

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Eléctrica

Tesis

**Propuesta de un trafomix de 10/0.22 KV Y 15/5 A para el
control de consumo de energía en el mercado
mayorista de Huancayo, 2023**

Franz David Chuquillanqui Borja

Para optar el Título Profesional de
Ingeniero Electricista

Huancayo, 2023

INFORME DE CONFORMIDAD DE ORIGINALIDAD DE TESIS

A : Ing. Felipe Néstor Gutarra Meza
Decano de la Facultad de Ingeniería

DE : Ing. Cesar Quispe Lopez
Asesor de tesis

ASUNTO : Remito resultado de evaluación de originalidad de tesis

FECHA : 16 de noviembre de 2023

Con sumo agrado me dirijo a vuestro despacho para saludarlo y en vista de haber sido designado asesor de la tesis titulada: **“PROPUESTA DE UN TRAFOMIX DE 10/0.22 KV Y 15/5 A PARA EL CONTROL DE CONSUMO DE ENERGÍA EN EL MERCADO MAYORISTA DE HUANCAYO, 2023”**, perteneciente al estudiante **FRANZ DAVID CHUQUILLANQUI BORJA**, de la E.A.P. de Ingeniería Eléctrica; se procedió con la carga del documento a la plataforma “Turnitin” y se realizó la verificación completa de las coincidencias resaltadas por el software dando por resultado 20 % de similitud (informe adjunto) sin encontrarse hallazgos relacionados a plagio. Se utilizaron los siguientes filtros:

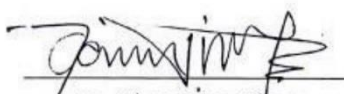
- Filtro de exclusión de bibliografía SI NO
- Filtro de exclusión de grupos de palabras menores (Nº de palabras excluidas: 40) SI NO
- Exclusión de fuente por trabajo anterior del mismo estudiante SI NO

En consecuencia, se determina que la tesis constituye un documento original al presentar similitud de otros autores (citas) por debajo del porcentaje establecido por la Universidad.

Recae toda responsabilidad del contenido de la tesis sobre el autor y asesor, en concordancia a los principios de legalidad, presunción de veracidad y simplicidad, expresados en el Reglamento del Registro Nacional de Trabajos de Investigación para optar grados académicos y títulos profesionales – RENATI y en la Directiva 003-2016-R/UC.

Esperando la atención a la presente, me despido sin otro particular y sea propicia la ocasión para renovar las muestras de mi especial consideración.

Atentamente,



Ing. César Quispe López
Asesor de tesis


DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD

Yo, Franz David Chuquillanqui Borja, identificado(a) con Documento Nacional de Identidad No. 72503006, de la E.A.P. de Ingeniería de la Facultad de Ingeniería Eléctrica la Universidad Continental, declaro bajo juramento lo siguiente:

1. La tesis titulada: "PROPUESTA DE UN TRAFOMIX DE 10/0.22 KV Y 15/5 A PARA EL CONTROL DE CONSUMO DE ENERGÍA EN EL MERCADO MAYORISTA DE HUANCAYO, 2023", es de mi autoría, la misma que presento para optar el Título Profesional de Ingeniero Eléctrico.
2. La tesis no ha sido plagiada ni total ni parcialmente, para la cual se han respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas, por lo que no atenta contra derechos de terceros.
3. La tesis es original e inédita, y no ha sido realizado, desarrollado o publicado, parcial ni totalmente, por terceras personas naturales o jurídicas. No incurre en autoplagio; es decir, no fue publicado ni presentado de manera previa para conseguir algún grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados son reales, pues no son falsos, duplicados, ni copiados, por consiguiente, constituyen un aporte significativo para la realidad estudiada.

De identificarse fraude, falsificación de datos, plagio, información sin cita de autores, uso ilegal de información ajena, asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndome a las acciones legales pertinentes.

14 de noviembre de 2023.



Franz David Chuquillanqui Borja

DNI. No. 72503006

PROPUESTA DE UN TRAFOMIX DE 10/0.22 KV Y 15/5 A PARA EL CONTROL DE CONSUMO DE ENERGÍA EN EL MERCADO MAYORISTA DE HUANCAYO, 2023

INFORME DE ORIGINALIDAD

20%

INDICE DE SIMILITUD

21%

FUENTES DE INTERNET

3%

PUBLICACIONES

%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	renati.sunedu.gob.pe Fuente de Internet	3%
2	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	3%
3	repositorio.unac.edu.pe Fuente de Internet	2%
4	repositorio.untels.edu.pe Fuente de Internet	2%
5	repositorio.uap.edu.pe Fuente de Internet	1%
6	docplayer.es Fuente de Internet	1%
7	core.ac.uk Fuente de Internet	1%
8	vsip.info Fuente de Internet	1%

