



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO



FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA

TESIS

Para Optar el Título Profesional de:

INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

“Plan de gestión eléctrica para reducir las pérdidas técnicas en el Alimentador ST02 de la empresa CVC Energía”

Autor:

Bach. Carlos Alberto Morales Sandoval

Asesor:

M.Sc. Ing. Robinson Tapia Asenjo

LAMBAYEQUE – PERÚ

2026



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO



FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA

TESIS

Para Optar el Título Profesional de:

INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

“Plan de gestión eléctrica para reducir las pérdidas técnicas en el Alimentador ST02 de la empresa CVC Energía”

Autor:

Bach. Carlos Alberto Morales Sandoval

Aprobado por el Jurado Examinador

PRESIDENTE : M.Sc. Lic. Egberto Serafín Gutiérrez Atoche
SECRETARIO : M.Sc. Ing. Héctor Antonio Oliden Núñez
MIEMBRO : M.Sc. Ing. Percy Edwar Niño Vásquez
ASESOR : M.Sc. Ing. Robinson Tapia Asenjo

LAMBAYEQUE – PERÚ

2026



**UNIVERSIDAD NACIONAL
PEDRO RUIZ GALLO**



FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA

TESIS

TÍTULO:

**“Plan de gestión eléctrica para reducir las
pérdidas técnicas en el Alimentador ST02 de la
empresa CVC Energía”**

CONTENIDOS

CAPITULO I	: PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.
CAPITULO II	: MARCO TEÓRICO.
CAPITULO III	: MARCO METODOLÓGICO.
CAPITULO IV	: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS.
CAPITULO V	: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

Bach. Carlos Alberto Morales Sandoval

M.Sc. Lic. Egberto Serafín Gutiérrez Atoche
PRESIDENTE

M.Sc. Ing. Héctor Antonio Oliden Núñez
SECRETARIO

M.Sc. Ing. Percy Edwar Niño Vásquez
VOCAL

M.Sc. Ing. Robinson Tapia Asenjo
ASESOR

LAMBAYEQUE – PERÚ

2026

ACTA DE SUSTENTACIÓN



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA
DECANATO



ACTA DE SUSTENTACION N°0156-2026-FIME



En la ciudad de Lambayeque, siendo las 11:00 a.m. del día miércoles 06 de mayo 2026. Se reunieron los miembros del jurado, designados mediante Resolución N°061-2026-D-FIME-UNPRG, de fecha 20 de abril 2026, con la finalidad de Evaluar y Calificar la sustentación de la Tesis, conformado por los siguientes catedráticos:

- | | |
|---|------------|
| ▪ M.Sc. Lic. EGBERTO SERAFIN GUTIÉRREZ ATOCHE | PRESIDENTE |
| ▪ M.Sc. Ing. HÉCTOR ANTONIO OLIDEN NÚÑEZ | SECRETARIO |
| ▪ M.Sc. Ing. PERCY EDWAR NIÑO VÁSQUEZ | MIEMBRO |
| ▪ M.Sc. Ing. ROBINSON TAPIA ASENJO | ASESOR |

Se recibió la Tesis titulada:

"PLAN DE GESTIÓN ELÉCTRICA PARA REDUCIR LAS PÉRDIDAS TÉCNICAS EN EL ALIMENTADOR ST02 DE LA EMPRESA CVC ENERGÍA"

Presentada y sustentada por su autor, Bachiller: **MORALES SANDOVAL CARLOS ALBERTO.**

Finalizada la sustentación de la Tesis, el sustentante respondió las preguntas y observaciones de los miembros del jurado examinador, quienes procedieron a deliberar y acordaron otorgar el calificativo de **APROBADO**, Nota (*16*) en la escala vigesimal, mención Bueno. Quedando el sustentante apto para obtener el Título profesional de Ingeniero Mecánico Electricista, de acuerdo a la Ley Universitaria 30220 y la normatividad vigente, de la Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica y la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.

Siendo las **11:50 am** del mismo día se da por concluido el acto académico, firmando la presente acta el jurado respectivo:

M.Sc. Lic. EGBERTO SERAFIN GUTIÉRREZ ATOCHE
PRESIDENTE

M.Sc. Ing. HÉCTOR ANTONIO OLIDEN NÚÑEZ
SECRETARIO

M.Sc. Ing. PERCY EDWAR NIÑO VÁSQUEZ
MIEMBRO

M.Sc. Ing. ROBINSON TAPIA ASENJO
ASESOR

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

ANEXO 01

CONSTANCIA DE VERIFICACIÓN DE ORIGINALIDAD

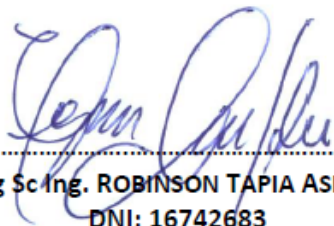
Yo, **Mg. Sc. Ing. Robinson Tapia Asenjo**, usuario revisor del documento titulado: **“PLAN DE GESTIÓN ELÉCTRICA PARA REDUCIR LAS PÉRDIDAS TÉCNICAS EN EL ALIMENTADOR ST02 DE LA EMPRESA CVC ENERGÍA.”**

Cuyo autor es, **Morales Sandoval Carlos Alberto**, identificado con documento de identidad N° **75494320** declaro que la evaluación realizada por el Programa informático, ha arrojado un porcentaje de similitud de **14%**, verificable en el Resumen de Reporte automatizado de similitudes que se acompaña.

El suscrito analizó dicho reporte y concluyó que cada una de las coincidencias detectadas dentro del porcentaje de similitud permitido no constituyen plagio y que el documento cumple con la integridad científica y con las normas para el uso de citas y referencias establecidas en los protocolos respectivos.

Se cumple con adjuntar el Recibo Digital a efectos de la trazabilidad respectiva del proceso.

Lambayeque 26 de mayo del 2026


.....
Mg Sc Ing. ROBINSON TAPIA ASENJO
DNI: 16742683
ASESOR

Se adjunta:

*Resumen del Reporte automático de similitudes

*Recibo Digital

REPORTE DEL TURNITIN


“Plan de gestión eléctrica para reducir las pérdidas técnicas en el Alimentador ST02 de la empresa CVC Energía”

INFORME DE ORIGINALIDAD


14%	14%	2%	6%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	4%
2	repositorio.umsa.bo Fuente de Internet	2%
3	www.essa.com.co Fuente de Internet	1%
4	dspace.ups.edu.ec Fuente de Internet	1%
5	dspace.uclv.edu.cu Fuente de Internet	1%
6	1library.co Fuente de Internet	1%
7	dspace.ucuenca.edu.ec Fuente de Internet	1%
8	repositorio.uns.edu.pe Fuente de Internet	1%
9	repositorio.uileam.edu.ec Fuente de Internet	<1%
10	youtopiaecuador.com Fuente de Internet	<1%
11	repositorio.unprg.edu.pe:8080 Fuente de Internet	<1%
12	repositorio.uss.edu.pe Fuente de Internet	<1%


Mg Sc ING. ROBINSON TAPIA ASENJO
ASESOR

13	Submitted to Universidad Técnica Nacional de Costa Rica Trabajo del estudiante	<1 %
14	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
15	doi.org Fuente de Internet	<1 %
16	m.monografias.com Fuente de Internet	<1 %
17	riico.net Fuente de Internet	<1 %
18	Submitted to unsaac Trabajo del estudiante	<1 %
19	Submitted to Pontificia Universidad Católica del Ecuador - PUCE Trabajo del estudiante	<1 %
20	repositorioinstitucional.buap.mx Fuente de Internet	<1 %
21	www.osinerg.gob.pe Fuente de Internet	<1 %
22	repositorio.ucp.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
23	www.slideshare.net Fuente de Internet	<1 %
24	comunidaria.com Fuente de Internet	<1 %
25	ninive.ismm.edu.cu Fuente de Internet	<1 %



 Mg Sc ING. ROBINSON TAPIA ASENJO
 ASESOR

26	Trabajo del estudiante	<1%
27	repositorio.unc.edu.pe Fuente de Internet	<1%
28	repositorio.unica.edu.pe Fuente de Internet	<1%
29	repositorio.uvm.edu.ve Fuente de Internet	<1%
30	www.idbinvest.org Fuente de Internet	<1%

Excluir citas Activo
Excluir bibliografía Activo

Exclude assignment template Activo
Excluir coincidencias < 15 words



Mg Sc ING. ROBINSON TAPIA ASENJO
ASESOR

RECIBO DIGITAL DEL TURNITIN



Recibo digital

Este recibo confirma que su trabajo ha sido recibido por Turnitin. A continuación podrá ver la información del recibo con respecto a su entrega.

La primera página de tus entregas se muestra abajo.

Autor de la entrega: Carlos Alberto Morales Sandoval
Título del ejercicio: Revision
Título de la entrega: "Plan de gestión eléctrica para reducir las pérdidas técnicas en...
Nombre del archivo: TESIS_FINAL_18.01.26_ultimo_ok.docx
Tamaño del archivo: 449.56K
Total páginas: 69
Total de palabras: 11,193
Total de caracteres: 63,674
Fecha de entrega: 18-feb-2026 12:26p. m. (UTC-0500)
Identificador de la entrega: 2882454860



UNIVERSIDAD NACIONAL
PEDRO RUIZ GALLO



FACULTAD DE INGENIERIA MECÁNICA Y ELÉCTRICA

TESIS
Para Oport el Título Profesional de:
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

"Plan de gestión eléctrica para reducir las pérdidas técnicas en el Alimentador ST92 de la empresa CVC Energía"


Alum:

Bach. Carlos Alberto Morales Sandoval

Asesor:

M.Sc. Ing. Robinson Tapia Asenjo

LAMBAYEQUE - PERÚ
2026



Mg Sc ING. ROBINSON TAPIA ASENJO
ASESOR

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mis querido padres, Juan Morales Santamaría y María Martina Sandoval Chozo, cuyo amor, esfuerzo y sabios consejos han sido fundamentales en mi formación y en la construcción de los valores que sostienen mi vida profesional.

A mis hermanos, Cinthia Vanesa y Juan Anthony Morales Sandoval, por su dedicación y apoyo, que han contribuido de manera significativa a mi desarrollo personal y académico.

Y, de manera especial, a mi novia Rossana Abigail Ruidias Vélez, por su apoyo incondicional, paciencia y comprensión en los momentos más difíciles, siendo un pilar esencial en este proceso.

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar, en primer lugar, mi agradecimiento a Dios, por ser mi guía constante, fuente de sabiduría y fortaleza, quien me ha dado la perseverancia necesaria para superar cada desafío y alcanzar este logro académico.

A mis docentes y compañeros de la Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, por el valioso intercambio de ideas y experiencias que enriquecieron mi formación profesional.

A mis compañeros de trabajo del área de Comercial y Distribución de la empresa Consorcio Eléctrico de Villacurí S.A.C., por la información brindada y la facilitación de datos técnicos que contribuyeron al desarrollo de esta investigación.

Al Jefe del área de Distribución de la misma empresa, el Ing. Alfonso Avendaño López, por despertar en mí el interés en el tema investigado, y por su constante motivación, colaboración y valiosos consejos, que fueron fundamentales para el desarrollo y avance de este trabajo.

A mi asesor, el M.Sc. Ing. Robinson Tapia Asenjo, por sus orientaciones y acompañamiento, que fueron fundamentales para culminar satisfactoriamente esta investigación.

Finalmente, a mi familia y amigos, por ser un soporte invaluable y brindarme su apoyo constante durante los meses que duró este proceso académico.

