

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA,  
INFORMÁTICA Y MECÁNICA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELÉCTRICA**



**INFORME TÉCNICO**

---

**CONTROL DE PÉRDIDAS TÉCNICAS EN EL SUB-SISTEMA  
DE DISTRIBUCIÓN**

---

**Presentado Por:**

**Bachiller. WASHINGTON NICOLÁS AYMA COILA**

Para optar título Profesional de Ingeniero Electricista  
mediante la modalidad de Titulación por Servicios a  
Nivel Profesional.

**Consejero Ing. CLEMENTE CUBA HUAMANI**

**CUSCO – PERU**

**2022**

# INFORME DE ORIGINALIDAD

(Aprobado por Resolución Nro.CU-303-2020-UNSAAC)

El que suscribe, asesor del trabajo de investigación/tesis titulado: **CONTROL DE PÉRDIDAS TÉCNICAS EN EL SUBSISTEMA DE DISTRIBUCIÓN**, presentado por: **WASHINGTON NICOLÁS AYMA COILA** con Nro. de DNI: 23801851 , para optar al título profesional de **TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO ELECTRICISTA**, Informo que el Informe técnico ha sido sometido a revisión , mediante el Software Anti plagio, conforme al **Art. 6° del Reglamento para uso de Sistema Antiplagio de la UNSAAC** y de la evaluación de originalidad se tiene un porcentaje de **09 %**.

## Evaluación y acciones del reporte de coincidencia para trabajos de investigación conducentes a grado académico o título profesional, tesis

Porcentaje	Evaluación y Acciones	Marque con una (X)
Del 1 al 10%	No se considera plagio.	<b>X</b>
Del 11 al 30 %	Devolver al usuario para las correcciones.	
Mayor a 31%	El responsable de la revisión del documento emite un informe al inmediato jerárquico, quien a su vez eleva el informe a la autoridad académica para que tome las acciones correspondientes. Sin perjuicio de las sanciones administrativas que correspondan de acuerdo a Ley.	

Por tanto, en mi condición de asesor, firmo el presente informe en señal de conformidad y adjunto la primera hoja del reporte del Sistema Anti plagio.

Cusco, 29 de diciembre del 2022



.....  
Firma

Post firma: CLEMENTE CUBA HUAMANI

Nro. de DNI: 23812842

**ORCID** del Asesor. 0000 0002 4165 839X

### Se adjunta:

1. Reporte generado por el Sistema Anti plagio.
2. Enlace del Reporte Generado por el sistema Anti plagio:  
<https://unsaac.turnitin.com/viewer/submissions/oid:27259:167097675?locale=es>

NOMBRE DEL TRABAJO

**CONTROL DE PERDIDAS TECNICAS DEL  
SUBSISTEMA DE DISTRIBUCION**

AUTOR

**Washington Ayma Coila**

RECUENTO DE PALABRAS

**28130 Words**

RECUENTO DE CARACTERES

**133740 Characters**

RECUENTO DE PÁGINAS

**106 Pages**

TAMAÑO DEL ARCHIVO

**3.2MB**

FECHA DE ENTREGA

**Sep 20, 2022 6:11 PM GMT-5**

FECHA DEL INFORME

**Sep 20, 2022 6:20 PM GMT-5****● 9% de similitud general**

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos

- 9% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 4% Base de datos de trabajos entregados
- 0% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

**● Excluir del Reporte de Similitud**

- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 20 palabras)
- Material citado
- Bloques de texto excluidos manualmente

## **PRESENTACIÓN**

Para la Empresa de Electro Sur Este S.A.A., las pérdidas de energía eléctrica en los Subsistemas de distribución son uno de los principales desafíos a pesar de los esfuerzos realizados, y los que están en marcha, sus niveles siguen siendo preocupantes.

Un Subsistema de Distribución Eléctrica, están integrados por una serie de elementos encargados en el proceso de la distribución de la energía por medio de las líneas primarias, la transformación por transformadores de distribución, también la distribución de energía por redes de baja tensión y medición de la energía por medidores de electricidad, hasta llegar al último cliente en baja y media tensión, no es posible entregar a los consumidores toda la energía producida, esto obedece a restricciones físicas de los elementos que lo componen y debido a diferentes causas, se producen las pérdidas técnicas en todo instante de tiempo de operación.

