duran
EXAMINADOR	Ing. Gustavo Benigno Orozco Godínez
EXAMINADOR	Ing. Romeo Neftalí López Orozco
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivonne Véliz Vaidez

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: GESTIÓN DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO CON ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS PARA SECCIONADORES BAJO CARGA EN LÍNEAS DE TRANSMISIÓN 69 KV DE TRELEC

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, con fecha marzo de 2014.

Marco Vinicio Pérez Camey



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

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



AGS-MIMPP-005-2015

Guatemala, 07 de mayo 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 **Marco Vinicio Pérez Camey** con carné número **2002-12661**, 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"

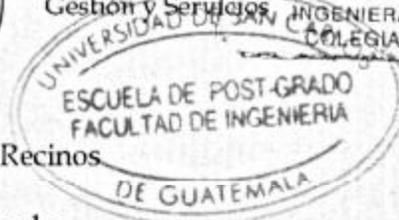
David Estuardo Farfán Colindres
Ingeniero Electricista
Colegiado No. 6529

MBA. Ing. David Estuardo Farfán Colindres
Asesor (a)

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

ALBA MARITZA GUERRERO DE LOPEZ
INGENIERA INDUSTRIAL
COLEGIADA No. 4611

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





REF. EIME 47. 2016.
Guatemala, 13 de JULIO 2016.

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 GESTIÓN DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO CON ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS PARA SANCIONADORES BAJO CARGA DE LÍNEAS DE TRANSMISIÓN 69KV DE TRELEC**, presentado por el estudiante universitario Marco Vinicio Pérez Camey 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.

Y ENSEÑAR A TODOS

Ing. Francisco Javier González López
Director
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica



Universidad de San Carlos
de Guatemala

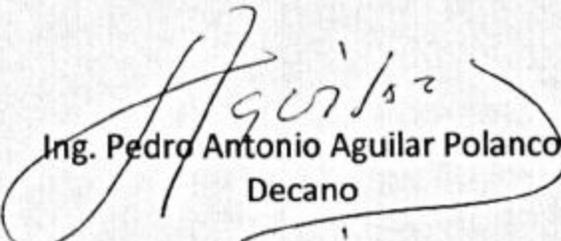


Facultad de Ingeniería
Decanato

DTG. 327.2016

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: GESTIÓN DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO CON ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS PARA SANCIONADORES BAJO CARGA DE LÍNEAS DE TRANSMISIÓN 69KV DE TRELEC,** presentado por el estudiante universitario: **Marco Vinicio Pérez Camey,** y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:


Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
Decano

Guatemala, julio de 2016

/gdech



ACTO QUE DEDICO A:

Dios	Por haberme acompañado y guiado a lo largo de mi carrera, por ser mi fortaleza en todo momento y hacer su voluntad en mi vida.
Mis padres	Marco Tulio Pérez y Catalina Comey, por los valores inculcados, la excelente educación en mi vida, por todo el sacrificio y esmero para hacer este sueño realidad.
Mi hermana	Ana Luisa Pérez, por ser parte importante en mi vida, por ser un ejemplo de desarrollo profesional, por el cariño y consejos que siempre me ha dado.
Mi novia	Raquel Acevedo, por su constante dedicación, por ser mi fortaleza y alentarme a ser mejor cada día.
Mi tía	Seferina Comey, por su dedicación y consejos, por el ejemplo que es para mi vida.
Mis amigos	Por todos los momentos, experiencias y triunfos compartidos en cada etapa de mi vida.

AGRADECIMIENTOS A:

Universidad de San Carlos de Guatemala	Por ser la casa de estudios que me permitió formarme como profesional.
Facultad de Ingeniería	Por ser el camino para alcanzar el éxito.
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica	Por brindarme todos los conocimientos técnicos y científicos.
Mi padrino	Por ser una constante fuente de inspiración en mi vida.
Mi asesor	MBA. Ing. David Farfán, por todo el apoyo brindado en la realización de este documento.
En general	A todas aquellas personas que se esfuerzan y esmeran para que cada día sea el mejor.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	III
GLOSARIO	V
RESUMEN.....	VII
1. INTRODUCCIÓN	1
2. ANTECEDENTES	5
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	7
3.1. Pregunta general.....	8
3.2. Preguntas específica.....	8
4. JUSTIFICACIÓN	9
5. OBJETIVOS	11
5.1. Objetivo general	11
5.2. Objetivos específicos.....	11
6. ALCANCE DE LA INVESTIGACIÓN	13
6.1. Alcances	13
6.2. Limitaciones.....	14
7. MARCO TEÓRICO.....	17
7.1. Tipos de mantenimiento	19
7.1.1. Mantenimiento preventivo.....	19

7.1.2.	Mantenimiento correctivo	21
7.1.3.	Mantenimiento proactivo	21
7.1.4.	Mantenimiento predictivo.....	22
7.2.	Técnicas de ensayos no destructivos.....	23
7.2.1.	Metodología de las inspecciones	23
7.2.2.	Análisis de vibraciones.....	24
7.2.3.	Análisis de lubricantes.....	26
7.2.4.	Análisis por ultrasonido	26
7.2.5.	Termografía.....	28
7.3.	Seccionador bajo carga.....	29
7.4.	Funcionamiento del equipo en general	30
8.	PROPUESTA ÍNDICE DE CONTENIDO	33
9.	METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	35
9.1.	Fases de la investigación	35
9.1.1.	Primera fase: análisis	35
9.1.2.	Segunda fase: recomendaciones de mantenimiento.....	36
9.1.3.	Tercera fase: determinar pruebas	36
9.1.4.	Cuarto fase: análisis económico.....	36
10.	TÉCNICA DE ANÁLISIS DE INFORMACIÓN.....	37
11.	CRONOGRAMA	39
12.	FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO.....	41
13.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	43

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Frecuencia del sonido audible.....	27
2.	Cronograma	39

GLOSARIO

AMM	Administrador del Mercado Mayorista.
Ampere	Unidad de intensidad de corriente eléctrica.
AGC	Automatic Gain Control (Controlador de ganancia automático).
COI	Centro de Control y Operación.
kV	Kilo Voltio.
kHz	Kilo Hertz.
Longitud de onda	Representa la distancia entre dos valles o crestas en una onda completa.
Loadbrake	Interruptor de operación bajo carga.
NTDROID	Normas Técnicas de Diseño y Operación de las Instalaciones de Distribución.
TRELEC	Transportista Eléctrica Centroamericana, S.A
Tensión	Cuantifica la diferencia de potencial eléctrico entre dos puntos.

SCADA	Supervisory Control and Data Acquisition.
SIAT	Seccionamiento Inteligente en Alta Tensión.
Side break	Seccionador de apertura lateral.