RESUMEN

El alimentador ST02 de la empresa Consorcio Eléctrico de Villacurí S.A.C. (CVC Energía), es una de las principales líneas de distribución de la empresa, abasteciendo a diversos sectores productivos y residenciales. Sin embargo, se ha identificado un nivel elevado de pérdidas técnicas en este alimentador, afectando la eficiencia del sistema y generando costos adicionales para la empresa y los usuarios finales. El objetivo de esta investigación es diseñar un plan de gestión eléctrica para reducir las pérdidas técnicas en el Alimentador ST02 de la empresa CVC Energía. Concluyendo que el análisis anual del período 2022–2025 evidencia que el Alimentador ST02 mantiene pérdidas técnicas sistemáticamente superiores a los valores reconocidos por OSINERGMIN, siendo más críticas en los años 2022 y 2023. Los principales factores técnicos que influyen en las pérdidas técnicas del alimentador son: sobrecarga de conductores y transformadores, Longitud y configuración de la red de distribución, desequilibrio de fases, caídas de tensión en la red, capacidad y estado operativo de los transformadores, calidad y sección de los conductores. El Plan de Gestión Eléctrica constará de: Portada, Resumen, Introducción, Planteamiento del Problema, Marco Teórico, Marco Metodológico, Diagnóstico de la Situación Actual, Desarrollo del Plan de Gestión Eléctrica, Evaluación de Impacto del Plan y Conclusiones. El impacto técnico del plan de gestión eléctrica propuesto en la disminución de las pérdidas técnicas de energía eléctrica se tiene una reducción de las pérdidas técnicas finales esperadas entre el 1,5% al 2,4% y un impacto técnico porcentual del plan de 42,9%, con una Energía recuperada de 0,60 GWh/año.

PALABRAS CLAVES: Plan de gestión eléctrica, Pérdidas técnicas, Alimentador

ABSTRACT

The ST02 feeder of Consorcio Eléctrico de Villacurí S.A.C. (CVC Energía) is one of the company's main distribution lines, supplying various productive and residential sectors. However, a high level of technical losses has been identified in this feeder, affecting system efficiency and generating additional costs for the company and end users. The objective of this research is to design an electrical management plan to reduce technical losses in the ST02 feeder of CVC Energía. The annual analysis for the period 2022–2025 shows that the ST02 feeder consistently maintains technical losses higher than the values recognized by OSINERGMIN, with the most critical losses occurring in 2022 and 2023. The main technical factors influencing the feeder's technical losses are: conductor and transformer overload, length and configuration of the distribution network, phase imbalance, voltage drops in the network, transformer capacity and operating status, and conductor quality and cross-section. The Electrical Management Plan will consist of: Cover Page, Summary, Introduction, Problem Statement, Theoretical Framework, Methodological Framework, Diagnosis of the Current Situation, Development of the Electrical Management Plan, Impact Assessment of the Plan, and Conclusions. The technical impact of the proposed electrical management plan on reducing technical energy losses is expected to be between 1.5% and 2.4%, with a technical impact of 42.9% and an energy recovery of 0.60 GWh/year.

KEYWORDS: Electrical management plan, Technical losses, Feeder

ÍNDICE

ACTA DE SUSTENTACIÓN	4
CARTA DE ORIGINALIDAD	5
REPORTE DEL TURNITIN	6
DEDICATORIA	10
AGRADECIMIENTO	11
RESUMEN	12
ABSTRACT	13
ÍNDICE	14
ÍNDICE DE TABLAS.....	16
ÍNDICE DE FIGURAS	17
INTRODUCCIÓN	18
CAPITULO I: PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	19
1.1. Realidad Problemática	19
1.2. Formulación del Problema	21
1.3. Hipótesis	22
1.4. Delimitación de la Investigación	22
1.5. Justificación e Importancia del estudio	23
1.5.1. Justificación teórica.....	23
1.5.2. Justificación práctica.....	23
1.5.3. Justificación metodológica.....	24
1.5.4. Justificación social y económica.....	24
1.6. Limitaciones de la Investigación.....	24
1.7. Objetivos de estudio	25
1.7.1. Objetivo General.....	25
1.7.2. Objetivo Específicos	26
CAPITULO II: MARCO TEÓRICO	27
2.1. Antecedentes de Estudios.....	27
2.2. Desarrollo de la temática correspondiente al tema desarrollado	32
2.2.1. Definición de Plan de Gestión Eléctrica	32
2.2.2. Definición de Pérdidas Técnicas de Energía	33
2.2.3. Definición del método global	34
2.3. Definiciones Conceptuales.....	39

CAPITULO III: MARCO METODOLÓGICO	41
3.1. Tipo y diseño de investigación	41
3.1.1. Tipo de investigación: Aplicada.....	41
3.1.2. Diseño de investigación: No experimental	41
3.2. Población y muestra	42
3.3. Hipótesis	43
3.4. Métodos y Técnicas de investigación	43
3.5. Descripción de los instrumentos utilizados	44
3.6. Análisis estadístico e interpretación de los datos	45
CAPITULO IV: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS....	46
4.1. Pérdidas técnicas en el Alimentador ST02 en el periodo 2022 - 2025	46
4.2. Principales factores técnicos que influyen en las pérdidas técnicas del alimentador en el periodo 2022 - 2025	50
4.3. Plan de gestión eléctrica orientado a la reducción de las pérdidas técnicas en el Alimentador ST02	54
4.4. Estimar el impacto técnico del plan de gestión eléctrica propuesto en la disminución de las pérdidas técnicas de energía eléctrica	63
CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	68
5.1. Conclusiones.....	68
5.2. Recomendaciones.....	69
REFERENCIAS BIBLIOGRAFÍAS	70
ANEXOS	72
Anexo 01: Diagrama Unifilar del Alimentador ST02.....	72

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Operacionalización de variables	40
Tabla 2: Pérdidas en el Alimentador ST02 durante los años 2022, 2023, 2024 y 2025	47
Tabla 3: Resumen consolidado de pérdidas técnicas estimadas	54
Tabla 4: Reducción técnica estimada por acción del plan	64

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Representación típica del Alimentador	36
--	----

INTRODUCCIÓN

Un suministro eléctrico eficiente es clave para el desarrollo económico y social. Las pérdidas técnicas en los sistemas de distribución representan un desafío crítico, ya que afectan la confiabilidad del servicio, incrementan los costos operativos de las empresas distribuidoras y generan un impacto negativo en la sostenibilidad del sector energético. La optimización de la gestión eléctrica permite reducir dichas pérdidas, mejorando la eficiencia del sistema y contribuyendo al uso racional de los recursos energéticos. (Manuel Otorongo, 1997).

El primer capítulo aborda cómo reducir las pérdidas técnicas en el Alimentador ST02 de CVC Energía. Esto resulta en el objetivo general y objetivos específicos propuestos.

En el Capítulo II se presentan los antecedentes de estudios sobre el tema, que sustentan la solución propuesta en esta tesis.

Se presenta la teoría relacionada con el tema de la investigación.

En el tercer capítulo, se detalla de manera exhaustiva el procedimiento que se llevará a cabo para la recopilación y el procesamiento de la información, así como también se describen las diversas herramientas que se emplearán en este proceso. El cuarto capítulo se presenta los resultados alcanzados, y la selección de los equipos, el cálculo del costo del sistema planificado y la evaluación de indicadores financieros.

Las conclusiones y sugerencias se exponen en el quinto capítulo.

CAPITULO I: PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Realidad Problemática

A nivel global, las pérdidas técnicas en los sistemas de distribución eléctrica representan un problema recurrente en las empresas de distribución. Según la revista Economía de las Pérdidas de Electricidad en América Latina y El Caribe del Banco Interamericano de Desarrollo (BID), Las pérdidas de electricidad en los sistemas de transmisión y distribución son un problema global que está presente, en mayor o menor medida, en todas las regiones del mundo. Se estima que el mundo pierde anualmente aproximadamente 400 TWh de energía. (BID, 2020).

En el contexto peruano, las pérdidas técnicas en los sistemas de distribución han sido una preocupación constante. De acuerdo con el Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería (OSINERGMIN), estas pérdidas representan aproximadamente el 10% del total de la energía distribuida. Este valor varía según la empresa concesionaria y la infraestructura eléctrica disponible. En regiones con crecimiento poblacional acelerado y redes eléctricas obsoletas, las pérdidas tienden a ser mayores, afectando la calidad del suministro y la sostenibilidad económica del sector. (OSINERGMIN, 2021).

La empresa Consorcio Eléctrico de Villacurí S.A.C. (CVC Energía) opera en la zona de concesión de distribución de CVC Energía en Tierras Nuevas – Olmos, distrito de Olmos, provincia de Lambayeque, departamento de Lambayeque, una zona caracterizada por su crecimiento industrial y agrícola. La empresa CVC Energía presenta en el Alimentador ST02 un problema operativo relacionado con el incremento de las pérdidas técnicas de energía eléctrica. El diagnóstico

preliminar muestra que el alimentador registra una energía suministrada mensual aproximada de 1 250 000 kWh, de la cual se estima que 125 000 kWh/mes corresponden a pérdidas técnicas, representando aproximadamente el 10,0 % de la energía distribuida. Esta condición genera una pérdida económica mensual cercana a S/ 56 250, equivalente a S/ 675 000 anuales, considerando un costo medio de energía de S/ 0,45/kWh. Asimismo, el alimentador presenta una demanda máxima aproximada de 2,8 MW, caídas de tensión cercanas al 6 % en los puntos más alejados de la red y factores de potencia entre 0,86 y 0,90, condiciones que incrementan la corriente de operación y, por tanto, las pérdidas por efecto Joule en los conductores. Esta situación afecta la eficiencia energética, la calidad del suministro eléctrico y los costos operativos de la empresa. Por lo tanto, el problema central de la investigación se expresa en la ausencia de un plan de gestión eléctrica que permita diagnosticar, controlar y reducir las pérdidas técnicas del Alimentador ST02 mediante acciones de mejora como compensación reactiva, balance de cargas, optimización de conductores, redistribución de demanda y monitoreo permanente de los parámetros eléctricos.

Los principales factores que originan las pérdidas técnicas en el Alimentador ST02 de la empresa CVC Energía están relacionados con la sobrecarga de los tramos principales, el uso de conductores con sección insuficiente, la longitud de los circuitos, el bajo factor de potencia, el desbalance de cargas, la operación ineficiente de transformadores, las conexiones eléctricas deficientes, la ausencia de compensación reactiva y la falta de un sistema permanente de monitoreo y gestión eléctrica.

Como consecuencia, el Alimentador ST02 puede presentar pérdidas técnicas cercanas al 10,0 % de la energía distribuida, equivalentes a aproximadamente 125 000 kWh/mes. Esta condición representa una pérdida económica mensual estimada de S/ 56 250 y una pérdida anual aproximada de S/ 675 000. Además, se generan caídas de tensión cercanas al 6 % en los puntos más alejados, calentamiento de conductores, sobrecarga de transformadores, disminución de la eficiencia energética y deterioro progresivo de la calidad del suministro eléctrico.

La relación entre las variables de investigación es directa y causal, debido a que la implementación de un plan de gestión eléctrica permite reducir las pérdidas técnicas de energía eléctrica en el Alimentador ST02 de la empresa CVC Energía. La variable independiente, representada por el plan de gestión eléctrica, interviene mediante acciones como el diagnóstico de flujo de carga, balance de fases, compensación de energía reactiva, mejora del factor de potencia, optimización de conductores y monitoreo de parámetros eléctricos. Estas acciones permiten disminuir la corriente circulante, mejorar los niveles de tensión, reducir la resistencia equivalente de los tramos críticos y optimizar la operación del alimentador. Como resultado, se espera una reducción de las pérdidas técnicas, las cuales se manifiestan en menores kWh perdidos, menor porcentaje de pérdidas, menor costo económico por energía no aprovechada y mejor eficiencia operativa del sistema eléctrico.

1.2. Formulación del Problema

¿Es factible reducir las pérdidas técnicas en el Alimentador ST02 de la empresa

CVC Energía, mediante un plan de gestión eléctrica?

1.3. Hipótesis

Mediante un Plan de gestión eléctrica se reducen las pérdidas técnicas en el Alimentador ST02 de la empresa CVC Energía.

1.4. Delimitación de la Investigación

La investigación se delimita al análisis del Alimentador ST02 de la empresa CVC Energía, se ubica en la zona de concesión de distribución de CVC Energía en Tierras Nuevas – Olmos, departamento de Lambayeque, considerando sus tramos principales y secundarios, cargas conectadas, transformadores de distribución, niveles de tensión, corrientes de operación, factor de potencia y pérdidas técnicas asociadas. El estudio se desarrollará con información representativa de un periodo de 12 meses, a fin de determinar el comportamiento energético mensual y anual del alimentador.

