



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA
ELÉCTRICA**

“Optimización de los indicadores calidad de suministro con mantenimiento de red de distribución primaria mediante técnica TcT en el alimentador de media tensión CAO003 Cartavio, Ascope, La Libertad.”

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA**

AUTOR

Carlos Marxs Vargas Goñas

ASESOR METODOLÓGICO

Mg. Alex Deyvi Tejada Ponce

ASESOR ESPECIALISTA

Mg. Carlos Enrique Sánchez Huertas

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

Sistemas y Planes de Mantenimiento

**TRUJILLO – PERÚ
2018**

DEDICATORIA

A mi hijo Mateo, luz de mi vida y motivo de mis más grandes sueños, porque parte del tiempo empleado para los estudios durante los semestres académicos, fue su tiempo de juegos y compartir con Papá.

A mi esposa Milagritos, por su aliento y comprensión genuinos a lo largo de este camino, madre virtuosa, excelente profesional y mujer emprendedora.

A mis padres, Rubén y Aída, quienes han sido la guía y el camino para forjarme como la persona que soy y ser mejor cada día, con su ejemplo, dedicación y apoyo incondicional, como sigue siendo hasta el día de hoy.

AGRADECIMIENTO

A la divina providencia por permitirme alcanzar este objetivo y a la Universidad César Vallejo por la formación profesional impartida en sus aulas universitarias, un camino lleno de sacrificios personales y satisfacciones.

Agradecer de manera especial la asistencia y colaboración brindada por el Dr. Jorge Eduardo Luján y Mg. Carlos Enrique Sánchez Huertas, su apoyo, confianza en mi labor y capacidad para guiar mis ideas ha sido un aporte invaluable en el desarrollo de este trabajo.

PRESENTACIÓN

Señores miembros del Jurado:

En cumplimiento del Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo presento ante ustedes la Tesis titulada “Optimización de los indicadores calidad de suministro con mantenimiento de red de distribución primaria mediante técnica TcT en el alimentador de media tensión CAO003 Cartavio, Ascope, La Libertad”, la misma que someto a vuestra consideración y espero cumpla con los requisitos de aprobación para obtener el Título Profesional de Ingeniero Mecánico Eléctrico.

El Autor

RESUMEN

En esta investigación se presenta una alternativa técnica para optimizar los indicadores de calidad de suministro (interrupciones) de una red de distribución primaria, mediante la elaboración y gestión de un plan de mantenimiento de las instalaciones de media tensión con técnica de trabajos con tensión (TcT), el cual se aplica sin la necesidad de restringir la continuidad del suministro de energía eléctrica, reduciendo drásticamente los costes derivados de la operación y mantenimiento de la infraestructura eléctrica.

El proyecto se desarrolla en el ámbito de responsabilidad de la unidad de negocios La Libertad Norte, perteneciente a la empresa regional de servicio público de electricidad Electro Norte Medio – Hidrandina S.A. (HID), unidad que administra un total de 29 alimentadores de media tensión. Se evaluó la criticidad de esta población en función de los indicadores de performance SAIFI y SAIDI, ENS y costes de ineficiencia, seleccionándose al AMT CAO003 “Cartavio - Chiquitoy” en 13,8 kV como el más crítico de la organización para el periodo 2016, a razón de haber registrado la mayor compensación económica por mala calidad de suministro, ascendente a un total US\$ 103 448.51 dólares americanos, valores SAIFI igual a 34.51 fallas/usuario-año y SAIDI igual a 85.06 horas/usuario-año, superando las tolerancias establecidas por el OSINERGMIN en un 279.2% y 455.3%, respectivamente.

En consecuencia se procedió a implementar el plan de mantenimiento propuesto, evidenciándose la optimización de los indicadores de calidad de suministro al cierre del primer semestre del año 2018, registrándose valores de SAIFI igual 6.5484 fallas/usuario-semester y SAIDI igual a 11.3105 horas/usuario-semester, equivalente a una reducción del orden de 29.33% SAIFI y 68.90% SAIDI de en relación al primer semestre del año 2016, y un 74.06% SAIFI y 76.78% SAIDI respecto al segundo semestre del mismo periodo.

Palabras clave: Calidad de suministro, SAIFI, SAIDI, ENS, compensaciones, TcT.

