



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERIA**

**ESCUELA ACADÉMICA PROFESIONAL DE MECÁNICA  
ELÉCTRICA**

**OPTIMIZACIÓN DE LOS INDICADORES DE CALIDAD DE  
SUMINISTRO CON MANTENIMIENTO DE LÍNEAS ENERGIZADAS  
EN LOS ALIMENTADORES DE MEDIA TENSIÓN EN LA CIUDAD  
DE TRUJILLO**

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

**AUTOR:**

**SEGUNDO MIGUEL SAUNE RONCAL**

**ASESOR:**

**Ing. CARLOS SÁNCHEZ HUERTAS**

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

**SISTEMAS Y PLANES DE MANTENIMIENTO**

**TRUJILLO-PERU**

**2017**

## DEDICATORIA

A Dios, por haberme dado la vida, porque ha estado conmigo a cada paso que doy, cuidándome y dándome fortaleza para continuar.

Este trabajo de tesis ha sido una gran bendición en todo sentido y te lo agradezco padre, y no cesan mis ganas de decir que es gracias a ti que esta meta está cumplida.

A mi Madre, María Hilda quien fue la persona que cada día me motivaba a seguir mis sueños y no dejarlos luchando hasta el final.

A mi Padre Clemente que con su apoyo y ejemplo supo hacer de mí una persona responsable y trabajadora.

A Hijos Miguel Andrés y Miguel Sebastián, que son el motor de mi vida que cada día con sus travesuras me llenan de alegría.

A mi Esposa Sarita por su amor comprensión y confianza, y brindarme su tiempo necesario para realizarme profesionalmente.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios por haberme puesto a personas idóneas como mis asesores que gracias a su orientación supieron colaborar con el desarrollo de esta tesis: Ing. Carlos Sánchez Huertas y el Ing. Edward Javier León Lescano.

Asimismo agradezco al Ing. Wilar Saguma Calle que gracias a sus conocimientos, su persistencia y paciencia ha sido fundamental para lograr este objetivo, como también a mis compañeros de trabajo del área de Líneas Energizadas de quienes recibí su apoyo incondicional.

## DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD

Yo Segundo Miguel Saune Roncal con DNI N° 40412510, a efectos de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Cesar Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, declaro bajo juramento que toda la documentación que acompaño es veraz y autentica.

Así mismo declaro también bajo juramento que todos los datos e información que se presenta en la presente tesis son auténticos y veraces.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto en los documentos como de información aportada por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas de la Universidad Cesar Vallejo.

Trujillo, Junio 2017



---

Segundo Miguel Saune Roncal

## **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 de calidad de suministro con mantenimiento de líneas energizadas en los alimentadores de media tensión en la ciudad de Trujillo”, la misma que someto a vuestra consideración y espero que cumpla con los requisitos de aprobación para obtener el título Profesional de Ingeniero Mecánico Eléctrico.

El Autor

## RESUMEN

El objetivo de la presente tesis es optimizar los indicadores de calidad de suministro con mantenimiento de líneas energizadas, el desarrollo de esta investigación se realizó en las instalaciones de la empresa Hidrandina SA., ubicada en la localidad de Trujillo, Provincia de Trujillo, Departamento de la Libertad.

El estudio se aplicó específicamente a los alimentadores de media tensión de la unidad de negocios Trujillo, la cual se subdivide en los sistemas eléctricos SE0122-Trujillo y SE1122-Virú, que en conjunto consta de 53 alimentadores.

Para los cálculos de los indicadores de calidad de suministro se utilizó la data histórica del primer y segundo semestre del año 2016, con que cuenta la empresa Hidrandina, registrados en su módulo denominado Optimus NGC-NTCSE.

