

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA
MECÁNICA ELÉCTRICA



Pérdidas técnicas de energía en media tensión del alimentador

CHN025 9na Norte, Chimbote - 2024

Informe de tesis para obtener el título de Ingeniero Mecánico
Eléctrico

Autor

Saldaña Domínguez, Roberto Vladimir

Asesor – Código ORCID

Dr. Carrasco Alvarado Wilmer Pasión

Código 0000-0003-3138-9808

Chimbote – Perú

2024

Índice General

Índice General.....	I
Índice de Tablas	II
Índice de Figuras.....	III
Palabras Clave.....	IV
Constancia de Originalidad	V
Título	VI
Resumen	VII
Abstract	VIII
Introducción.....	1
Metodología.....	12
Resultados.....	17
Análisis y Discusión.....	50
Conclusiones	53
Recomendaciones	54
Agradecimientos	55
Referencias Bibliográficas.....	56
Anexos.....	58

Índice de tablas

Tabla 1. Porcentaje de pérdidas totales	23
Tabla 2. Humedad relativa en la Ciudad de Chimbote	24
Tabla 3. Corriente de fuga respecto a la humedad relativa	24
Tabla 4. Resultados del análisis de pérdida de energía	25
Tabla 5 Porcentaje de caída de tensión en MT del alimentador CHN025 9na Norte	25
Tabla 6 Cálculo de pérdidas técnicas de energía en líneas de MT.....	26
Tabla 7 Pérdidas de resistencia en transformadores de distribución.....	28
Tabla 8 Pérdidas en el núcleo del transformador de distribución	29
Tabla 9 Subestaciones de distribución pertenecientes al alimentador CHN025 9na Norte...	31
Tabla 10 Pérdidas totales en los transformadores del alimentador CHN025 9na Norte	32
Tabla 11 Barras del sistema eléctrico.....	36
Tabla 12 Porcentaje de pérdidas técnicas.....	48

Índice de Figuras

Figura 1. Telurómetro Megabras/modelo MTD-20KWe	13
Figura 2. Megometro SANWA MG-5000.....	14
Figura 3. Cámara Termográfica Fluke Ti480	15
Figura 4. Conductores ingresados en el software	19
Figura 5. Circulación del flujo de carga	21
Figura 6. Circuito equivalente de un transformador de distribución.....	27
Figura 7. Configuración de la barra PQ	37
Figura 8. Configuración de la barra PV	37
Figura 9. Circuito del análisis del tramo V_i a V_j	41
Figura 10. Equivalencia entre una carga y una rama	42
Figura 11. Red radial del sistema de distribución.....	43
Figura 12. Equivalencia del circuito de carga conectada a un generador.....	44
Figura 13 Clasificación de las pérdidas de energía.....	49

Palabras clave

Pérdidas técnicas de energía, media tensión

Keywords

Technical energy losses, medium voltage

Línea de Investigación - OCDE

Línea	Sector energía
Área	Ingeniería, Tecnología
Sub área	Ingeniería eléctrica, electrónica e informática
Disciplina	Ingeniería eléctrica y electrónica

Constancia de Originalidad



VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

El que suscribe, Vicerrector de Investigación de la Universidad San Pedro:

HACE CONSTAR

Que, de la revisión del trabajo titulado "**Pérdidas técnicas de energía en media tensión del alimentador CHN025 9na Norte, Chimbote - 2024**" del (a) estudiante: **SALDAÑA DOMINGUEZ ROBERTO VLADIMIR**, identificado(a) con Código N° **1110101055**, se ha verificado un porcentaje de similitud del **21%**, el cual se encuentra dentro del parámetro establecido por la Universidad San Pedro mediante resolución de Consejo Universitario N° 5037-2019-USP/CU para la obtención de grados y títulos académicos de pre y posgrado, así como proyectos de investigación anual Docente.

Se expide la presente constancia para los fines pertinentes.

Chimbote, 27 de marzo de 2025

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN

Dr. JAVIER MARTÍNEZ CARRIÓN
VICERRECTOR



NOTA: Este documento carece de valor si no tiene adjunta el reporte del Software TURNITIN.

Titulo

**Perdidas técnicas de energía en media tensión del alimentador
CHN025 9na Norte, Chimbote - 2024**

Resumen

En esta la investigación se determinó las pérdidas técnicas de energía en media tensión del alimentador CHN025 9na Norte, Chimbote – 2024, a consecuencia de fallas e interrupciones en el servicio eléctrico, ocasionando, que se activen los equipos de protección y bajo costo en las facturaciones de la concesionaria. Así mismo, determinar el impacto de las pérdidas técnicas y no técnicas de energía en el sistema de distribución de media tensión, teniendo en cuenta todos los factores que influyen en su funcionamiento. Desde lo investigativo se considera una investigación de nivel descriptiva, de diseño transversal. La información técnica de las redes y subestaciones de distribución proporcionadas por la empresa concesionaria de la zona, Hidrandina; se evaluaron los parámetros eléctricos de cada componente del sistema de distribución y todos los comportamientos que este presenta; de igual manera se realizó la corrida de flujo de carga mediante el uso del Software de simulación DIgSILENT Power Factory (Digital SIMuLation and Electrical NeTwork). Los resultados del software nos determinaron que el alimentador tiene un 3,96 % de perdidas técnicas; Dichas perdidas podrían mejorar con las recomendaciones propuestas en este estudio.

Abstract

The research determined the technical energy losses in medium voltage of the feeder CHN025 9na Norte, Chimbote - 2024, as a result of failures and interruptions in the electric service, causing the activation of protection equipment and low cost in the concessionaire's billings. Likewise, to determine the impact of technical and non-technical energy losses in the medium voltage distribution system, taking into account all the factors that influence its operation. From the research point of view, it is considered descriptive research, with a transversal design. The technical information of the distribution networks and substations provided by the concessionaire company of the area, Hidrandina; the electrical parameters of each component of the distribution system and all the behaviors that it presents were evaluated; likewise, the load flow run was performed by using the simulation software DIgSILENT Power Factory (Digital SIMuLation and Electrical NeTwork).the results of the software determined that the feeder has 3.96 % of technical losses; these losses could be improved with the recommendations proposed in this study.

Introducción

Las pérdidas de energía eléctrica en una subestación representan un desafío crítico en la gestión eficiente de los sistemas eléctricos de potencia. Una subestación es un punto clave en la transmisión y distribución de electricidad, donde la energía se transforma y se distribuye a diferentes sectores. Sin embargo, durante este proceso, parte de la energía se ve afectada por diversas pérdidas que ocurren debido a la resistencia de los conductores, las transformaciones de voltaje y la conversión de energía en calor. Estas pérdidas no solo afectan la eficiencia del sistema, sino que también incrementan los costos operativos y pueden tener impactos negativos en la confiabilidad y estabilidad de la red eléctrica. Identificar y mitigar las causas de estas pérdidas es esencial para optimizar el rendimiento de la subestación y garantizar un suministro eléctrico más confiable y económico. En este estudio se han tomado estudios previos relacionados con la pérdida de energía, objeto de estudio de esta investigación.

En la investigación de Diestra (2024) se identificó el efecto de las pérdidas de energía en el sistema de distribución del alimentador AMT HRZ282 en la calidad del servicio eléctrico, con el fin de sugerir acciones para mejorar dicho servicio. Este estudio pertenece a la categoría de investigación pre-experimental, con un enfoque descriptivo. La población y muestra estuvo constituida únicamente por el AMT HRZ282, que comprendió 110 alimentadores secundarios en baja tensión localizados en Huaraz, cuya carga es predominantemente domiciliaria. Para el segundo semestre de 2023, se llevó a cabo un balance energético del AMT HRZ282, resultando en un porcentaje de pérdidas totales del 12.1% y un factor de carga del 67.6%. Dentro de este análisis, se identificó que 23 alimentadores secundarios presentan pérdidas superiores al 13,8%, destacando uno con un valor superior al 17%.

Cañari y Bacón (2023) en este estudio se aborda el problema de las pérdidas eléctricas en los alimentadores eléctricos desde la perspectiva de mejorar la eficiencia energética y la sostenibilidad del sistema de distribución de energía. Se analizan diversas técnicas y métodos para controlar las pérdidas, tales como la regulación de voltaje, la gestión de la carga de demanda, la detección de fallas y las mejoras en la infraestructura de distribución, todas orientadas a la recuperación de energía y su

relación con el control de pérdidas. El estudio mostró que el control de calidad influye directamente en la recuperación de energía y en el manejo de las pérdidas establecidas. Además, se constató que el uso de dispositivos para el control de pérdidas asegura una mejora significativa y confiable en la calidad de energía del sistema de distribución del alimentador A4005.

Ayma (2022) en el estudio de tesis, se propuso aplicar la metodología del balance de pérdidas de energía para optimizar el control de las pérdidas energéticas de manera diferenciada en el subsistema de distribución eléctrica de Dolorespata. Se utilizó la mencionada metodología para identificar de forma precisa las pérdidas de energía, desglosadas por alimentadores de media tensión. En este informe, se consideraron los nueve alimentadores de media tensión que conforman el subsistema de distribución eléctrica de Dolorespata, cada uno compuesto por líneas primarias, transformadores de distribución, redes secundarias y medidores de electricidad en los hogares de los clientes. Como resultado, se determinaron las pérdidas de energía por distribución, tanto en términos de volumen como de porcentaje respecto a la energía entregada, durante el período de 2021 para dicho subsistema. Las pérdidas totales de energía en distribución fueron del 10.77%, equivalentes a 18,142.43 MW-H anuales, de las cuales las pérdidas técnicas representaron el 4.78% (8,048.97 MW-H anuales) y las pérdidas no técnicas alcanzaron el 5.99% (10,093.46 MW-H anuales).

Zurita (2021) su trabajo se centró en desarrollar un plan de control para mejorar la recuperación de energía en un alimentador de la ciudad de Chiclayo, abarcando tanto las pérdidas técnicas, causadas por la propia estructura de la red de líneas, como las pérdidas no técnicas, originadas por clientes que se conectan de manera clandestina. El plan presenta dos fases: la primera consiste en la implementación de un control logístico y administrativo que evaluó el desempeño del servicio a los clientes, mientras que el segundo se enfocó en políticas de mantenimiento y prevención para asegurar que el sistema funcione correctamente. Este alimentador, al igual que otros, no está exento de problemas relacionados con las pérdidas eléctricas. En cuanto a la evaluación del comportamiento del servicio, se logró identificar y aislar a los clientes y posibles infractores que presenten un consumo irregular, utilizando los registros de

consumo de meses anteriores. Esto iniciará un monitoreo de los medidores que puedan ser sospechosos, para, una vez confirmado el fraude, realizar una recuperación retroactiva de los últimos 12 meses. En cambio, al comprobar el rendimiento del sistema, se identificaron las variaciones de temperatura, que son indicativas de defectos en los componentes eléctricos. Estas variaciones permiten detectar rápidamente fallas, facilitando su correcto mantenimiento y prevención, y asegurando así un sistema más duradero.

Para Asencio (2020) la investigación tuvo como objetivo analizar por sectores que facilite la reducción de pérdidas y el control del alimentador 1303, aplicando el método de balance energético en 15 subestaciones durante un periodo de seis meses. La información fue recolectada mediante fichas de registro realizadas con una pinza voltimétrica-amperimétrica, cuyos datos fueron digitalizados y procesados en Excel. Se identificaron pérdidas no técnicas de 271,871.17 kWh y pérdidas técnicas de 29,153.55 kWh, atribuibles a fenómenos físicos y robos de energía. Con el fin de validar la hipótesis, la prueba t-student fue empleada para muestras relacionadas, comparando mediciones previas y posteriores, lo que permitió detectar diferencias significativas a nivel estadístico. Con base en estos resultados, se propusieron estrategias de reducción de pérdidas y control que permitirían a la empresa optimizar su gestión administrativa.

Tejada (2020) en la investigación realizada se propuso estimar las pérdidas de energía durante el año 2019 en los dos niveles de tensión del alimentador N° 2 de la empresa concesionaria EMSEU S.A.C., para establecer las condiciones de funcionamiento de este alimentador, que constituye el 53.78% del consumo total de energía de la concesionaria y una pérdida al año del 11.10%. Para tal fin, utilizó la información disponible sobre los componentes del alimentador, así como los registros de consumo de energía y potencia proporcionados por la concesionaria y verificados en el campo. Los hallazgos indican que, en la tensión baja y media, en relación con el consumo anual de energía del alimentador, las pérdidas energéticas son del 7.19% y 3.91% respectivamente. Además, se encontró que, de las subestaciones públicas, el 52% tienen un factor de utilización inferior a 0.30. Por último, se destacan la

importancia de mantener actualizada la información y de proponer medidas administrativas y técnicas para alcanzar un nivel más eficiente de pérdidas de energía.

Murillo (2020) el objetivo del estudio fue desarrollar un algoritmo que permita modificar la configuración de los circuitos de media tensión, de manera que se pueda satisfacer toda la demanda de la red bajo análisis, manteniendo las pérdidas de energía por debajo de los niveles iniciales, mientras se asegura el cumplimiento de las restricciones operativas, como la regulación de tensión, la capacidad de los conductores y transformadores. Esto se logró mediante la combinación de estrategias como la reubicación de transformadores, la reducción de la capacidad instalada y la unificación de cargas. Para alcanzar una reducción adecuada de las pérdidas de energía, se diseñó un algoritmo capaz de modificar la configuración del circuito de distribución, aplicando y combinando las estrategias mencionadas. Además, este algoritmo permite calcular la disminución de las pérdidas para la nueva configuración y evalúa su viabilidad económica antes de su implementación. Como resultado, se observó que la técnica de reducción de capacidad instalada ofrece mayores beneficios cuando los factores de utilización del sistema son bajos. Esto se debe a que permite instalar transformadores de distribución de menor potencia, los cuales tienen un costo inferior en el mercado y sus pérdidas en el hierro y el cobre son menores, lo que se traduce en una reducción significativa de las pérdidas a un bajo costo. Por otro lado, la técnica de unificación de cargas muestra un buen desempeño cuando los transformadores están ubicados cerca unos de otros, ya que optimiza el uso de conductores más cortos y de menor calibre, lo que minimiza el aumento de las pérdidas por la inserción de nuevas redes y asegura una adecuada regulación de tensión en los puntos de carga, todo ello con un costo reducido en materiales.

Para Llaury (2019), en su estudio realizó, una evaluación energética de las líneas de transmisión eléctrica proporciona un análisis detallado de la eficacia en un sistema de transmisión en la transferencia de energía. Este proceso implica medir tanto la energía como la potencia que se transmite, con el fin de identificar las pérdidas causadas por distintos factores. La tesis presentada es el producto de un estudio centrado en examinar y valorar las pérdidas de energía eléctrica a través de las líneas

de transmisión entre la Subestación Eléctrica de Trujillo y la Subestación Eléctrica de Chiclayo (LT-500 Kv), gestionadas por la Empresa Red Perú. Primero, es presentada una introducción que trata los problemas asociados al sistema de transmisión entre Trujillo y Chiclayo, enfocándose en el estudio de las pérdidas energéticas en las líneas de transmisión. Basándonos en la información proporcionada por la compañía, se efectúan los cálculos requeridos para calcular las pérdidas eléctricas provocadas por el efecto Joule, el efecto Corona y las fugas en los aisladores.

Ninantay (2019) en la investigación se realizó el análisis y evaluación de las pérdidas de energía eléctrica, para incrementar la rentabilidad económica y la mejora en la atención al cliente de la empresa concesionaria Electro sur este SAA; mediante el análisis y control de las pérdidas de energía eléctrica en redes de baja tensión. En este contexto, se realizó un análisis del sistema eléctrico SE0032 – Barra Quencoro - Cusco, que forma parte de la zona de concesión de la empresa Electro Sur Este S.A.A. esta barra cuenta con siete alimentadores, que abastecen a la zona sur de la provincia de Cusco; sin embargo, uno de ellos (Barra QU-05) no se tomó en cuenta, ya que abastece a la zona rural de Paruro. La barra Quencoro es de gran relevancia, ya que suministra energía a la zona industrial de la ciudad. Con respecto a la disminución de las pérdidas Técnicas, la solución más adecuada sería el hecho de elevar el nivel de tensión, y de esta manera reducir los valores de pérdidas de energía en los alimentadores. Para esto sería necesario realizar cambios en los elementos y equipos de las subestaciones. Podemos indicar los costos a ser considerados: Mejorar nivel de aisladores. Reforzar estructuras de soporte (Postes). Realizar cambios de transformadores. (Cambio de nivel de tensión en el primario).