RESUMEN

En Guatemala, los sistemas de transporte de energía eléctrica cuenta con sus propias características, permitiendo mantener una configuración variable de los circuitos de transmisión, por tal motivo se tiene instalados equipos con capacidad de seccionar y en determinado momento permitan realizar operaciones de cierres y aperturas correspondiendo a las necesidades y requerimientos de la red de transporte.

Los seccionadores bajo carga para líneas de transmisión de 69 kV operados desde los centros de monitoreo de la red eléctrica, permiten las maniobras de cierre y apertura en tiempo inmediato. Incrementando la mejora de respuesta al realizar maniobras para modificar la alimentación a los circuitos, operados a criterio según la necesidad de solventar el suministro eficiente y estable.

El presente trabajo de investigación busca un método para identificar anticipadamente posibles problemas críticos y fallas imprevistas en los seccionadores bajo carga, el mantenimiento predictivo establece un mejor manejo y conciencia del estado de los equipos.

La gestión de mantenimiento predictivo utilizando técnicas de ensayos no destructivos persigue el prevenir anticipadamente las fallas y establecer las condiciones de funcionamiento a los cuales están sometidos los seccionadores bajo carga.

Por tanto, integrar una gestión de mantenimiento predictivo permitirá evitar considerablemente las fallas que puedan ocasionar problemas en el seccionador bajo carga, aumentar el rendimiento de los equipos y su óptimo funcionamiento. Adicionalmente mediante un análisis financiero se encontraran los beneficios de la inversión para incorporar el mantenimiento predictivo

1. INTRODUCCIÓN

Esencialmente para los seres humanos el uso de la electricidad es parte de las actividades diarias, en las poblaciones desarrolladas consumir energía eléctrica es una necesidad. Para suministrar esta energía eléctrica se debe tener la capacidad de transportarla donde la generan hasta donde la demandan.

Los sistemas de transporte de energía eléctrica cuentan con sus propias características de cálculo y diseño, permitiendo mantener una versatilidad en la configuración de los circuitos de transmisión, por tal motivo, se tiene instalados equipos con capacidad de seccionar y en determinado momento permitan realizar operaciones de cierres y aperturas correspondiendo a las necesidades y requerimientos de la red de transporte.

Los seccionadores bajo carga instalados en la red de transporte, se operan según la necesidad de solventar el suministro eficiente y estable de energía eléctrica, lo cual se logra por medio las maniobras de cierre y apertura en tiempo inmediato, modificando así la alimentación a los circuitos eléctricos que sean necesarios.

Integrar la gestión de mantenimiento predictivo en los seccionadores bajo carga demandara conocer los conceptos teóricos y técnicos que describen los diferentes pasos de un mantenimiento predictivo o los recomendados por el fabricante, los seccionadores bajo carga se encuentran instalados en líneas de transmisión eléctrica a un nivel de tensión de 69 kV.

Los problemas y averías en el entorno de los equipos que sirven para maniobrar las líneas de transmisión, tienen mayor probabilidad ser de origen mecánico, eléctrico incluso por mal diseño en su fabricación. Estos pueden ser percibidos por algunos indicadores que se presentan cuando el equipo funciona, un cambio de temperatura o una mala conexión, incluso un error de instalación puede ser detectado mediante la inspección utilizando técnicas de ensayos no destructivos.

Un adecuado control de los equipos permitirá conocer las condiciones en las que se encuentran funcionando. Analizar anticipadamente una falla al momento de operar el seccionador bajo carga que derive en cortes del servicio eléctrico en sectores donde la energía es primordial para el desarrollo de las actividades productivas es fundamental, monitorear mediante el mantenimiento predictivo extenderá su tiempo de vida y garantizará su correcto funcionamiento.

El presente trabajo de investigación busca identificar anticipadamente posibles problemas críticos y fallas imprevistas en los seccionadores bajo carga, un correcto mantenimiento predictivo establece un mejor manejo y conocimiento del estado de los equipos.

Descripción de capítulos:

En el primer capítulo, se realizará una descripción del seccionador bajo carga para una tensión de 69 kV, utilizado frecuentemente para el seccionamiento de línea, generalmente cuando hay que aislar una falla o por mantenimiento a las líneas u otros equipos implicados.

En el segundo capítulo, se realizará un análisis técnico de las principales características, diferencias de los seccionadores bajo carga, estudio de las condiciones de operación a las cuales deben ser sometidos.

En el tercer capítulo, se establecerán las necesidades de mantenimiento para los seccionadores bajo carga instalados y en funcionamiento, determinar las técnicas de ensayos no destructivos recomendados para la inspección.

En el cuarto capítulo, se realizará el análisis financiero de la gestión mantenimiento predictivo, para demostrar que económicamente el inspeccionar los seccionadores bajo carga para mantenerlos en un estado óptimo es menos costoso que los seccionadores fallen y deban ser cambiados.

2. ANTECEDENTES

La integración de la gestión de mantenimiento predictivo utilizando técnicas de ensayos no destructivos implementados en los seccionadores bajo carga persigue prevenir anticipadamente las fallas y establecer las condiciones de funcionamiento a los cuales están sometidos, así mismo se busca disminuir los problemas en aperturas y cierres de las línea de transmisión que generen mayores costos en mantenimientos correctivos.

Las siguientes investigaciones realizadas son parte de trabajos de graduación de estudiantes de la Escuela de Mecánica y Mecánica Eléctrica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

La investigación como trabajo de graduación “Guía práctica de termografía para el curso de montaje y mantenimiento de equipo”, Ruano (2005), recomienda implementar un programa de mantenimiento predictivo, para asegurar el rendimiento y vida de los equipos.

El segundo trabajo de graduación “Mantenimiento predictivo en subestaciones de distribución de EEGSA utilizando termografía de rayos infrarrojos”, Yoc de La Cruz (2005), sugiere utilizar la herramienta de termografía infrarroja como parte del mantenimiento.

La investigación como trabajo de graduación “Aplicación de termografía y ultrasonido en la prevención de paros inesperados por fallas en la maquinaria y optimización del proceso de cambio de formato en la planta de producción de la división de consumer Care de Bayer, S.A.”, Rodríguez (2012), define que los

encargados de realizar un análisis termográfico o de ultrasonido deben estar capacitados para realizar el mismo, por esta razón se creó un procedimiento para las mediciones futuras de ultrasonido y termografía.

En el trabajo de graduación “Diseño del manual de procedimientos administrativos para las actividades de mantenimiento de líneas de transmisión de energía eléctrica”, Patzán (2012), presenta el manual de procedimientos para las actividades de mantenimiento de líneas de transmisión de energía eléctrica.

En el trabajo de graduación “El mantenimiento predictivo en la vida útil de los equipos primarios de una subestación eléctrica”, Arrecís (2013), define las distintas pruebas realizadas a transformadores, puestas a tierra, interruptores de potencia y pararrayos, clasificándolas por importancia.