Se puede decir que las pérdidas técnicas integran las ineficiencias que se van produciendo a lo largo del tiempo y que poco a poco se revelan, como consecuencia, errores en los criterios de planificación energética, el deterioro y envejecimiento natural de los elementos del sistema eléctrico no renovados oportunamente.

La planificación de la expansión de los sistemas de distribución eléctricos es una tarea altamente compleja, que involucra altos costos de inversión y una gran diversidad de alternativas posibles, cuyo problema nace por la necesidad de abastecer estas demandas eléctricas creciente por medio del aumento de la capacidad de las subestaciones de distribución, los conductores eléctricos, transfiriendo carga entre ellas, reconfigurando sus alimentadores o en su defecto construyendo nuevas subestaciones, todos estos cambios se dan por otra parte también con la creciente demanda de potencia reactiva por los clientes.

La Empresa de Electro Sur Este S.A.A., para la estimación de las pérdidas de energía por alimentadores de media tensión, tiene como instrumento la metodología del balance de pérdidas de energía, utilizando de manera técnica y sistemática nos permite tener base para poder solucionar el problema de las pérdidas de energía en general.

En la Literatura Técnica recomienda que el porcentaje de las pérdidas de energía eléctrica en un sistema eléctrico debe ser inferior al 10% y es deseable que sea aún inferior, del orden de un 8 a 6 %.

El presente informe concede en particular importancia en la clasificación y descripción de la metodología de la estimación, utilizando de manera técnica y sistemática en el control de las pérdidas técnicas.

Al final del informe presentamos las conclusiones, recomendaciones y comentarios que están orientadas a resaltar los aspectos importantes del informe.

## INDICE GENERAL

PRESENTACIÓN .....	ii
INDICE GENERAL .....	iv
ÍNDICE DE TABLAS.....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	x
GLOSARIO.....	xi
RESUMEN.....	xiii

### CAPITULO - I

#### ASPECTOS REFERENCIALES

1.1. RAZÓN SOCIAL.....	1
1.2. ESTRATÉGIA EMPRESARIAL DE ELECTRO SUR ESTE S.A.A. ....	2
1.2.1. Visión.....	2
1.2.2. Misión .....	2
1.2.3. Valores.....	2
1.3. ORGANIGRAMA DE LA EMPRESA ELECTRO SUR ESTE S.A.A. ....	3
1.4. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES Y METAS .....	4
1.4.1. Actividades .....	4
1.4.2. Metas .....	5
1.5. COBERTURA DEL INFORME TÉCNICO .....	5
1.6. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	5
1.7. JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO.....	6
1.8. OBJETIVOS.....	6
1.8.1. Objetivo general .....	6
1.8.2. Objetivos específicos.....	6
1.9. ANTECEDENTES.....	7
1.9.1. Descripción de la operación de los alimentadores media tensión del subsistema de distribución eléctrica de dolorespata. ....	7
1.10. ASPECTOS NORMATIVOS .....	13
1.11. INSTRUMENTOS Y TÉCNICAS .....	13
1.12. METODOLOGÍA DEL TRABAJO .....	14
1.13. ALCANCES .....	14

**CAPITULO - II**  
**MARCO TEÓRICO**

2.1. INTRODUCCIÓN .....	16
2.2. PÉRDIDAS DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN UN SUB-SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA.....	17
2.3. DETERMINAR A NIVEL GENERAL LAS PÉRDIDAS DE ENERGÍA ELÉCTRICA.	17
2.4. CLASIFICACIÓN DE LAS PÉRDIDAS DE ENERGÍA EN UN SUB SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA .....	18
2.4.1. Pérdidas de energía técnicas .....	18
2.4.2. Según las causas que origina.....	19
2.4.3. Según el tipo .....	19
2.5. PÉRDIDAS DE ENERGÍA NO DEFINIDAS .....	20
2.6. PÉRDIDAS DE ENERGÍA FIJAS Y VARIABLES .....	20
2.6.1. Las pérdidas de energía fijas. ....	20
2.6.2. Las pérdidas de energía variables.....	21
2.7. PÉRDIDAS DE ENERGÍA NO TÉCNICAS .....	21
2.8. BALANCE DE PÉRDIDAS DE ENERGÍA ELÉCTRICA .....	23
2.8.1. Procedimiento para realizar el balance de pérdidas de energía eléctrica. ....	24
2.8.2. Determinación de la energía entregada (Compra).....	24
2.8.3. Determinación de venta de energía (Facturada) .....	24
2.8.4. Aspectos a considerarse en el balance de pérdidas energía eléctrica. ....	26