Desde el punto de vista temático, la investigación se enfoca en las pérdidas técnicas de energía eléctrica producidas por efecto Joule, caídas de tensión, bajo factor de potencia, desbalance de cargas, sobrecarga de conductores y operación ineficiente de transformadores. No se analizarán como objetivo principal las pérdidas no técnicas, tales como conexiones clandestinas, errores de facturación, hurto de energía o deficiencias comerciales.

Técnicamente, se evaluarán parámetros eléctricos como tensión, corriente, potencia activa, potencia reactiva, factor de potencia, demanda máxima, sección de conductores y capacidad de transformadores. Con base en ello, se formulará un plan de gestión eléctrica que incluya medidas de balance de cargas, compensación

reactiva, optimización de conductores, redistribución de demanda, mantenimiento preventivo y monitoreo permanente del alimentador.

Económicamente, la investigación estimará el costo de las pérdidas técnicas actuales y el ahorro esperado con la aplicación del plan de gestión eléctrica.

Metodológicamente, el estudio será de enfoque cuantitativo, tipo aplicado, diseño no experimental y alcance descriptivo–propositivo, debido a que busca diagnosticar la situación actual del Alimentador ST02 y proponer alternativas técnicas para reducir las pérdidas de energía eléctrica.

1.5. Justificación e Importancia del estudio

1.5.1. Justificación teórica.

La presente investigación se justifica teóricamente porque contribuye al fortalecimiento del conocimiento técnico en el ámbito de la gestión eléctrica en sistemas de distribución, específicamente en el análisis de las pérdidas técnicas de energía. El estudio permitirá sistematizar criterios técnicos relacionados con el comportamiento de conductores, transformadores y configuración de alimentadores, aportando fundamentos que podrán servir como referencia para futuras investigaciones en gestión energética y distribución eléctrica.

1.5.2. Justificación práctica.

Desde el punto de vista práctico, la investigación se justifica porque propone un plan de gestión eléctrica orientado a reducir las pérdidas técnicas en el Alimentador ST02 de la empresa CVC Energía. Los resultados permitirán identificar los principales puntos críticos del sistema de distribución y plantear acciones técnicas viables que contribuyan a mejorar la eficiencia del suministro eléctrico y el aprovechamiento de la energía distribuida.

1.5.3. Justificación metodológica.

La investigación se justifica metodológicamente porque aplica procedimientos técnicos de diagnóstico y evaluación de pérdidas técnicas en alimentadores de distribución, integrando análisis de carga, caídas de tensión y balance de fases. La metodología empleada podrá ser replicada o adaptada en otros alimentadores de características similares, constituyéndose en un referente para estudios aplicados en ingeniería eléctrica.

1.5.4. Justificación social y económica.

Desde la perspectiva social y económica, la reducción de las pérdidas técnicas en el sistema de distribución contribuye a la optimización de los costos operativos de la empresa eléctrica y a la mejora de la calidad del servicio brindado a los usuarios finales. Asimismo, una gestión eléctrica eficiente favorece el uso racional de la energía, generando beneficios indirectos para la sostenibilidad del sistema eléctrico y el desarrollo del entorno donde opera la empresa.

1.6. Limitaciones de la Investigación

La presente investigación presenta como principal limitación el acceso a información técnica detallada y actualizada del Alimentador ST02, debido a que algunos datos como planos unifilares, longitudes de tramos, calibres de conductores, registros históricos de demanda, mediciones horarias, cargas por nodo y parámetros de transformadores pueden depender de la disponibilidad documental de la empresa CVC Energía. Esta situación puede influir en la precisión del diagnóstico eléctrico, por lo que se emplearán datos disponibles, mediciones de campo, cálculos eléctricos y simulaciones como medios de validación.

Asimismo, la investigación se delimita espacialmente al Alimentador ST02, ubicado en el ámbito de operación de CVC Energía en Tierras Nuevas – Olmos, Lambayeque, por lo que los resultados no podrán generalizarse directamente a otros alimentadores sin una evaluación técnica específica. Desde el punto de vista temporal, el análisis se realizará con información correspondiente a un periodo representativo de operación, considerando que las pérdidas técnicas pueden variar por estacionalidad de la demanda, crecimiento de cargas, mantenimientos, cambios de configuración o ampliaciones del sistema eléctrico.

Otra limitación importante es que el estudio se enfocará únicamente en las pérdidas técnicas de energía eléctrica, asociadas a caída de tensión, efecto Joule, bajo factor de potencia, sobrecarga de conductores, desbalance de cargas y operación de transformadores. No se analizarán de manera central las pérdidas no técnicas, como hurto de energía, errores de medición, conexiones clandestinas o problemas comerciales.

Finalmente, la propuesta del plan de gestión eléctrica estará condicionada por la exactitud de los datos disponibles, la disponibilidad de equipos de medición, la calidad del modelo de simulación, los costos estimados de implementación, las políticas internas de la empresa y el cumplimiento de la normativa eléctrica peruana. Por ello, los resultados obtenidos deberán considerarse válidos para las condiciones técnicas, económicas y operativas evaluadas durante el desarrollo de la investigación.

1.7. Objetivos de estudio

1.7.1. Objetivo General

Diseñar un plan de gestión eléctrica para reducir las pérdidas técnicas en el

Alimentador ST02 de la empresa CVC Energía.

1.7.2. Objetivo Específicos

- Diagnosticar el nivel actual de pérdidas técnicas de energía eléctrica en el Alimentador ST02 en el periodo 2022 – 2025.
- Identificar los principales factores técnicos que influyen en las pérdidas técnicas del alimentador en el periodo 2022 – 2025.
- Diseñar un plan de gestión eléctrica orientado a la reducción de las pérdidas técnicas en el Alimentador ST02.
- Estimar el impacto técnico del plan de gestión eléctrica propuesto en la disminución de las pérdidas técnicas de energía eléctrica.

CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de Estudios

A nivel Internacional

En Colombia, Murillo Arango (2020), en su trabajo de maestría titulado “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”, El propósito principal de este estudio fue el de elaborar un algoritmo específicamente diseñado para modificar los circuitos que operan a media tensión. La meta final se centró en garantizar que se cumplan adecuadamente todas las restricciones operativas necesarias, tales como la regulación adecuada de la tensión, la capacidad de carga de los conductores y transformadores. Esto se logró mediante la integración de diversas estrategias, que incluyeron la reubicación de transformadores, la reducción de la capacidad instalada y la unificación de las cargas en el sistema. (Murillo Arango, 2020)

En Cuba, Pérez Medina (2021), en su trabajo de diploma titulado “Actualización de Cálculo de Pérdidas Técnicas en Cienfuegos”, su objetivo fue actualizar el cálculo de las pérdidas técnicas en Cienfuegos, a partir de la utilización del programa de computación “Estimación de Carga 2021” soportado en ambiente Matlab, obteniendo como resultados principales, en la actualización de las pérdidas técnicas en los circuitos 3 y 66 de Cienfuegos se obtuvo que, las pérdidas totales de energía resultaron 81 kWh/día (15%) y 61 kVAR/día (10.2%) y 1 kWh/día (0.17%) y 16 kVAR/día (3.6%) menores en

los circuitos 3 y 66, respectivamente, en comparación con las que contabilizaba la empresa anteriormente. (Pérez Medina, 2021)

En Ecuador, Zambrano Rendon (2024), en su trabajo de titulación titulado “Análisis de un Sistema de Generación Distribuida para la Reducción de Pérdidas Técnicas en un Sistema de 14 barras”, tuvo como objetivo analizar y evaluar el impacto de la implementación de un sistema de generación distribuida, obteniendo como resultado que los datos obtenidos en las pruebas piloto y estudios de campo (en ETAP) muestra que la implementación de sistemas de generación distribuida (eólica y fotovoltaica) tiene un impacto positivo significativo en la reducción de pérdidas técnicas dentro de un sistema de distribución. La proximidad de las fuentes de generación a las cargas contribuye a minimizar las pérdidas de potencia activa y reactiva, mejorando la eficiencia energética del sistema. (Zambrano Rendon, 2024)

A nivel nacional

En Arequipa, Villanueva Huancollo (2020), en su trabajo de investigación titulado “Cuantificación de las Pérdidas no Técnicas en el proceso de Distribución de Energía Eléctrica en Baja Tensión del sector Majes Sigwas perteneciente a la empresa Sociedad Eléctrica, para su Recuperación”, El objetivo principal de este estudio es medir con precisión el porcentaje de pérdidas no técnicas que se presentan en las líneas de baja tensión, específicamente enfocándose en la fase de elección de subestaciones que forman parte de nuestro sistema de distribución de energía eléctrica en la región de Majes-Sihuas. El monto correspondiente a la pérdida no técnica

registrada en la subestación que ha sido seleccionada se expresa en soles peruanos (S/). 3039.26 por mes. (Villanueva Huancollo, 2020)

En Cusco, Ayma Coila (2022), en su informe técnico de investigación titulado “Control de Pérdidas Técnicas en el Sub-Sistema de Distribución”, El propósito principal de este enfoque fue implementar la metodología relacionada con el Balance de Pérdidas de Energía, con la finalidad de conseguir un control eficiente y preciso sobre las Pérdidas de Energía. Esto se abordó de manera específica y detallada dentro del contexto del Subsistema de Distribución Eléctrica de la localidad de Dolorespata. (Ayma Coila, 2022)

En Chimbote, Diestra Miranda (2024), en su trabajo de investigación titulado “Influencia de las Pérdidas Energéticas del Alimentador HRZ282 en Baja Tensión en la Calidad del Servicio, Hidrandina S.A.”, tuvo como objetivo determinar la influencia de las pérdidas energéticas en un alimentador para proponer mejoras en el servicio eléctrico, concluyendo que el alimentador determinó un total de U\$ 7 866,5 dólares por semestre como penalidad por mala calidad; por lo tanto, realizó una planificación y ejecución de un plan de actividades que incluye revisión, cambio e intervención de acometidas de suministro para mejora la calidad del producto y una actividad de revisión de alimentadores secundarios para mejora de la calidad del suministro. (Diestra Miranda, 2024)

A nivel Local

En Chiclayo, Zegarra Cueva, (2021), en su trabajo de investigación titulado “Propuesta de Implementación de Telemedición con tecnología ZigBee para Reducir el índice de Pérdidas no Técnicas en el Alimentador C-221 de la empresa Electronorte S.A.”, El propósito principal de esta iniciativa fue llevar a cabo un diagnóstico exhaustivo que facilitara la evaluación y comprensión de la situación actual del alimentador C-221. Esto permitió identificar claramente las causas subyacentes que están generando el problema de las pérdidas no técnicas. Una vez realizado este análisis, se propuso la implementación de un sistema de Telemedición utilizando la innovadora tecnología ZigBee. Además, se contemplaron los costos asociados con esta implementación, así como su relación directa con la rentabilidad económica que podría brindar a la empresa en cuestión. En conclusión, se presenta una propuesta que tiene como objetivo la implementación de un sistema que facilitará el funcionamiento eficiente de las operaciones. Este sistema no solo mejorará la identificación y el control de las pérdidas de energía, sino que también contribuirá a la disminución de errores en el proceso de facturación. Además, brindará información estadística relevante sobre los consumos y los balances de energía en tiempo real, lo cual es fundamental para la toma de decisiones. Por último, permitirá una detección temprana de fallas irregulares, lo cual es esencial para mantener la calidad y continuidad del servicio. (Zegarra Cueva, 2021)

En Lambayeque, Zurita Granda (2021), en su trabajo de investigación titulado “Metodología para Reducir Pérdidas del Alimentador C-212 de propiedad de

la Concesión Electronorte”, El propósito principal de este proyecto fue diseñar un plan de control que optimice y potencie el proceso de recuperación de energía en un alimentador específico de la ciudad de Chiclayo. Esta situación se produce debido a dos tipos de pérdidas: por una parte, las pérdidas técnicas, que son consecuencia de la propia infraestructura de la red de distribución eléctrica. Por otro lado, también se presentan pérdidas no técnicas que surgen cuando ciertos usuarios se conectan de manera ilegal a la red eléctrica. (Zurita Granda, 2021)

En Lambayeque, Ruiz Tirado (2022), en la investigación titulada “Control de Pérdidas Técnicas de Energía Eléctrica en las Subestaciones de la Concesionaria Electro Oriente de la Unidad de Negocio Tarapoto”, El propósito de este estudio fue establecer una metodología efectiva que permitiera reducir las pérdidas técnicas de electricidad que se registran en las subestaciones. Como resultado de esta investigación, se lograron desarrollar dos enfoques metodológicos distintos. El primero de estos enfoques se centra en la programación adecuada de los medidores, incorporando una compensación específica para las pérdidas, mientras que la segunda metodología se enfoca en la importancia de evitar que las subestaciones operen en condiciones de sobrecarga. (Ruiz Tirado, 2022)

2.2. Desarrollo de la temática correspondiente al tema desarrollado

2.2.1. Definición de Plan de Gestión Eléctrica

Un Plan de Gestión Eléctrica es un conjunto de acciones que las empresas pueden llevar a cabo para lograr la eficiencia en el consumo energético y reducir las pérdidas de energía. Como resultado de sus acciones, dichas empresas consiguen ahorrar dinero y reducir las pérdidas económicas. Las acciones de un Plan de Gestión Eléctrica pueden ser llevadas a cabo por cualquier tipo de empresa, tales como empresas generadoras, transmisoras, distribuidoras y comercializadoras del sector electricidad.