9	repositorio.continental.edu.pe Fuente de Internet	1 %
10	static.cinetux.com Fuente de Internet	1 %
11	www.feban.net Fuente de Internet	1 %
12	tesis.ucsm.edu.pe Fuente de Internet	1 %
13	www.deperu.com Fuente de Internet	<1 %
14	repositorio.uncp.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
15	manglar.uninorte.edu.co Fuente de Internet	<1 %
16	vdocuments.site Fuente de Internet	<1 %
17	www.coursehero.com Fuente de Internet	<1 %
18	www.grafiati.com Fuente de Internet	<1 %
19	apirepositorio.unh.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
20	repositorio.unp.edu.pe Fuente de Internet	<1 %

21

1library.co

Fuente de Internet

<1 %

22

traction.com

Fuente de Internet

<1 %

Excluir citas

Apagado

Excluir coincidencias < 40 words

Excluir bibliografía

Activo

Índice

Agradecimiento	II
Asesor	III
Dedicatoria	IV
Índice	V
Índice de Figuras	VIII
Índice de Tablas	IX
Resumen	XI
Abstract	XII
Introducción	XIII
Capítulo I	14
Planteamiento del Estudio	14
1.1. Planteamiento y Formulación del Problema	14
1.1.1. Formulación del Problema	14
1.1.1.1. Problema General	14
1.1.1.2. Problemas Específicos	15
1.2. Objetivos	15
1.2.1. Objetivo General	15
1.2.2. Objetivos Específicos	15
1.3. Justificación	15
1.3.1. Justificación Social	15
1.3.2. Justificación Teórica	16
1.3.3. Justificación Económica	16
1.3.4. Justificación Metodológica	16
1.4. Importancia	17
1.5. Hipótesis y Descripción de Variables	17
1.5.1. Hipótesis	17
1.5.1.1. Hipótesis General	17
1.5.1.2. Hipótesis Específicas	17
1.6. Descripción de Variables	18
1.6.1. Variable Independiente (x)	18
1.6.2. Variable Dependiente (y)	18
1.6.3. Operacionalización de Variables	19
Capítulo II	20
Marco Teórico	20
2.1. Antecedentes del Problema	20

2.1.1. Antecedentes Internacionales.....	20
2.1.2. Antecedentes Nacionales	21
2.2. Bases Teóricas.....	23
2.2.1. Trafomix.	23
2.2.2. Diseño Eléctrico.....	24
2.2.3. Seguridad en la Instalación de Trafomix.	26
2.2.3.1. Distancia Eléctrica entre Circuito Propia y Conductores Eléctricos.....	26
2.2.3.2. Distancia Eléctrica a Masa.	26
2.2.3.3. Distancia entre Conductores a la Superficie del Terreno.....	26
2.2.3.4. Distancia entre Conductores a Cualquier Estructura.....	26
2.2.3.5. Distancia entre Conductores a Líneas de Telecomunicación y Cálculos de Distancia.....	27
2.2.4. Clasificación de Subestaciones acorde a su Función.	27
2.2.4.1. Subestaciones de Distribución.	27
2.2.4.2. Subestaciones de Distribución.	28
2.2.4.3. Subestaciones de Elevación.	28
2.2.4.4. Subestaciones de Reducción.	28
2.2.4.5. Subestaciones de Maniobra.....	29
2.2.4.6. Subestaciones Aisladas en Aire.	29
2.2.4.7. Subestaciones de Tipo Interior.....	29
2.2.5. Normas Técnicas Aplicables.....	30
2.2.6. Tipos de Usuarios.	31
2.2.7. Tipología del trafomix.	31
2.2.7.1. Clasificaciones Referentes al Transformador Combinado.....	31
2.2.7.2. Denominación del Transformador Combinado.....	31
2.2.8. Tipos de Conexionado de un trafomix.....	33
2.2.8.1. Conexión Delta Abierta.	33
2.2.8.2. Conexión Estrella.	34
2.2.8.3. Diagrama de Conexiones y Tipos de Conexionado de Transformadores.	35
2.2.9. Cálculo de los Parámetros de Electricidad.....	38
2.2.9.1. Reactancia de Inducción.	38
2.2.9.2. Resistencia Eléctrica.	39
2.2.9.3. Caída de Tensión rms Efectiva ($\Delta V\%$).	39
2.2.9.4. Cálculo a Conductores de Baja.	40
2.2.9.5. Selección del trafomix.	40
2.2.10. Sistema de Utilización de Media Tensión.	40
2.2.11. Tipos de Sistemas.....	41