Machuca (2018) en su trabajo de tesis realizó un análisis del actual estado de funcionamiento para determinar las pérdidas energéticas técnicas en el alimentador referencial C216 de la subestación de potencia Chiclayo Oeste. La información requerida para la creación del proyecto se recolectó de la Empresa de Concesión Eléctrica correspondiente. Como resultado se propuso una opción para su reducción en función del crecimiento (proyección) de la demanda. Esta estrategia implica

identificar las áreas equivocadas (Cargabilidad, pérdidas de energía, disminución de la tensión) y proponer un proceso de reestructuración de redes, en la que la demanda sea ajustada y refleje el impacto en su desarrollo con la potencia a disposición del generador.

Perdidas Técnicas de Energía

Las áreas técnicas de la empresa en concesión sostienen que las pérdidas técnicas incluyen un componente fijo relacionado con el calor generado al energizar los transformadores, y un componente variable debido al calentamiento de los conductores eléctricos que transportan la electricidad. Este proceso de conversión de energía eléctrica a energía térmica se conoce como efecto Joule.

Las pérdidas técnicas representan la energía que se disipa y no se puede aprovechar, aunque es posible reducirlas a niveles aceptables mediante la implementación de planes específicos. Estas pérdidas son principalmente causadas por la resistencia de los conductores que transportan la energía desde los puntos de generación hasta los consumidores. Son un reflejo directo de la calidad y el diseño de las instalaciones eléctricas, y dependen del grado de optimización del sistema eléctrico, así como de las políticas de operación y mantenimiento aplicadas.

La identificación y control de las pérdidas eléctricas ha sido una preocupación constante en el sector eléctrico, ya que implican pérdidas económicas significativas para las empresas. Reducir estas pérdidas no solo mejora la disponibilidad de la capacidad instalada, sino que también reduce los costos operativos para generar el mismo beneficio social y económico en el consumo de electricidad. Esto, a nivel del sector energético, puede traducirse en una mayor eficiencia en el uso de energía primaria y, potencialmente, en menores inversiones en el subsector eléctrico.

Según Tama (2018) especifica que el sistema de suministro de energía eléctrica está compuesto por diversos elementos organizados y relacionados entre sí. Cualquier alteración en uno de estos componentes afecta al funcionamiento global del sistema. En términos fundamentales, este sistema eléctrico puede verse como un proceso físico que conecta las señales de entrada, como estímulos o excitaciones, con las salidas o

respuestas. Para comprender su funcionamiento, es esencial conocer los elementos que lo integran y las interacciones, ya sean directas o indirectas, entre estos elementos. Como se ilustra en la figura a continuación, el sistema de suministro de energía eléctrica consta de varias etapas funcionales: generación, transmisión, subtransmisión y distribución de electricidad.

Además, Tama argumenta que la generación de energía eléctrica es un proceso basado en el principio de conservación de la energía, que establece que "la energía no se crea ni se destruye, solo se transforma de una forma a otra". Esto implica que, al generar electricidad, se aprovechan y transforman diversas formas de energía, como la hidráulica, térmica, solar, eólica y mareomotriz, entre otras. Durante este proceso de conversión, que no es completamente eficiente, se producen las llamadas "pérdidas de energía". Es importante señalar que estas pérdidas ocurren a lo largo de todo el sistema de suministro eléctrico y en cada una de las etapas funcionales mencionadas.

Alimentador de Energía Eléctrica

Es una línea de transmisión encargada de transportar electricidad desde una central generadora o subestación hasta los puntos de distribución o consumidores finales. Su función principal es proporcionar una conexión continua y estable entre la fuente de energía y los sistemas de distribución que abastecen a los usuarios. Los alimentadores están compuestos por cables conductores, y pueden ser aéreos o subterráneos, dependiendo de las condiciones del terreno, las normativas locales y las características del sistema de distribución. Además de los cables, un alimentador de energía eléctrica incluye componentes adicionales como: disyuntores, transformadores y seccionadores, que regulan y protegen el flujo de electricidad a lo largo de su recorrido. Los alimentadores son fundamentales en la infraestructura eléctrica, ya que permiten la distribución de electricidad a hogares, empresas, industrias y otros servicios, asegurando que la energía llegue de manera eficiente y confiable a los usuarios finales.

Sydney (2023) contextualiza que, en el ámbito eléctrico, un alimentador es una línea de cables que se encarga de transportar electricidad desde una central eléctrica o subestación hasta los usuarios finales, generalmente pasando por un punto intermedio de conexión. Dependiendo del tipo de alimentador y las regulaciones locales, estos

cables pueden ser subterráneos o aéreos. El sistema de alimentación también incluye otros elementos esenciales, como disyuntores, transformadores y diversos componentes que facilitan la regulación y distribución de la electricidad dentro de un área determinada. Los alimentadores son utilizados por electricistas comerciales y otros profesionales del sector para proveer energía eléctrica de alta calidad a empresas, edificios, hogares, entre otros. Son especialmente útiles en proyectos comerciales con múltiples puntos de distribución, así como en aquellos que requieren más de un transformador de distribución para cumplir con las demandas eléctricas.

Así mismo, Sydney, argumenta que entender el funcionamiento del sistema de alimentación es crucial para aquellos interesados en cómo se distribuye la electricidad. En este artículo, explicaremos qué es un alimentador, cómo opera y por qué es fundamental para la confiabilidad de nuestra infraestructura eléctrica. Ya sea que sea propietario de una vivienda, electricista o simplemente tenga curiosidad sobre la tecnología que sostiene nuestro mundo, siga leyendo para conocer más sobre este componente vital de la red eléctrica.

Como principales consumidores de energía, debiéramos ser más conscientes de la relevancia de nuestra conducta y que cuidados tenemos con respecto a este recurso tan importante; Cuales son los avances en la tecnología eléctrica y la eficiencia energética desde la generación de la energía y la distribución por toda la red eléctrica llegando a cada hogar. La eficiencia de nuestro sistema eléctrico depende mucho de su adecuado consumo y funcionamiento, comenzando con minimizar las pérdidas técnicas y no técnicas en el recorrido, mejorando en la oferta y la demanda en tiempo real.

Los conductores y aparatos que componen el sistema de distribución presentan diversos efectos de pérdida de energía a lo largo del recorrido de la energía eléctrica. Debido a esta pérdida de energía, que se manifiesta en forma de calor, entra más energía al sistema de la que llega a los consumidores finales, a quienes se les cobrará por la energía que consumen. Las pérdidas totales, que se dividen en dos categorías (técnicas y no técnicas), son la diferencia entre la energía eléctrica que entra al sistema y la cantidad que se paga a los usuarios finales.

El Comité de Operación Económica del Sistema (COES) señala que la red de transporte de energía en Perú está conformada por más de 13,894 km de líneas eléctricas de alta tensión, y tiene una potencia efectiva superior a los 9,582 MW. Este sistema tiene la responsabilidad de asegurar que la provisión de energía se ajuste adecuadamente a la demanda. Además, debe ser gestionado de manera que se minimicen las pérdidas de energía, aunque estas siempre ocurran en ciertos niveles.

El impacto positivo será viable al existir la disminución de las pérdidas técnicas de las redes eléctricas teniendo así una mejor eficiencia energética. La disminución de estas permitirá mayor disponibilidad de potencia, generando incremento de la carga de los usuarios finales de las redes eléctricas.

El presente estudio servirá como antecedente para otros estudios relacionados a las pérdidas técnicas de energía eléctrica en las redes de media tensión. La disminución de las pérdidas técnicas facilitará el incremento de la fiabilidad del sistema eléctrico, permitiendo de esta forma la continuidad del servicio eléctrico, permitiendo el cumplimiento de lo establecido en la Norma Técnica de los Servicios Eléctricos.

Durante los últimos periodos del servicio eléctrico se han presentado interrupciones y cortes de energía; esto ha generado preocupación en la administración de la empresa eléctrica y molestias en los usuarios por los seguidos cortes al servicio eléctrico y un costo de facturación reducido por la empresa concesionaria. Estas fallas continuas en la red eléctrica aperturan los equipos de protección, poniendo en riesgo la continuidad del alimentador.

El problema de las pérdidas energéticas en un alimentador de media tensión se atribuye principalmente a diversos factores vinculados con las propiedades del sistema de distribución y su funcionamiento. Primero, las pérdidas técnicas se producen debido a la resistencia intrínseca en los conductores y elementos del sistema, lo que causa que una porción de la energía se disipe en forma de calor mientras la electricidad circula por estos. Esto es particularmente significativo en los cables de longitud superior, donde el descenso de la tensión se incrementa y la eficacia de la transmisión se reduce.

Además, la corriente reactiva vinculada a determinados dispositivos conectados al alimentador, como transformadores o motores, puede provocar pérdidas adicionales, dado que incrementa la carga total que se desplaza por la red sin proporcionar energía provechosa. Por otra parte, las fallas en el aislamiento o las conexiones incorrectas también pueden provocar pérdidas de energía, lo que puede llevar a la desintegración completa del sistema.

Además, las circunstancias operativas, como sobrecargas transitorias o variaciones en la demanda, también influyen en la eficacia de los alimentadores de tensión media. En ciertas situaciones, una configuración incorrecta de la red de distribución, con transformadores de menor eficiencia o dispositivos no optimizados, puede empeorar estas pérdidas. En ese sentido. Esta problemática se planteó mediante la siguiente pregunta: ¿Cuánto serán las pérdidas técnicas de energía en MT del alimentador CHN025 9na Norte de la empresa eléctrica Hidrandina S.A. Chimbote?

Las variables de esta investigación se conceptualizan y operacionalizan para asegurar que el estudio sea claro, preciso y medible, permitiendo obtener resultados válidos y reproducibles.

Perdidas técnicas de energía eléctrica en media tensión

Definición conceptual: Las pérdidas técnicas se refieren a las pérdidas energéticas vinculadas al diseño, planificación, edificación y funcionamiento del sistema eléctrico, producidas en conductores, transformadores y equipo eléctrico. Las pérdidas técnicas estándares en media tensión reconocidas por OSINERGMIN

Definición operacional: Las pérdidas energéticas se refieren al contraste entre la energía proporcionada al sistema eléctrico y la energía vendida o facturada, y pueden categorizarse en técnicas y no técnicas.

Asimismo, se estableció la hipótesis: El alimentador CHN025 9na Norte de la empresa eléctrica Hidrandina S.A Chimbote genera pérdidas técnicas de energía eléctrica.

El objetivo general: Determinar las pérdidas técnicas de energía eléctrica en MT del alimentador CHN025 9na Norte de la concesionaria Hidrandina S.A Chimbote – 2024. Así mismo, los objetivos específicos:

Hallar las pérdidas técnicas de energía eléctrica del alimentador CHN025 9na Norte – 2024 y compararlas con las pérdidas reconocidas por el OSINERGMIN.

Identificar los factores y elementos que influyen en las pérdidas técnicas de energía para mejorar la calidad del servicio eléctrico.

Proponer alternativas para la reducción de las pérdidas técnicas de energía dejándolos en niveles óptimos para su buen funcionamiento.

Realizar periódicamente los mantenimientos preventivos para su correcto funcionamiento y alargar su vida útil.

Metodología

Para poder determinar el tipo de metodología de estudio, que se utilizó en este trabajo de tesis, se tuvo que revisar y estudiar las estrategias de reducción de pérdidas técnicas y no técnicas en los diferentes sistemas de distribución a nivel nacional. Las pérdidas técnicas de energía en los alimentadores pueden diferir entre alimentadores debido a diversos factores mencionados en el análisis; este estudio nos brindó la oportunidad de emplear una metodología fundamentada en principios teóricos y prácticos.

La investigación se refiere a una investigación descriptiva y adopta un método cuantitativo. Es no experimental en su diseño, con un corte transversal.

Como población se contó con las 69 Sub-Estaciones de Distribución que constituyen el alimentador CHN025 9na Norte, que es propiedad de la empresa Hidrandina S.A. – Chimbote. Cabe resaltar que se trabajó con todos los transformadores que forman parte del alimentador de energía eléctrica.

Fue utilizada la observación como técnica, y el instrumento utilizado fue una ficha de observación, donde se registraron todos los datos de los parámetros eléctricos y las mediciones efectuadas con los instrumentos de medición.

El equipo de medición corresponde al analizador de redes instalado al inicio del alimentador de media tensión evaluado; También se utilizó un telurómetro para medir la resistencia de la puesta a tierra junto a un megometro para poder medir el nivel de aislamiento y finalmente una cámara termográfica para visualizar la temperatura de los transformadores y conductores eléctricos.



Figura 1. Telurómetro Megabras/modelo MTD-20KWe

Nota. imagen de Telurómetro Megabras/modelo MTD-20KWe

El telurómetro digital MTD-20KWe facilita la medición de resistencias al suelo (PAT), la resistividad del suelo mediante el método de Wenner y las tensiones espurias generadas por las corrientes parásitas en el terreno.

Características:

- Visor numérico de 3½ dígitos
- Medición de resistividad del terren
- Medición de tensiones espurias
- Resolución: 0,01 Ω
- Rango de resistencia hasta 20 k Ω
- Alta inmunidad a las interferencias



Figura 2. Megometro SANWA MG-5000

El megometro tambien conocido como medidor de aislamiento, es un dispositivo de prueba eléctrica cuyo propósito es medir la resistencia de aislamiento de diferentes dispositivos eléctricos, permitiendo de que funcionen correctamente y de manera segura.

Características:

- Tensión de prueba DC 5000V / 2500V / 1000V / 500V / 250V
- Resistencia de aislamiento de hasta 1TΩ
- Corriente de cortocircuito de hasta 4mA
- Relación de absorción dieléctrica (DAR)
- Función de descarga automática
- Retención de datos (Auto)
- Pantalla IP54: pantalla numérica 1200
- Frecuencia de muestreo: 3 veces/seg.



Figura 3. Cámara Termográfica Fluke Ti480

Una cámara termográfica (también conocida como cámara térmica) es un aparato que registra la temperatura y proporciona una imagen térmica de los objetos, sin requerir contacto, empleando las emisiones de radiación infrarroja de estos. Los objetos liberan un volumen de radiación infrarroja dependiendo de su temperatura. Normalmente, a medida que aumenta la temperatura del objeto, aumenta su radiación.

Características:

- Mayor precisión para observar variaciones de temperatura
- Interfaz visual más fácil de entender, mejora en la interfaz de pantalla táctil y pruebas realizadas por el usuario.
- Mejor adaptabilidad para observar objetos de gran tamaño y pequeño, lentes intercambiables inteligentes, sin necesidad de calibración, compatible con lentes teleobjetivo de 2x y 4x, gran angular y macro • Mayor versatilidad para visualizar objetos de gran tamaño y pequeño.
- Utilizando la técnica MultiSharp™, consigue una imagen nítida y bien centrada a lo largo de todo el espectro visual.

- Recoja una imagen rápida y centrada del objetivo. La técnica de enfoque automático LaserSharp® emplea un medidor láser de distancia que viene dentro, que determina y presenta la distancia hasta la meta.
- Aumente cuatro veces la información en píxeles utilizando el modo Super Resolución, que recolecta varias imágenes y las fusiona para generar una imagen de 1280x960.
- Aproveche el tiempo al sincronizar de manera inalámbrica las imágenes entre el sistema Fluke Connect® y su cámara, y añádelas a una orden de trabajo o un registro de activos.
- Previene la necesidad de apuntar en el campo con IR-PhotoNotes™ y las anotaciones por voz.

Resultados

Recolección y análisis de datos

- Se hizo la recopilación de datos del sistema eléctrico de distribución, considerando las características y particularidades de todos los componentes involucrados, como líneas, fases y transformadores.
- Se solicitó información sobre la demanda activa y reactiva del sistema, así como sobre su factor de potencia, voltaje de barra y demanda máxima.
- Se recabó la información de los transformadores de distribución asociados al alimentador, la cual se encuentra disponible en la compañía de distribución Hidrandina.
- Se utilizó un programa informático que facilitó la simulación del comportamiento del sistema, permitiendo realizar flujos de carga a la máxima demanda, lo que permitió obtener las pérdidas de potencia en el alimentador.