A partir del Plan de Gestión Eléctrica, las empresas disponen de métodos sistémicos para optimizar su rendimiento energético, mejorar la gestión de la energía y garantizar que este aspecto, así como el ahorro de energía, reciban una mayor atención estratégica por parte de la dirección. De esta manera, estos aspectos llegarán a las mesas de debate e influirán en la toma de decisiones de la empresa. (ESSS, 2023)

Estructura del Plan de Gestión

La primera fase consiste en definir los objetivos e identificar la situación actual de la organización. Las necesidades de cada área y de los interesados deben estar alineadas. Además, debe definirse un equipo específico para el plan. Para finalizar esta etapa, es necesario definir un presupuesto de implementación. (ESSS, 2023)

2.2.2. Definición de Pérdidas Técnicas de Energía

Obedecen a las condiciones propias de las instalaciones o los elementos que conforman un sistema eléctrico, del manejo y transporte de la energía. (Guillén Bernal, 2015)

Las pérdidas técnicas se pueden clasificar:

Por la función del componente:

- a) Pérdidas por transporte: producidas por la circulación de la corriente en conductores de las líneas de transmisión y subtransmisión, redes de distribución primaria y secundaria, acometidas, redes de alumbrado.
- b) Pérdidas por transformación: se producen en los transformadores de potencia y distribución y dependen de su eficiencia y del factor de potencia de la carga que alimentan.
- c) Pérdidas por corriente de fuga: se producen por la contaminación y humedad superficial del aislador.

Por la causa que la originan:

- a) Pérdidas por efecto Joule

Cuando una corriente eléctrica atraviesa un conductor isotérmico, hay una generación de calor. Este efecto ocurre debido a la transferencia de energía eléctrica a través del conductor por un proceso análogo al rozamiento. Este efecto se denomina "efecto Joule".

La ley de Joule enuncia que: El calor que desarrolla una corriente al pasar por un conductor es directamente proporcional a la resistencia, al cuadrado de la intensidad de la corriente y el tiempo que dura la corriente.

$$Q = I^2 * R * t \quad (watt)$$

Las pérdidas por efector Joule se manifiestan principalmente en: Calentamiento de cables y calentamiento de bobinados de los transformadores de distribución.

b) Pérdidas por corrientes parásitas e histéresis

Existe una potencia que sirve exclusivamente para magnetizar el núcleo, esa potencia no tiene otra aplicación práctica, por lo que se puede considerar como potencia perdida en la imantación del núcleo del transformador y es llamada pérdida por histéresis.

Por otro lado, los equipos eléctricos están formados por pedazos de conductor que se mueven en un campo magnético o están situados en un campo magnético variable, dando lugar a corrientes inducidas que circulan en volumen del conductor, estas corrientes se denominan de *Foucault* y son corrientes que generan pérdidas. (Taco Chalá, 2012)

2.2.3. Definición del método global

La evaluación de las pérdidas que ocurren en un alimentador se realiza teniendo en cuenta la suposición de que las cargas que se distribuyen a lo largo de la línea troncal del alimentador se encuentran distribuidas de manera uniforme. En esta situación, no es necesario conocer la ubicación exacta de cada una de las subestaciones de distribución eléctrica (SED) o de los clientes que utilizan media tensión que se encuentran a lo largo de la extensión del alimentador, ni tampoco es imprescindible conocer el nivel de carga asociada a cada uno de ellos de forma individual. Se ajusta a aquellas situaciones en las que se cuenta con bases de datos que registran el inventario de las

instalaciones disponibles, sin embargo, en este contexto no se tiene acceso a una red completamente digitalizada en términos topológicos que ofrezca un nivel de precisión adecuado. ((GART), 2015)

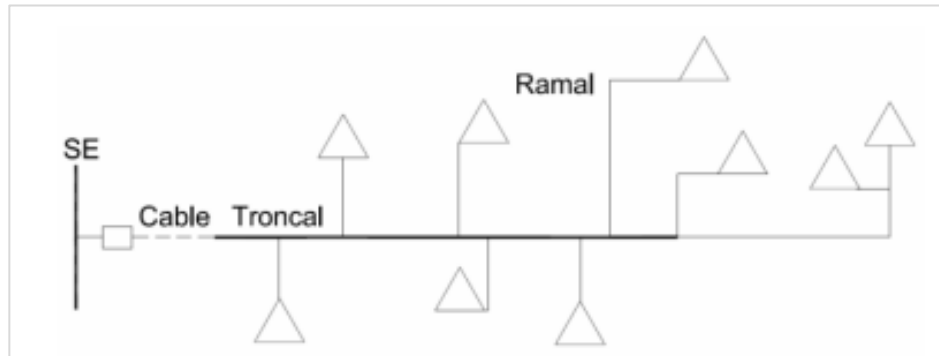
En términos generales y de manera simplificada, se puede afirmar que un alimentador que proporciona suministro eléctrico a diversas subestaciones, comúnmente denominadas SED's, está compuesto por:

- El primer segmento de la vía troncal se extiende desde la estación de transformación conocida como SET hasta la primera subestación de distribución, a la que comúnmente nos referimos como SED. Durante este trayecto, es importante mencionar que se transporta toda la carga que proviene del alimentador.
- La parte restante del troncal se compone de una línea que, por lo general, es del mismo tipo que la del primer tramo. Desde esta línea derivan los SED's, que son Sistemas Eléctricos Distribuidos; también se conectan los clientes de media tensión (MT) y se extienden varios ramales.
- Los ramales son un tipo de conexiones aéreas que se extienden radialmente y, por lo general, tienen una capacidad de carga inferior en comparación con la línea alimentadora principal.

Al realizar una modelación sintética del alimentador de esta manera específica, es necesario únicamente contar con las extensiones de las distintas secciones de la troncal, así como también con la cantidad total y la longitud de todos los ramales involucrados, además de los valores promedio ponderados de resistencia que correspondan a cada parte del sistema.

En la imagen que se muestra a continuación, podemos apreciar una representación clásica y característica de lo que es un alimentador.

Figura 1: Representación típica del Alimentador



Nota: Metodologías para el Cálculo de Pérdidas Técnicas

2.2.3.1. Pérdidas de Potencia en los Conductores

La cantidad de potencia eléctrica activa que se pierde como resultado de la circulación de corriente a través de los sistemas de distribución está determinada y puede expresarse mediante la siguiente fórmula, de acuerdo con la autoridad o fuente indicada. (EPM, 2019).

$$P = I^2 * R * L * F_{Pérdidas}$$

Donde:

P : Pérdida de potencia activa [W].

I : Corriente nominal por el conductor [A].

R : Resistencia del conductor [Ohm/km].

L : Longitud del tramo considerado [km].

F _{Pérdidas} : Factor de pérdidas.

Conforme a la fórmula experimental que fue elaborada por los investigadores Buller y Woodrow, se determina el factor de pérdidas empleando la siguiente expresión que se considera aproximada:

$$F_{Pérdidas} = 0.7Fc^2 + 0.3Fc$$

Donde:

Fc : Factor de carga.

$$Fc = \frac{\text{Potencia promedio (kW)}}{\text{Potencia máxima (kW)}}$$

2.2.3.2. Pérdidas de Potencia en los Transformadores

El transformador se considera otro de los componentes más importantes dentro de las redes de distribución eléctrica, donde se pueden observar elevados niveles de pérdidas de energía. Estas pérdidas, a su vez, se agrupan en diversas categorías que son clasificadas según sus características y orígenes:

- **Pérdidas en el núcleo (en vacío o sin carga) – P₀**

Las pérdidas que ocurren en el núcleo de un transformador son el resultado de la presencia de corrientes parásitas y la histéresis, las cuales son causadas por la corriente de excitación que fluye a través del dispositivo. Las pérdidas que se presentan son continuas y ocurren de manera invariable a lo largo de todos los períodos de operación eléctrica.

Las pérdidas que ocurren en el núcleo del transformador son proporcionadas directamente por el fabricante mediante el uso de placas

específicas, y estas cifras se determinan a través de la realización de una prueba de vacío.

- **Pérdidas en los devanados (con carga) – PCCD**

Las pérdidas que se producen son resultado del efecto Joule que ocurre en los devanados del transformador.

Las pérdidas que se producen en un transformador debido a la carga eléctrica fluctúan de acuerdo con el cuadrado de la cantidad de carga conectada. Estas pérdidas se pueden determinar a través del siguiente método de cálculo:

$$PCCD = Fu * PCC * F_{Pérdidas}$$

$$Fu = \left(\frac{D}{S * Fp}\right)^2$$

Donde:

PCC : Pérdidas con carga a potencia nominal (kW).

Fu : Factor de utilización.

D : Demanda estimada (kW).

S : Capacidad nominal del transformador (kVA).

F_p : Factor de potencia de la carga.

F_{Pérdidas} : Factor de pérdidas.

2.2.3.3. Pérdidas por corriente de fuga – P_{CF}

Las corrientes de fuga en un aislador están asociadas a la contaminación y humedad superficial (IEC, 2015). Y se determina con la siguiente fórmula:

$$P_{CF} = V * I_{Fuga}$$

Donde:

V : Tensión aplicada en el aislador (V).

I_{Fuga} : Corriente de fuga medida (A).

La corriente de fuga se puede estimar mediante la resistencia superficial de aislador:

$$I_{Fuga} = \frac{V}{R_s}$$

Donde:

R_s : Resistencia superficial del aislador, la cual depende del nivel de contaminación.

2.3. Definiciones Conceptuales

Tabla 1: Operacionalización de variables

TIPO	NOMBRE	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIÓN	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
INDEPENDIENTE	Plan de gestión eléctrica.	Conjunto de estrategias técnicas, operativas y de control orientadas a optimizar el desempeño del sistema de distribución eléctrica, mediante acciones planificadas que mejoran la eficiencia, confiabilidad y calidad del servicio. (ESSS, 2023)	El plan de gestión eléctrica se mide a través de la aplicación de acciones técnicas en el alimentador ST02, tales como balance de cargas, mejora del factor de potencia, adecuación de conductores, optimización de transformadores y control operativo	Gestión de carga	Nivel de balance de fases (%), corriente por fase (A)	Razón proporción
				Gestión del factor de potencia	Factor de potencia promedio, energía reactiva (kVARh)	
				Gestión de la infraestructura	Longitud de conductores críticos (m), sección de conductor (mm ²)	
				Gestión operativa	Nivel de carga (%), pérdidas en vacío y carga (kW)	
DEPENDIENTE	Pérdidas técnicas de energía eléctrica.	Es la condición propia de las instalaciones o los elementos que conforman un sistema eléctrico, del manejo y transporte de la energía. (Guillén Bernal, 2015)	Las pérdidas técnicas se determinan mediante el cálculo de la diferencia entre la energía suministrada y la energía útil entregada a los usuarios del alimentador ST02, expresadas en valores porcentuales y energéticos.	Pérdidas en conductores	Pérdidas por efecto Joule (kW), corriente de línea (A)	Razón proporción
				Pérdidas en transformadores		
				Nivel global de pérdidas	Pérdidas en vacío (kW), pérdidas por carga (kW)	
				Eficiencia del sistema	Pérdidas técnicas (%)	
				Calidad del suministro	Eficiencia energética (%)	
	Caída de tensión (%).					