ABSTRACT

This research presents a technical alternative to optimize supply quality indicators (interruptions) of a primary distribution network, through the development and management of a maintenance plan for medium voltage installations with tension work techniques (TcT), which is applied without the need to restrict the continuity of the electricity supply, drastically reducing the costs derived from the operation and maintenance of the electrical infrastructure.

The project is carried out in the area of responsibility of the business unit La Libertad Norte, belonging to the regional electricity utility Electro Norte Medio - Hidrandina S.A. (HID), unit that manages a total of 29 medium voltage feeders. The criticality of this population was evaluated according to the performance indicators SAIFI and SAIDI, ENS and inefficiency costs, selecting the AMT CAO003 "Cartavio - Chiquitoy" at 13.8 kV as the most critical of the organization for the 2016 period, as a result of having registered the highest economic compensation for poor supply quality, totaling US \$ 103 448.51 US dollars, SAIFI values equal to 34.51 failures/user-year and SAIDI equal to 85.06 hours/user-year, exceeding the tolerances established by OSINERGMIN at 279.2% and 455.3%, respectively.

As a result, the proposed maintenance plan was implemented, evidencing the optimization of supply quality indicators at the end of the first half of 2018, with SAIFI values equal to 6.5484 failures/user-semester and SAIDI equal to 11.3105 hours/user-semester, equivalent to a reduction of 29.33% SAIFI and 68.90% SAIDI in relation to the first semester of 2016, and 74.06% SAIFI and 76.78% SAIDI compared to the second semester of 2016.

Keywords: Quality of supply, SAIFI, SAIDI, ENS, compensations, TcT.

ÍNDICE

PÁGINA DE JURADO.....	ii
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTO	iv
DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD	v
PRESENTACIÓN	vi
RESÚMEN.....	vii
ABSTRACT	viii
I. INTRODUCCIÓN	13
1.1. Realidad problemática	13
1.2. Trabajos previos	15
1.3. Teorías relacionadas al tema.....	19
1.3.1. Registro de datos de interrupciones.....	19
1.3.2. Infraestructura eléctrica de un sistema de distribución primaria	20
1.3.2.1. Ubicación del sistema de distribución primaria dentro del SEP	20
1.3.2.2. Configuración de un sistema de distribución primaria	21
1.3.2.3. Clasificación de los sistemas de distribución, según su construcción	28
1.3.2.4. Clasificación de los sistemas de distribución, según sector típico	30
1.3.3. Interrupciones en el sistema de distribución	31
1.3.3.1. Fallas en el sistema eléctrico de distribución.....	31
1.3.3.2. Interrupciones NTCSE	33
1.3.3.3. Clasificación de las interrupciones según Procedimiento 074 - Osinergmin	33
1.3.3.4. Causas de las interrupciones	34
1.3.4. Software Distribution Analysis and Planning (DAP)	34
1.3.5. Calidad de suministro en el Perú	38
1.3.5.1. Parámetros eléctricos.....	38
1.3.5.2. Indicadores de calidad de suministro	39
1.3.5.3. Compensaciones por mala calidad de suministro.....	43
1.3.6. Mantenimiento de sistemas de distribución con tensión (línea viva)	48
1.3.6.1. Tipos de mantenimiento en sistemas de distribución con tensión	49
1.3.6.2. Normas técnicas para el trabajo en línea viva	55
1.3.6.3. Distancias de seguridad en trabajos con línea viva	57
1.3.6.4. Equipos de protección personal para trabajos con línea viva	59
1.3.6.5. Técnicas para trabajos con tensión	61