Procedemos a seleccionar el alimentador

Para poder elegir el alimentador fue considerada toda la información a disposición, haciendo la consulta a los encargados y operarios de la empresa Hidrandina y se determinó elegir la Subestación Chimbote Norte con el alimentador de que cuenta con el mayor número de interrupciones.

Se tomaron en consideración varios puntos y características:

- Variación y tipo de carga
- Medidor electrónico digital brinda la posibilidad de recopilar datos suficientes para el análisis.
- La zona que comprende todo el troncal del alimentador es urbana; por ende, hay una mayor variación de demanda.

Teniendo en cuenta todos estos puntos se procedió a seleccionar el alimentador CHN025 9na Norte.

Descripción del Alimentador

El Alimentador CHN025 9na Norte presenta como características:

- Pertenece a la estación transformadora Chimbote Norte.
- Engloba una zona urbana predominantemente residencial con zonas de uso comercial.
- Dispone de 12.756 clientes.
- Posee 183 transformadores, de los cuales 168 son propiedad de Hidrandina S.A y 15 son propiedad de entidades externas.
- La capacidad del alimentador para instalar es de 13,8 KV.
- El máximo requerimiento para el 2023 se produjo en diciembre, con una demanda estimada de 4,73 MW.
- Su topología es radial.

Ubicación Geográfica

Este alimentador se ubica en la zona norte de la ciudad de Chimbote en la Urbanización Laderas del Norte 10, Chimbote 02803. Su ramal principal inicia por la avenida Laderas del Norte y sube por la avenida Atahualpa hasta la avenida Marginal en el anexo 2 se detalla el recorrido de toda la red de media tensión del alimentador.

Selección de tipo y calibre de conductor

Es muy importante investigar la identificación del tipo y calibre de los cables enredados. Fueron obtenidos por la dirección técnica de la empresa, que utiliza programas internos.

La tensión nominal estándar para cables de media tensión (MV) oscila entre 5 kV y 35 kV, pero este rango puede variar según los distintos fabricantes y estándares. Los cables MV-90 y MV-105, con capacidad para soportar hasta 90 °C y 105 °C, respectivamente, son dos de los cables más comunes.

Los cables de media tensión se denominan según su estándar y los materiales utilizados, como Cu por cobre, XLPE por polietileno reticulado. De manera similar,

en redes secundarias, se debe conocer el calibre del cable para determinar las caídas y pérdidas de voltaje de cada circuito examinado en la muestra. Los materiales a emplear en los conductores de media tensión son mayormente de aluminio en un 95 % y el cobre en menor cantidad

Ingresamos los datos del conductor al software

Los datos serán procesados mediante el software DIgSILENT, lo que permitirá obtener las pérdidas técnicas del alimentador de media tensión y permitirá también analizar las alternativas de mejora.

Procedemos a ingresar los datos de los conductores involucrados en el estudio con sus características eléctricas; generando una base de datos en el software y nos proporcionó un código para cada conductor que se ha ingresado, como se muestra en la figura.

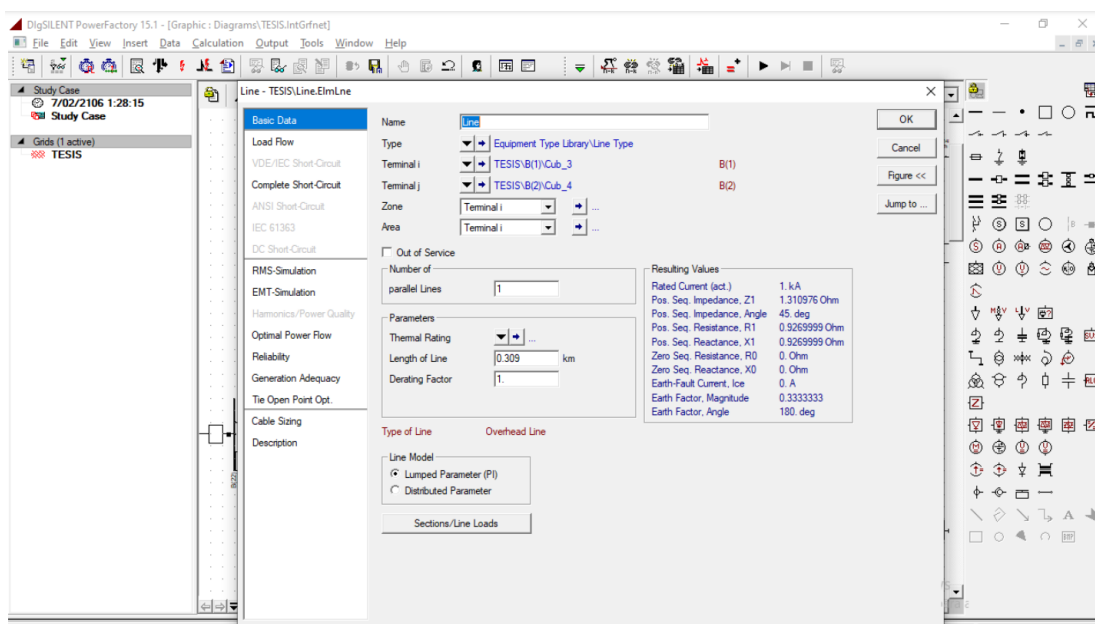


Figura 4. Conductores ingresados en el software

El alimentador está conformado por secciones monofásicas y trifásicas, los conductores son de aluminio y sus estructuras fabricadas de diferentes materiales.

Es crucial seguir la secuencia de las etapas que sigue el alimentador durante el procesamiento de datos de los conductores y transformadores de distribución para determinar qué etapa corresponde a la conexión del transformador de distribución.

Para poder evitar una sobrecarga en las fases y que la red no colapse es necesario equilibrar y distribuir bien las cargas para cada transformador a lo largo del alimentador.

Hallamos el Flujo de Carga

Las pérdidas técnicas serán calculadas mediante el proceso de simulación del Software DIgSILENT Power Factory (Digital SIMulation and Electrical NeTwork), la misma que es una herramienta computarizada para la simulación de estos casos, aplicado a sistemas de distribución en media tensión.

El programa de simulación DIgSILENT Power Factory utiliza métodos numéricos como Newton-Raphson, Gauss-Seidel. Permite representar de manera precisa la red de media tensión y sus componentes, en nuestro caso de estudio corresponde a una configuración radial trifásico.

Para poder obtener el flujo de carga se siguieron los siguientes pasos.

- Ubicar los transformadores de distribución; esto se llega a determinar mediante un recorrido del alimentador y renovar la data.
- Incorporar a la base de datos las potencias nominales de cada punto. Esta información proviene del área de mantenimiento de la compañía Hidrandina, a la que se le solicitó esta información de cada transformador del área de concesión.
- La recopilación de clientes vinculados a cada punto de carga es un elemento esencial del estudio ya que facilita la adquisición de datos relevantes acerca de los niveles de carga de cada transformador de distribución.
- Es crucial conocer la cantidad de clientes de cada transformador para utilizarlo como punto de comparación para determinar los niveles de potencia.

La potencia inicial para el recorrido de flujo, el porcentaje de la demanda realizada por la empresa y el consumo de energía de los consumidores de cada transformador

se muestran en el Anexo 3. El programa de simulación establece una conexión entre nuestros datos recopilados y la demanda del alimentador en la cabecera.

Se ingresan los parámetros de flujo de carga al software y el programa arroja los hallazgos como se observan en la figura 4.

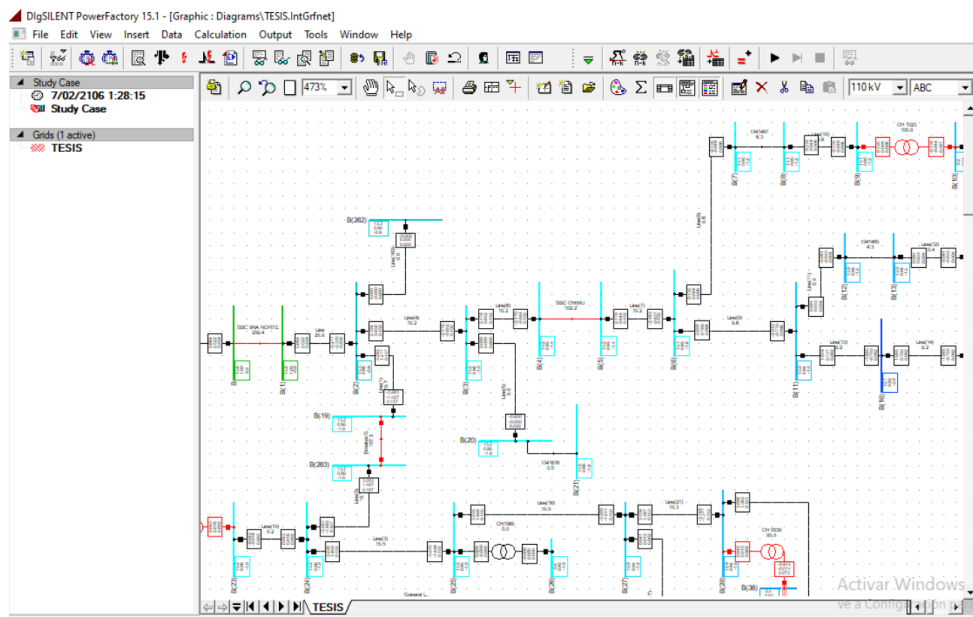


Figura 5. Circulación del flujo de carga

Perfil de las pérdidas de energía

Los datos de potencia activa, potencia reactiva y factor de potencia registrados en el alimentador se utilizan para calcular los valores de demanda del alimentador, que a su vez determinan las pérdidas de energía; finalmente, realizamos el cálculo de las pérdidas energéticas mediante la ecuación:

$$PLi = \left(\frac{DDi \times \cos \phi_{max}}{D_{max} \times \cos \phi_i} \right)^2 PD_{max}$$

Donde:

PLi: Perdida en el intervalo i

DDi: Demanda en el intervalo i

Dmax: Demanda máxima

CosØmax: Factor de potencia o demanda máxima

CosØi: Factor de potencia en el intervalo i

PDmax: Perdida de máxima demanda

El procedimiento empleado se sustenta en las pérdidas de cada elemento y cómo se relaciona con la demanda que se mantuvo durante un rango de tiempo. Los flujos de potencia se derivan de las pérdidas en el intervalo y con este coeficiente se determina la cantidad de pérdidas.

Se estableció una cifra de pérdidas en kW realizando un examen exhaustivo y un monitoreo del alimentador en intervalos de 15 minutos.

Obtenemos:

$$\%Pe = \frac{Pe}{E} \times 100$$

Donde:

%Pe: Porcentaje de perdidas

Pe: Perdidas de energía (MWh)

E: Energía entregada en la cabecera del alimentador (MWh)

Promedio de pérdidas técnicas de energía en media tensión

En general, las pérdidas técnicas en redes de media tensión suelen ser bajas en comparación con las pérdidas en baja tensión. Estas pérdidas se encuentran típicamente entre el 1% y el 5% de la energía total distribuida, aunque este porcentaje puede variar dependiendo de las condiciones específicas de la red, como las mencionadas anteriormente.

Redes eficientes: En redes bien dimensionadas y con equipos modernos, las pérdidas tienden a ser menores, generalmente en el rango de 1% a 3%.

Redes menos optimizadas o con mayor distancia de distribución: Las pérdidas pueden llegar a ser más altas, llegando al 4% o 5%.

Tabla 1

Porcentaje de pérdidas totales

Total, de perdidas	1.6%
Total, de energía entregada	12.55 MWh
Porcentaje de perdidas	14.15%

Nota. Elaboración propia

Pérdidas técnicas de energía en media tensión

Todos los sistemas eléctricos de Distribución del país se encuentran en malas condiciones principalmente por la antigüedad de los mismos y la falta de programas de mantenimiento; Así mismo por las obras de ampliación inconclusas que no permiten atender el aumento de la demanda.

La falta de planificación de las operaciones de media tensión es uno de los mayores obstáculos y problemas, que conduce a pérdidas de energía y caídas de tensión en el sistema.

Como resultado, la investigación técnica de discriminación de pérdidas de energía del alimentador CHN025 9na Norte se ha ampliado para incluir las pérdidas de energía de nuestro sistema de media tensión.

Porcentaje de Pérdidas Técnica (% P_T)

$$\%P_T = \frac{P_{TEMT}}{ETMT}$$

Donde:

PTEMT: Pérdidas técnicas de energía en media tensión.

ETMT: Energía total entregada al sistema eléctrico en media tensión.

Pérdidas de energía en los aisladores

Los aisladores experimentan pérdidas de corriente debido a las condiciones atmosféricas presentes, así como la humedad relativa del sitio en el que el alimentador está ubicado. Además, las pérdidas aumentan debido al polvo, y a esto añadimos el viento, que contribuye a la creación de capas húmedas en los aisladores. Teniendo en cuenta la humedad

Tabla 2

Humedad relativa en la Ciudad de Chimbote

Zona	Humedad relativa
Chimbote	78 %

Tabla 3

Corriente de fuga respecto a la humedad relativa

Humedad Relativa Promedio	Corriente de Fuga en aisladores cerámicos(mA)
78 %	0.35-0.55

Evaluación de pérdidas de energía en aisladores

Teniendo en cuenta las pérdidas de energía en los aisladores a causa de la humedad relativa por donde el alimentador de media tensión pasa, se estimó que se presenta

fugas de corriente de 0.35 – 0.55 mA para aisladores cerámicos. Sabiendo la cantidad de aisladores del alimentador, determinamos las pérdidas en toda la red de media tensión la cifra de 0.45 %.

Tabla 4

Resultados del análisis de pérdida de energía

Nivel de tensión (KV)	Alimentador	Max. Demanda (MW)	Energía Actica Total (MWh)
13.8	CHN025	2.48	1256.82
% de pérdidas de energía en aisladores	%de perdida de energía en líneas MT	Perdida de energía MT total (MWh)	% de pérdidas totales de energía
0.45 %	1.32%	26.7	1.81 %

Llegamos a la conclusión que el alimentador CHN025 tiene una pérdida de energía total de 26.7 MWh con una caída de tensión (V) de 3.48 %.

Tabla 5

Porcentaje de caída de tensión en MT del alimentador CHN025 9na Norte

Nivel de Tensión(kv)	Alimentador	Factor de Simultaneidad	Factor de carga
13.8	CHN025	0.60	0.52
Factor de perdida	Max demanda (MW)	Energía Activa Total (MWh)	% de caída de tensión
0.31	2.48	1256.82	3.48

Nota. Elaboración Propia

Metodología utilizada para el cálculo de pérdidas en la Media Tensión.

Se inició la recolección de datos del sistema GIS Hidrandina y de la información de los registros de los alimentadores, con el fin de calcular las pérdidas de energía en el sistema de distribución. Mediante el procesamiento de estos números se determinaron los factores de carga, factores de pérdidas y factores de potencia.

Los números de pérdidas de potencia se adquirieron con el uso del software DIGsilent, que también nos brindó información sobre la infraestructura eléctrica del alimentador, SED y red de distribución de media tensión.

Como se muestra en la tabla, las pérdidas técnicas se separaron en tres categorías a partir de las cuales se realizaron los cálculos.

Tabla 6

Cálculo de pérdidas técnicas de energía en líneas de MT

Nº	Tipo de perdida técnica	Método de Calculo
01	Perdidas en líneas MT	Análisis de flujo de potencia en el alimentador al 100%
02	Perdidas en aisladores	Cálculo de pedidas en los postes al 100%
03	Pedidas en transformadores reductores	Cálculo de perdidas al 100%

Nota. Elaboración Propia

Pérdidas técnicas de energía en transformadores de distribución

La investigación de las técnicas de pérdida en los trasformadores de potencia y distribución están principalmente vinculadas con:

- Se pierden al aislar el transformador o se pierden en el cobre.
- Disminuciones relacionadas con el valor de la corriente de excitación y tensión, también conocidas como disminuciones en vacío o en el hierro.