Nota: Elaboración Propia

CAPITULO III: MARCO METODOLÓGICO

3.1. Tipo y diseño de investigación

3.1.1. Tipo de investigación: Aplicada

La investigación que se presenta en este documento se clasifica como un estudio de tipo aplicada. Esto se debe a que está enfocada en abordar y resolver un problema tangible y real que ha sido identificado dentro del sistema de distribución eléctrica de la empresa CVC Energía. En particular, el problema se manifiesta en el Alimentador ST02, que es un componente específico de la red eléctrica, donde se han observado y documentado niveles preocupantemente altos de pérdidas técnicas.

Este estudio no busca únicamente generar conocimiento teórico, sino utilizar principios, métodos y normas de la ingeniería eléctrica para diseñar e implementar un plan de gestión eléctrica que permita reducir las pérdidas técnicas, mejorar la eficiencia energética y optimizar el uso de la infraestructura existente.

Asimismo, los resultados obtenidos son directamente aplicables al alimentador en estudio y pueden servir como referencia técnica para otros alimentadores con características similares dentro de la empresa o en sistemas de distribución equivalentes.

3.1.2. Diseño de investigación: No experimental

El diseño de la investigación es no experimental porque las variables de estudio no son manipuladas de manera directa o controlada en un entorno artificial, sino que son observadas y analizadas tal como se presentan en la realidad operativa del alimentador ST02.

En este estudio, el plan de gestión eléctrica se evalúa a partir del análisis de datos técnicos reales (corrientes, tensiones, cargas, factor de potencia, niveles de pérdidas), antes y después de la propuesta, sin alterar deliberadamente las condiciones normales de operación del sistema eléctrico. Además, el alimentador ST02 ya se encuentra en funcionamiento, por lo que no es posible ni ético modificar experimentalmente sus condiciones solo con fines de investigación, limitándose el estudio a la observación, diagnóstico y evaluación de los efectos del plan propuesto.

3.2. Población y muestra

La población: La población de la investigación está conformada por el conjunto de alimentadores de distribución eléctrica en media tensión operados por la empresa CVC Energía, incluyendo líneas, transformadores de distribución, conductores, equipos de protección y usuarios conectados, los cuales presentan pérdidas técnicas asociadas a su operación.

La muestra: La muestra está conformada por el Alimentador ST02 de la empresa CVC Energía, incluyendo sus conductores, transformadores de distribución, cargas conectadas y parámetros eléctricos operativos, seleccionada mediante un muestreo no probabilístico de tipo intencional, por ser el alimentador que presenta mayores pérdidas técnicas y mayor relevancia operativa para la empresa.

3.3. Hipótesis

La implementación de un plan de gestión eléctrica permite reducir significativamente las pérdidas técnicas en el alimentador ST02 de la empresa CVC Energía.

3.4. Métodos y Técnicas de investigación

Técnicas

Análisis documental

Se trata de la identificación y localización de las referencias bibliográficas que se relacionan con un tema específico, las cuales han sido obtenidas de una variedad de fuentes de información distintas.

La investigación y obtención de información bibliográfica juega un papel fundamental y crucial en el proceso de evaluar la relevancia y significancia de la pregunta de investigación planteada, así como en la selección adecuada del tipo de diseño que se utilizará para llevar a cabo el estudio. Además, nos proporciona la oportunidad de aprender valiosas lecciones a partir de los errores o limitaciones que se han observado en investigaciones anteriores. Generalmente, estas cuestiones son señaladas por los propios autores en la sección de discusión de sus trabajos, o a veces se mencionan en la correspondencia que surge tras la publicación de un artículo académico. (Sanchez, Reyes, & Mejía, 2018)

Recolección de datos

Se refiere a la categoría de información que se obtiene directamente de los individuos que están siendo investigados o que surge de la realidad en la que suceden los acontecimientos, lo que se conoce comúnmente como datos primarios. Sin realizar ningún tipo de manipulación o control sobre las

variables presentes en el entorno del estudio, lo que significa que el investigador recopila la información necesaria, pero no hace ningún cambio en las condiciones que ya existen.(Sanchez, Reyes, & Mejía, 2018)

3.5. Descripción de los instrumentos utilizados

Se utilizaron las herramientas enumeradas a continuación, las cuales tienen una conexión directa y significativa con los métodos empleados en el proceso:

Ficha de análisis documental

Se trata de una ficha de tamaño reducido que está diseñada exclusivamente para la tarea de anotar y conservar datos relevantes acerca de un libro o un artículo. Estos documentos son generados para cada una de las publicaciones disponibles, no limitándose únicamente a aquellas que han sido encontradas o que se han leído en formato físico, ya que en algún momento podrían ser de gran utilidad para el desarrollo de nuestra investigación. (Sanchez, Reyes, & Mejía, 2018)

Ficha de recolección de datos

Nos brinda la oportunidad de recopilar información que se ha obtenido a través del proceso de observación directa de los fenómenos. Estos documentos incluyen una variedad de información descriptiva que ha sido recolectada a partir del trabajo de campo. Este trabajo consiste en la observación y registro detallado de la realidad social o del entorno natural que se está estudiando. Este documento o ficha que tenemos aquí nos brindará la oportunidad de reconocer y clasificar los temas que son comunes en conexión con el problema que estamos utilizando para llevar a cabo nuestro estudio. (Sanchez, Reyes, & Mejía, 2018)

3.6. Análisis estadístico e interpretación de los datos

En la presente investigación, el análisis estadístico se desarrolló con la finalidad de evaluar el efecto del plan de gestión eléctrica en la reducción de las pérdidas técnicas del Alimentador ST02 de la empresa CVC Energía.

El estudio emplea un análisis estadístico descriptivo y comparativo, debido a que:

- No se manipulan experimentalmente las variables.
- Se analizan datos técnicos reales del sistema eléctrico.
- Se comparan los resultados antes y después de la aplicación del plan de gestión eléctrica.

La interpretación de los datos se efectuó mediante el análisis técnico de los resultados estadísticos, relacionando los valores obtenidos con los objetivos e hipótesis de la investigación.

Una disminución del porcentaje de pérdidas técnicas después de la aplicación del plan se interpretó como evidencia positiva de su efectividad.

La mejora del factor de potencia, el balance de cargas y la reducción de corrientes excesivas se asociaron directamente con la reducción de pérdidas por efecto Joule.

Los resultados obtenidos permitieron validar la hipótesis general, demostrando que el plan de gestión eléctrica contribuye a mejorar la eficiencia del alimentador ST02.

CAPITULO IV: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

4.1. Pérdidas técnicas en el Alimentador ST02 en el periodo 2022 - 2025

El diagnóstico inicial del alimentador ST02 se realizó mediante el análisis de los parámetros eléctricos y operativos del sistema de distribución, con la finalidad de identificar las principales causas de las pérdidas técnicas.

Características generales del alimentador

Nivel de tensión, longitud del alimentador, configuración del sistema y número de usuarios conectados.

Análisis de cargas

Distribución de cargas por fase, niveles de corriente y grado de desbalance del sistema.

Evaluación del factor de potencia

Valores promedio del factor de potencia y presencia de energía reactiva.

Estado de los conductores

Sección, material, longitud y tramos críticos con sobrecarga.

Condición de los transformadores

Nivel de carga, pérdidas en vacío y en carga.

Calidad del suministro eléctrico

Caídas de tensión y continuidad del servicio.

Tabla 2: Pérdidas en el Alimentador ST02 durante los años 2022, 2023, 2024 y 2025