El presente trabajo unifica los conceptos del SAIFI, SAIDI, energía no suministrada y compensaciones por mala calidad de suministro eléctrico, estos al pasar a una sola escala de medición, cuantificando el SAIDI por medio de la energía no suministrada, el SAIFI por medio del costo promedio de reparación por alimentador y las compensaciones, luego de realizar los cálculos y aplicando el análisis de Pareto se obtuvieron 11 AMT críticos los cuales representa el 51.32% de costos que generan las interrupciones de los 53 alimentadores de media tensión, de ello el 10.89 % representa 62,746.79 US\$ generado por el AMT VIR002 en el primer y segundo semestre del año 2016.

Con los valores obtenidos de los indicadores  $SAIFI_{MT}$  y  $SAIDI_{MT}$  en el primer semestre del año 2017 hemos logrado superar los valores semestrales de desempeño esperado para el alimentador seleccionado obteniendo los valores de 2.94  $SAIFI_{MT}$  y 2.5  $SAIDI_{MT}$ .

Palabras claves: SAIDI, ENS, Compensaciones y Líneas energizadas

## **ABSTRACT**

The objective of this thesis is to optimize the quality indicators of an energized lines maintenance supply, the development of this research was made in the facilities of Hidrandina SA company, located in the city of Trujillo - La Libertad.

The study was specifically applied to the medium voltage feeders of the Trujillo business unit, which is subdivided into two electrical systems: SE0122-Trujillo and SE1122-Virú, which together consists of 53 feeders.

To calculate the indicators of supply quality, we used the historical data of the first and second semester of 2016 of Hidrandina, wich is registered in the module Optimus NGC-NTCSE.

The present study unifies SAIFI, SAIDI, energy not supplied and compensations for poor quality electric power concepts, these ones when passing to a single measurement scale, quantifying the SAIDI by the energy not supplied, the SAIFI by the average reparation cost per feeder and the compensations, after performing the calculations and applying the Pareto analysis were obtained 11 AMT in critical state, which represent the 51.32% of the costs that generate the interruptions of the 53 medium voltage feeders, and the 10.89% of these last, represents US \$ 62,746.79 generated by AMT VIR002 in the first and second semester of 2016.

With the values obtained from the SAIFIMT and SAIDMT indicators in the first half of 2017 we have achieve to overcome the half-year performance values expected for the selected feeder, obtaining the values of 2.94 SAIFIMT and 2.5 SAIDI MT.

Key words: SAIDI, ENS, Compensations and Energized Lines

## ÍNDICE

PÁGINA DE JURADO .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
DEDICATORIA .....	iii
AGRADECIMIENTO .....	iv
DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD .....	v
PRESENTACIÓN .....	vi
RESUMEN.....	viii
I. Introducción.....	14
1.1. Realidad problemática .....	14
1.2. Trabajos previos.....	16
1.3. Teorías relacionadas al tema.....	18
1.3.1. Registro de datos de interrupciones.....	18
a. NGC- NTCSE.....	18
b. Centro de control de operaciones CCO.....	19
c. Registro de mantenimiento (Regman) .....	19
1.3.2. Calidad de Suministro.....	20
1.3.2.1. Parametros eléctricos.....	20
1.3.2.2. Indicadores de calidad de suministro.....	22
a. Número total de interrupciones por semestre(N) .....	22
b. Duración total ponderada de interrupción por cliente(D) .....	22
c. SAIFI (System Average Interruption Frequency Index).....	23
d. SAIDI (System Average Interruption Duration Index).....	24
e. Calculo de indicadores SAIFI <sub>MT</sub> y SAIDI <sub>MT</sub> asociado a las redes de M.T.....	24
1.3.2.3. Compensaciones.....	25
1.3.3. Alimentadores de media tensión(AMT).....	26
1.3.4. Componentes de los alimentadores .....	26
1.3.4.1. Tipo de interrupciones en los Alimentadores de Media tensión .....	31
1.3.5. Mantenimiento con línea energizada.....	32
1.3.6. Elementos de protección para líneas energizadas .....	40
1.3.7. Trabajos de Mantenimiento con líneas energizadas .....	41
1.3.8. Mantenimiento predictivo.....	45
1.4. Formulación del problema .....	50
1.5. Justificación .....	50