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Para los usuarios conectados al sistema de transmisión su principal deseo es mantener un servicio estable y sin interrupciones, una interrupción es indicador de una falla en el servicio, el sistema de transmisión de 69 kV cuenta con una red eléctrica que permite maniobrar según las necesidades, realizando cierres y aperturas de circuitos de transmisión.

En la red eléctrica de transporte es necesario ejecutar maniobras de operación, variar la fuente de alimentación según las necesidades. Las maniobras ejecutadas en las líneas de transmisión tienen como prioridad conectar cargas eléctricas, se manejarían corrientes eléctricas en condiciones normales proviniendo de una fuente de alimentación eléctrica, si se presentara una falla en la línea de transmisión la fuente ya no podría suministrar esta corriente eléctrica y debiendo realizar una maniobra de seccionamiento para aislar la falla, luego es necesario buscar una nueva fuente de alimentación y conectar la carga eléctrica, utilizando seccionadores bajo carga para las aperturas y cierres permite manipular las fuentes de alimentación según lo requiera el sistema.

Integrar una gestión de mantenimiento predictivo permitirá evitar considerablemente las fallas que puedan ocasionar problemas en el seccionador bajo carga, aumentar el rendimiento de los equipos y su óptimo funcionamiento, mediante un análisis financiero se encontrarán los beneficios de la inversión para incorporar el mantenimiento predictivo.

La falta de un mantenimiento predictivo tiene como consecuencia un aumento en la frecuencia de las fallas que provocan mal funcionamiento del seccionador, repercutiendo en un aumento de los costos por la indisponibilidad de la línea o un mayor costo de reparación (mantenimiento correctivo). El mantenimiento tiene como intención garantizar el buen estado de los componentes y su correcto funcionamiento.

3.1. Pregunta general

¿Por qué la gestión de mantenimiento predictivo para los seccionadores bajo carga con técnicas de ensayos no destructivos, podrá garantizar la eficiencia de operación y determinar el estado actual de los seccionadores permitiendo prolongar la vida de los equipos?

3.2. Preguntas específica

¿Cuál es la correcta aplicación de mantenimiento predictivo en el seccionador bajo carga para una tensión de 69 kV?

¿Cuáles son las características eléctricas y parámetros que afectan el funcionamiento del seccionador bajo carga a considerar para su análisis?

¿Cuáles son las técnicas de ensayos no destructivos que se pueden aplicar como mantenimiento predictivo, para la evaluación de la condición de los seccionadores bajo carga?

¿Cuáles son los beneficios económicos al integrar la gestión de mantenimiento predictivo con ensayos no destructivos a los seccionadores bajo carga?

4. JUSTIFICACIÓN

La presente investigación se realizará, en función a la línea de investigación de la maestría en ingeniería y mantenimiento de la Escuela de estudios de Postgrado de la Universidad de San Carlos de Guatemala, fundamentada en la gestión para mantenimiento predictivo con el uso de técnicas de ensayos no destructivos y se basa en el estudio de los seccionadores bajo carga en un nivel de tensión de 69 kV que se encuentran operando en la red de transporte de TRELEC, los equipos en funcionamiento serán inspeccionados con técnicas no destructivas que permiten realizar las evaluaciones sin causar daños.

En los seccionadores bajo carga se investigará los beneficios administrativos, económicos y operativos al tener un programa integral que incorpore los beneficios del mantenimiento que se realiza en el 2016, complementado con la inspección predictiva, logrando disminuir de manera significativa los costos por mantenimiento correctivo, inventario de repuestos y garantizar que los equipos operaran de manera confiable al momento de utilizarlos.

Las interrupciones de energía eléctrica que se dan en el área de transmisión, por lo general son provocadas por maniobras mal realizadas o por fallas de equipos. El objetivo de las compañías eléctricas es incrementar la satisfacción del cliente, mejorando la confiabilidad del sistema manteniendo los equipos disponibles para operar cuando sea necesario. Al minimizar las penalizaciones e indemnizaciones por las interrupciones y una mala calidad fuera de los estándares en lo referente a la forma de onda y niveles de tensión,

se busca también maximizar la vida de los elementos y equipos, debido a las fallas de funcionamiento y limitación de capacidad de funcionamiento, de los equipos que lo componen.

Al implementar una gestión de mantenimiento se obtiene el beneficio de tener equipos en buen estado, que permita tener confianza en las maniobras que se realicen al momento de ser operados.

Luego de establecer los estudios iniciales, se determinarán los parámetros aplicables de los equipos que se van a someter al análisis, la gestión de mantenimiento predictivo evaluará la condición de los equipos y su operación correcta, que permite reducir costos alargando la vida en sus componentes.

5. OBJETIVOS

5.1. Objetivo general

Definir la gestión de mantenimiento predictivo con base a técnicas con ensayos no destructivos para los seccionadores bajo carga que se encuentran instalados en el sistema de transmisión, para un nivel de tensión de 69 kV de la Transportista Eléctrica Centroamericana (TRELEC), de la corporación EEGSA.

5.2. Objetivos específicos

Definición del seccionador bajo carga, determinar las características eléctricas y considerar que variables afectan los seccionadores bajo carga.

Determinar condiciones de operación del seccionador bajo carga, definir la gestión de mantenimiento predictivo, permitiendo planificar, registrar datos, crear los procedimientos necesarios y la metodología a seguir.

Analizar las técnicas de ensayos no destructivos aplicadas a los seccionadores bajo carga que permitan evaluar su condición.

Realizar un análisis de costos comparando los costos por un mantenimiento inadecuado, contra los costos por la implementación de rutinas predictivas con ensayos no destructivos.

6. ALCANCE DE LA INVESTIGACIÓN

6.1. Alcances

El presente estudio será aplicado a los seccionadores bajo carga que se encuentran instalados en la red de transmisión de 69 kV de TRELEC en los departamentos de Guatemala, Escuintla y Sacatepéquez. El sistema de gestión de mantenimiento predictivo, detallará los costos actuales y los proyectados luego de realizar la implementación de esta metodología predictiva, detallando las ventajas que trae consigo la gestión de mantenimiento.

Las inspecciones que se realizarán servirán para recolectar datos de los equipos, permitiendo comparar los costos del sistema de mantenimiento actual, incluidos el inventario de nuestro stock de repuestos, horas de trabajo invertidas en los trabajos de mantenimiento que son programados, mediante listados y hojas de cálculo de costos, para generar proyecciones de costos de operación y mantenimiento futuro, obteniendo la mejor gestión de mantenimiento que involucre el análisis predictivo.

La incorporación de técnicas de ensayos no destructivos aplicadas a equipos eléctricos, complementadas con la gestión de mantenimiento, las inspecciones rutinarias integrando el análisis de termografía, análisis de ultrasonido y los trabajos que se realizaran según el historial de los equipos.