Año	Mes	Mes	SE	Troncal	Km De Red Aprox.	Total Clientes Por Troncal	Máxima Demanda x Troncal (KW)	A Energía Entregada (kWh Medido)	B Σ de Consumos (kWh Venta)	Σ de Consumo de Cliente (kWh Venta)	C Energía Perdida (A-B) (kWh Diferencia)	D % de Pérdidas C/A * 100 (%)	Factor de Pérdida Osinergmin en Distribución	Pérdida Reconocida (kWh)	Pérdida No reconocida (kWh)	Valorización de Pérdidas Totales	Valorización de Pérdidas en Distribución Reconocidas	Valorización de Pérdidas en Distribución No Reconocidas	TB S/ /kWh
2022	1	Ene-22	TN	ST02	45	19	4,738	1,703,164	1,652,280	1,652,280	50,884	2.99%	1.27%	21,630	29,254	S/ 9,864	S/ 4,193	S/ 5,671	0.1939
2022	2	Feb-22	TN	ST02	45	19	3,400	1,047,307	1,018,719	1,018,719	28,588	2.73%	1.27%	13,301	15,287	S/ 5,690	S/ 2,647	S/ 3,042	0.1990
2022	3	Mar-22	TN	ST02	45	19	3,618	1,404,341	1,365,673	1,365,673	38,668	2.75%	1.27%	17,835	20,833	S/ 8,014	S/ 3,696	S/ 4,317	0.2072
2022	4	Abr-22	TN	ST02	45	18	4,244	1,570,321	1,525,113	1,525,113	45,208	2.88%	1.27%	19,943	25,265	S/ 9,369	S/ 4,133	S/ 5,236	0.2072
2022	5	May-22	TN	ST02	45	18	4,345	986,147	959,065	959,065	27,082	2.75%	1.27%	12,524	14,558	S/ 5,754	S/ 2,661	S/ 3,093	0.2125
2022	6	Jun-22	TN	ST02	45	14	2,110	971,464	948,432	948,432	23,031	2.37%	1.27%	12,338	10,694	S/ 4,893	S/ 2,621	S/ 2,272	0.2125
2022	7	Jul-22	TN	ST02	45	14	2,083	913,806	862,861	862,861	50,945	5.58%	1.27%	11,605	39,339	S/ 10,824	S/ 2,466	S/ 8,358	0.2125
2022	8	Ago-22	TN	ST02	45	15	2,546	1,055,592	985,934	985,934	69,658	6.60%	1.27%	13,406	56,252	S/ 14,799	S/ 2,848	S/ 11,951	0.2125
2022	9	Set-22	TN	ST02	45	19	6,260	1,635,851	1,574,354	1,574,354	61,497	3.76%	1.27%	20,775	40,722	S/ 13,066	S/ 4,414	S/ 8,652	0.2125
2022	10	Oct-22	TN	ST02	45	15	6,440	2,435,898	2,334,859	2,334,859	101,039	4.15%	1.27%	30,936	70,103	S/ 22,544	S/ 6,902	S/ 15,641	0.2231
2022	11	Nov-22	TN	ST02	45	15	2,753	1,268,042	1,231,905	1,231,905	36,137	2.85%	2.46%	31,194	4,943	S/ 8,063	S/ 6,960	S/ 1,103	0.2231
2022	12	Dic-22	TN	ST02	45	23	8,181	1,491,760	1,447,901	1,447,901	43,859	2.94%	2.46%	36,697	7,162	S/ 9,786	S/ 8,188	S/ 1,598	0.2231
2023	1	Ene-23	TN	ST02	45	30	5,207	1,861,525	1,782,824	1,782,824	78,701	4.23%	2.46%	45,794	32,908	S/ 17,560	S/ 10,217	S/ 7,342	0.2231
2023	2	Feb-23	TN	ST02	45	30	7,946	1,775,519	1,639,400	1,639,400	136,119	7.67%	2.46%	43,678	92,441	S/ 30,371	S/ 9,745	S/ 20,625	0.2231
2023	3	Mar-23	TN	ST02	45	30	4,393	1,379,309	1,306,005	1,306,005	73,304	5.31%	2.46%	33,931	39,373	S/ 16,356	S/ 7,571	S/ 8,785	0.2231
2023	4	Abr-23	TN	ST02	45	30	4,251	1,536,481	1,435,650	1,435,650	100,831	6.56%	2.46%	37,797	63,033	S/ 22,721	S/ 8,517	S/ 14,204	0.2253
2023	5	May-23	TN	ST02	45	31	4,590	1,928,446	1,896,712	1,896,712	31,734	1.65%	2.46%	47,440	-	S/ 7,252	S/ 10,842	S/ -	0.2285
2023	6	Jun-23	TN	ST02	22	22	5,713	1,533,328	1,486,842	1,486,842	46,486	3.03%	2.46%	37,720	8,766	S/ 10,624	S/ 8,620	S/ 2,003	0.2285
2023	7	Jul-23	TN	ST02	22	22	2,237	1,030,049	1,001,531	1,001,531	28,518	2.77%	2.46%	25,339	3,179	S/ 6,518	S/ 5,791	S/ 727	0.2285
2023	8	Ago-23	TN	ST02	22	22	2,331	965,177	939,666	939,666	25,510	2.64%	2.46%	23,743	1,767	S/ 5,830	S/ 5,426	S/ 404	0.2285
2023	9	Set-23	TN	ST02	45	31	5,473	2,022,469	1,953,337	1,953,337	69,132	3.42%	2.46%	49,753	19,380	S/ 15,800	S/ 11,370	S/ 4,429	0.2285
2023	10	Oct-23	TN	ST02	45	31	5,664	2,410,932	2,345,873	2,345,873	65,059	2.70%	2.46%	59,309	5,750	S/ 15,163	S/ 13,823	S/ 1,340	0.2331
2023	11	Nov-23	TN	ST02	45	31	10,223	2,115,714	2,046,850	2,046,850	68,863	3.25%	2.46%	52,047	16,817	S/ 16,049	S/ 12,130	S/ 3,919	0.2331
2023	12	Dic-23	TN	ST02	45	31	5,582	2,306,364	2,229,825	2,229,825	76,539	3.32%	2.46%	56,737	19,803	S/ 17,838	S/ 13,223	S/ 4,615	0.2331
2024	1	Ene-24	TN	ST02	45	33	5,316	2,021,437	1,957,117	1,957,117	64,320	3.18%	2.46%	49,727	14,593	S/ 14,990	S/ 11,589	S/ 3,401	0.2331
2024	2	Feb-24	TN	ST02	45	33	5,325	2,174,331	2,102,476	2,102,476	71,855	3.30%	2.46%	53,489	18,366	S/ 16,747	S/ 12,466	S/ 4,280	0.2331
2024	3	Mar-24	TN	ST02	45	33	10,417	2,584,963	2,498,758	2,498,758	86,204	3.33%	2.46%	63,590	22,614	S/ 20,091	S/ 14,820	S/ 5,270	0.2331
2024	4	Abr-24	TN	ST02	45	33	5,214	2,193,452	2,122,611	2,122,611	70,841	3.23%	2.46%	53,959	16,882	S/ 16,510	S/ 12,576	S/ 3,934	0.2331
2024	5	May-24	TN	ST02	45	33	4,835	1,903,799	1,844,486	1,844,486	59,313	3.12%	2.46%	46,833	12,480	S/ 13,641	S/ 10,771	S/ 2,870	0.2300
2024	6	Jun-24	TN	ST02	45	31	5,025	1,961,369	1,905,360	1,905,360	56,009	2.86%	2.46%	48,250	7,759	S/ 12,881	S/ 11,096	S/ 1,784	0.2300
2024	7	Jul-24	TN	ST02	45	31	4,905	2,105,466	2,047,955	2,047,955	57,511	2.73%	2.46%	51,794	5,716	S/ 13,226	S/ 11,912	S/ 1,315	0.2300
2024	8	Ago-24	TN	ST02	45	31	6,031	2,000,238	1,944,618	1,944,618	55,620	2.78%	2.46%	49,206	6,414	S/ 12,791	S/ 11,316	S/ 1,475	0.2300
2024	9	Set-24	TN	ST02	45	31	5,949	2,569,886	2,494,343	2,494,343	75,543	2.94%	2.46%	63,219	12,324	S/ 17,373	S/ 14,539	S/ 2,834	0.2300
2024	10	Oct-24	TN	ST02	45	31	7,126	3,143,139	3,041,556	3,041,556	101,582	3.23%	2.46%	77,321	24,261	S/ 23,362	S/ 17,782	S/ 5,580	0.2300
2024	11	Nov-24	TN	ST02	45	31	7,016	3,049,680	2,951,221	2,951,221	98,459	3.23%	2.46%	75,022	23,437	S/ 22,644	S/ 17,254	S/ 5,390	0.2300
2024	12	Dic-24	TN	ST02	45	31	6,475	2,880,799	2,790,558	2,790,558	90,241	3.13%	2.46%	70,868	19,373	S/ 20,754	S/ 16,298	S/ 4,455	0.2300
2025	1	Ene-25	TN	ST02	45	31	8,880	2,598,946	2,515,795	2,515,795	83,151	3.20%	2.46%	63,934	19,217	S/ 19,123	S/ 14,704	S/ 4,420	0.2300
2025	2	Feb-25	TN	ST02	45	31	5,972	2,449,978	2,369,656	2,369,656	80,322	3.28%	2.46%	60,269	20,053	S/ 18,473	S/ 13,861	S/ 4,612	0.2300
2025	3	Mar-25	TN	ST02	45	31	5,692	2,678,601	2,606,464	2,606,464	72,137	2.69%	2.46%	65,894	6,244	S/ 16,590	S/ 15,154	S/ 1,436	0.2300
2025	4	Abr-25	TN	ST02	45	31	6,219	1,690,730	1,643,329	1,643,329	47,401	2.80%	2.46%	41,592	5,809	S/ 10,901	S/ 9,565	S/ 1,336	0.2300
2025	5	May-25	TN	ST02	45	31	7,311	2,909,729	2,802,701	2,802,701	107,028	3.68%	2.46%	71,579	35,449	S/ 17,987	S/ 12,030	S/ 5,958	0.1681

Nota: Balance de Energía del Alimentador ST02 de CVC Energía

De la Tabla anterior podemos determinar que el promedio de % de Pérdidas en el alimentador es de 3.45% y el Promedio del Factor de Pérdida Osinergmin en Distribución es de 2.17%.

Durante el período 2022–2025, las pérdidas técnicas mensuales del Alimentador ST02 oscilan aproximadamente entre 1,65 % y 7,67 %.

En la mayoría de los meses, el nivel de pérdidas técnicas supera el factor de pérdida reconocido por OSINERGMIN, el cual varía entre 1,27 % y 2,46 %, según el año regulatorio.

Como consecuencia, se identifican pérdidas técnicas no reconocidas, las cuales generan impactos económicos directos para la empresa, evidenciados en la columna “Valorización de Pérdidas No Reconocidas”.

Los valores más altos de pérdidas técnicas coinciden con incrementos de la demanda máxima, ampliación de la red y mayor número de clientes por troncal, lo que evidencia deficiencias en la gestión eléctrica del alimentador.

Análisis del año 2022

Durante el año 2022, el Alimentador ST02 presentó **pérdidas técnicas mensuales que oscilaron entre 2,37 % y 6,60 %**, con valores superiores al **factor de pérdidas reconocido por OSINERGMIN**, el cual fue de **1,27 %** durante la mayor parte del año. Los meses de **julio y agosto** registraron los mayores porcentajes de pérdidas técnicas (5,58 % y 6,60 % respectivamente), coincidiendo con incrementos en la demanda y variaciones en la carga del alimentador. En promedio, las pérdidas técnicas anuales se mantuvieron alrededor del **3,5 %**, evidenciando una brecha significativa respecto al nivel

regulatorio permitido y generando pérdidas económicas no reconocidas para la empresa.

Análisis del año 2023

En el año 2023, las pérdidas técnicas del Alimentador ST02 mostraron una **mayor variabilidad**, con valores mensuales que fluctuaron entre **1,65 % y 7,67 %**. A partir de este año, el **factor de pérdida reconocido por OSINERGMIN se incrementó a 2,46 %**; sin embargo, en la mayoría de los meses, el porcentaje real de pérdidas técnicas superó dicho límite. Destacan los meses de **febrero, abril y marzo**, con pérdidas superiores al 5 %, alcanzando un máximo de **7,67 % en febrero de 2023**. El promedio anual de pérdidas técnicas se estima en aproximadamente **4,2 %**, lo que evidencia deficiencias en la gestión del alimentador, asociadas al crecimiento de la demanda, extensión de la red y desequilibrios de carga.

Análisis del año 2024

Durante el año 2024, se observa una **mayor estabilidad en los porcentajes de pérdidas técnicas**, las cuales se mantuvieron en un rango aproximado de **2,73 % a 3,33 %**. Si bien estos valores continúan siendo superiores al **factor reconocido por OSINERGMIN (2,46 %)**, la brecha entre pérdidas reales y pérdidas reconocidas se reduce en comparación con años anteriores. El promedio anual de pérdidas técnicas se sitúa alrededor del **3,1 %**, lo que sugiere una mejora parcial en la operación del alimentador; no obstante, persisten pérdidas no reconocidas que afectan la eficiencia económica del sistema de distribución.

Análisis del año 2025

En el período analizado del año 2025, las pérdidas técnicas del Alimentador ST02 presentan valores comprendidos entre **2,69 % y 3,68 %**. Aunque los porcentajes son menores respecto a los picos observados en 2022 y 2023, continúan superando el **factor de pérdida reconocido por OSINERGMIN (2,46 %)**. El promedio estimado para el período evaluado es cercano al **3,1 %**, evidenciando que, pese a cierta mejora operativa, aún no se logra una reducción sostenida de las pérdidas técnicas dentro de los límites regulatorios.

Conclusión del análisis anual

El análisis anual del período **2022–2025** evidencia que el **Alimentador ST02 mantiene pérdidas técnicas sistemáticamente superiores a los valores reconocidos por OSINERGMIN**, siendo más críticas en los años 2022 y 2023. Si bien en los años 2024 y 2025 se observa una reducción y estabilización de dichas pérdidas, estas continúan generando impactos económicos no reconocidos, lo que justifica técnica y económicamente la **formulación de un plan de gestión eléctrica** orientado a la optimización del sistema de distribución.

4.2. Principales factores técnicos que influyen en las pérdidas técnicas del alimentador en el periodo 2022 - 2025

Los Factores técnicos que influyen en las pérdidas técnicas del Alimentador ST02 son:

A. Sobrecarga de conductores y transformadores

El incremento de la demanda máxima por troncal y del número de clientes conectados al Alimentador ST02 provoca el funcionamiento de conductores y

transformadores por encima de su nivel óptimo, incrementando las pérdidas por efecto Joule (I^2R). Este factor se evidencia en los períodos con mayores porcentajes de pérdidas técnicas, especialmente en los años 2022 y 2023.

B. Longitud y configuración de la red de distribución

La extensión del alimentador, con longitudes aproximadas de hasta 45 km, incrementa la resistencia eléctrica total de la red, generando mayores pérdidas técnicas en los tramos troncales y secundarios. Asimismo, una configuración radial extensa sin refuerzos adecuados contribuye al aumento de las caídas de tensión y pérdidas de energía.

C. Desequilibrio de fases

El desequilibrio de carga entre fases, ocasionado por una distribución no uniforme de los clientes monofásicos, genera corrientes elevadas en determinadas fases y en el conductor neutro, incrementando las pérdidas técnicas y reduciendo la eficiencia del sistema de distribución.

D. Caídas de tensión en la red

Las caídas de tensión asociadas a largas distancias, secciones de conductor inadecuadas y sobrecarga de la red provocan un aumento de corriente para mantener la potencia demandada, incrementando las pérdidas técnicas del alimentador.

E. Capacidad y estado operativo de los transformadores

Transformadores de distribución con capacidad insuficiente, alta relación de carga o con niveles elevados de pérdidas en vacío y carga contribuyen significativamente a las pérdidas técnicas globales del alimentador, especialmente durante los períodos de máxima demanda.