El circuito equivalente de un transformador de distribución se muestra en la siguiente figura:

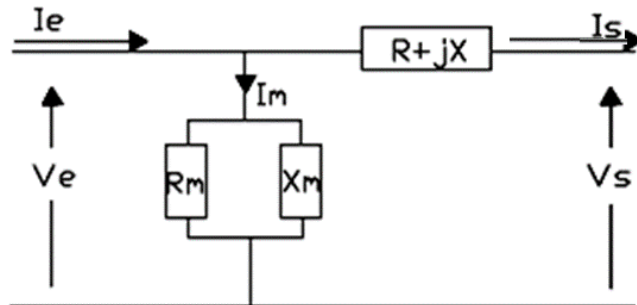


Figura 6. Circuito equivalente de un transformador de distribución

Donde:

I_e : Corriente de entrada (A)

I_s : Corriente de salida (A)

V_e : Tensión de entrada (V)

V_s : Tensión de salida (V)

R : Resistencia serie (Ω)

X : Reactancia serie (Ω)

R_m : Resistencia derivación (Ω)

X_m : Reactancia derivación (Ω)

I_m : Corriente asociada con la excitación del transformador (A)

Método y criterios de evaluación

- Se utilizó el programa de simulación Digsilent para ingresar los datos.
- Se ejecutó el caudal a plena capacidad.
- Se obtuvieron los datos del caudal.
- Para determinar las pérdidas de energía, se desarrolló la curva de carga.

El proceso metodológico indicado en la tabla es adecuado para un cálculo más preciso de las pérdidas técnicas en los transformadores de distribución.

Tabla 7

Pérdidas de resistencia en transformadores de distribución

Potencia nominal (KVA)	25	38	50	80	86	100
Pérdidas específicas (W)	168	210	266	394	420	460

Nota. Elaboración Propia

Las fallas más comunes se generan en los devanados, ya sea primario o secundario, estos a su vez soportan estrés dieléctrico, térmico y mecánico generando sobrecalentamientos, fallas de voltaje, fallas en el sistema de refrigeración y protección acortando la vida útil del transformador.

Se tomo los datos de cada transformador y se analizó de manera individual; fueron 10 transformadores en total que pertenecen al alimentador CHN025 9na Norte. Los datos tomados servirán como registro para los transformadores faltantes.

Aplicando la Ecu. 2 obtenemos:

$$\%P_E = \frac{P_e}{E} \times 100$$

$$\%P_E = \frac{32436.2}{923816.12} \times 100$$

$$\%P_E = 3.51$$

El alimentador CHN025 9na Norte nos dio un valor de 3.51%, el cual representa perdidas de energía de 32436.2 KWh.

Tabla 8*Perdidas en el núcleo del transformador de distribución*

Potencia Nominal (KVA)	25	35	50	75	86	100
Perdidas Especificas (V)	60	76	96	108	135	178

Nota. Elaboración Propia

Las pérdidas de potencia (P) y el intervalo de tiempo, que se establece en 9600 horas, se utilizan para calcular las pérdidas de energía en el núcleo de un transformador.

$$P_N = P_{OT} \times T$$

$$P_N = 3.288 \times 9600$$

$$P_N = 31564.8 \text{ KWh}$$

Tras obtener la información de las pruebas de los transformadores y tener también la información del fabricante según los catálogos, se determinan las pérdidas técnicas del transformador hasta alcanzar su demanda máxima. Empleamos la curva de carga del transformador, recogida de los registradores instalados, para determinar las pérdidas energéticas correspondientes.

Las pérdidas de energía de un transformador en vacío se calculan de la siguiente manera:

$$Pot = n \times Po \quad (\text{KW})$$

Donde:

Pot: Perdidas en vacío del transformador.

n: Numero de transformadores del alimentador.

Po: Perdidas de energía en vacío conforme al fabricante de transformadores (KW).

Utilizando la Ec. 5 tenemos:

- Cant. Transformadores: 183
- Pérdidas de un transformador en vacío: 0.12

$$Pot = n \times P_o$$

$$Pot = 183 \times 21.96$$

$$Pot = 4.018.68 \text{ KW}$$

Para calcular la energía de cada transformador de la red, es necesario conocer la demanda máxima, con el fin de conocer las pérdidas de energía de los transformadores bajo carga.

Es necesario calcular las pérdidas de energía en los conductos de los transformadores, teniendo en cuenta que son proporcionales al cuadrado de la corriente.

$$P_{cui} = P_{cun} \left(\frac{P_i}{P_n} \right)^2 \text{ (KVA)}$$

Donde:

P_{cui} : Pérdidas resistivas de carga i

P_{cun} : Pérdidas resistivas de carga nominal

P_i : Demanda en KVA con carga i

P_n : Potencia nominal del transformador

Según la (Ec.1), el factor de utilización es la relación entre la potencia instalada del transformador y la demanda máxima.

$$F_u = \frac{\text{Maxima Demanda}}{\text{Potencia Instalada}}$$

La norma eléctrica nos dice que si el factor de utilización sale menor que 0.3 nos indica que el transformador tiene perdidas por sobre dimensionamiento en cambio si sale mayor a 1, nos indica que el transformador esta sobrecargado.

Como ejemplo práctico elegiremos a la Subestación de distribución CH0037 y la ecuación 1 para determinar el factor de utilización.

$$F_u \frac{MD}{PI} = \frac{12.16 \text{ KVA}}{0.85 \times 50 \text{ KVA}} = 0.286$$

Donde:

MD: Máxima demanda

PI: Potencia instalada 50 KVA

RT: Rendimiento del transformador 0.85

En el ejemplo podemos verificar que el valor obtenido es menor a 0.3, por lo tanto, nuestro transformador esta con pérdidas de sobrecalentamiento. De la misma manera se trabajó con todas las subestaciones que muestran pérdidas de energía como se verifica en la tabla 9.

Tabla 9

Subestaciones de distribución pertenecientes al alimentador CHN025 9na Norte

Nº	SED	Potencia (KVA)	Max. Demanda H. P	Factor de Utilización (MD/PI)
1	CH0035	50	11.52	0.271
2	CH0037	50	12.16	0.286
3	CH0042	100	22.92	0.269
4	CH0043	50	8.43	0.198
5	CH0045	50	8.86	0.208
6	CH0123	75	15.30	0.24
7	CH0124	100	7.37	0.086
8	CH0126	86.5	9.18	0.124
9	CH0127	75	11.60	0.181
10	CH0128	50	6.41	0.150

Nota. Elaboración Propia

Tabla 10*Pérdidas totales en los transformadores del alimentador CHN025 9na Norte*

Alimentador	CHN025
Suma total en KWh	923816.12
Porcentaje de pérdidas en el núcleo	2.92%
Pérdidas en el núcleo en KWh	28632.4
Porcentaje de pérdidas en Cobre	0.42%
Pérdidas en bobinado en KWh	4683.2
Suma de pérdidas en KWh	32436.2
Porcentaje de pérdidas totales	3.51%

Nota. Elaboración Propia**Factores de pérdidas de energía**

En un sistema eléctrico, las pérdidas técnicas corresponden a las pérdidas intrínsecas a la red debido a las propiedades mecánicas y eléctricas de los cables que transportan la electricidad, además de las pérdidas provocadas por los dispositivos de red.

Este tipo de pérdidas es debido a las características propias de la conducción eléctrica, está relacionado a la estructura misma de las redes eléctricas, asimismo de la operación y mantenimiento.

Las pérdidas técnicas de energía pueden estar inmersas en la siguiente clasificación: Pérdidas en línea y pérdidas en transformadores de distribución.

Pérdidas técnicas de energía en línea:

Pérdidas por efecto corona

Los conductores de líneas de alta tensión pueden presentar un fenómeno eléctrico conocido como efecto corona, que se manifiesta como un halo brillante alrededor de las líneas. El halo adquiere la apariencia de una corona, ya que los conductores suelen ser redondos, de ahí el nombre del fenómeno.

Debido a los altos niveles de tensión en la línea, es necesaria la ionización del aire que rodea al conductor eléctrico para que se produzca el efecto corona. Un porcentaje de los electrones que viajan por la línea se transfieren al aire cuando las moléculas que lo

componen se ionizan, lo que les confiere la capacidad de generar la corriente eléctrica. La temperatura del gas aumentará como resultado de esta circulación, tornándose azulado en temperaturas altas o carmesí en bajas. Por último, el color del halo, que será azulado en circunstancias más extremas y rojizo en las moderadas, puede utilizarse para medir la gravedad del efecto corona.

Pérdidas por efecto joule

La gran cantidad de estas pérdidas, originadas principalmente por el movimiento irregular de los electrones en un cable, causa constantes choques entre estos y, como resultado, un incremento en la temperatura del mismo cable. Este efecto se describe de la forma siguiente: "La cantidad de energía calorífica producida por una corriente eléctrica, depende directamente del cuadrado de la intensidad de la corriente, del tiempo que ésta circula por el conductor y de la resistencia que opone el mismo al paso de la corriente". En términos matemáticos, tenemos que:

$$P_l = I^2 * R$$

Donde,

P_L = Pérdidas en el elemento del sistema (W)

I = Corriente que circula por el elemento (A)

R = Resistencia del elemento (Ω)

Los siguientes son ejemplos de pérdidas por efecto Joule:

- Calentamiento de cables.
- Se calientan los devanados de los transformadores de distribución.
- Dispositivos de protección que se disparan sin motivo aparente.

Según una reciente investigación sobre el efecto Joule, la corriente eléctrica encuentra una resistencia eléctrica (que varía según el material) cuando pasa por un conductor. Esto produce pérdidas de potencia y tensión, que hacen que el conductor se caliente. El calor se produce como resultado de la pérdida de energía eléctrica. La siguiente fórmula se utiliza para medir estas pérdidas de energía (E_p):

$$E_p = P_p * t$$

Donde:

P_p = Potencia perdida.

t = tiempo en horas.

Las pérdidas de potencia y energía se calcularán utilizando las siguientes fórmulas:

a) Pérdidas de potencia en circuitos trifásicos:

$$P_j = \frac{p^2(r_1)L}{1000V_L^2(\cos^2\phi)}; \text{ en kW}$$

b) Pérdidas de potencia en circuitos monofásicos a la tensión entre fases:

$$P_j = \frac{2p^2(r_1)L}{1000V_L^2(\cos^2\phi)}; \text{ en kW}$$

c) Pérdidas de potencia en circuitos monofásicos a la tensión de fase:

$$P_j = \frac{p^2(r_1)L}{1000V_f^2(\cos^2\phi)}; \text{ en kW}$$

Pérdidas en cobre o pérdidas en carga

Estas pérdidas están correlacionadas con la resistencia de los devanados del transformador y dependen de la demanda.

Matemáticamente podemos determinar que las pérdidas en cobre vienen determinadas por la siguiente expresión:

$$P_L = I^2 * R$$

Donde,

P_L = Pérdidas de potencia en cobre o pérdidas en carga (W)

I = Corriente de carga (A)

R = Resistencia equivalente en la carga (Ω)

Pérdidas en hierro

Las corrientes de Foucault y los ciclos de histéresis producidos por las corrientes de excitación provocan estas pérdidas, que también se conocen como "pérdidas en vacío" y son susceptibles a las fluctuaciones de tensión. Se observan en transformadores y dispositivos eléctricos.

Las pérdidas en vacío se consideran un valor invariable, ya que los sistemas eléctricos funcionan con mínimas fluctuaciones de tensión. Este valor puede establecerse durante el diseño e incluso se menciona en las especificaciones técnicas del aparato.

Las pérdidas vinculadas al hierro o las pérdidas en el vacío se explican por:

$$P_{Lv} = \frac{V_e^2}{R_m}$$

Donde:

P_{Lv} = Pérdidas en vacío (W)

R_m : Resistencia derivación (Ω)

V_e = Voltage (V)

En un transformador y las líneas eléctricas, con un elevado grado de carga, son las pérdidas óhmicas las que tienen mayor significancia.

Pérdidas en red primaria de distribución

Dado que las pérdidas técnicas en los circuitos de la red del alimentador primario se analizaron y estudiaron en etapas, es esencial comprender los valores máximos del alimentador.

Es importante anotar que el flujo de potencia permitirá también determinar las pérdidas óptimas del sistema de distribución, así como las mejoras obtenidas a partir de una variación del tamaño de los conductores y de la tensión del sistema.

Una vez establecida la topología, las impedancias, la carga y los generadores, la cuestión del flujo de potencia implica determinar los voltajes del bus y los flujos de potencia a través de los componentes de la rama.

Asociado con cada barra existen cuatro cantidades:

- La potencia activa o real (P) y la potencia reactiva (Q) que se inyectan a la red a través de la barra indicada.
- La magnitud del voltaje ($|V|$) de barra y su ángulo (δ).

Las barras del sistema se categorizan en tres categorías y para cada una de ellas, se especifican dos de las cuatro cantidades, siendo las dos restantes desconocidas; donde D son los Datos conocidos e I la Variable incógnita.

Tabla 11

Barras del sistema eléctrico

Tipo de barra	$ V $	δ	P	Q
Carga P – Q	I	I	D	D
Generación P – V	D	I	D	I
Oscilante	D	D	I	I

Nota. Elaboración Propia

Barra tipo PQ: Carga

Estas barras, también conocidas como barras de carga, se distinguen por el hecho de que se conocen los datos de potencia activa y reactiva total (P_{total} , Q_{total}) introducidos en la barra. Además, se puede calcular el factor de potencia (S , $\cos \phi$) y la potencia activa.

Estas barras también pueden tener una conexión de generación, lo que determina la potencia total vinculada a la barra de manera como:

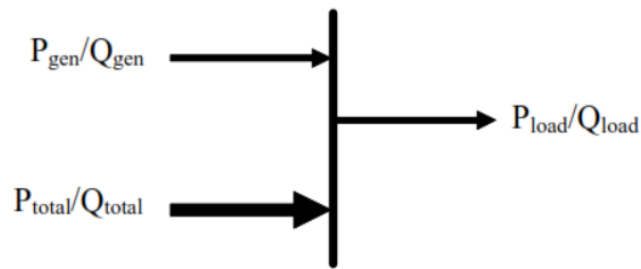


Figura 7. Configuración de la barra PQ

$$P_{total} = P_{gen} - P_{load}$$

$$Q_{total} = Q_{gen} - Q_{load}$$

En estas barras, las variables desconocidas que se intentan descubrir a través del flujo de carga son el módulo y el ángulo del voltaje ($|V|$, δ).

Barra tipo PV

En este tipo de barra, también conocida como barra de generación, se especifica normalmente la potencia activa y el módulo de tensión (P , $|V|$)

Frecuentemente se establecen límites a los valores de la potencia reactiva, en función de las particularidades de las máquinas empleadas de manera individual.

En este tipo de barra, los enigmas son el ángulo de la tensión y la potencia reactiva total que se inyecta a la barra (δ , Q).

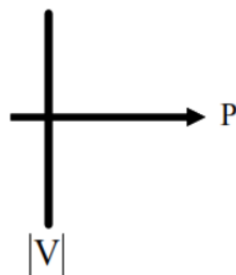


Figura 8. Configuración de la barra PV

Barra de Compensación

En la barra oscilante se especifica la tensión en módulo y ángulo ($|V|, \delta$).

La posición de la barra flotante u oscilante puede afectar la complejidad de los cálculos; utilice siempre la barra que más se parezca a una barra de potencia infinita.

Usualmente, se asigna el número uno a la barra oscilante como referencia, ya que esta barra está vinculada a la generación y es imprescindible para alcanzar la solución del flujo de carga.

La creación de la barra oscilante proporciona las pérdidas de la red, ya que esta se determinará al finalizar el cálculo de las corrientes. Esto no puede lograrse a menos que se disponga de una barra que no tenga restricciones de potencia que pueda proporcionar las pérdidas.

Circuitos Equivalentes

En la investigación del flujo de carga, resulta imprescindible simular cada componente del sistema de potencia mediante su modelo equivalente correspondiente, los cuales para este caso son simples. Es importante destacar que los modelos equivalentes sencillos pueden emplearse, siempre que los cálculos lo permiten.

Método de Gauss-Seidel

Barra de Carga (P-Q)

En este tipo de barras, es conocida la totalidad de la potencia activa y reactiva que se suministra a la barra (P_K y Q_K).