2.2.11.1. Sistemas Monofásicos.....	41
2.2.11.2. Sistemas Bifásicos.	42
2.2.11.3. Sistemas Trifásicos.	43
Capítulo III.....	45
Metodología	45
3.1. Método, Tipo y Nivel de Investigación.....	45
3.1.1. Tipo.....	45
3.1.2. Nivel.....	45
3.1.3. Método.....	46
3.1.3.1. Método General.....	46
3.1.3.2. Método Específico.	47
3.2. Diseño y Esquema de la Investigación.....	47
3.3. Población, Muestra y Técnica de Muestreo	48
3.3.1. Población.	48
3.3.2. Muestra.	48
3.3.3. Tipo de Muestreo.....	49
3.4. Técnica e Instrumento de Acopio de Datos	49
3.4.1. Técnica de Fichaje.	49
3.4.2. Técnica de Registros.....	49
3.5. Técnicas de Procesamiento de Datos	49
Capítulo IV	50
Resultados y Discusión	50
4.1. Características Geográficas de la Instalación del Transformador Combinado.	50
4.2. Máxima Demanda del Mercado Mayorista.....	51
4.3. Cálculo de Conductores de Media Tensión.....	51
4.4. Cálculo de la Caída de Tensión.....	53
4.5. Cálculo del Transformador de Derivación.....	54
4.6. Determinación del Nivel de Aislamiento	56
4.7. Determinación de las Distancias de Seguridad	59
4.8. Determinación de los Parámetros Eléctricos del trafomix	59
4.9. Instalación del trafomix.....	62
4.10. Monitoreo y Control de las Cargas del Trafomix	65
4.11. Calidad de la Energía en el Trafomix	67
Conclusiones.....	74
Recomendaciones.....	76
Lista de Referencias.....	77
Anexos.....	78

Índice de Figuras

Figura 1. Trafomix instalado en poste de media tensión	24
Figura 2. Esquema eléctrico de un trafomix	25
Figura 3. Trafomix TMEA - 33	32
Figura 4. Trafomix TMEB - 33.....	32
Figura 5. Trafomix TMEA - 22	33
Figura 6. Trafomix TMEA - 11	33
Figura 7. Conexión 03 TC - Y	35
Figura 8. Conexión 03 TC + 03 TP – Y.....	36
Figura 9. Conexión 04 TC – Y.....	36
Figura 10. Conexión 03 TC +02 TP - Y	37
Figura 11. Conexión 03 TC + Δ	37
Figura 12. Conexión 02 TC + 02 TP - Δ	38
Figura 13. Disposición de línea crítica de conductores.....	38
Figura 14. Sistemas de 1, 2 y 3 hilos	44
Figura 15. Proceso sistemático del método científico.....	46
Figura 16. Esquema general del diseño descriptivo.....	47
Figura 17. Características del diseño de investigación descriptivo.....	48
Figura 18. Ubicación del mercado Mayorista.....	50
Figura 19. Estructura PSVE-3 del trafomix del mercado Mayorista	55
Figura 20. Aislador de suspensión tipo cuenca y bola Gamma Corona.....	58
Figura 21. Imagen 3D del aislador tipo cuenca Corona.....	58
Figura 22. Catalogo trafomix	61
Figura 23. Instalación del trafomix.....	62
Figura 24. Instalación del transformador combinado y acometida	63
Figura 25. Placa característica del transformador	63
Figura 26. Detalle de conexionado del transformador mixto.....	64
Figura 27. Detalle de parámetros eléctricos del transformador combinado.....	64
Figura 28. Reporte analizador de redes de tensión máxima.....	68
Figura 29. Reporte analizador de redes de tensión mínima	69
Figura 30. Reporte analizador de redes de potencia máxima.....	70
Figura 31. Reporte analizador de redes de potencia mínima	71
Figura 32. Reporte analizador de redes factor de potencia	72
Figura 33. Reporte analizador de redes de factor de potencia	73