F. Calidad y sección de los conductores

El uso de conductores con sección insuficiente o con envejecimiento del material incrementa la resistencia eléctrica de la red, elevando las pérdidas técnicas y afectando el desempeño del sistema de distribución.

Estimación de pérdidas técnicas por factor influyente

A. Sobrecarga de conductores y transformadores

El funcionamiento de conductores y transformadores con niveles de carga superiores al 85 % de su capacidad nominal incrementa las pérdidas por efecto Joule (I^2R).

- Nivel de carga estimado: **85 % – 110 %**
- Incremento de corriente: **15 % – 30 %**

Pérdidas por sobrecarga $\approx 0,8\%$ a $1,2\%$

B. Longitud y configuración de la red de distribución

La extensión del alimentador (≈ 45 km) y su configuración radial incrementan la resistencia total de la red y las pérdidas técnicas.

- Longitud del alimentador: **≈ 45 km**
- Densidad de carga: **120 – 140 kW/km**

Pérdidas por longitud y configuración $\approx 1,0\%$ a $1,4\%$

C. Desequilibrio de fases

El desequilibrio de carga entre fases incrementa la corriente en fases sobrecargadas y en el neutro.

- Índice de desequilibrio estimado: **5 % – 8 %**

Pérdidas por desequilibrio de fases $\approx 0,2\%$ a $0,4\%$

D. Caídas de tensión en la red

Las caídas de tensión obligan a la circulación de mayores corrientes para mantener la potencia demandada.

- Caída de tensión estimada: **6 % – 8 %**
- Límite normativo CNE: **≤ 5 %**

Pérdidas por caídas de tensión $\approx 0,3\%$ a $0,6\%$

E. Capacidad y estado operativo de los transformadores

Transformadores con capacidad insuficiente o envejecidos presentan mayores pérdidas en carga y en vacío.

- Transformadores operando sobre su capacidad: **20 % – 30 %**
- Pérdidas en carga elevadas

Pérdidas por capacidad y estado de transformadores $\approx 0,4\%$ a $0,7\%$

F. Calidad y sección de los conductores

Conductores con sección insuficiente o deterioro del material incrementan la resistencia eléctrica.

- Tramos con sección inadecuada: **30 % – 40 %**
- Resistencia elevada del conductor

Pérdidas por calidad y sección de conductores $\approx 0,3\%$ a $0,5\%$

En la siguiente tabla presentamos el resumen de los valores entendidos:

Tabla 3: Resumen consolidado de pérdidas técnicas estimadas

Factor técnico	Pérdidas estimadas (%)
Sobrecarga de conductores y transformadores	0,8 – 1,2 %
Longitud y configuración de la red	1,0 – 1,4 %
Desequilibrio de fases	0,2 – 0,4 %
Caídas de tensión	0,3 – 0,6 %
Capacidad y estado de transformadores	0,4 – 0,7 %
Calidad y sección de conductores	0,3 – 0,5 %
Total estimado	3,0 – 4,8 %

Nota: Elaboración propia

4.3. Plan de gestión eléctrica orientado a la reducción de las pérdidas técnicas en el Alimentador ST02

La estructura del Plan de Gestión Eléctrica será:

1. Portada

- Título del proyecto
- Autor
- Asesor
- Institución
- Año

2. Resumen

- Presentación breve del problema.
- Objetivo general y metodología.
- Resultados esperados (reducción de pérdidas, mejoras operativas).

3. Introducción

- Contexto del sistema eléctrico de distribución en el Perú.
- Importancia de la reducción de pérdidas técnicas.
- Situación actual del alimentador ST02.

- Alcances y limitaciones del plan.

4. Planteamiento del Problema

4.1. Descripción del problema

- Nivel actual de pérdidas técnicas en el alimentador ST02.
- Impacto económico y operativo para CVC Energía.

4.2. Formulación del problema

- ¿Cómo reducir las pérdidas técnicas en el Alimentador ST02 mediante un plan de gestión eléctrica?

4.3. Justificación

- Técnica
- Económica
- Ambiental
- Operativa

4.4. Delimitación

- Área geográfica del alimentador
- Periodo de estudio
- Variables y parámetros considerados

5. Marco Teórico

5.1. Conceptos fundamentales

- Sistemas de distribución eléctrica
- Pérdidas técnicas: causas y clasificación
- Cálculo de pérdidas técnicas (métodos)
- Calidad de energía

5.2. Gestión eléctrica

- Planificación operativa

- Gestión de cargas
- Gestión de pérdidas
- Técnicas de mantenimiento eléctrico

5.3. Modelos y herramientas

- Simulaciones de flujo de carga (Etap, DigSilent o similar)
- Cálculo de pérdidas en líneas y transformadores
- Normativa peruana (OSINERGMIN, CNE, NTCSE)

6. Marco Metodológico

6.1. Tipo y nivel de investigación

- Aplicada
- Descriptiva – Propositiva

6.2. Diseño de investigación

- No experimental / transversal

6.3. Población y muestra

- **Población:** Todo el sistema de distribución de media tensión de la empresa CVC Energía.
- **Muestra:** Alimentador ST02 (sus tramos, transformadores y cargas).

6.4. Técnicas e instrumentos de recolección

- Medición de corriente, tensión, factor de potencia
- Inspección de campo
- Modelado eléctrico

6.5. Procedimiento metodológico

1. Diagnóstico del alimentador
2. Cálculo de pérdidas técnicas existentes
3. Identificación de puntos críticos

4. Simulación del sistema
5. Propuesta del plan de gestión eléctrica
6. Evaluación de impacto

7. Diagnóstico de la Situación Actual

7.1. Descripción del Alimentador ST02

- Ubicación geográfica
- Estructura (tramos, longitudes, calibre de conductores, TCs)
- Carga instalada
- Transformadores

7.2. Cálculo de pérdidas técnicas

- Pérdidas en conductores
- Pérdidas en transformadores
- Pérdidas por desbalance
- Pérdidas por baja tensión o sobrecargas

7.3. Identificación de puntos críticos

- Tramos sobrecargados
- Conductores subdimensionados
- Transformadores saturados
- Baja regulación de voltaje

8. Desarrollo del Plan de Gestión Eléctrica

8.1. Objetivo del plan

- Reducir las pérdidas técnicas del alimentador ST02 mediante acciones operativas, técnicas y de diseño.

8.2. Componentes del plan

A. Gestión Operativa

- Reconfiguración del alimentador
- Balance de cargas
- Ajuste de protecciones
- Corrección del factor de potencia

B. Gestión Técnica

- Repotenciación y reemplazo de conductores
- Cambio de transformadores saturados
- Instalación de bancos de capacitores
- Implementación de reguladores de voltaje

C. Gestión de Mantenimiento

- Mantenimiento preventivo anual
- Inspecciones termográficas
- Limpieza y ajuste de empalmes
- Verificación de acometidas y conexiones

D. Gestión de Innovación y Tecnología

- Integración de sensores IoT
- Monitoreo remoto en tiempo real
- Actualización del SCADA
- Uso de inteligencia artificial para predicción de pérdidas

9. Evaluación de Impacto del Plan

9.1. Análisis técnico

- Reducción de corriente
- Reducción de pérdidas en kW y kWh

9.2. Análisis económico

- Costos de implementación del plan

- Ahorro anual por reducción de pérdidas
- Relación beneficio/costo
- Periodo de recuperación

9.3. Análisis ambiental

- Reducción de emisiones de CO₂ por menor generación requerida

10. Conclusiones

- Resultados de las simulaciones
- Reducción estimada de pérdidas
- Impacto global en el alimentador

4.3.1. Contenidos de la estructura del plan de gestión

A. Introducción

El presente capítulo describe el diseño, estructuración y desarrollo del Plan de Gestión Eléctrica orientado a reducir las pérdidas técnicas en el Alimentador ST02 de la empresa CVC Energía. El diagnóstico preliminar muestra que el alimentador presenta un nivel de pérdidas técnicas de 3.45 %, cifra que supera los valores recomendados para redes de media tensión de características equivalentes. A partir de esta situación, se desarrolla un conjunto de acciones técnicas, operativas y de gestión basadas en análisis computacional mediante ETAP, mediciones en campo, optimización de cargas y mejora de la infraestructura eléctrica.

B. Alcance y límites

- **Alcance:** Alimentador ST02 desde la subestación primaria hasta los puntos de derivación principales (incluye líneas, transformadores en carga directa, compensación de potencia reactiva en barras seleccionadas).

- **No incluye:** Nuevas líneas de gran trazado fuera del alimentador, cambios de tarifación comercial, o modificación de contratos de suministro.
- **Horizonte temporal:** 12 meses (diagnóstico, ejecución y seguimiento inicial), con seguimiento operativo anual posterior.

C. Diagnóstico inicial

Pérdidas técnicas actuales (base): 3.45%

Fuentes probables de pérdidas: resistencia en conductores (sobrecarga localizada), baja tensión en puntos remotos, descompensación de fases, factor de potencia inadecuado, transformadores con pérdidas elevadas por antigüedad o sobrecargas.

Herramientas a usar: ETAP para simulaciones de flujo de carga y estudio de pérdidas, instrumentación de medición (registradores de energía en extremos y puntos clave), inspección visual y termográfica.

D. Objetivos

Objetivo general

Reducir las pérdidas técnicas del Alimentador ST02 en al menos **30% respecto al valor actual** (reducción de 3.45% → objetivo \leq 2.42%) durante los 12 meses posteriores a la implementación de las medidas.

Objetivos específicos

1. Realizar diagnóstico detallado y modelado ETAP del alimentador en 1 mes.
2. Implementar medidas de corrección de factor de potencia (condensadores, bancos automáticos) en 3 meses.
3. Ejecutar acciones de mejora de conductor y/o reconfiguración de cargas en 4–6 meses.
4. Instalar sistema de monitoreo (SCADA/telemedida) y protocolos de

mantenimiento en 6 meses.

5. Establecer indicadores y reporte trimestral durante 12 meses para verificar la reducción de pérdidas.

5. Actividades técnicas y administrativas (paquetes de trabajo)

5.1 Diagnóstico detallado y modelado (Mes 0–1)

- Recolección de datos: consumo por sectores, perfiles horarios, registros históricos, características de conductores y transformadores.
- Inspección en campo: termografía en transformadores y empalmes; mediciones de tensión y corriente en puntos críticos.
- Modelado en ETAP: creación de la red ST02 con datos reales; simulaciones de flujo de carga y pérdidas; análisis de sensibilidad (variación de cargas, contingencias).
- Entregable: Informe técnico diagnóstico + archivo de proyecto ETAP.

5.2 Corrección de factor de potencia y compensación (Mes 1–3)

- Diseñar banco(es) de condensadores fijos y/o automáticos según resultados ETAP.
- Selección de ubicación óptima (en barras o puntos de carga) para minimizar pérdidas y reducir corriente de línea.
- Instalar protecciones y coordinación de relés para los bancos.
- Pruebas y puesta en servicio.

5.3 Optimización de conductor y reconductoring / reconexión (Mes 2–6)

- Evaluar necesidad de reconductoring parcial (tramos con caída de tensión y pérdidas elevadas).
- Proponer reconfiguración de seccionamiento para equilibrar cargas entre fases.

- Reemplazo de empalmes defectuosos y mejoras mecánicas que reduzcan resistencia de contacto.

5.4 Mejora de transformadores (Mes 3–6)

- Evaluar transformadores en línea por pérdidas en vacío y carga; considerar reemplazo o reubicación si conviene económicamente.
- Implementar mantenimiento correctivo/previo (refrigeración, protecciones).

5.5 Telemida, SCADA y control (Mes 2–6)

- Instalar medidores de energía en puntos clave (entrada y salidas principales).
- Integración mínima SCADA o sistema de telemida para visualizar tensiones, corrientes y factor de potencia.
- Alarmas de desviación y registro histórico para análisis.

5.6 Mantenimiento preventivo y capacitación (Mes 1–12)

- Plan de mantenimiento preventivo trimestral para empalmes, transformadores y bancos.
- Capacitación al personal operativo sobre operación de bancos de condensadores, lectura de ETAP y protocolos de emergencia.