En las barras de carga (P-Q), la incógnita reside en la tensión en módulo y el ángulo de la barra, los cuales pueden ser determinados mediante la ecuación siguiente:

$$V_k^{(i+1)} = \frac{1}{Y_{kk}} \left[\frac{P_k - jQ_k}{[V_k^{(i)}]^*} + \sum_{j=1, j \neq k}^n Y_{kj} V_j^{(i)} \right]$$

Es necesario determinar que esta ecuación para cumplir con el método iterativo de Gauss-Seidel, es necesario utilizar la sumatoria de manera organizada:

$j < k$: V_j utilizado es $V_j^{(i+1)}$

$j > k$: V_j utilizado es $V_j^{(i)}$

Los valores de carga PK y QK representan las potencias totales activas y reactivas inyectadas en cada barra, lo que implica que, si la barra tiene potencia producida por carga, se cumple lo siguiente:

$$P_K = P_{genk} - P_{loadk}$$

$$Q_K = Q_{genk} - Q_{loadk}$$

Luego cada iteración los valores de las tensiones de las barras son mejorados sucesivamente, verificándose en cada iteración la convergencia, verificando la distancia entre dos valores calculados consecutivos:

$$\|\vec{V}^{(k+1)} - \vec{V}^k\| \leq \varepsilon$$

Barra de Generación (P-V)

En estas barras se conoce la totalidad de la potencia activa y el módulo de tensión, pero se desconoce la totalidad de la potencia reactiva inyectada QK.

Por lo tanto, es imprescindible establecer inicialmente la totalidad de la potencia reactiva inyectada, para lo que también se emplea un procedimiento iterativo:

$$Q_k^{(i+1)} = -I_m \left\{ V_k^{(i)} \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq k}}^n Y_{kj} V_j^{(i)} \right\}$$

Empleando:

$j < k$: V_j utilizado es $V_j^{(i+1)}$

$j > k$: V_j utilizado es $V_j^{(i)}$

Luego de calcular la potencia reactiva total inyectada Q_k , se procede a determinar la tensión de la barra V_k :

$$V_k^{(i+1)} = \frac{1}{Y_{kk}} \left[\frac{P_k - jQ_k}{[V_k^{(i)}]^*} + \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq k}}^n Y_{kj} V_j^{(i)} \right]$$

Empleando:

$j < k$: V_j utilizado es $V_j^{(i+1)}$

$j > k$: V_j utilizado es $V_j^{(i)}$

El resultado del cálculo es una tensión con módulo y ángulo. Para la iteración “i” se tiene:

$$|V_k^{(i)}|^2 = [a_k^{(i)}]^2 + [b_k^{(i)}]^2$$

$$|V_k^{(i)}| = \sqrt{[a_k^{(i)}]^2 + [b_k^{(i)}]^2}$$

Pero se conoce que en las barras de generación P-V, el módulo de la tensión es un dato de la barra.

$$|V_k| = |V_k^{(i)}| \frac{|V_k|}{|V_k^{(i)}|}$$

$$|V_k^{(i)}| = \sqrt{\left[a_k^{(i)} \frac{|V_k|}{|V_k^{(i)}|} \right]^2 + \left[b_k^{(i)} \frac{|V_k|}{|V_k^{(i)}|} \right]^2}$$

Por tanto, los valores a utilizar en la siguiente iteración (i+1) están afectados por un factor f:

$$f = \frac{|V_k|}{|V_k^{(i)}|}$$

Entonces los nuevos valores para la tensión vienen dados por:

$$f a_k^{(i)} = a_k^{(i+1)}$$

$$f b_k^{(i)} = b_k^{(i+1)}$$

El enfoque sugerido se fundamenta en el estudio de sistemas eléctricos de distribución de tensión media, los cuales permiten suponer que las potencias de carga y las pérdidas de potencia totales del sistema tienen una relación sencilla.

El siguiente estudio matemático se basa en la definición eléctrica de pérdida de potencia en corriente alterna trifásica:

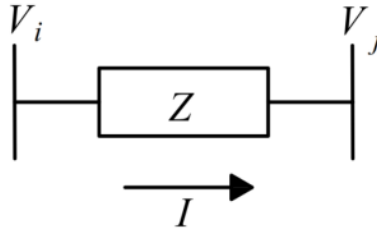


Figura 9. Circuito del análisis del tramo Vi a Vj

$$\begin{aligned}\dot{V}_j - \dot{V}_i &= \dot{Z} \cdot \dot{I} \Rightarrow \dot{I} = |\dot{V}_j - \dot{V}_i| = Z \cdot I \\ \Delta \dot{S} &= \sqrt{3} (\dot{V}_j - \dot{V}_i) \cdot \dot{I}^* = \sqrt{3} \cdot \dot{Z} \cdot I^2 \\ \Delta \dot{S} &= \sqrt{3} \cdot Z \cdot I^2 \angle \theta = \sqrt{3} |\dot{V}_j - \dot{V}_i| \cdot I \angle \theta\end{aligned}$$

Donde:

$\Delta \dot{S}$: Variación de potencia aparente expresado en forma fasorial.

$\dot{V}_i$: Tensión en el nodo i expresado en forma fasorial.

$\dot{Z}$: Impedancia entre los nodos 1 y 2 expresado en forma fasorial.

$\dot{I}$: Corriente que va del nodo 1 al 2 expresado en forma fasorial.

$\dot{I}^*$: Conjugada de $\dot{I}$.

Z, I : Módulo de $\dot{Z}$ e $\dot{I}$ respectivamente.

θ : Angulo de fase de $\dot{Z}$.

La potencia utilizada por la impedancia de la rama se calcula utilizando la fórmula anterior.

$$\Delta \dot{S} = \sqrt{3} \cdot Z \cdot I^2 (\cos \theta + j \operatorname{sen} \theta)$$

$$P = \Re(\Delta \dot{S}) = \sqrt{3} \cdot Z \cdot I^2 \cos \theta$$

Donde:

P : Es la potencia activa consumida por Z .

Se supone la siguiente equivalencia para finalizar el vínculo entre la pérdida de potencia y la carga:



Figura 10. Equivalencia entre una carga y una rama

$$\Rightarrow \Delta \dot{S}_i = \sqrt{3} \cdot Z_i \cdot I_i^2 \angle \phi_i = \sqrt{3} |\dot{V}_i - \dot{V}_0| \cdot I_i \angle \phi_i$$

$$P_i = \sqrt{3} \cdot Z_i \cdot I_i^2 \cos \phi_i = \sqrt{3} |\dot{V}_i - \dot{V}_0| \cdot I_i \cos \phi_i$$

Donde:

P_i : Potencia activa que consume la carga i .

I_i : Módulo de la corriente de la carga i .

Z_i : Módulo de la impedancia asociada a la carga i .

ϕ_i : Angulo de fase de la impedancia asociada.

$\cos \phi_i$: Factor de potencia de la carga i .

En un sistema que funciona correctamente, la tensión de alimentación, V_a , siempre debe ser el módulo de caída de tensión en la carga. De manera similar, incluso si las cargas han cambiado, el factor de potencia debe ser constante. Entonces, se obtiene la siguiente situación:

$$\begin{aligned} |\dot{V}_i - \dot{V}_0| &= V_a \\ \cos \phi_i &= FP_i \\ \therefore P_i &= \sqrt{3} V_a FP_i \cdot I_i \end{aligned}$$

En la ecuación previa se puede apreciar la correlación lineal entre la potencia activa que la carga, P_i , utiliza y el módulo de corriente que utiliza I_i .

Cada corriente de rama en un sistema de disposición radial, que es una característica de los sistemas de distribución, cumple una función lineal de las corrientes de carga; en otras palabras, cada corriente de rama es una función lineal de las corrientes de carga:

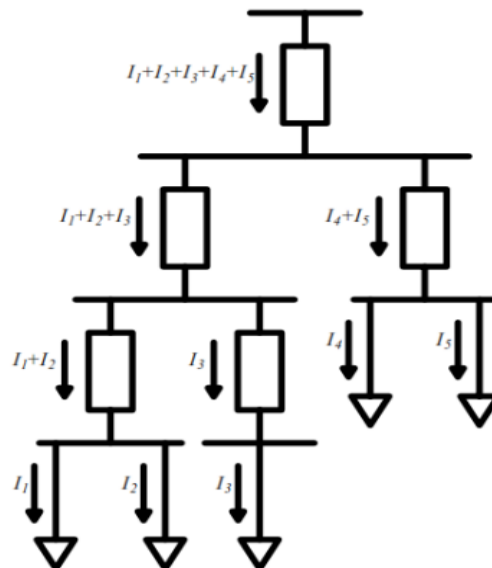


Figura 11. Red radial del sistema de distribución

$$\dot{I}_{ij} = \vec{a}_{ij} \cdot \vec{I}_L$$

Donde:

$\dot{I}_{ij}$: Corriente entre los nodos i y j.

$\vec{I}_L$: Vector de corrientes de las cargas.

$\vec{a}_{ij}$: Vector de unos y ceros.

"·": Operador de producto escalar de vectores.

Si consideramos que las cargas se distribuyen de manera uniforme en el sistema y, por ende, cuando se produce un incremento global de potencia, el incremento individual de carga es proporcional al incremento global de potencia. Así, podemos deducir que cualquier sistema radial se puede comparar con el siguiente circuito:

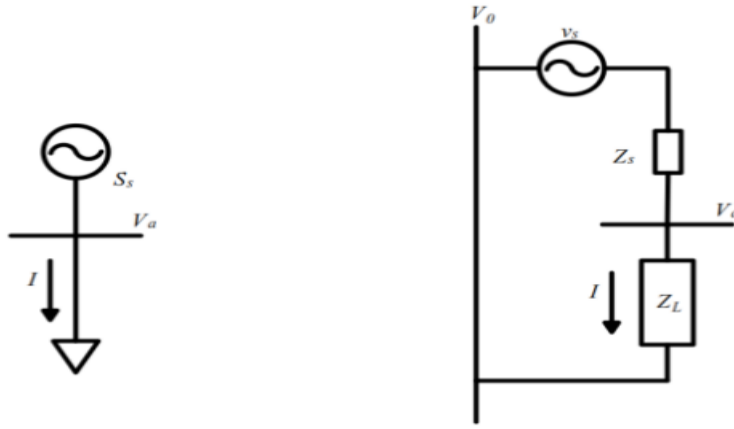


Figura 12. Equivalencia del circuito de carga conectada a un generador

$$P = V_a \cdot I_L \cos \phi_L$$

$$P_L = I_L^2 \cdot Z_s \cos \phi_s$$

$$\Rightarrow I_L = \frac{P}{V_a \cdot \cos \phi}$$

$$\dot{V}_s = \dot{I}_L (\dot{Z}_s + \dot{Z}_L)$$

$$\dot{V}_a = \dot{I}_L \cdot \dot{Z}_L$$

$$\Rightarrow \dot{V}_s = \dot{V}_a \left(\frac{\dot{Z}_s}{\dot{Z}_L} + 1 \right)$$

Si aumentamos el consumo de potencia de la carga teniendo en cuenta que el factor de potencia del bus y el módulo de voltaje no deben variar, entonces:

$$\begin{aligned}\dot{V}_a' &= \dot{V}_a \cdot \underline{1} \angle \theta \\ \dot{Z}_L' &= k \cdot \dot{Z}_L \\ \begin{cases} \dot{V}_a = \dot{I}_L \cdot \dot{Z}_L \\ \dot{V}_a' = \dot{I}_L' \cdot \dot{Z}_L' \end{cases} \\ \Rightarrow \dot{I}_L' &= \dot{I}_L \cdot k \angle -\theta \\ I_L' &= k \cdot I_L \\ P_L' &= I_L'^2 \cdot Z_s \cos \varphi_s = k^2 \cdot I_L^2 \cdot Z_s \cos \varphi_s \\ P_L' &= k^2 \cdot P_L\end{aligned}$$

Donde:

k: Factor de cambio de la impedancia de carga para el circuito 2.

Θ : Ángulo de desfase entre los voltajes de barra del circuito 1 y 2.

P_L : Pérdida de potencia activa en el circuito.

Según investigaciones anteriores, en un sistema de distribución que funciona correctamente, el cambio en las pérdidas de potencia a medida que aumenta la potencia activa consumida, es proporcional al cuadrado del aumento de potencia.

$$P_L = k \cdot P^2$$

Donde:

P: Potencia activa consumida por el sistema.

P_L : Pérdida de potencia del sistema.

k: Factor de proporcionalidad.

Debido a un aumento de factor k_2 en las pérdidas y un aumento de factor k_1 en la potencia absorbida por la carga. Es de vital importancia tener en cuenta la potencia generada dentro del sistema en estudio, así como la potencia entregada al exterior y la potencia de la fuente de alimentación externa (SEIN).

Pérdidas no técnicas

Todos los sistemas eléctricos tienen pérdidas de energía, las cuales se clasifican en dos grupos; pérdidas técnicas y no técnicas. Estas últimas llamadas también “pérdidas comerciales”, las cuales están relacionadas al hurto de energía que corresponden a la vulneración de las condiciones del suministro eléctrico, a los errores en el proceso de la facturación y a los errores del tipo administrativo. Con relación a las pérdidas técnicas de las redes eléctricas de media tensión que es objeto del presente estudio, podemos sustentar los siguientes fundamentos científicos.

Las pérdidas no técnicas son la discrepancia entre las pérdidas totales de un sistema de distribución eléctrica y sus pérdidas técnicas medidas y calculadas. Es casi imposible que se produzcan estas pérdidas en un sistema de transmisión, mucho menos en uno de generación, y sólo ocurren en sistemas distribuidos.

Las pérdidas no técnicas son aquellas que se producen en forma parcial o no facturada por usuarios autorizados o no autorizados. Los errores administrativos, el mal funcionamiento de los equipos de medición y el mal clima socioeconómico son las principales causas de estas fallas, que a su vez fomentan una cultura del robo. No se sigue un procedimiento estándar para el transporte y suministro de energía física, sino que es propensa a errores y deficiencias. Las pérdidas no técnicas ocurren típicamente en los procesos de suministro, identificación, medición, facturación y cobro, lo que resulta en pérdidas comerciales y financieras.

Una verdadera pérdida de energía eléctrica no está representada por pérdidas no técnicas. En consecuencia, varios usuarios, que pueden estar o no registrados en la empresa distribuidora, que es la encargada de distribuir la energía eléctrica, utilizan

dicha energía para diversos fines. Por lo tanto, incurre en una pérdida económica, ya que no recibe compensación por la prestación del servicio.

Las pérdidas no técnicas son las que no se registraron.

El método más eficaz para identificar y manejar las pérdidas no técnicas es la revisión de las conexiones a los usuarios; la valoración y ubicación de las pérdidas no técnicas demanda métodos de muestreo estadístico y la estimación de los resultados.

Causales de las perdidas no técnicas

- Junto al robo de energía en las redes de consumo y distribución, se producen también manipulaciones de contadores y conexiones ilegales.
- Vínculos ilegales, especialmente en áreas centrales y en las fronteras entre las áreas electrificadas y las áreas no electrificadas.
- Errores en los medidores, especialmente la que se muestra en el monitor de los medidores electrónicos, lo que provoca la pérdida de la información.
- Reportes de lecturas incorrectos.
- Medidores no inscritos en el sistema de comercio • Medidores que no se encuentran registrados en el sistema de comercio.

Clasificación de perdidas no técnicas

Las pérdidas no técnicas son frecuentes y propias de todas las empresas distribuidoras. Algunos profesionales las categorizan de forma distinta, resaltando o dando prioridad a las debilidades más significativas, según nuestro punto de vista y conforme a la situación existente en Perú y en otras regiones del planeta. Las pérdidas no técnicas se han acumulado, especialmente en las provincias costeras. Y se las han clasificado en: hurto, fraude, administrativo y accidental.

Balance total de perdidas técnicas

La suma de las pérdidas de cada componente que lo integra y las circunstancias en que se descubren determinan el balance global de las pérdidas técnicas del alimentador CHN025 9na Norte.

Tabla 12

Porcentaje de pérdidas técnicas

Podemos utilizar las siguientes opciones para reducir las pérdidas técnicas. Por ejemplo, las siguientes:

Elementos para medir	Porcentaje
Transformadores de distribución	3.51 %
Acometidas	0.45%
Total:	3.96%

Nota. Elaboración Propia

Según el diagnóstico del 10,03% de pérdidas no técnicas en el alimentador CHN025 9na Norte, el 5,53% son atribuibles a accidentes, el 0,13% a conexiones directas, el 1,94% a conexiones ilegales, el 0,18% a una falla del sistema de medición que se produjo por un error en el procedimiento de facturación y el 0,70% a alumbrado público que no estaba registrado en el sistema comercial de NGC.

Se pueden alcanzar niveles óptimos de pérdidas técnicas mediante el análisis de los sistemas de distribución en conjunto con los avances en la planificación y el diseño del desarrollo de la red.