1.4. Formulación del problema.....	64
1.5. Justificación	64
1.6. Hipótesis.....	65
1.7. Objetivos.....	66
II. MÉTODO.....	67
2.3. Diseño de investigación	67
2.4. Variables, Operacionalización.....	67
2.5. Población y muestra	70
2.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	70
2.7. Método de análisis de datos.....	73
2.8. Aspectos éticos.....	73
III. RESULTADOS.....	74
3.1. Cálculo de los índices de calidad de suministro, ENS y compensaciones por mala calidad de suministro	74
3.1.1. Cálculo típico para un cliente en media tensión	76
3.2. Determinación de los AMT críticos de la U.N. La Libertad Norte para el año 2016, en base a sus indicadores de calidad de suministro, ENS y compensaciones	82
3.3. Recopilación de datos del sistema de distribución primaria en estudio	85
3.4. Evaluación del contexto operacional del sistema de distribución en estudio, mediante software DAP	87
3.4.1. Cálculo de flujo de potencia y caída de tensión, mediante software DAP	88
3.5. Plan de mantenimiento de la de red de distribución primaria con técnica de Trabajos con Tensión (TcT)	92
3.5.1. Registro de interrupciones del AMT CAO003 Cartavio - Chiquitoy	93
3.5.2. Ubicación de las fallas que motivaron interrupciones en el diagrama unifilar del AMT CAO003 Cartavio – Chiquitoy	93
3.5.3. Inspección minuciosa con cuadrilla de mantenimiento predictivo y TcT	95
3.5.4. Elaboración del plan de mantenimiento con técnica TcT	98
3.6. Cálculo de los indicadores de calidad de suministro, ENS y compensaciones después de aplicar el plan de mantenimiento con técnica TcT	99
3.7. Evaluación económica (beneficio-coste) para implementar una cuadrilla de TcT permanente en la unidad de negocios La Libertad Norte	105
IV. DISCUSIÓN.....	108
V. CONCLUSIONES	114
VI. RECOMENDACIONES	117
VII. REFERENCIAS	118
ANEXOS.....	120

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Ubicación de sistemas de distribución dentro de un sistema de potencia	21
Figura 1.3 Topología radial del sistema de distribución	23
Figura 1.6 Construcciones típicas de postes para sistemas aéreos	25
Figura 1.7 Conductores eléctricos	25
Figura 1.8 Aisladores eléctricos	26
Figura 1.9 Tipos de conectores	26
Figura 1.11 Componentes típicos de un alimentador aéreo	28
Figura 1.12 Interfaz gráfica de DAP	35
Figura 1.13 Interfaz submenú búsqueda de escenarios DAP.....	36
Figura 1.14 Cuadro de diálogo para el ingreso de datos del sistema de prueba	37
Figura 1.15 Ventana de diálogo DAP que muestra información según tramo de Red	38
Figura 1.16 Trabajos de mantenimiento en red aérea de MT	49
Figura 1.18 Cámara termográfica Fluke.....	52
Figura 1.19 Criterios de clasificación de fallas, según delta de temperatura	52
Figura 1.20 Diagrama de flujo para evaluación de efecto corona.....	54
Figura 1.21 Voltajes nominales y etiquetas, según norma ASTM D-120-14.....	61
Figura 1.22 Trabajos con tensión, método a contacto.....	62
Figura 1.23 Trabajos con tensión, método a distancia	63
Figura 1.24 Trabajos con tensión, método a potencial	64
Figura 3.1 Ranking de AMT críticos de la U.N. La Libertad Norte	84
Figura 3.2 Ranking de AMT críticos de la U.N. en base a los costes de ineficiencia	85
Figura 3.3 Clasificación de interrupciones del AMT CAO003, según motivo NTCSE	86
Figura 3.4 Celdas de salida SET Santiago de Cao	129
Figura 3.5 Estructuras en mal estado de conservación	129
Figura 3.6 Sobrecarga de conductores en el AMT CAO003 Cartavio	89
Figura 3.7 Tramo de red con mayor sobrecarga dentro del AMT CAO003.....	89
Figura 3.8 Calibre de conductores en el AMT CAO003 Cartavio	90
Figura 3.9 Caídas de tensión (% Δ) dentro del AMT CAO003.....	91
Figura 3.10 Tramo de red con mayor caídas de tensión (% Δ) dentro del AMT CAO003 ..	91
Figura 3.11 Reporte de flujo de potencia del AMT CAO003 Cartavio.....	92
Figura 3.12 Zonificación de puntos de falla en el AMT CAO003 Cartavio	94
Figura 3.13 Punto caliente en seccionador tripolar bajo carga	95
Figura 3.14 Punto caliente en aisladores de porcelana.....	95
Figura 3.15 Efecto corona en aislador porcelana tipo pin.....	96
Figura 3.16 Efecto corona en aislador porcelana tipo cadena.....	96
Figura 3.31 SAIFI por semestre e instalación de suministro.....	100
Figura 3.32 SAIDI por semestre e instalación de suministro	101