1.6. Hipótesis.....	51
1.7. Objetivos.....	51
II. MÉTODO .....	52
2.1. Diseño de investigación .....	52
2.2. Variables, operacionalización .....	53
2.3. Población, muestra .....	55
2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	55
2.5. Métodos de análisis de datos.....	58
2.6. Aspectos éticos .....	58
III. Resultados .....	59
3.1. Recopilación de datos del Optimus NGC-NTCSE, reportes del CCO y Regman. ....	59
3.3. Determinación de los alimentadores críticos de la unidad de negocio Trujillo para el año 2016 .....	66
3.4. Alimentadores críticos .....	72
3.5. Plan de mantenimiento para trabajos con líneas energizadas .....	74
3.5.1. Desarrollo del plan de trabajo.....	74
a) Registro de interrupciones en el AMTVIR002 .....	74
b) Ubicación de las fallas en diagrama unifilar en el AMT VIR002 .....	75
c) Inspección termográfica y efecto corona.....	76
d) Inspección minuciosa por la cuadrilla de líneas energizadas .....	78
3.6. Calculo de los indicadores luego de los trabajos con líneas energizadas.....	84
3.6.1. Saifi y Saidi del alimentador crítico VIR002.....	84
3.6.2. ENS del alimentador critico VIR002 .....	87
3.6.3. Compensaciones del AMT Critico VIR002 .....	88
3.6.4. Comparativo de costos de ineficiencia del ranking de los AMT obtenidos .....	88
IV. DISCUSIÓN.....	91
V. CONCLUSIÓN .....	95
VI. RECOMENDACIONES.....	97
VII. REFERENCIAS .....	98
GLOSARIO DE TÉRMINOS .....	100
ANEXOS .....	102

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1:	Sistema de gestión comercial Distriluz .....	18
Figura 1.2:	Sistema scada los AMT Trujillo sur .....	19
Figura 1.3:	Configuración de un AMT.....	26
Figura 1.4:	Conductor de Cobre (cu) y Aluminio (Al) .....	27
Figura 1.5:	Aisladores .....	29
Figura 1.6:	Conectores de ranura paralela 3 pernos .....	29
Figura 1.7:	Conectores tipo cuña .....	29
Figura 1.8:	Equipos de maniobra .....	30
Figura 1.9:	Trabajos en instalaciones eléctricas.....	33
Figura 1.10:	Trabajos ejecutados sin energía eléctrica .....	34
Figura 1.11:	Zonas de trabajos con elementos con tensión .....	35
Figura 1.12:	Distancias de seguridad a la línea energizadas .....	38
Figura 1.13:	Método a contacto.....	39
Figura 1.14:	Cambio de seccionador cut out.....	43
Figura 1.15:	Conexionado de Recloser .....	43
Figura 1.16:	Trabajos con plataforma .....	44
Figura 1.17:	Cambio de estructura.....	44
Figura 1.18:	Cambio de cruceta .....	45
Figura 1.19:	Reparación de línea .....	45
Figura 1.20:	Espectro electromagnético.....	47
Figura 2.1:	Cámara Termográfica) .....	56
Figura 2.2:	Cámara de Efecto Corona.....	56
Figura 2.3:	Cámara fotográfica.....	56
Figura 2.4:	Herramientas .....	57
Figura 2.5:	Equipamiento para la ejecución de los trabajos .....	57
Figura 3.1:	Ranking de alimentadores críticos .....	71
Figura 3.2:	Ranking de alimentadores críticos en función al costo de ineficiencia.....	73
Figura 3.3:	Puntos de falla en el AMT VIR002 en el año 2016 .....	75
Figura 3.4:	Punto Caliente en porta fusible de seccionador tipo Cut Out.....	76
Figura 3.5:	Punto Caliente en seccionador tipo Cut Out y Conector bimetálico .....	77
Figura 3.6:	Efecto corona en Cut Out y aisladores.....	77
Figura 3.7:	Aislador tipo pin presenta efecto corona .....	78
Figura 3.8:	Conector de Aluminio averiado y Aislador tipo disco roto .....	79
Figura 3.9:	Aislador polimérico con suciedad y Conductor de aluminio deshebrado ...	80
Figura 3.10:	Bucle deshebrado en terminación y conector de aluminio recalentado ....	80
Figura 3.11:	Conductor de cobre conectado directamente a la línea de aluminio.....	80
Figura 3.12:	Conexionado de equipo recloser.....	81
Figura 3.13:	SAIFI Desempeño esperado (D.E.).....	85
Figura 3.14:	Saidi Desempeño esperado (D.E.).....	86