Las condiciones de operación y funcionamiento en los seccionadores bajo carga serán analizadas para establecer el mejor plan de acción que permita inspeccionar el equipo así como su correcta programación de mantenimiento

sin que afecte interrupciones del servicio o maniobras costosas y causantes posibles de fallas.

Los alcances para el presente estudio y análisis serán para la unidad de mantenimiento en TRELEC, Transportista Eléctrica Centroamericana S.A., es una entidad que pertenece a la Corporación EEGSA, creada con el objetivo principal de realizar las actividades relacionadas con el transporte de potencia y energía eléctrica asociada.

6.2. Limitaciones

Las limitaciones al realizar los trabajos de mantenimiento para los seccionadores bajo carga son:

- Para realizar un mantenimiento predictivo se debe contar con el equipo para el análisis de ultrasonido y termografía, la capacidad de trasladar el equipo de una forma segura al momento de realizar las inspecciones.
- La programación de los mantenimientos y trabajos correctivos deben ser coordinados con la unidad del COI “Centro de Control y Operación” son los responsables de autorizar los trabajos, quienes a su vez trasladan la programación para los mismos al AMM “Administrador del Mercado Mayorista” siendo la entidad que monitorea la red eléctrica.
- El personal que se asigne para realizar las inspecciones debe de ser personal calificado con conocimientos en líneas de transmisión y con experiencia en manejo de los equipos que confirme la obtención de los datos y respalde la información.

- Los seccionadores bajo carga se encuentran instalados en postes de concreto con alturas promedio entre los 21, 24 o 27 metros es indispensable contar con el equipo necesario para poder realizar el trabajo en altura, así como la maquinaria que permita la instalación de los mismo.
- Durante las inspecciones se podrán producir cambios climáticos que afecten el poder obtener datos correctos al realizar la medición que pudiera llegar a limitar el uso de equipos en ambientes complicados.

7. MARCO TEÓRICO

El transporte de energía eléctrica involucra realizar un suministro constante y sin interrupciones. Las líneas de transmisión son indispensables para llevar la electricidad hasta donde esta pueda ser consumida, la versatilidad de operación es imprescindible para las líneas de transmisión. La responsabilidad de garantizar la integridad y la conveniente operación de las líneas, es de los propietarios de las líneas eléctricas.

El sistema de transmisión eléctrico debe de acomodarse al cambio de las fuentes de generación y las condiciones de la demanda, salidas de generadores ya sea planificados o inesperados o también desconexiones de equipo de transmisión por mantenimiento, ambientes extremos y otros desafíos.

Los seccionadores bajo carga que considerados en el presente diseño de investigación se encuentran instalados en un nivel de tensión de 69 kV en líneas de transmisión de TRELEC. Los seccionadores están incorporados por equipos, materiales y componentes sujetos a condiciones atmosféricas y climáticas que pueden afectar el funcionamiento de los mismos y reducir su tiempo de vida del equipo, se debe asegurar que cumplan con sus requisitos técnicos de operación.

Los aparatos de conexión y desconexión para las líneas de transmisión a un nivel de tensión de 69 kV que permiten la operación con carga en la línea son conocidos como seccionador bajo carga, los equipos en condiciones normales conducen la corriente eléctrica, teniendo la capacidad de realizar una maniobra de apertura o cierre con carga eléctrica dependiendo de la necesidad,

los seccionadores bajo carga no tiene la capacidad de interrumpir corrientes de corto circuito provocadas por fallas en las líneas de transmisión, en condiciones de falla los equipos que tiene la capacidad de realizar operaciones son los interruptores de potencia.

La debida operación y maniobra implica que no pongan en peligro al operador, no emitan llamas o partículas metálicas fuera de los límites que especifica el fabricante, las sobretensiones no superen valores prefijados.

Los seccionadores bajo carga que se encuentran instalados en la red de transmisión de TRELLEC son equipos de maniobra y operación, están instalados en postes de concreto autosoportados de fabricación por secciones, se encuentran instalados a una altura superior a los 15 metros aproximados del nivel del suelo para garantizar las distancias de seguridad en líneas de transmisión. Los seccionadores deberán ser capaces de conducir en forma permanente la intensidad nominal para la que han sido diseñados y podrán ser maniobrados en tensión, a plena carga.

Por su parte Checa (1988), sugiere que “los seccionadores bajo carga están diseñados frecuentemente para el seccionamiento de línea” (p. 565), generalmente cuando hay que aislar una falla o por mantenimiento a las líneas u otros equipos implicados. El arreglo fase sobre fase es usado frecuentemente donde hay restricción por paso de derecho de vía o cualquier otra dificultad en el terreno.

Características y beneficios

Tamaño reducido que minimiza el derecho de vía requerido en comparación de una subestación de switcheo. Reduce los costos y tiempos de

instalación en comparación de otras cuchillas y arreglos. Aspecto visual limpio, menos objeciones por parte de las comunidades. MANUAL PECOM- SEECO-ACS (2015)

Las mediciones termográficas en los seccionadores bajo carga, se realizarán por el método en el que compara varios valores térmicos de diferentes zonas en operación del mismo equipo, llamado medición con referencia base, es decir una medición entre los diferentes puntos de conexiones del equipo y los conductores que componen la línea.

7.1. Tipos de mantenimiento

A continuación se describen los tipos de mantenimiento que tienen como objetivo preservar el estado normal de los seccionadores bajo carga.

7.1.1. Mantenimiento preventivo

Mantenimiento programado que se efectúa a un bien, servicio o instalación con el propósito de reducir la probabilidad de fallo, mantener condiciones seguras y preestablecidas de operación, prolongar la vida útil y evitar accidentes.

Este mantenimiento es en el que se programa las actividades que puedan prevenir la mayor cantidad de daños imprevistos, reduciendo la probabilidad de fallos que detengan la línea de producción generando tiempos muertos y mayores costos por los mismos.

Un programa de mantenimiento preventivo mantiene en buen estado el equipo, se realiza a través de las visitas, revisiones, lubricación periódica y limpieza.

- Visita: realizar inspecciones o verificaciones que se ejecutan periódicamente en las instalaciones y máquinas para comprobar su estado. Para ser considerada como tales, las visitas deben: a) verificar las inspecciones en el lugar de trabajo; b) ser rápidas; c) no desarmar elementos de máquinas complejos; d) realizar pequeñas reparaciones, y e) utilizar en lo posible métodos no destructivos.
- Revisiones: son intervenciones que se realizan en las máquinas para detectar o confirmar las anomalías localizadas durante la visita previa. Para ser consideradas como tales, deben: a) desmontar partes de las máquinas o instalaciones cuando, por consecuencia de la visita previa, se detecta la posibilidad de existencia de anomalías; b) reparar las anomalías encontradas, y c) sustituir piezas sujetas a desgaste rápido.
- Lubricación periódica: es una de las actividades más importantes en el mantenimiento preventivo. La vida útil del equipo depende en gran parte de una correcta lubricación, pues un alto porcentaje de fallas son consecuencia de lubricación defectuosa.