ÍNDICE DE TABLAS


Tabla 1.1 Registros de mantenimiento (Regman)	ii
Tabla 1.2 Clasificación de los sistemas de distribución eléctrica, según sector típico	30
Tabla 1.3 Naturaleza de una interrupción	33
Tabla 1.4 Factores de ponderación de la duración de interrupciones	40
Tabla 1.5 Tolerancias de los índices N y D	41
Tabla 1.6 Tolerancias de los indicadores SAIFI y SAIDI, según sector típico.....	43
Tabla 1.8 Lista no limitativa de actividades de mantenimiento predictivo	50
Tabla 1.9 Lista no limitativa de actividades de mantenimiento preventivo.....	55
Tabla 1.10 Distancias mínimas de acercamiento para trabajos con tensión	58
Tabla 1.11 Factor de corrección por altitud	58
Tabla 1.12 Equipos de protección personal para trabajos con tensión	59
Tabla 1.13 Tensión máxima de uso para equipo de aislamiento de goma	60
Tabla 2.1 Operacionalización de las variables de estudio	68
Tabla 2.2 Técnicas e instrumentos de recolección de datos	71
Tabla 3.1 Indicadores SAIFI y SAIDI en el periodo 2016, según SE y AMT	75
Tabla 3.2 Compensaciones por mala calidad de suministro registradas el año 2016.....	75
Tabla 3.3 Cálculo típico para un cliente en media tensión. Caso Pozos Chiquitoy.....	79
Tabla 3.4 Cálculo de la ENS (MW.h) por AMT en función del SAIDI	82
Tabla 3.5 Cálculo del coste de reparación por AMT en función al SAIFI	83
Tabla 3.6 Ranking de los AMT críticos en base a los costes de ineficiencia	83
Tabla 3.7 AMT críticos en base a los costes de ineficiencia.....	85
Tabla 3.9 Componentes que constituyen el AMT CAO003 Cartavio	87
Tabla 3.10 Reporte de calidad de tensión (% Δ), mediante software DAP	93
Tabla 3.11 Registro de interrupciones del AMT CAO003 Cartavio, periodo 2016	130
Tabla 3.12 Deficiencias derivadas de la inspección minuciosa por parte de grupo TcT ...	98
Tabla 3.13 Plan de mantenimiento de red primaria con técnica TcT	99
Tabla 3.14 Comparativo SAIFI y SAIDI 2018-S1, respecto de los resultados del 2016..	100
Tabla 3.15 Disgregación de SAIFI por semestre y responsabilidad	101
Tabla 3.16 Disgregación de SAIDI por semestre y responsabilidad.....	101
Tabla 3.17 Comparativo SAIFIMT y SAIDIMT 2018 S1 con el periodo 2016	102
Tabla 3.18 Comparativo SAIFIMT 2018 S1 con relación a las metas OSINERGMIN	103
Tabla 3.19 Comparativo SAIDIMT 2018 S1 con relación a las metas OSINERGMIN	103
Tabla 3.20 Comparativo ENS 2018 S1 respecto al periodo 2016	104
Tabla 3.21 Comparativo de las compensaciones 2018 S1 respecto al periodo 2016.....	104
Tabla 3.22 Comparativo del coste de ineficiencia del S12018 respecto al 2016	105
Tabla 3.22 Ranking AMT críticos del 2018S1, según costes de ineficiencia.	105
Tabla 3.24 Evaluación económica para la implementación de una cuadrilla TcT.....	105

Yo, Dr. Jorge Eduardo Lujan López, docente de la Facultad de Ingeniería y Escuela Académico Profesional de Ingeniería Mecánica Eléctrica de la Universidad César Vallejo de Trujillo, revisor de la tesis titulada:

“Optimización de los indicadores calidad de suministro con mantenimiento de red de distribución primaria mediante técnica TcT en el alimentador de media tensión CAO003 Cartavio, Ascope, La Libertad”, del estudiante Carlos Marx Vargas Goñas, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 18%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin.

El suscrito analizó dicho reporte y concluyó que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

Trujillo, 22 de enero de 2019

.....
Firma 
DNI: 77897692

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Representante de la Dirección / Vicerrectorado de Investigación y Calidad	Aprobó	Rectorado
---------	----------------------------	--------	---	--------	-----------