La Gestión ineficaz de la energía que carece de distribución y control entre los factores que contribuyen a grandes pérdidas técnicas en el sistema de distribución se encuentran en los estudios de ingeniería, las caídas de tensión, las pérdidas de energía en los componentes, los transformadores sobrecargados y los transformadores subutilizados.

Las razones de las pérdidas eléctricas en todas las empresas son complejas y necesitan soluciones que vayan más allá de las reparaciones superficiales. Como se muestra en la figura 13.

Figura 13

Clasificación de las pérdidas de energía

	POR TIPO		CAUSA	
Pérdidas Técnicas	TRANSPORTE	Transmisión	Efecto Corona y Joule	FUJAS
		Sub transmisión		
		Distribución		
	TRANSFORMACIÓN	Transformadores AT/AT	Joule, Parasitas, e Histéresis	VARIABLES
		Transformadores AT/MT		
		Transformadores MT/BT		
	INSTALACIONES DE BAJA TENSIÓN	Acometidas y	Joule	
Medidores				
Pérdidas No Técnicas	HURTO (Conexiones clandestinas directa de la red)			
	FRAUDE (Manipulación de los equipos de medición y conexonado)			
	ADMINISTRATIVAS (Proceso de facturación, contabilización de energía, registro de medidores)			
	ACCIDENTALES (Deficiencia o mal funcionamiento de medidores, mal conexonado de medidores)			

Comprender que el índice de pérdidas eléctricas es un indicador de la situación de la compañía; nos brinda una perspectiva distinta sobre la búsqueda de las auténticas causas que las provocan y su resolución.

Dado que la ingeniería de distribución es esencial para las pérdidas técnicas, el enfoque en la ingeniería de distribución es el componente más crucial para que un programa de control y reducción de pérdidas funcione.

Realizar un equilibrio energético es el inicio de un plan de control y disminución de pérdidas.

Análisis y Discusión

Es vital para las compañías de distribución de energía eléctrica minimizar las pérdidas eléctricas de un proyecto y se debe otorgarle gran relevancia. La implementación de estos procedimientos se manifiesta en el funcionamiento y gestión de la compañía. Se encontraron varias razones y causas como responsables de las pérdidas de media tensión en el alimentador CHN025 9na Norte.

Los hallazgos de las mediciones efectuadas en el alimentador CHN025 indican que las pérdidas técnicas de energía eléctrica se sitúan en un 3.96% del total de energía distribuida. Este porcentaje se compara con las pérdidas reconocidas por el OSINERGMIN, que establecen un estándar del 5%. La diferencia entre ambos valores sugiere que el alimentador CHN025 presenta pérdidas superiores a lo esperado, lo que puede atribuirse a factores como la antigüedad de los equipos, el tipo de conductores utilizados y la configuración de la red.

Con respecto a la investigación de Diestra (2024) se identificó el efecto de las pérdidas de energía en el sistema de distribución del alimentador AMT HRZ282 en la calidad del servicio eléctrico, con el fin de sugerir acciones para mejorar dicho servicio. Para el segundo semestre de 2023, se llevó a cabo un balance energético del AMT HRZ282, resultando en un porcentaje de pérdidas totales del 12.1% y un factor de carga del 67.6%. Dentro de este análisis, se identificó que 23 alimentadores secundarios presentan pérdidas superiores al 13,8%, destacando uno con un valor superior al 17%, siendo perjudicial energética y económicamente para la empresa concesionaria.

La presente investigación concuerda con Ayma (2022) la cual propuso aplicar la metodología del balance de pérdidas de energía para optimizar el control de las pérdidas energéticas de manera diferenciada en el subsistema de distribución eléctrica de Dolorespata. Se utilizó la mencionada metodología para identificar de forma precisa las pérdidas de energía, desglosadas por alimentadores de media tensión. En este informe, se consideraron los nueve alimentadores de media tensión que conforman el subsistema de distribución eléctrica de Dolorespata, cada uno compuesto por líneas primarias, transformadores de distribución, redes secundarias y medidores de electricidad en los hogares de los clientes. Como resultado, se determinaron las

pérdidas de energía por distribución, tanto en términos de volumen como de porcentaje respecto a la energía entregada, durante el período de 2021 para dicho subsistema.

Las pérdidas totales de energía en distribución fueron del 10.77%, equivalentes a 18,142.43 MW-H anuales, de las cuales las pérdidas técnicas representaron el 4.78% (8,048.97 MW-H anuales) y las pérdidas no técnicas alcanzaron el 5.99% (10,093.46 MW-H anuales).

Con respecto a la investigación de Cañari y Bacón (2023) se aborda el problema de las pérdidas eléctricas en los alimentadores eléctricos desde la perspectiva de mejorar la eficiencia energética y la sostenibilidad del sistema de distribución de energía. Se analizan diversas técnicas y métodos para controlar las pérdidas, tales como la regulación de voltaje, la gestión de la carga de demanda, la detección de fallas y las mejoras en la infraestructura de distribución, todas orientadas a la recuperación de energía y su relación con el control de pérdidas. El estudio mostró que el control de calidad influye directamente en la recuperación de energía y en el manejo de las pérdidas establecidas. Además, se constató que el uso de dispositivos para el control de pérdidas asegura una mejora significativa y confiable en la calidad de energía del sistema de distribución del alimentador A4005.

Entre los hallazgos encontrados, al que Asencio (2020) hace un estudio comparativo de las pérdidas técnicas de energía en media tensión donde el principal objetivo es minimizar las pérdidas de energía. Se llevó a cabo un análisis sectorizado que ayude a controlar y minimizar las pérdidas, empleando el método de equilibrio energético en 15 subestaciones en el transcurso de un semestre, lo cual fue beneficioso económicamente para la empresa. En ambos casos se evidencia una disminución significativa del porcentaje de pérdidas técnicas del alimentador CHN025. Así mismo, se tiene similitud con el trabajo de Llaury (2019), donde se diagnostica la efectividad de la transmisión de energía eléctrica en un sistema de transferencia cuando se realiza un análisis energético en las líneas de transmisión de energía. Para determinar las pérdidas que ocasionan los distintos componentes, se debe cuantificar la energía y potencia transferidas. Se analizó las pérdidas técnicas totales del alimentador mediante

el uso del software DIGSILENT Power Factory, para hallar el flujo de potencia total, evaluándose las pérdidas técnicas del alimentador, demostrando que se pueden reducir.

Los hallazgos de Tejada (2020) revelan dos aspectos clave en la gestión de las pérdidas de energía en las subestaciones, particularmente en las tensiones baja y media. El hecho de que las pérdidas energéticas sean del 7.19% en la tensión baja y del 3.91% en la tensión media indica que, aunque la subestación puede operar eficientemente a nivel de tensión media, aún existe un margen considerable de mejora en la tensión baja, donde las pérdidas son más elevadas. que a diferencia del 3.96%, de pérdida técnica de energía, este porcentaje de pérdidas está directamente relacionado con el consumo anual de energía de los alimentadores, lo que implica que, a mayor consumo, las pérdidas aumentan proporcionalmente, afectando la eficiencia global del sistema eléctrico.

Por otro lado, el análisis de Murillo (2020) introduce dos técnicas que, en conjunto con las observaciones de Tejada, pueden contribuir de manera significativa a la reducción de pérdidas. La reducción de capacidad instalada, cuando el factor de utilización es bajo, es una estrategia efectiva. Esta técnica permite instalar transformadores de menor potencia, lo que no solo reduce los costos iniciales, sino que también disminuye las pérdidas en materiales como el hierro y el cobre. De esta manera, se obtiene una mejora sustancial en la eficiencia energética sin grandes inversiones, lo que favorece una reducción significativa de las pérdidas.

El trabajo de Machuca (2018) ofrece un enfoque integral y detallado para abordar las pérdidas energéticas en un sistema eléctrico, combinando un análisis técnico con una visión a futuro de la demanda. La reestructuración de las redes propuestas, junto con la consideración de las proyecciones de demanda y la optimización de la potencia disponible, representa una estrategia viable y eficiente para mejorar el rendimiento del sistema eléctrico y reducir las pérdidas técnicas. Sin embargo, la implementación de esta estrategia requiere una planificación cuidadosa y una inversión en la actualización de la infraestructura existente, lo cual podría representar desafíos económicos y logísticos que deben ser evaluados en función del contexto local y las capacidades disponibles.

Conclusiones

Es crucial analizar las pérdidas de energía en una compañía de distribución para perfeccionar el sistema eléctrico con el objetivo de aumentar la eficiencia energética e incrementar sus ganancias.

En comparación con las pérdidas del 5% identificadas por OSINERGMIN, se encontró una pérdida total de energía eléctrica del 68%. Las pérdidas técnicas de energía eléctrica en MT del alimentador CHN025 9na Norte resultaron ser comparables con 3.96%.

Con el objetivo de mejorar la calidad del servicio eléctrico en transformadores y conductores, se examinaron los elementos y causas que inciden en las pérdidas técnicas de energía, así como en las pérdidas no técnicas (manipulación de medidores, conexiones clandestinas, lecturas mal reportadas, medidores no registrados, fallas en medidores). Como resultado, el Alimentador CHN025 9na Norte tuvo una disminución en las pérdidas tanto técnicas como no técnicas.

Se plantearon opciones para disminuir las pérdidas energéticas mediante técnicas alternativas, teniendo en consideración los estándares reconocidos por el OSINERGMIN, siendo estas: mantenimientos preventivos y correctivos, actualización de los equipos de distribución de energía eléctrica, seguimiento y monitoreo de las líneas de media tensión utilizando software DigSilent Power Factory.

En conclusión, con los resultados obtenidos del Alimentador CHN025 9na Norte y los datos concernientes al estudio, se evidencia que las perdidas técnicas totales en 1 año serian de 72.450.00 KWH/Año que vienen hacer el 3.96% de perdidas técnicas al año.

Recomendaciones

Se recomienda hacer un plan de monitoreo a las líneas de distribución y a los transformadores para poder disminuir las pérdidas técnicas de energía y realizar seguimientos personalizados a los usuarios considerados en las pérdidas no técnicas.

Optimizar el sistema eléctrico con la finalidad de desarrollar la eficiencia energética, para evitar una pérdida en la energía de la empresa de Distribución eléctrica, porque las pérdidas de energía representan pérdidas económicas para el área comercial

Se debería de invertir en ingeniería de distribución para poder reducir las pérdidas técnicas, lo que resulta en beneficio para la empresa eléctrica Hidrandina y por concerniente mejorar el servicio a sus clientes generando más ingresos económicos.

Se aconseja establecer un plan de monitorización y seguimiento al usuario para prevenir el hurto o fraude energético, dado que las instalaciones son vulnerables, el nivel sociocultural de la población y la ausencia de supervisión por parte del personal de la compañía provoca que los usuarios manipulen los aparatos de medición, acometidas, así como la repetición de los usuarios en cometer fraude.

Reducir los esfuerzos técnicos en el alimentador CHN025 9na Norte y potenciar la eficacia del sistema de distribución a través de las siguientes opciones de mejora: realizar un reajuste de cargas por fases en los transformadores de distribución, verificar conductores y balanceo de circuitos, cambiar transformadores sobrecargados, controlar la reducción de tensión, mantener los transformadores en su valor nominal.

Agradecimientos

Al finalizar una etapa significativa y maravillosa de mi vida, deseo manifestar y transmitir mi más profundo amor y agradecimiento a quienes hicieron posible este sueño, a aquellos que siempre fueron inspiración, respaldo y fortaleza al lado mío. Esta mención especial es para DIOS, mis progenitores y para mis padres, Segundo Alberto Saldaña Anaya y Doris del Pilar Domínguez Mori, mi esposa Karin Rosmery Minaya Acuña y mis hijos Gregg Marcelo Saldaña Minaya Acuña y Zoé Valeria Saldaña Minaya y a mis hermanos. A todos ustedes, muchas gracias por demostrarme su apoyo incondicional y puedan perdonarme por el tiempo que no pude estar con ustedes y pasar tiempo valioso con ustedes.

Mi gratitud también a la facultad de Ingeniería y a la escuela de Mecánica Eléctrica. También quiero hacer una mención especial a todas las personas que de alguna manera contribuyeron a mi formación académica y personal. Su influencia ha dejado una huella imborrable en mi vida y en este proyecto.

Referencias Bibliográficas

- Ayma Coila, W. N. (2022). *Control de pérdidas técnicas en el subsistema de distribución*. Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco. Obtenido de <http://repositorio.unsaac.edu.pe/handle/20.500.12918/7120?show=full>
- Cañari y Bacon. (2023). *Análisis del control de pérdidas y recupero de energía eléctrica del alimentador A4005 en la Unidad de Negocios Ayacucho, 2023*. Hauncayo. Obtenido de Repositorio Institucional Continental: <https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/13202>
- Megometro Digital*. (s.f.). Obtenido de <https://boltec.pe/wp-content/uploads/2020/06/MG-5000.jpg>
- Murillo Arango, F. (2020). *Reducción de pérdidas técnicas de energía en niveles de tensión 1 y 2 a partir de reconfiguración de transformadores usando una estrategia de búsqueda local*. Universidad Tecnológica de Pereyra. Obtenido de <https://repositorio.utp.edu.co/server/api/core/bitstreams/fe4dc661-a84c-42a9-b9eb-0428019d5930/content>
- Ninantay, J. (2019). *Análisis de las pérdidas de energía eléctrica en las redes de distribución del sistema eléctrico SE0032 Quencoro – Cusco – Electro Sur Este S.A.A.* Universidad Nacional San Agustín, Arequipa. Obtenido de <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/10788>
- Sydney. (2023). *Alimentador de electricidad*. Obtenido de <https://electriciannearme.sydney/what-is-a-feeder-in-electrical/>
- Tama, A. (2018). *Las Pérdidas de Energía Eléctrica*. Obtenido de <https://www.sectorelectricidad.com/20860/las-perdidas-de-energia-electrica>.
- Pinedo, F. (2018). “*Método de balance de energía por subestaciones y su influencia en la identificación y control de las pérdidas no técnicas en las redes de baja tensión en Electro Oriente S.A. Juanjui, 2018*”. Tarapoto.
- Asencio, W. (2020). *Estudio sectorizado del alimentador 1303 para el control y reducción de las pérdidas de energía - Talara*. Investigación, Trujillo. Obtenido de <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/50974>

- Diestra, E. (2024). *Influencia de las pérdidas energéticas del alimentador HRZ282 en baja tensión en la calidad del servicio*, Hidrandina S.A. Investigacion, Huaraz. Obtenido de <https://repositorio.uns.edu.pe/handle/20.500.14278/4789>
- Diaz, A., & Ramirez, J. (2023). *Dimensionamiento de pérdidas no técnicas para mejorar los indicadores eléctricos de la red en baja tensión del alimentador CHN025 Novena Norte – Chimbote*, 2022. tesis, Trujillo. Obtenido de https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/114873/Diaz_BAE-%20Ramirez_VJA-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Tejada, F. (2020). *Estudio de las pérdidas de energía eléctrica para estimar el balance de energía del alimentador de media tensión N° 2 de la subestación de Bagua Grande*. tesis, Bagua Grande. Obtenido de <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/50961>
- Zurita, E. (2021). *Metodología para reducir pérdidas del alimentador c-212 de propiedad de la concesión Electronorte*. Investigacion, Lambayeque. Obtenido de <https://repositorio.unprg.edu.pe/handle/20.500.12893/10897>
- Castro, M., & Florian, E. (2016). *Programa de reducción y control de pérdidas no técnicas en el alimentador chs032 – 7ma. sur, de la Empresa Hidrandina S.A. – Chimbote*. Investigacion, Chimbote. Obtenido de <https://repositorio.uns.edu.pe/handle/20.500.14278/2656>

Anexos

Anexo 1. Matriz de operacionalización de las variables

Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores
Perdidas técnicas de energía eléctrica en media tensión.	Las pérdidas técnicas se refieren a las pérdidas energéticas vinculadas al diseño, planificación, edificación y funcionamiento del sistema eléctrico, producidas en conductores, transformadores y equipo eléctrico. Las pérdidas técnicas estándares en media tensión reconocidas por OSINERGMIN	Las pérdidas energéticas se refieren al contraste entre la energía proporcionada al sistema eléctrico y la energía vendida o facturada, y pueden categorizarse en técnicas y no técnicas.	Pérdidas técnicas de energía eléctricas	Porcentaje de pérdidas técnicas Niveles de tensión Capacidad de corriente

Anexo 2.