La planificación de la lubricación parte de la información dada por el fabricante de los equipos en cuanto la localización de puntos que necesitan lubricante, periodicidad de aplicación, cambio y limpieza, tipo de lubricante, viscosidad de los mismos, entre otros.

- Limpieza: son las acciones que incluyen actividades de limpieza, conservación, señalización, acondicionamiento cromático y prevención

contra la corrosión. Se excluyen de esta actividad la limpieza de depósitos de lubricantes, por estar considerados dentro de las atribuciones de la lubricación.

7.1.2. Mantenimiento correctivo

Reparación que se realiza al bien, servicio o instalación una vez que se ha producido el fallo con el objetivo de restablecer el funcionamiento y eliminar la causa de falla.

El mantenimiento correctivo tiene dos funciones perfectamente definidas: 1) Corregir aquellas fallas sistemáticas que presenta en máquinas o instalaciones, llegando incluso al cambio de material o de diseño con el objeto de suprimirlas o, por lo menos, de alejar lo máximo posible su aparición en el tiempo. 2) Reacondicionamiento de máquinas o instalaciones que por su uso ya se encuentra en condiciones que hacen difícil su operación.

7.1.3. Mantenimiento proactivo

Es el tipo de mantenimiento más adelantado, ya que en él se emplea herramienta sofisticada para el diagnóstico de las posibles averías; es similar al mantenimiento predictivo, solo que de una manera más completa y con el uso de alta tecnología, ya sea por medio de rayos X, o por el uso de material electrónico, para detectar fisuras, desgaste de piezas indispensables para el funcionamiento de la maquinaria, las cuales no se podría detectar por simple inspección. Es de mucha utilidad para un programa de mantenimiento preventivo, aunque por el alto costo de las herramientas de alta tecnología, solamente es utilizado por empresas grandes, que al aumentar la producción de

dicha herramienta y al bajar los precios en un futuro, podría ser de uso más común.

Al aplicar el mantenimiento proactivo, el preventivo ya no depende del tiempo exclusivamente, sino que las actuaciones varían para conseguir optimizarlos, de tal forma que el mantenimiento sea un beneficio para su centro.

Este mantenimiento tiene como fundamento los principios de solidaridad, colaboración, iniciativa propia, sensibilización, trabajo en equipo, de modo tal que todos los involucrados directa o indirectamente en la gestión del mantenimiento deben conocer la problemática del mantenimiento, es decir, que tanto técnicos, profesionales, ejecutivos, y directivos deben estar conscientes de las actividades que se llevan a cabo para desarrollar las labores de mantenimiento.

7.1.4. Mantenimiento predictivo

El mantenimiento predictivo utilizado como una herramienta que permite pronosticar anticipadamente y con mucha certeza la posible ocurrencia de una falla, el mantenimiento predictivo evalúa una serie de situaciones y parámetros para estimar la probabilidad de que algún componente presente una situación desfavorable, al determinar el estado actual de funcionamiento los componentes con probabilidad de presentar alguna discontinuidad podrán reemplazarse, antes de fallar gracias a la gestión de mantenimiento. Permitiendo alcanzar una reducción del tiempo muerto del equipo y maximizar el tiempo de vida del componente.

Llamado mantenimiento previsorio o control predictivo del mantenimiento. Tiene como objetivo ejecutar el mantenimiento preventivo en equipos en el

momento exacto, en que estos interfieren en la confiabilidad del sistema. Desde otro punto de vista, también se puede decir que el mantenimiento predictivo es la determinación del punto óptimo para la ejecución del mantenimiento preventivo en un equipo, esto es, el punto a partir del cual la probabilidad que el equipo falle, asume valores indeseables.

7.2. Técnicas de ensayos no destructivos

Es a cualquier tipo de prueba practicada a un material que no altere de forma permanente sus propiedades físicas, químicas, mecánicas o dimensionales.

7.2.1. Metodología de las inspecciones

Luego de concluir el análisis y las investigaciones de realizar un mantenimiento predictivo para los seccionadores bajo carga, establecerán las variables físicas a controlar para la condición del seccionador.

Revisar en forma detallada las técnicas comúnmente usadas en el monitoreo según condición siendo el objetivo servir de guía para su selección general. El monitoreo pretende obtener una indicación de la condición o estado de salud del seccionador, permitiéndonos operarlos con seguridad y economía.

La medición de una variable física que se considera un valor equivalente de la condición y su comparación con valores previamente estandarizados que indican si los equipos están en buen estado o con fallas. Las tecnologías de automatización para técnicas de análisis de la condición, ampliaron el campo del monitoreo también a la adquisición, procesamiento y almacenamiento de datos.

Con el monitoreo de la condición de una maquina o equipo, definiendo los objetivos que se pretende alcanzar debe distinguirse entre vigilancia, protección, diagnóstico y pronóstico.

- Observar: es determinar la aparición de una falla. Debe distinguir entre condición buena y mala, las condiciones malas deberán indicar la gravedad.
- Protección: es evitar fallas catastróficas. Teniendo una adecuada protección cuando los valores que indican su condición llegan a valores considerados peligrosos para los equipos, debiendo deshabilitar el equipo.
- Diagnóstico de fallas: evaluación que encuentra el problema específico.
- Pronosticar la esperanza de vida: pronostica el tiempo de funcionamiento sin riesgo de una falla catastrófica.

7.2.2. Análisis de vibraciones

Las vibraciones mecánicas llegan al mantenimiento como una tendencia orientada al mantenimiento predictivo, pretenden alertar que significa un elemento vibrante en una máquina o equipo, saber con un tiempo suficiente que permita poder prevenir las fallas derivados por vibraciones.

El interés principal para el mantenimiento predictivo es evidenciar las vibraciones que se presentan en los componentes, saber determinar las causas de la vibración, para buscar la corrección del problema.

Se presentan como manifestaciones de las vibraciones mecánicas un considerable incremento de las tensiones y aumento de los esfuerzos, llegando a presentarse pérdidas de energía, desgaste de materiales, apareciendo como críticas los daños por fatiga de los materiales, se perciben ruidos molestos. Para un mantenimiento predictivo aplicando la técnica de análisis por vibraciones mecánicas, que pueda realizar la medición continua o periódica, el análisis y control de determinados parámetros conforman los indicadores del "estado de salud" o condición del equipo.

Ventajas del mantenimiento predictivo con técnica de análisis de vibraciones:

- Identificación problemas anticipadamente sin necesidad de desmontar el equipo.
- Al encontrar una falla la se puede evaluar durante cierto período de tiempo antes de que se convierta en un problema crítico.
- Permite programar todo el recurso necesario con un tiempo anticipado para realizar la corrección.
- Para hacer una corrección en un equipo principal, se planifica un tiempo muerto y persigue aprovecharse al máximo para causar un menor impacto.