5.7 Monitoreo, evaluación y ajuste (Mes 6–12)

- Monitoreo continuo y reportes trimestrales de pérdidas (comparación antes/después).
- Ajustes operativos (ej.: redistribución de cargas nocturnas, cambios en setpoints).

6. Metodología de análisis y validación

- **Herramienta principal:** ETAP (flujo de carga, pérdidas, análisis de

contingencia).

- **Validación experimental:** mediciones de energía antes y después (mínimo 3 meses de registro comparables).
- **Criterios:** reducción absoluta de pérdidas técnicas (%), mejora en factor de potencia, reducción de corriente en tramos críticos.

4.4. Estimar el impacto técnico del plan de gestión eléctrica propuesto en la disminución de las pérdidas técnicas de energía eléctrica

A. Situación inicial de las pérdidas técnicas

De acuerdo con el análisis histórico del Alimentador ST02, los **promedios anuales de pérdidas técnicas** se sitúan entre:

- **Mínimo:** 3,09 %
- **Máximo:** 3,88 %
- **Promedio representativo:** 3,5 %

Este valor excede los niveles recomendados para redes de distribución con características similares, evidenciando la necesidad de una intervención técnica estructurada.

B. Reducción técnica estimada por acción del plan

La aplicación del plan de gestión eléctrica genera una disminución progresiva de las pérdidas técnicas, según el impacto de cada acción.

Tabla 4: Reducción técnica estimada por acción del plan

Acción técnica	Pérdidas iniciales (%)	Reducción estimada (%)
Gestión de sobrecargas	3,5	0,4 – 0,6
Optimización de la red	3,1 – 3,3	0,3 – 0,5
Balanceo de fases	2,8 – 3,0	0,2 – 0,3
Reducción de caídas de tensión	2,5 – 2,8	0,2 – 0,4
Optimización de transformadores	2,3 – 2,6	0,2 – 0,3
Mejora de conductores	2,1 – 2,4	0,2 – 0,3

Nota: Elaboración propia

Tabla 5: Sustento técnico de los valores de la Tabla 4

Acción técnica	Pérdidas iniciales (%)	Reducción estimada (%)	Sustento técnico
Gestión de sobrecargas	3,5	0,4 – 0,6	Las sobrecargas elevan la corriente en los tramos principales. Al redistribuir cargas y evitar que los conductores trabajen cerca de su límite térmico, disminuye la corriente circulante y se reducen las pérdidas por efecto Joule.
Optimización de la red	3,1 – 3,3	0,3 – 0,5	La reconfiguración del alimentador, redistribución de cargas y mejora de puntos críticos permite reducir recorridos eléctricos extensos y mejorar el perfil de tensión, disminuyendo pérdidas acumuladas.
Balanceo de fases	2,8 – 3,0	0,2 – 0,3	El desbalance de fases genera corrientes elevadas en una o dos fases y pérdidas adicionales en conductores y neutro. El balanceo reduce la corriente desequilibrada y mejora la eficiencia del alimentador. El informe de NYSERDA/EPRI indica que el balanceo de fases reduce pérdidas en conductores de línea y neutro. (NYSERDA)
Reducción de caídas de tensión	2,5 – 2,8	0,2 – 0,4	Una caída de tensión elevada obliga a transportar mayor corriente para atender la demanda. Al mejorar la regulación de tensión, reubicar cargas o reforzar tramos, se reduce la corriente y se mejora la calidad del suministro.
Optimización de transformadores	2,3 – 2,6	0,2 – 0,3	Los transformadores presentan pérdidas en vacío y pérdidas en carga. Cuando operan sobredimensionados, subcargados o sobrecargados, su eficiencia disminuye. La redistribución de carga permite operar más cerca de su punto eficiente.
Mejora de conductores	2,1 – 2,4	0,2 – 0,3	El cambio o reforzamiento de conductores disminuye la resistencia eléctrica del tramo.

Acción técnica	Pérdidas iniciales (%)	Reducción estimada (%)	Sustento técnico
			Al reducirse la resistencia, disminuye directamente la pérdida (I^2R). La literatura técnica señala que la pérdida en línea es proporcional a la resistencia y al cuadrado de la corriente. (Padeepro)

Nota: Elaboración propia

Los valores consignados en la Tabla 4 corresponden a una estimación técnica de reducción de pérdidas obtenida a partir del comportamiento eléctrico del Alimentador ST02 y de los criterios de reducción de pérdidas en sistemas de distribución. La estimación se sustenta en que las pérdidas técnicas se producen principalmente por efecto Joule en los conductores y equipos eléctricos, siendo proporcionales al cuadrado de la corriente y a la resistencia del sistema.

En ese sentido, la gestión de sobrecargas presenta la mayor reducción estimada, entre 0,4 % y 0,6 %, debido a que actúa directamente sobre los tramos con mayor corriente de operación. La optimización de la red permite una reducción de 0,3 % a 0,5 %, al mejorar la configuración del alimentador, disminuir recorridos eléctricos críticos y mejorar el perfil de tensión. El balanceo de fases reduce las pérdidas entre 0,2 % y 0,3 %, porque disminuye las corrientes desiguales entre fases y evita sobrecargas parciales.

Asimismo, la reducción de caídas de tensión contribuye con una disminución de 0,2 % a 0,4 %, al mejorar la regulación del alimentador y reducir la corriente requerida para abastecer la demanda. La optimización de transformadores aporta una reducción estimada de 0,2 % a 0,3 %, al mejorar la distribución de

carga y disminuir pérdidas en vacío y en carga. Finalmente, la mejora de conductores permite reducir entre 0,2 % y 0,3 %, debido a que el incremento de sección o reemplazo de conductores reduce la resistencia eléctrica de los tramos críticos.

Por tanto, la reducción total acumulada estimada de 1,5 % a 2,4 % se considera técnicamente coherente, siempre que las acciones del plan se implementen de manera coordinada y sean verificadas mediante mediciones de campo y simulaciones de flujo de carga antes y después de la intervención.

C. Pérdidas técnicas finales esperadas

Sumando el efecto técnico acumulado de las acciones propuestas, se obtiene una reducción total estimada de:

1,5% a 2,4%

D. Impacto técnico porcentual del plan

El impacto técnico del plan se expresa como el porcentaje de reducción respecto a la situación inicial:

$$\text{Impacto técnico} = \frac{3,5 - 2,0}{3,5} \times 100 = \boxed{42,9\%}$$

E. Impacto energético anual estimado

Considerando una energía anual promedio distribuida por el alimentador de **E = 40 GWh/año** (valor referencial coherente con la demanda registrada):

- Pérdidas actuales:

$$40 \times 3,5\% = 1,40 \text{ GWh/año}$$

- Pérdidas con el plan implementado:

$$40 \times 2,0\% = 0,80 \text{ GWh/año}$$

- **Energía recuperada:**

0,60 GWh/año

CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

Las conclusiones de la presente investigación son:

- El análisis anual del período 2022–2025 evidencia que el Alimentador ST02 mantiene pérdidas técnicas sistemáticamente superiores a los valores reconocidos por OSINERGMIN, siendo más críticas en los años 2022 y 2023. Si bien en los años 2024 y 2025 se observa una reducción y estabilización de dichas pérdidas, estas continúan generando impactos económicos no reconocidos, lo que justifica técnica y económicamente la formulación de un plan de gestión eléctrica orientado a la optimización del sistema de distribución.
- Los principales factores técnicos que influyen en las pérdidas técnicas del alimentador son: Sobrecarga de conductores y transformadores, Longitud y configuración de la red de distribución, Desequilibrio de fases, Caídas de tensión en la red, Capacidad y estado operativo de los transformadores, Calidad y sección de los conductores.
- El Plan de Gestión Eléctrica constará de las siguientes partes: Portada, Resumen, Introducción, Planteamiento del Problema, Marco Teórico, Marco Metodológico, Diagnóstico de la Situación Actual, Desarrollo del Plan de Gestión Eléctrica, Evaluación de Impacto del Plan y Conclusiones.
- El impacto técnico del plan de gestión eléctrica propuesto en la disminución de las pérdidas técnicas de energía eléctrica se tiene una reducción de las pérdidas técnicas finales esperadas entre el 1,5% al 2,4% y un impacto

técnico porcentual del plan de 42,9%, y un impacto energético anual estimado, siendo las pérdidas actuales de 1,40 GWh/año y con el Plan implementado de 0,80 GWh/año, con una Energía recuperada de 0,60 GWh/año.

5.2. Recomendaciones

Se recomienda:

- Evaluar la posibilidad de implementar redes inteligentes en el Alimentador.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (GART), G. A. (2015). *Metodologías para el Cálculo de Pérdidas Técnicas en Sistemas Eléctricos de Distribución*. Lima, Perú: Informe N° 118-2015-GART.
- Ayma Coila, W. N. (2022). *Control de Pérdidas Técnicas en el Sub-Sistema de Distribución*. Cusco, Perú: Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco.
- BID. (2020). *Economía de las Pérdidas de Electricidad en América Latina y el Caribe*. Washington, D.C., Estados Unidos: Banco Interamericano de Desarrollo.
- Diestra Miranda, E. F. (2024). *Influencia de las Pérdidas Energéticas del Alimentador HRZ282 en Baja Tensión en la Calidad del Servicio, Hidrandina S.A.* Chimbote, Perú: Universidad Nacional del Santa.
- EPM. (2019). *GM-02: Guía Metodológica cálculo de pérdidas de energía*. Medellín, Colombia: EMPRESAS PÚBLICAS DE MEDELLÍN ESP.
- ESSS. (2023). *Sistema de Gestión de Energía (SGE)*. España: ESSS.
- Guillén Bernal, L. G. (2015). *Modelo Integral para la Reducción de Pérdidas no Técnicas de Energía en la Corporación Nacional de Electricidad CNEL EP*. Cuenca, Ecuador: Universidad de Cuenca.
- IEC. (2015). *IEC 60270:2000/AMD1:2015*. International Electrotechnical Commission.
- Manuel Otorongo, A. S. (1997). *Pérdidas Técnicas en un Sistema Eléctrico de Distribución*. Quito, Ecuador: Escuela Politécnica Nacional.
- 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*. Pereira, Colombia: Universidad Tecnológica de Pereira.
- OSINERGMIN. (2021). *Anuario Estadístico*. Lima, Perú: Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería.

- Pérez Medina, A. (2021). *Actualización de Cálculo de Pérdidas Técnicas en Cienfuegos*. Santa Clara, Cuba: Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas.
- Ruiz Tirado, J. J. (2022). *Control de Pérdidas Técnicas de Energía Eléctrica en las Subestaciones de la Concesionaria Electro Oriente de la Unidad de Negocio Tarapoto*. Lambayeque, Perú: Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.
- Sanchez, H., Reyes, C., & Mejía, K. (2018). *Manual de términos en investigación científica, tecnológica y humanística*. Lima: Universidad Ricardo Palma.
- Taco Chalá, V. G. (2012). *Pérdidas en Distribución de Energía Eléctrica*. Ecuador: Universidad Politécnica Salesiana.
- Villanueva Huancollo, K. H. (2020). *Cuantificación de las Pérdidas no Técnicas en el proceso de Distribución de Energía Eléctrica en Baja Tensión del sector Majes Sigwas perteneciente a la empresa Sociedad Eléctrica, para su Recuperación*. Arequipa, Perú: Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa.
- Zambrano Rendon, B. J. (2024). *Análisis de un Sistema de Generación Distribuida para la Reducción de Pérdidas Técnicas en un Sistema de 14 Barras*. Guayaquil, Ecuador: Universidad Politécnica Salesiana Sede Guayaquil.
- Zegarra Cueva, E. (2021). *Propuesta de Implementación de Telemedición con tecnología ZigBee para reducir el índice de Pérdidas no Técnicas en el Alimentador C-221 de la empresa Electronorte S.A.* Chiclayo, Perú: Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo.
- Zurita Granda, E. J. (2021). *Metodología para reducir Pérdidas del Alimentador C-212 de propiedad de la concesión Electronorte*. Lambayeque, Perú: Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.

ANEXOS

Anexo 01: Diagrama Unifilar del Alimentador ST02.

