



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA
MECÁNICA ELÉCTRICA**

**Auditoría energética y rediseño de subestación eléctrica
trifásica en una planta industrial para mejorar su eficiencia y
capacidad**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Mecánico Electricista

AUTOR:

Gonzáles Nolasco, Jessel Mateo (ORCID: 0000-0003-3467-6378)

ASESOR:

Mg. De la Cuz Araujo, Ronal Abel (ORCID: 0000-0003-3551-184X)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Generación, Transmisión y Distribución de Energía

TRUJILLO - PERÚ

2020

Dedicatoria

A Dios, a mis hermanos, en especial a Birgna Gonzales y Pablo Gonzales que con mucho esfuerzo y apoyo incondicional me brindaron la oportunidad de estudiar en la Universidad.

A mis padres en el cielo María Nolasco, Pablo Gonzales mi hermano Gabriel Gonzales por sus consejos de gran valor y enseñanza; mis hijos Jessel, Rosa, Jhael y Lorena quienes siempre me motivaron en lo largo de mi formación universitaria.

Agradecimiento

A mi asesor de Tesis, al Ing. Raúl Rosalí Paredes Rosario por compartir sus experiencias y conocimientos, así como su colaboración continúa en la elaboración del presente trabajo.

Índice de contenidos

Carátula.....	i
Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento	iii
Índice de contenidos	iv
Índice de tablas.....	v
Índice de figuras	vi
Resumen.....	vii
Abstract	viii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO	4
III. METODOLOGÍA.....	13
3.1. Tipo y diseño de investigación	13
3.3. Población, muestra, muestreo unidad de análisis.....	15
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	15
3.5. Procedimientos.....	16
3.6. Métodos de análisis de datos	16
3.7. Aspectos éticos.....	16
IV. RESULTADOS	17
4.1. Auditoría energética a subestación eléctrica trifásica actual.....	17
4.2. Rediseño de subestación eléctrica.....	34
4.3. Cálculo del aumento de capacidad y rendimiento en la subestación	71
4.4. Análisis económico de la inversión.....	72
V. DISCUSIÓN.....	74
VI. CONCLUSIONES.....	78
VII. RECOMENDACIONES	80
REFERENCIAS	81
ANEXOS	81

Índice de tablas

Tabla 1:	Determinar el dimensionamiento del transformador.....	9
Tabla 2:	Cuadro de Variables y sus definiciones.....	14
Tabla 3:	Técnicas e instrumentos utilizados.....	15
Tabla 4:	Consumo promedio de potencia y energía activa.....	18
Tabla 5:	Consumo promedio de potencia y energía reactiva.....	21
Tabla 6:	Propiedades eléctricas para cable en MT tipo N2XSY 3.6/6 kV.....	26
Tabla 7:	Propiedades eléctricas para cable en MT tipo N2XSY 3.6/6 kV.....	29
Tabla 8:	Parámetros de operación actual en Transformador 1000 kVA.....	31
Tabla 9:	Parámetros de operación actual en Transformador 750 kVA.....	32
Tabla 10:	Parámetros de operación actual en transformador de 50 kVA.....	33
Tabla 11:	Propiedades eléctricas para cable N2XSY 8.7/15 kV.....	38
Tabla 12:	Conductividad eléctrica según el material físico.....	40
Tabla 13:	Características del cable según escala métrica.....	41
Tabla 14:	Datos de Motores trifásico en BT 150 y 300 kW.....	46
Tabla 15:	Motores trifásicos de alto rendimiento WEG.....	47
Tabla 16:	Calor perdido en el ambiente de la subestación.....	52
Tabla 17:	Valores de evacuación del aire en una instalación.....	52
Tabla 18:	Características de los Interruptores.....	59
Tabla 19:	Datos obtenidos del terreno en el análisis realizado.....	64
Tabla 20:	Resistencia de los electrodos instalados.....	64
Tabla 21:	Valores típicos del factor de asimetría (Df).....	65
Tabla 22:	Temperatura máxima de fusión.....	67
Tabla 23:	Constante Kf para diferentes tipos de electrodos.....	68