Desventajas del mantenimiento predictivo utilizando la técnica de análisis de vibraciones implica contar con personal técnico calificado, pueden ser seleccionado entre los mismos trabajadores de la empresa para ser capacitados en el uso de equipos, la experiencia es un factor importante para

contar con la certeza de los registros medidos, puede contratarse una empresa especializada en realizar inspecciones. Otro factor a tomar en cuenta son los equipos sofisticados para las mediciones.

7.2.3. Análisis de lubricantes

Los seccionadores bajo carga utilizan lubricantes para los accionamientos mecánicos, los lubricantes incorporan características que les permitan al tener contacto metal-metal entre los dientes de los engranajes se ocasiona un desgaste por la presencia de burbujas en una película de lubricante; la humedad puede condensarse en los reductores ocasionando herrumbre y corrosión en los dientes del engranajes, agregando aditivos antidesgaste le permite al aceite una mejor lubricación metal-metal.

Análisis rutinarios: considerados en equipos críticos o de gran capacidad, estableciendo una frecuencia de muestreo, el objetivo principal de los análisis es determinar el estado del aceite, valor de desgaste y contaminación entre otros.

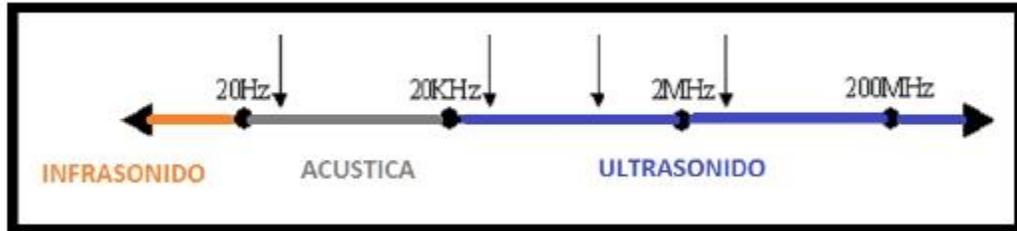
Análisis de emergencia: se efectúan para detectar cualquier anomalía en los aceites o en los equipos debido a una mala lubricación.

Contaminación con agua. Sólidos que causen obstrucciones.

7.2.4. Análisis por ultrasonido

Técnica que utiliza ondas de sonido de alta frecuencia producidas por los equipos en un rango sonoro que no le permite al oído humano ser percibido.

Figura 1. Frecuencia del sonido audible



Fuente: elaboración propia.

Discontinuidades que producen ruidos de ultrasonido son generados por mecanismos rotantes, fugas de fluido, pérdidas de vacío, y en los equipos eléctricos conectados a niveles altos de tensión provocan la ionización, efecto corona y pérdidas. Pudiéndose detectarlo mediante la tecnología apropiada.

El ultrasonido detecta:

- Fricción y desgaste en máquinas rotativas
- Fugas de gases
- Fugas de fluidos
- Pérdidas de vacío
- Detección de descargas parciales, ionización, efecto corona

El sonido arriba del rango de captación del oído humano (20-a-20.000 Hertz) se conocido por ultrasonido. Las fricciones que se originan en piezas mecánicas, la aparición de arcos eléctricos y las fugas de presión o vacío producen sonidos fuera de nuestro alcance auditivo, son percibidas a los 40 Khz. Las ondas sonoras captadas por este rango de frecuencias son aprovechables para el mantenimiento por ser una corta longitud atenuándose rápidamente no producen rebotes. El ruido ambiental por más intenso que sea,

no afecta la detección de ultrasonido por estar en una frecuencia diferente, permitiéndonos direccionar el ultrasonido con rapidez y precisión.

Detectar fallas a tiempo permite prevenir, que los primeros síntomas puedan llegar a convertirse en una fuente de incidencias de explosión de arco eléctrico, que puede resultar en riesgos de seguridad mayores o pérdidas económicas. La presencia de fallas en los sistemas eléctricos como interruptores, transformadores, aisladores, conexiones o empalmes, provocarían resultados catastróficos.

Las descargas parciales, el seguimiento, el arco y el efecto corona producen ionización que perturba las moléculas de aire circundantes. Un ultraprobe detecta los sonidos de alta frecuencia producidos por emisiones y las traduce (mediante la modulación de señales heterodinas) al rango audible. Cada emisión emite cierta calidad acústica específica que es escuchada en los audífonos y su intensidad de señal es observada en la pantalla del instrumento. Los sonidos pueden ser grabados y analizados a través del software de análisis espectral para hacer diagnósticos y reportes.

7.2.5. Termografía

La Termografía infrarroja es una técnica que permite, visualizar temperaturas de una superficie, medirlas con precisión a considerable distancia y sin tener contacto con la superficie. La radiación infrarroja emitida por un objeto no puede ser captada por el ojo humano, las cámaras infrarrojas, tiene capacidad para percibir el espectro infrarrojo. Conocer la temperatura en la superficie de algún objeto a una distancia considerable, en tiempo real y sin contacto, utilizando la radiación emitida por objetos.

Con la implementación de programas de inspecciones termográfica en instalaciones, maquinaria, instalaciones eléctricas, se minimiza el riesgo de una falla y sus catastróficas consecuencias, esta técnica es utilizada para revisar las reparaciones efectuadas garantizando su funcionamiento.

Analizar mediante termografía las conexiones para los seccionadores bajo carga pueden resolver problemas de una mala instalación o una inadecuada conexión, 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. La termografía infrarroja será una herramienta utilizada en el diagnóstico de problemas, indispensable para el mantenimiento predictivo.

Permitirá la comparación de cambios en los equipos que se encuentra trabajando bajo las mismas condiciones de carga, cuando los equipos funcionan correctamente serán analizados contra los valores normados para los sistemas de transmisión.

7.3. Seccionador bajo carga

Los seccionadores bajo carga que son sujetos en la investigación están diseñados específicamente para el montaje en una estructura tipo poste con conductores orientados en el plano vertical, aplicados a cualquiera configuración de las fases distribuidas en el poste, siendo fases-delta o fase-tangentes.

Proporcionan un económico seccionamiento, un circuito de control en los puntos de derivación y de conmutación. Montado en un poste en la línea de transmisión con una tensión de 69 kV, su uso puede reducir la necesidad de

adquirir los costos de la tierra y el equipo asociado con la conmutación de la subestación convencional.

Utilizado con frecuencia para seccionamiento de la línea en apoyo de mantenimiento o de aislamiento de fallas que se presenten durante la operación.

El interruptor está conectado directamente con el mecanismo operativo a través de los aisladores giratorios, tubo de inter-fase, los brazos de palanca, y la manivela brazos, y está en control positivo a lo largo de la apertura completa y la operación de cierre, esta combinación de características de diseño y procedimiento de ajuste asegura que el interruptor permanece cerrado bajo condiciones adversas, tales como deflexión excesiva polo, la vibración, y los conductores galopantes, sin el uso de cerraduras de cuchillas u otros dispositivos de enganche.