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1:	Factor de ponderación en la duración de la interrupción.....	22
Tabla 1.2:	Tolerancias de los Indicadores.....	23
Tabla 1.3:	Desempeño esperado (D.E).....	24
Tabla 1.4:	Tipo de Interrupciones.....	32
Tabla 1.5:	Clasificación de colores para el equipo de protección personal.....	37
Tabla 1.6:	Distancia mínimas de seguridad para trabajos en línea viva.....	38
Tabla 1.7:	Elementos de protección personal.....	40
Tabla 1.8:	Elementos de Protección Complementaria.....	41
Tabla 1.9:	Trabajos de mantenimiento con líneas energizadas.....	42
Tabla 1.10:	Criterio de clasificación de fallo.....	47
Tabla 1.11:	Metodología de monitoreo de descargas parciales.....	49
Tabla 1.12:	Diferencias entre Uv – Ir.....	50
Tabla 3.1:	Disgregación por responsabilidades de los Indicadores Saifi y Saidi por Alimentador en el año 2016.....	60
Tabla 3.2:	Compensación por alimentador de Media tensión (Dólares).....	62
Tabla 3.3:	Cálculo de los indicadores de calidad de suministro para un cliente de media tensión.....	65
Tabla 3.4:	Calculo de la ENS por Alimentador en función al SAIDI (MWh).....	67
Tabla 3.5:	Calculo se costó de reparación por Alimentador en función del SAIFI.....	68
Tabla 3.6:	Ranking de los alimentadores críticos en función a los costos de ineficiencia.....	69
Tabla 3.7:	Alimentadores críticos en función costo de ineficiencia (dólares/año).....	72
Tabla 3.8:	Elementos que componen el AMT VIR002.....	73
Tabla 3.9:	Observaciones de la inspección minuciosa por Líneas energizadas.....	79
Tabla 3.10 :	Plan de Trabajo del AMT VIR002.....	82
Tabla 3.11:	Comparativo SAIFI Y SAIDI 2017 S1 con los semestre 2016.....	84
Tabla 3.12:	Disgregación SAIFI <sub>MT</sub> por responsabilidad.....	85
Tabla 3.13:	Disgregación SAIDI <sub>MT</sub> por responsabilidad.....	85
Tabla 3.14:	Comparativo SAIFI <sub>MT</sub> Y SAIDI <sub>MT</sub> 2017 S1 con los semestre 2016.....	86
Tabla 3.15:	Comparativo SAIFI <sub>MT</sub> Y SAIDI <sub>MT</sub> 2017 S1 con los semestre 2016.....	87
Tabla 3.16:	Comparativo ENS del 2017 S1 con los semestre 2016.....	87
Tabla 3.17:	Las compensaciones del primer semestre 2017.....	88
Tabla 3.18:	Comparativo de los semestres 2016 y 1er semestre 2017.....	88
Tabla 3.19:	Ranking de los AMT críticos del primer semestre 2017.....	90