Índice de figuras

Figura 1:	Parámetros para determinar eficiencia de transformador trifásico....	10
Figura 2:	Parámetros para calcular eficiencia de conductor trifásico.....	11
Figura 3:	Diagrama de flujo del procedimiento.....	13
Figura 4:	Variables independientes, dependientes.....	14
Figura 5:	Diagrama actual de la subestación eléctrica.....	17
Figura 6:	Variación de Potencia activa absorbida en Horas Fuera de Punta....	19
Figura 7:	Variación de Potencia activa absorbida en Horas Punta.....	19
Figura 8:	Consumo de Energía eléctrica activa en Horas Fuera de Punta.....	20
Figura 9:	Consumo de Energía eléctrica activa en Horas Punta.....	20
Figura 10:	Variación de Potencia eléctrica reactiva en Horas Fuera de Punta...22	
Figura 11:	Variación de Potencia eléctrica reactiva en Horas Punta.....	22
Figura 12:	Consumo de Energía eléctrica reactiva en Horas Fuera de Punta....	23
Figura 13:	Consumo de Energía eléctrica reactiva en Horas Punta.....	23
Figura 14:	Subestación con motores en MT, 10/1.5 kV.....	24
Figura 15:	Distribución proyectada de la subestación eléctrica.....	34
Figura 16:	Transformador trifásico seco, encapsulado 2000 kVA.....	36
Figura 17:	Cables en tres ternas para BT, 460 V.....	40
Figura 18:	Disposición de bancos de condensadores y su conexionado.....	45
Figura 19:	Disposición de subestación con transformador de 2000 kVA.....	49
Figura 20:	Ventilación de local de subestación con extractor axial.....	53
Figura 21:	Climatización con equipos de refrigeración de celdas de subestación.....	54
Figura 22:	Esquema del sistema de enfriamiento.....	56
Figura 23:	Interruptor trifásico, caja moldeada – Schneider.....	58
Figura 24:	Dimensiones requeridos de un electrodo.....	61
Figura 25:	Superficie ocupada por malla de puesta a tierra.....	62
Figura 26:	Malla de puesta a tierra inicial.....	63
Figura 27:	Malla de puesta a tierra para transformador de 2000 KVA.....	69

Resumen

El objetivo de la presente investigación fue realizar una auditoría energética y rediseño de la subestación eléctrica trifásica de una planta para mejorar su eficiencia y capacidad, incluyéndose todos los costos que implican realizar estas mejoras. Se realizó la recolección de datos, cálculos y análisis correspondientes para efectuar los estudios de capacidad y eficiencia que tuvo inicialmente la subestación las cuales fueron: con una potencia instalada de 1800 kVA, solo se tiene disponibilidad de 102.9 kW y una eficiencia de 96.9%, mientras que con el rediseño de la subestación eléctrica propuesto se tendrá una potencia instalada de 2000 kVA una disponibilidad de carga de 271.2 kW; con ello se podrá atender la carga adicional requerida de 143 kW, también se obtuvo una mejor eficiencia del 99.1 %, siendo el mismo valor de factor de potencia de 0.99, lo que permite no pagar energía reactiva, ni sobrecalentamiento de los conductores y motores eléctricos; además se tendrá una mejor operación de la subestación eléctrica trifásica. Finalmente se realizó un análisis económico financiero con el rediseño de la subestación, tendremos un período de retorno estimado de la inversión, del orden de los 4.7 meses.

Palabras clave: Subestación eléctrica trifásica, eficiencia de la subestación, pérdidas en el transformador, análisis económico.

Abstract

The objective of this research was the development of the energy audit and redesign of the three-phase electrical substation of a plant to improve its efficiency and capacity, including all the costs involved in making these improvements. The data collection, calculations and corresponding analysis were carried out to carry out the capacity and efficiency studies that the substation initially had, which were: with an installed power of 1800 kVA, only 102.9 kW is available and an efficiency of 96.9%, While the redesign of the proposed electrical substation will have an installed power of 2000 kVA and a load availability of 271.2 kW; With this, the required additional load of 143 kW can be met, a better efficiency of 99.1% was also obtained, with the same power factor value of 0.99, which makes it possible not to pay reactive energy, nor overheating of the conductors and electric motors ; In addition, there will be a better operation of the three-phase electrical substation. Finally, an economic-financial analysis was carried out with the redesign of the substation, we will have an estimated return period of the investment, of the order of 4.7 months.

Keywords: Three-phase electrical substation, substation efficiency, transformer losses, economic analysis.



Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, DE LA CRUZ ARAUJO RONAL ABEL, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA y Escuela Profesional de INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO, asesor(a) del Trabajo de Investigación / Tesis titulada: "AUDITORÍA ENERGÉTICA Y REDISEÑO DE SUBESTACIÓN ELÉCTRICA TRIFÁSICA EN UNA PLANTA INDUSTRIAL PARA MEJORAR SU EFICIENCIA Y CAPACIDAD", del (los) autor (autores) GONZALES NOLASCO JESSEL MATEO, constato que la investigación cumple con el índice de similitud establecido, y verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender el Trabajo de Investigación / Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

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

Trujillo, 11 de agosto de 2020

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
DE LA CRUZ ARAUJO RONAL ABEL DNI: 42154250 ORCID 0000-0003-3551-184X	Firmado digitalmente por: RCRUZAR10 el 11 Ago 2020 05:29:48