7.4. Funcionamiento del equipo en general

Sistema de seccionamiento inteligente que utiliza la tecnología de detección, seccionamiento motorizado, control micro-procesado y mando a distancia para mejorar la continuidad del servicio eléctrico en tensiones de 69 kV a 230 kV y corrientes de 600 a 3000 Amperes. Su instalación puede ser fase sobre fase u horizontal, dependiendo de las condiciones y necesidades del cliente y se adapta a cualquier tipo de montaje en diferentes tipos de estructuras.

- Descripción: es un equipo seccionador tipo *side-break* en una configuración de fase sobre fase, de montaje en posición vertical en una estructura de soporte de aluminio reforzado.

- Aplicación: se utiliza frecuentemente para el seccionamiento de línea, generalmente cuando hay que aislar una falla o por mantenimiento a las líneas u otros equipos implicados.

El arreglo fase sobre fase es usado frecuentemente donde hay restricción por paso de derecho de vía o cualquier otra dificultad en el terreno.

- Características y beneficios
 - Tamaño reducido que minimiza el derecho de vía requerido en comparación de una subestación de switcheo.
 - Reduce los costos y tiempos de instalación en comparación de otras cuchillas y arreglos.
 - Aspecto visual limpio, menos objeciones por parte de las comunidades.
- Beneficios
 - Localiza y secciona la falla en un lapso menor a 60 segundos.
 - Incrementa la eficiencia del personal operativo al determinar el tramo fallado en menor tiempo.
 - Sustituye la construcción de subestaciones de derivación o switcheo.
 - Elimina el concepto de líneas tapeadas.

- Se instala en las líneas existentes sin invertir en nuevos derechos de vía.
- Menor tiempo de instalación y bajo costo de mantenimiento.
- Aumenta la vida útil de los interruptores de la subestación alimentador.

8. PROPUESTA ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

LISTA DE SÍMBOLOS

GLOSARIO

RESUMEN

OBJETIVOS

INTRODUCCIÓN

1. SECCIONADORES BAJO CARGA
 - 1.1. Definiciones
 - 1.2. Análisis técnico del seccionador bajo carga
 - 1.2. Componentes del seccionador bajo carga
 - 1.3. Condiciones de operación

2. OPERACIÓN Y FUNCIONAMIENTO DEL EQUIPO EN GENERAL
 - 2.1. Tipos de cuchillas
 - 2.2. Numero de vías
 - 2.3. Operación con o sin carga
 - 2.4. Voltaje-corriente de operación
 - 2.5. Topología de las líneas y estructuras existentes

3. NECESIDADES DE MANTENIMIENTO
 - 3.1. Mantenimiento del seccionador
 - 3.2. Recomendaciones de mantenimiento del fabricante
 - 3.2. Confiabilidad del seccionador
 - 3.3. Condiciones de operación

4. TIPOS DE MANTENIMIENTO

- 4.1. Mantenimiento Preventivo
- 4.2. Mantenimiento Correctivo
- 4.3. Mantenimiento Proactivo

5. MANTENIMIENTO PREDICTIVO

- 5.1. Introducción
- 5.2. Gestión de mantenimiento predictivo contra otro tipo de mantenimiento
- 5.3. Metodología de las inspecciones
- 5.4. Sistema de gestión para mantenimiento predictivo
- 5.5. Características principales del mantenimiento predictivo

6. TECNOLOGÍAS NO DESTRUCTIVAS

- 6.1. Definición
- 6.2. Tipo de técnicas no destructivas
- 6.3. Análisis vibraciones
- 6.4. Análisis de lubricantes
- 6.5. Análisis por ultrasonido
- 6.6. Termografía

7. ANÁLISIS FINANCIERO

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

APÉNDICE

9. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

La investigación tendrá un alcance descriptivo con un enfoque cuantitativo, recaudando información en base a datos que proporcionan los equipos instalados que monitorean la red bajo rutinas programadas, los cuales se analizarán estadísticamente, para obtener la cantidad de maniobras satisfactorias realizadas, también la existencia de aperturas por falla de los seccionadores bajo carga.

Con el establecimiento de los estudios iniciales donde se establece un parámetro aplicable de los equipos que se van a someter al análisis, se podrán obtener beneficios, como saber si el equipo se encuentra funcionando adecuadamente, teniendo de manera anticipada el que pueda presentarse una falla, el retorno de la inversión al aplicar el mantenimiento predictivo con técnicas de ensayos no destructivos será sometido a análisis y comparado con los costos de adquirir un nuevo equipo, los tiempos de vida en los equipos se encuentre trabajando serán más extensos.

9.1. Fases de la investigación

A continuación se describe el procedimiento para definir el tema correctamente.

9.1.1. Primera fase: análisis

En esta fase se pretende establecer un análisis estadístico el cual permita fundamentar la investigación, obtener la información referente al estado

presente de los equipos que actualmente se encuentran en funcionamiento y determinar su condición presente de operación.

Recopilar los datos de mantenimiento para los seccionadores bajo carga en las líneas de alta tensión 69 kV para determinar sus condiciones de trabajo y funcionamiento, estableciendo un monitoreo y control para los equipos. Solicitar información al Centro de Operación y Control de la red quienes son los responsables de llevar registros de incidencias y avisos.

9.1.2. Segunda fase: recomendaciones de mantenimiento

Establecer los parámetros principales mediante las especificaciones del fabricante, los cuales darán a conocer la calidad de los equipos y su capacidad operativa permitiéndonos el programar el plan de mantenimiento predictivo para la mejora del funcionamiento y que sean capaces de realizar maniobras eficientes en las líneas de transmisión.

9.1.3. Tercera fase: determinar pruebas

El propósito de la tercera fase es identificar las pruebas que se pueden aplicar durante el mantenimiento predictivo en el seccionador bajo carga mediante la utilización de técnicas de ensayos no destructivos recomendadas.

9.1.4. Cuarto fase: análisis económico

El análisis económico está relacionado no solo con el éxito del buen y correcto funcionamiento de los equipo, si no también, en la relación costo/beneficio de utilizar en lugares donde por cuestiones de espacio o disponibilidad de terrenos no es posible la instalación de una subestación eléctrica de maniobras.

10. TÉCNICA DE ANÁLISIS DE INFORMACIÓN

Las técnicas utilizadas en la gestión de mantenimiento predictivo deben soportarse en una serie de herramientas son esenciales para alcanzar los resultados del estudio a los seccionadores bajo carga, los cuales deberán ser comprobables con los equipos a utilizar y la información que se recopile del equipo.

La confiabilidad de los resultados obtendrá a través de distintos métodos de trabajo que garantizará el mejor estudio del conjunto de indicadores, que inciden sobre la problemática en particular.