Matriz de operacionalización de las variables

Problema	Variable	Objetivos	Hipótesis	Metodología
Cuál es la pérdida técnica de energía eléctrica en la sub estación CHN025 9na Norte de la empresa eléctrica Hidrandina S.A Chimbote	Perdidas técnicas de energía eléctrica en media tensión.	El objetivo general fue: Determinar las pérdidas técnicas de energía eléctrica en MT del alimentador CHN025 9na Norte de la concesionaria Hidrandina S.A Chimbote – 2024. Así mismo, los objetivos específicos: Determinar las pérdidas técnicas de energía eléctrica en MT del alimentador CHN025 9na Norte – 2024 y compararlas con las pérdidas reconocidas por el OSINERGMIN. Analizar los factores y elementos que influyen en las pérdidas técnicas de energía para mejorar la calidad del servicio eléctrico. Proponer alternativas para la reducción de las pérdidas técnicas de energía eléctrica a los niveles estándares reconocidos por el OSINERGMIN Verificar todos los factores que intervienen en las pérdidas de energía para hacer mejoras en la calidad del servicio eléctrico.	la sub estación CHN025 9na Norte de la empresa eléctrica Hidrandina S.A Chimbote genera pérdidas técnicas de energía eléctrica.	Tipo y Diseño Aplicada, descriptiva, no experimental Población y Muestra Como población se contó con las 69 Sub-Estaciones de Distribución que constituyen el alimentador CHN025 9na Norte. siendo la muestra la misma cantidad Técnica e Instrumento La observación – Guía de observación

Anexo 03.
Energía y demanda de todas las subestaciones de distribución del alimentador
CHN025 9na Norte.

COD. DE SED	ACTU				
	Energía Total	Energía HP	Energía FP	Demanda HP	Demanda
CH0034	341456.0	121400.0	220056.0	36.02	34.21
CH0035	451672.0	211072.0	240600.0	40.76	41.52
CH0036	356823.0	126023.0	230800.0	34.27	33.87
CH0037	148954.0	50924.0	198030.0	13.39	15.72
CH0039	236023.0	80023.0	156000.0	24.70	23.41
CH0040	530842.0	215310.0	315522.0	51.33	48.41
CH0041	247661.0	60637.0	187024.0	22.78	23.21
CH0042	174938.0	25828.0	149110.0	17.52	19.45
CH0043	375914.0	141507.0	234407.0	36.17	38.32
CH0044	299531.0	114507.0	185024.0	39.79	37.21
CH0045	465913.0	185805.0	280108.0	64.33	63.23
CH0123	498316.0	213158.0	285158.0	69.08	68.02
CH0124	475488.0	242138.0	233350.0	66.96	65.71
CH0125	358497.0	163253.0	195244.0	45.73	43.18
CH0126	330203.0	109071.0	221132.0	42.82	41.94
CH0127	418394.0	183256.0	235138.0	72.53	71.03
CH0128	369247.0	218132.0	151115.0	45.69	43.52
CH0129	204824.0	74394.0	130430.0	60.23	59.11
CH0130	553912.0	260508.0	293404.0	86.52	88.48
CH0131	483268.0	261144.0	222124.0	58.41	53.64
CH0132	754391.0	321120.0	433271.0	84.62	83.45
CH0133	603467.0	284137.0	319330.0	70.31	69.32
CH0478	367412.0	131206.0	236206.0	35.21	36.13
CH0539	293406.0	97256.0	196156.0	29.05	28.32
CH0542	224659.0	88516.0	136143.0	22.92	21.07
CH0624	454239.0	171117.0	283122.0	54.13	53.25
CH0841	258743.0	123621.0	135122.0	24.56	22.89
CH0842	163892.0	71554.0	92348.0	16.62	15.73
CH1062	345876.0	204324.0	141552.0	35.48	33.28
CH1067	186541.0	93340.0	193301.0	18.88	17.36
CH1068	286512.0	113212.0	173300.0	29.69	28.15
CH1069	275482.0	137245.0	138237.0	27.72	25.49

CH7844	454239.0	171117.0	283122.0	54.13	53.25
CH7866	275482.0	137245.0	138237.0	27.72	25.49
CH7896	186541.0	93340.0	193301.0	18.88	17.36
CH7899	369247.0	218132.0	151115.0	40.72	41.83

CH1070	753912.0	260508.0	493404.0	87.42	90.52
CH1071	498316.0	205158.0	293158.0	67.34	69.64
CH1892	258497.0	63253.0	195244.0	23.76	21.98
CH1928	293406.0	97256.0	196156.0	28.41	30.19
CH1929	330203.0	109071.0	221132.0	38.34	39.56
CH2080	465913.0	185805.0	280108.0	58.43	56.34
CH2081	498316.0	213158.0	285158.0	42.65	43.55
CH2180	475488.0	242138.0	233350.0	57.34	53.53
CH2210	358497.0	163253.0	195244.0	21.90	24.67
CH2211	330203.0	109071.0	221132.0	34.54	32.86
CH2212	418394.0	183256.0	235138.0	76.59	78.45
CH2217	369247.0	218132.0	151115.0	45.62	47.45
CH2280	504824.0	174394.0	330430.0	65.24	63.41
CH2303	643467.0	304137.0	339330.0	78.34	76.75
CH2353	330203.0	111071.0	219132.0	34.22	33.67
CH2354	418394.0	183256.0	235138.0	40.72	41.83
CH2355	204824.0	74394.0	130430.0	25.34	26.83
CH2356	293406.0	97256.0	196156.0	23.92	25.13
CH2360	468394.0	203256.0	265138.0	47.51	49.23
CH2362	247661.0	60637.0	187024.0	22.78	23.21
CH7007	174938.0	25828.0	149110.0	17.52	19.45
CH7008	375914.0	141507.0	234407.0	36.17	38.32
CH7065	299531.0	114507.0	185024.0	39.79	37.21
CH7177	465913.0	185805.0	280108.0	64.33	63.23
CH7296	498316.0	213158.0	285158.0	69.08	68.02
CH7372	475488.0	242138.0	233350.0	66.96	65.71
CH7646	358497.0	163253.0	195244.0	45.73	43.18
CH7683	330203.0	109071.0	221132.0	42.82	41.94
CH7729	369247.0	218132.0	151115.0	40.72	41.83
CH7735	247661.0	60637.0	187024.0	22.78	23.21
CH7742	174938.0	25828.0	149110.0	17.52	19.45
CH7776	375914.0	141507.0	234407.0	36.17	38.32
CH7798	358497.0	163253.0	195244.0	45.73	43.18
CH7816	364914.0	131507.0	233407.0	34.54	32.86

Anexo 04.
Carta de autorización
Carta 001-2024-USP solicitando a Hidrandina información para proyecto

FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA MECANICA ELECTRICA

"Año del Bicentenario, de la consolidación de nuestra
Independencia, y de la conmemoración de las heroicas batallas
de Junín y Ayacucho"

Chimbote, 01 de marzo del 2024.

CARTA N° 001-2024-USP-PEIME/Dir

Señor
Ing. Cesar Marcelo Cashpa
JEFE DE UNIDAD EMPRESARIAL CHIMBOTE
HIDRANDINA S.A.
Presente. -

Asunto: Solicito información para fines Académicos

De mi especial consideración:

Reciba por intermedio de la presente mi cordial saludo y a la vez solicitarle su autorización para que se proporcione información técnica para el desarrollo del Proyecto de Tesis denominado "Evaluación y análisis de pérdidas técnicas de energía en media tensión del alimentador CHN025 9na Norte, Chimbote – 2023" a cargo del bachiller Roberto Vladimir Saldaña Domínguez para obtener el título profesional de Ingeniero Mecánico Eléctrico, cabe mencionar que este estudio técnico permitirá obtener recomendaciones en la reducción de las pérdidas técnicas del indicado alimentador, las mismas que se le hará de conocimiento en su debido momento.

Agradeciéndole por anticipado la atención que brinde a la presente, reitero a usted las muestras de mi especial consideración y estima. Agradecería que dicha información pueda hacerla llegar a las oficinas de Chimbote.

Atentamente,


Ing. WILMER CARRASCO ALVARADO
Director Escuela Ing. Mecánica Eléctrica

Anexo 05.
Cargo de recepción en Hidrandina de la Carta N° 001-2024-USP
Solicitando información para elaboración de proyecto de tesis

	Distriluz Enseña • Enseña • Mándalo • Enseñamos	FECHA Y HORA IMPRESIÓN: 04/03/2024 - 12:56 P. M.
CARGO DE DOCUMENTOS INGRESADOS		
EXPEDIENTE: 20240321001005		
FECHA Y HORA DE INGRESO: 04/03/2024 12:56:24 P. M.		
REMITENTE: UNIVERSIDAD SAN PEDRO		
DIRECCIÓN: AVENIDA FRANCISCO BOLOGNESI 770 , CASCO URBANO - CHIMBOTE - SANTA - ÁNCASH		
RUC/DNI/OTRO: 20147265272		
TIPO DE DOCUMENTO: CARTA		
NÚMERO DE DOCUMENTO: 083 - CARTA N° 001-2024-USP		
ASUNTO: SOLICITA INFORMACION PARA FINES		

ACADEMICO...

**PARA UN PRÓXIMO TRÁMITE, RECUERDE SEÑALAR
EL CÓDIGO DE EXPEDIENTE.**

DISTRILUZ - AV. CAMINO REAL Nº 348 EDIFICIO TORRE EL PILAR -
PISO 13 URB. SAN ISIDRO LIMA 27 PERU - TELÉFONO: (511) 211-
5500

Anexo 06.
Declaración Jurada de Autenticidad y Autoría

DECLARACION JURADA DE AUTENTICIDAD Y AUTORIA

Yo, **Roberto Vladimir Saldaña Domínguez**, bachiller de la Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica Eléctrica de la Universidad San Pedro, Sede Chimbote, identificado con DNI N° 45552622, con el proyecto de tesis **"Pérdidas técnicas de energía en media tensión del alimentador CHN025 9na Norte, Chimbote – 2024"**.

Declaro bajo juramento que:

1. El trabajo de investigación es de mi autoría.
2. He respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas. Por tanto, el trabajo de investigación no ha sido plagiado total ni parcialmente.
3. El trabajo de investigación no ha sido auto plagiado; es decir, no ha sido publicada ni presentada anteriormente para obtener algún grado académico previo o título profesional.
4. Los datos que se evaluarán corresponden a información autorizada por la empresa HIDRANDINA.