Índice de Tablas

Tabla 1. Operacionalización de variables	19
Tabla 2. Normas aplicables y su relevancia.....	30
Tabla 3. Tipos de usuario.....	31
Tabla 4. Tipología del transformador combinado.....	31
Tabla 5. Aplicación de la conexión delta abierta en transformadores combinados	34
Tabla 6. Aplicación de la conexión estrella en transformadores combinados	35
Tabla 7. Componentes del sistema de utilización en media tensión	41
Tabla 8. Características de sistemas monofásicos	42
Tabla 9. Características de sistemas trifásicos	43
Tabla 10. Coordenadas UTM de la ubicación del trafomix	50
Tabla 11. Demanda máxima del mercado mayorista.....	51
Tabla 12. Longitud de acometidas conectadas a los tableros.....	51
Tabla 13. Datos técnicos del conductor de media tensión AAAC.....	52
Tabla 14. Resistencia eléctrica del conductor	52
Tabla 15. Reactancia inductiva del conductor	52
Tabla 16. Cálculo de los fusibles del conductor	53
Tabla 17. Selección del fusible del cut – out	53
Tabla 18. Cálculo de la caída de tensión.....	54
Tabla 19. Cálculo del transformador	56
Tabla 20. Parámetros del transformador	56
Tabla 21. Cálculo del factor de corrección del trafomix.....	57
Tabla 22. Cálculo del factor de corrección por altitud.....	57
Tabla 23. Cálculo de la línea de fuga.....	57
Tabla 24. Cálculo de la tensión disruptiva a lluvia máxima	58
Tabla 25. Características del aislador escogido	59
Tabla 26. Distancias mínimas de seguridad acorde al CNE	59
Tabla 27. Dimensionamiento del trafomix	60
Tabla 28. Requerimientos energéticos del transformador combinado para el mercado Mayorista.....	61
Tabla 29. Disposición de cargas y potencia de los tableros de distribución en el mercado Mayorista.....	65
Tabla 30. Caída de tensión evaluada en acometidas de tableros de los circuitos del mercado Mayorista.....	66
Tabla 31. Relevancia del control de calidad en el trafomix.....	67
Tabla 32. Prueba de voltaje máximo – analizador PQ - box.....	68

Tabla 33. Prueba de voltaje mínimo – analizador PQ - box	69
Tabla 34. Prueba de potencia aparente máxima – analizador PQ - box.....	70
Tabla 35. Prueba de potencia aparente mínima – analizador PQ - box	71
Tabla 36. Prueba de factor de potencia mín. y máx. – analizador PQ - box	72
Tabla 37. Armónicos de voltaje – analizador PQ - box	73

Resumen

La investigación responde a la siguiente interrogante ¿Cómo sería el dimensionamiento de un transformador combinado de 10/0.22 kV y 15/5 A para el control de consumo de energía en el mercado Mayorista de Huancayo, 2023?, como objetivo principal lo que se busca es dimensionar los parámetros eléctricos referentes a la pre- y postinstalación del transformador de la capacidad anteriormente mencionada para el consumo de energía eléctrica de los usuarios del mercado mayorista, se hacen estudios de estabilidad actual de la red con los sistemas de medición adecuados para verificar el *status* de la calidad de la energía eléctrica en el mercado Mayorista, asimismo la gráfica de la demanda eléctrica para hacer la estimación del consumo aplicando y analizando datos reales y actualizados de Electrocentro. El diseño fue el descriptivo, la muestra es unitaria, estuvo constituida por el transformador combinado instalado en el mercado Mayorista para la alimentación de los usuarios. Se concluye que la instalación del transformador combinado abastece el consumo de energía eléctrica del mercado Mayorista y, asimismo, tiene una calidad de energía aceptable y, se puede ejercer un control en la demanda en las horas punta y fuera de punta, el dimensionamiento de la instalación del transformador combinado cumple con los requisitos técnicos y operativos que el consumo de los usuarios del mercado Mayorista de Huancayo demanda.

Palabras claves: demanda eléctrica, mercado Mayorista de Huancayo, trafomix

Abstract

The investigation responds to the following question: How would the sizing of a combined 10/0.22 kV and 15/5 A transformer be for the control of energy consumption in the Mayorista Market of Huancayo, 2023?, as the main objective what is sought is to dimension the electrical parameters referring to the pre and post installation of the transformer of the aforementioned capacity for the consumption of electrical energy of the users of the Mayorista market, current stability studies of the network are carried out with the appropriate measurement systems to verify the status of the quality of electrical energy in the Mayorista market, as well as the graph of electrical demand to estimate consumption by applying and analyzing real and updated data from Electrocentro. The design was descriptive, the sample is unitary, it consisted of the combined transformer installed in the Mayorista market for powering users. It is concluded that the installation of the combined transformer supplies the electricity consumption of the Mayorista market and, likewise, has an acceptable energy quality and, likewise, demand control can be exercised at peak and off-peak hours, the dimensioning of the installation of the combined transformer complies with the technical and operational requirements that the consumption of the users of the Mayorista market of Huancayo demand.

Keywords: electricity demand, Mayorista market of Huancayo, trafomix