Observación directa: Esta técnica se usará para recolectar información en el campo, verificar sus condiciones y establecer las rutinas de mantenimiento.

Inspección de equipos: Basado en técnicas no destructivas se realizará el análisis.

Interpretación de datos: Esta técnica consiste en comparar los datos del fabricante y los obtenidos en las pruebas de campo.

Encuesta y entrevista con el personal: La información que el personal de operación y de mantenimiento puedan aportar a la investigación, permitirán conocer parámetros actuales e historiales de cada una de las válvulas a reacondicionar, así como actualizar a información que pudo haber quedado sin documentar, para aplicar el análisis de criticidad, ya que no se cuenta con

suficiente información documentada sobre los niveles de tolerancias y holguras a manejar en las partes a ser reparadas.

Gráficas: Para facilitar la explicación y el análisis de los resultados obtenidos, se utilizarán distintos gráficos que representan una buena parte de la información recabada. Los gráficos a utilizar son de barras y líneas.

11. CRONOGRAMA

Figura 2. Cronograma

ITEM	DESCRIPCION	ABRIL				MAYO				JUNIO				JULIO			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	Elaboración y aprobación del anteproyecto. Recopilación del historial de mantenimientos. Recopilación de información de los equipos.																
2	Recolección de información y elaboración del primer capítulo. Análisis técnico de la sección a ser cargada para una tensión de 69kv, principales características y principales diferencias de los seccionadores. Las condiciones de operación a las que debe responder los equipos.																
3	Recolección de información y elaboración del segundo capítulo. Análisis técnico de las necesidades de mantenimiento para los seccionadores bajo carga. Las técnicas y nuevas mejoras que se deberían realizar para alcanzar un mayor nivel de confiabilidad de los equipos.																
4	Recolección de información del tercer capítulo. Análisis eléctrico para establecer los beneficios que se tienen al poder utilizar los seccionadores en condiciones favorables de operación Ventajas que se tienen al estar la sección a ser cargada funcionando correctamente.																
5	Recolección de información del cuarto capítulo. Interpretar los resultados obtenidos y presentar los escenarios para la prevención de las posibles fallas consecuentes.																
6	Recolección de información y elaboración del quinto capítulo Análisis financiero del mantenimiento preventivo y correctivo de los seccionadores en la implementación de un análisis predictivo. Demostrar que económicamente el inspeccionar los equipos para mantenerlos en un estado óptimo es menos costoso que la sección a ser cargada fallando.																
7	Presentación de la tesis terminada.																
8	Defensa																

Fuente: elaboración propia.

12. FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO

El sistema eléctrico de transmisión cuenta con equipo de maniobra y medición instalado como son: interruptores, reconectores, transformadores de potencial, transformadores de corriente, reguladores de voltaje y bancos de capacitores. También cuenta con el sistema SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) que es un software para ordenadores que permite controlar y supervisar procesos a distancia. Facilita retroalimentación en tiempo real con los dispositivos de campo, y controla el proceso automáticamente, provee de toda la información que se genera en el proceso y permite su gestión e intervención. Por último, se tienen varios sistemas de gestión que facilitan la información de las variables independientes que servirá para el cálculo de todos los índices de confiabilidad y varios indicadores.

A continuación se detallan los recursos necesarios para poder realizar el diseño de investigación, donde se incluirá equipos para la inspección, materiales, personal para trabajar en las inspecciones y el administrativo.

Inspecciones con ensayos no destructivos:

- Inspección visual por un técnico
- Inspección con análisis de termografía
- Inspección con análisis de ultrasonido
- Inspección con análisis de vibraciones

El análisis de la factibilidad operativa está relacionado a los recursos humanos, técnicos y detalles que haga que el desarrollo del proyecto sea viable, y que pueda garantizar un mantenimiento correcto y en tiempos que permitan aumentar la disponibilidad y operaciones para los equipos.

El tipo y cantidad de personal a contratar, pues solamente con un personal capacitado y con conocimiento en lo equipo así como una buena experiencia garantizaran la obtención de buenos resultados en las mediciones.

13. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Arrecis D. (2013). El mantenimiento predictivo en la vida útil de los equipos primarios de una subestación eléctrica. (Tesis inédita de licenciatura) Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.
2. Barrios, E. (22 de febrero de 2013). Técnico electricista. (E. A. Giron, Entrevistador).
3. Conde, M. O. (2006). Líneas de Transmisión y Distribución de Energía Eléctrica. Nuevo León: Ciudad Universitaria, San Nicolás de los Garza.
4. Checa Luis. Editorial. MARCOMBO, S.A. 1988. Líneas de Transporte de Energía 3a edición.
5. De la Cruz P. (2005). Mantenimiento predictivo en subestaciones de distribución de EEGSA utilizando termografía de rayos infrarrojos. (Tesis inédita de licenciatura) Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.
6. Guatemala, Comisión Nacional de Energía Eléctrica. Normas Técnicas del Servicio de Distribución. 2ª edición, Resolución CNE No. 09-99, 1999.

7. Guatemala, NTDOID. Normas técnicas de diseño y operación de las instalaciones de distribución. Guatemala.
8. Líneas de Transmisión y Distribución de Energía Eléctrica. (M.C. Obed Jiménez, M.C. Vicente). I.
9. Manual Standard del ingeniero electricista. Somaruca, Mario. Editorial Litenia. Bs. As. 1970.
10. Patzan S. (2012). Diseño del manual de procedimientos administrativos para las actividades de mantenimiento de líneas de transmisión de energía eléctrica. (Tesis inédita de licenciatura) Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.
11. Raúl J. Diseño de Subestaciones Eléctricas. 1ª edición en español, México: Graw-Hill Interamericana de México, 1992.
12. Rodríguez R. (2012). Aplicación de termografía y ultrasonido en la prevención de paros inesperados por fallas en la maquinaria y optimización del proceso de cambio de formato en la planta de producción de la división de consumer Care de Bayer, S.A. (Tesis inédita de licenciatura) Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.
13. Ruano J. (2005). Guía práctica de termografía para el curso de montaje y mantenimiento de equipo. (Tesis inédita de licenciatura) Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.

14. Soria Lemus E. H. Laboratorio de ensayos no destructivos de la Carrera de Ingeniería Mecánica de la Facultad de Ingeniería, USAC. Trabajo de Graduación (2004). Guatemala
15. Vibraciones y ondas, Volumen 2. Escrito por A. P. French. Una publicación del MIT (Massachusetts Institute of Technology) editorial reverté', 5.a.
16. Zambrano, R. A. (2009). METODOLOGIAS Y TECNOLOGIAS DE DETECCION Y DIAGNOSTICO DE FALLAS APLICADAS A PROCESOS INDUSTRIALES. Revista Colombiana de Tecnologías de Avanzada, 106-116.