Chimbote, 08 de abril del 2024

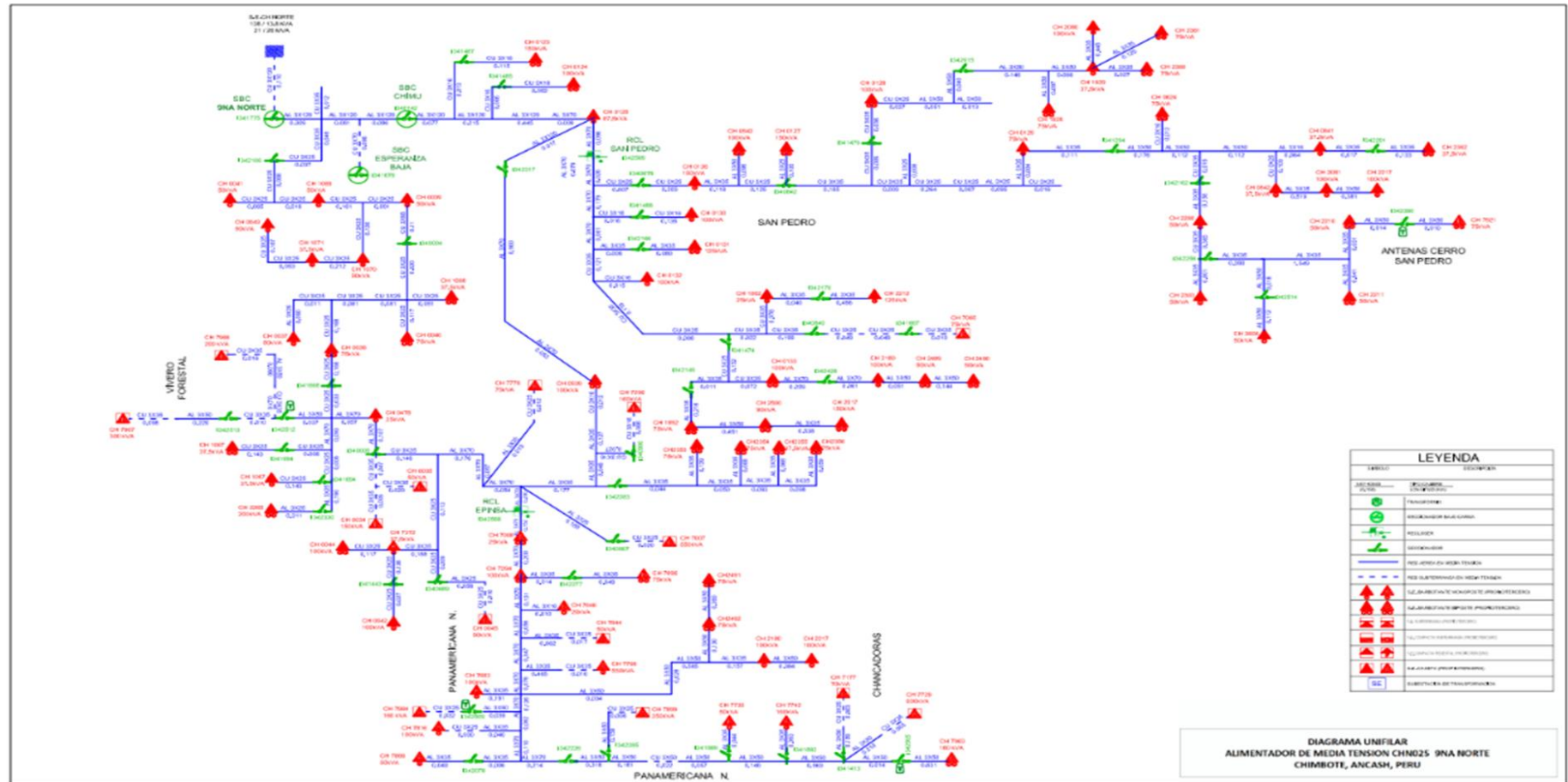


Roberto V Saldaña Domínguez
DNI N° 45552622

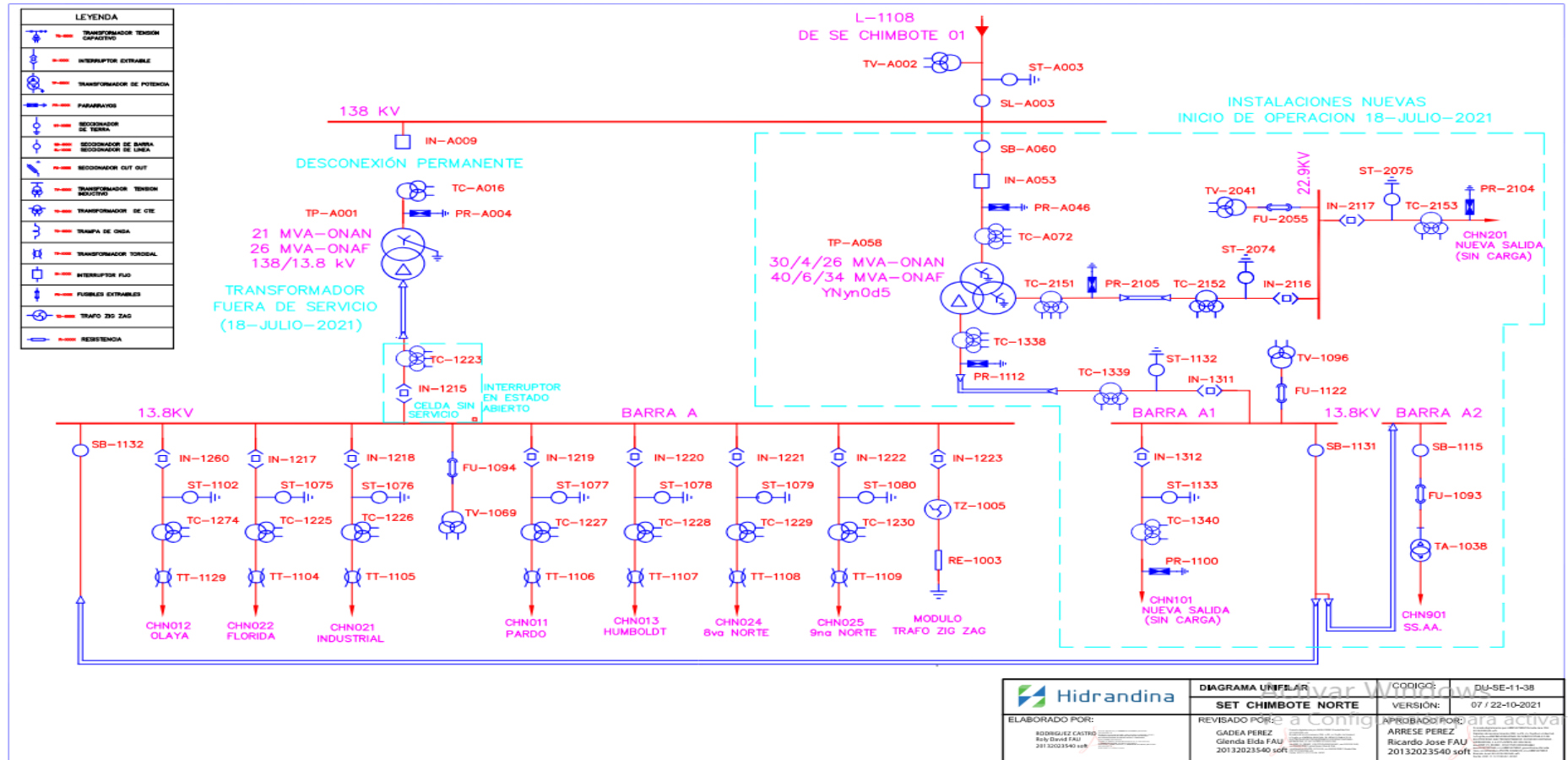


Huella digital

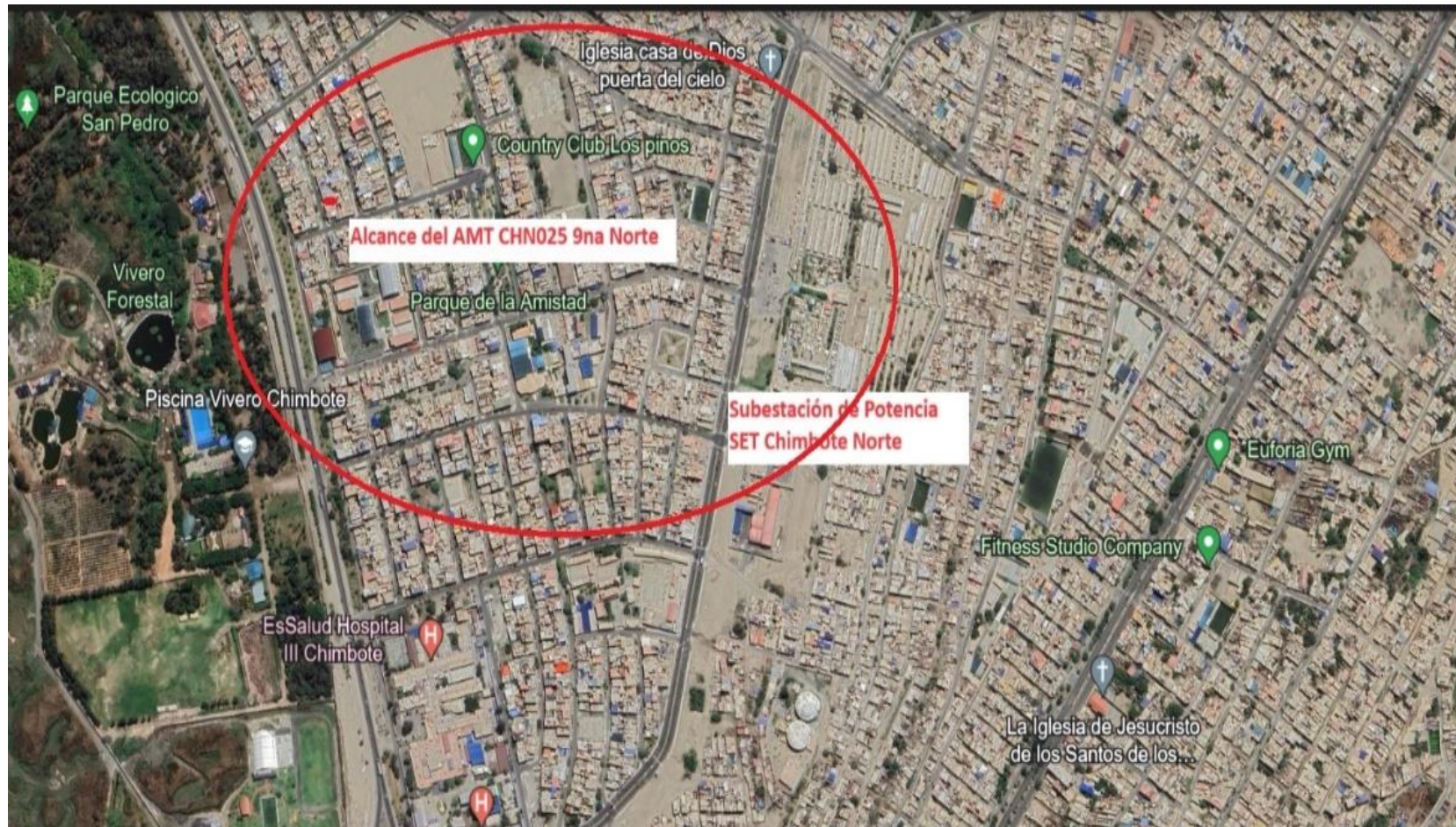
Diagrama unifilar del alimentador CHN025 9na Norte



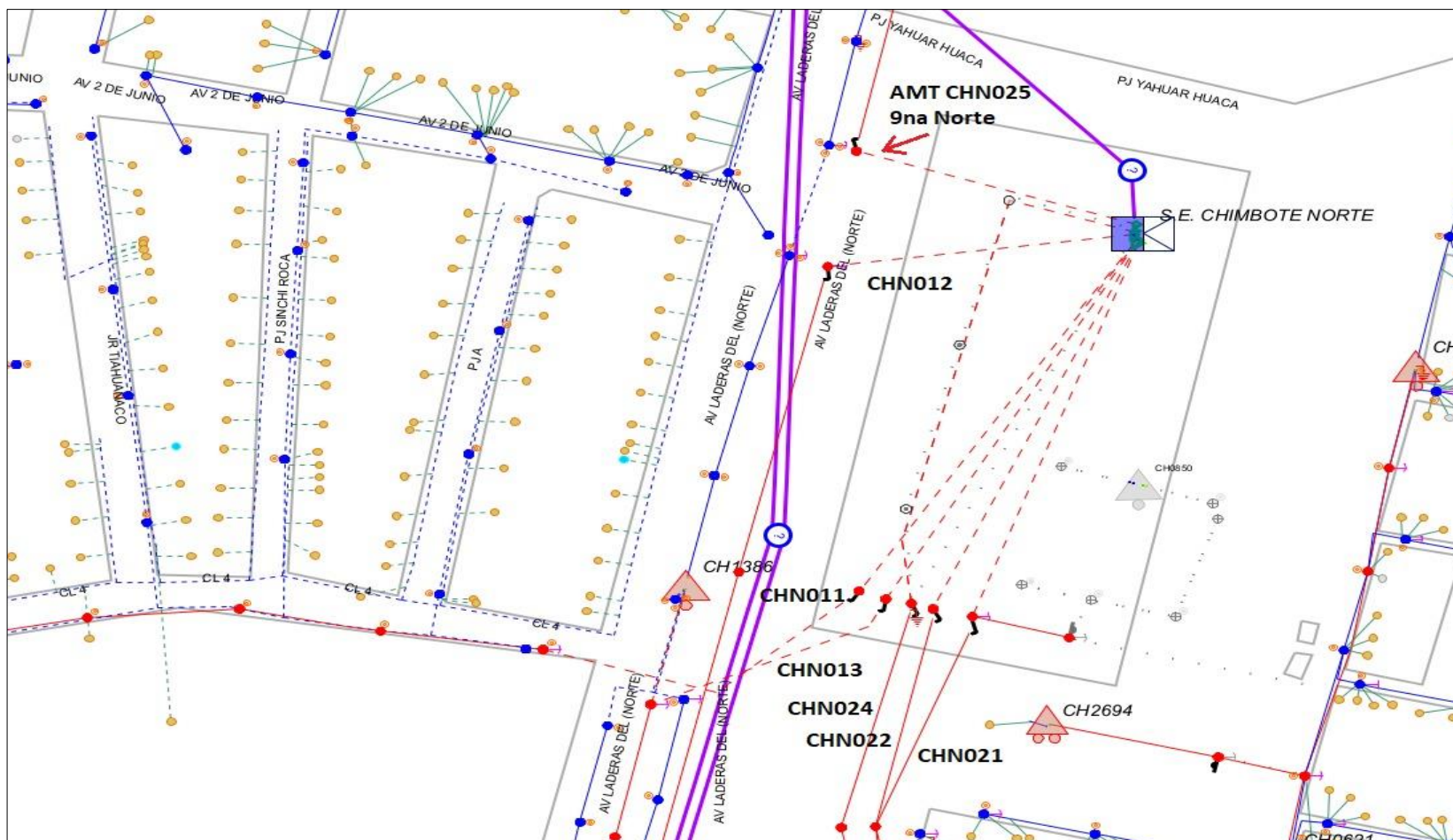
Anexo 08. Diagrama unifilar del SET Chimbote Norte



Anexo 09.
Ubicación del alimentador CHN025 9na Norte



Anexo 10.
Salida del AMT CHN025 9na Norte desde la subestación de potencia Chimbote Norte



Anexo 11.
Frontis del SET Hidrandina Chimbote Norte



Anexo 12.
Celda del Alimentador en MT CHN025 9na Norte



Anexo 13. Medidor de Energia



Anexo 14.
Medidor de Energia



Anexo 15.
Patio de Llaves Subestacion de potencia Chimbote Norte



Anexo 16.
Transformador del Alimentador CHN025 9na Norte



Anexo 17.
Celdas de Alimentadores de la subestación Chimbote Norte



Anexo 18.
Celda Electrica con sus elementos de medicion



Anexo 19. Formulario de Repositorio


USP
 UNIVERSIDAD SAN PEDRO

REPOSITORIO INSTITUCIONAL DIGITAL

FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN PARA LA PUBLICACIÓN DE DOCUMENTOS DE INVESTIGACIÓN

1. Información del Autor			
<i>Saldana Dominguez Roberto Vladimir</i>		<i>45552622</i>	<i>robertosd1210@gmail.com</i>
2. Tipo de Documento de Investigación		3. Grado Académico o Título Profesional ¹	
Tesis	Trabajo de Suficiencia Profesional	Trabajo Académico	Trabajo de Investigación
Bachiller		Título Segunda Especialidad	
Maestría		Doctorado	
4. Título del Documento de Investigación			
<i>" Pérdidas Térmicas de energía en media Tensión del alimentador CHN025 9na Norte, Chimbote - 2024 "</i>			
5. Programa Académico			
<i>Mecánica Eléctrica</i>			
6. Tipo de Acceso al Documento			
Abierto o Público ² (info:cu-repo/semantic/openAccess)		Acceso restringido ³ (info:cu-repo/semantic/restrictedAccess) ^(*)	
Embargo (Máximo 24 meses) (info:cu-repo/semantic/embargoAccess)		Fecha de Liberación de embargo: ____/____/____ (Formato: día / mes / año)	
(*) En caso de restringido y embargo sustentar motivo			

A. Originalidad del Archivo Digital

Por el presente dejo constancia que el archivo digital que entrego a la Universidad, es la versión final del trabajo de investigación sustentado y aprobado por el Jurado Evaluador y forma parte del proceso que conduce a obtener el grado académico o título profesional.

B. Otorgamiento de una licencia CREATIVE COMMONS⁴

El autor, por medio de este documento, autoriza a la Universidad, publicar su trabajo de investigación en formato digital en el Repositorio Institucional Digital, al cual se podrá acceder, preservar y difundir de forma libre y gratuita, de manera íntegra a todo el documento.⁶



Huella Digital



Firma

Ciudad Día Mes Año

Chimbote 29 08 2025

Importante

1. Según Resolución de Consejo Directivo N° 033-2016-SUNPDU-CD, Reglamento del Registro Nacional de Trabajos de Investigación para optar Grados Académicos y Títulos Profesionales, Art. 8, inciso 8.2.

2. Ley N° 30015. Ley que regula el Repositorio Nacional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto y D.S. 009-2015-PCM.

3. Si el autor eligió el tipo de acceso abierto o público, otorga a la Universidad San Pedro una licencia no exclusiva, para que se pueda hacer arreglos de forma en la obra y difundir en el Repositorio Institucional Digital. Respetando siempre los Derechos de Autor y Propiedad Intelectual de acuerdo a lo el Anexo de la Ley 822.

4. En caso de que el autor elija la segunda opción, únicamente se publicará los datos del autor y resumen de la obra, de acuerdo a la directiva N° 004-2016-CONCYTEC-DIGOC (numerales 5.2 y 6.7) que norma el funcionamiento del Repositorio Nacional Digital.

5. Las licencias Creative Commons (CC) es una organización internacional sin fines de lucro que promueve la disposición de los recursos en conjunto de licencias flexibles y de herramientas tecnológicas que facilitan la difusión de información, recursos educativos, obras artísticas y científicas, entre otros. Estas licencias también garantizan que el autor otorga el crédito por su obra.

6. Según el inciso 12.2 del artículo 12° del Reglamento del Registro Nacional de Trabajos de Investigación para optar grados académicos y títulos profesionales-RNATI "Las universidades, instituciones y escuelas de educación superior tienen como obligación registrar todos los trabajos de investigación y proyectos, incluyendo los metadatos en sus repositorios institucionales procurando si son de acceso abierto restringido, los cuales serán posteriormente recolectados por el Repositorio Digital RENATI a través del Repositorio NCIJA".

Nota: - En caso de falsedad en los datos, se procederá de acuerdo a ley N° 27444, art. 32, núm. 32.3j

UNIVERSIDAD SAN PEDRO | Repositorio Institucional Digital

Anexo 20. Reporte de similitud



Anexo 21.

12	tesis.usat.edu.pe Fuente de Internet	1 %
13	docplayer.es Fuente de Internet	1 %
14	www.coursehero.com Fuente de Internet	1 %
15	vsip.info Fuente de Internet	<1 %
16	studylib.es Fuente de Internet	<1 %
17	Submitted to Universidad Tecnológica Centroamericana UNITEC Trabajo del estudiante	<1 %
18	repositorio.uancv.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
19	boltec.pe Fuente de Internet	<1 %
20	www.dspace.espol.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
21	modern-physics.org Fuente de Internet	<1 %
22	nanopdf.com Fuente de Internet	<1 %
23	Submitted to Universidad Continental Trabajo del estudiante	<1 %
24	qdoc.tips Fuente de Internet	<1 %
25	dspace.ups.edu.ec Fuente de Internet	<1 %

Anexo 22.

26	doku.pub Fuente de Internet	<1 %
27	futur.upc.edu Fuente de Internet	<1 %
28	www.dspace.uce.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
29	www.megabras.com Fuente de Internet	<1 %
30	1library.co Fuente de Internet	<1 %
31	cors.archive.org Fuente de Internet	<1 %
32	es.slideshare.net Fuente de Internet	<1 %
33	jnas.nbuu.gov.ua Fuente de Internet	<1 %
34	www.cne.cl Fuente de Internet	<1 %
35	www.cpnradio.com.pe Fuente de Internet	<1 %
36	idoc.pub Fuente de Internet	<1 %
37	inaoe.repositorioinstitucional.mx Fuente de Internet	<1 %
38	laligadenewton.wixsite.com Fuente de Internet	<1 %
39	pub.pollub.pl Fuente de Internet	<1 %
40	repositorio.unac.edu.pe Fuente de Internet	

Anexo 23.

		<1 %
41	www.dane.gov.co Fuente de Internet	<1 %
42	www.slideshare.net Fuente de Internet	<1 %
Excluir citas	Apagado	Excluir coincidencias < 10 words
Excluir bibliografía	Activo	