**CAPITULO – III**

**METODOLOGÍA DE ESTIMACIÓN DE PÉRDIDAS DE ENERGÍA TÉCNICAS**

3.1. ASPECTOS GENERALES.....	28
3.2. PÉRDIDAS DE POTENCIA EN LAS LÍNEAS ELÉCTRICAS.....	28
3.3. PROCEDIMIENTO PARA DETERMINAR LAS PÉRDIDAS DE POTENCIA EN LÍNEAS DE MEDIA TENSIÓN.....	31
3.4. PÉRDIDAS DE POTENCIA EN TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCIÓN...	34
3.5. PRUEBA DE ENSAYOS EN TRANSFORMADORES .....	36
3.5.1. Prueba de ensayo de vacío .....	37
3.5.2. Prueba de ensayo de cortocircuito.....	39
3.6. PROCEDIMIENTO PARA DETERMINAR LAS PÉRDIDAS DE POTENCIA EN TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCIÓN. ....	41
3.7. FLUJO DE POTENCIA .....	42
3.8. DETERMINAR LA MÁXIMA DEMANDA .....	42

3.9. FACTOR DE CARGA .....	43
3.10. FACTOR DE PÉRDIDAS .....	43
3.11. RELACIÓN ENTRE EL FACTOR DE PÉRDIDAS Y EL FACTOR DE CARGA.....	44
3.12. PÉRDIDAS DE POTENCIA EN REDES DE BAJA TENSIÓN (380 Y 220 V) POR CAÍDAS DE TENSIÓN.....	56
3.13. PÉRDIDAS DE ENERGÍA POR CONSUMO PROPIO DE MEDIDORES DE ELECTRICIDAD. ....	62

#### **CAPITULO - IV**

#### **ALTERNATIVAS PARA EL CONTROL DE LAS PÉRDIDAS TÉCNICAS EN EL SUBSISTEMA DE DISTRIBUCION ELECTRICA DE DOLORESPATA.**

4.1. INTRODUCCIÓN .....	67
4.2. ALTERNATIVAS PARA EL CONTROL DE LAS PÉRDIDAS ENERGIA TÉCNICAS EN LAS LINEAS DE MEDIA TENSION. ....	69
4.3. ALTERNATIVAS PARA EL CONTROL DE PÉRDIDAS ENERGIA TÉCNICAS EN LOS TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCIÓN. ....	71
Tabla N° 4.4 : Resumen de Cantidad de Transformadores y Costo de Pérdidas de Energía Técnicas por Alimentadores – 2021. ....	72
Tabla Nª 4.5: Resumen del estado actual de los Transformadores de Distribución del Subsistema de distribución Dolorespata – 2021. ....	73
4.4. ALTERNATIVA DE CONTROL DE PÉRDIDAS DE ENERGIA TÉCNICAS EN LAS REDES DE BAJA TENSIÓN.....	74
4.5. ALTERNATIVA DE CONTROL DE PÉRDIDAS ENERGIA TÉCNICAS EN LOS MEDIDORES DE ELECTRICIDAD.....	78
CONCLUSIONES .....	81
RECOMENDACIONES.....	82
REFERENCIAS .....	83
ANEXOS .....	84



## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 1.1: Metas proyectadas en la reducción de pérdidas de energía eléctricas desde el año 2021 al 2026 .....	5
Tabla N° 1.2: Cantidad de SEDs. Por Alimentador del Subsistema de Distribución Eléctrica Dolorespata.....	10
Tabla N° 1.3 Resumen de las Pérdidas de Energía Estandart y Costo Total – 2021.....	11
Tabla N° 2.1: Estructura de la causa y tipo que origina las pérdidas de energía eléctrica.....	23
Tabla N° 2.2: Balance de las pérdidas de energía eléctrica mensual del subsistema de distribución eléctrica de Dolorespata – 2021.....	27
Tabla N° 3.1: Clasificación de los elementos que lo compone el subsistema de distribución eléctrico.....	28
Tabla N° 3.2: Clasificación de Líneas Eléctricas.....	29
Tabla N° 3.3: Resultados de la Máxima Demanda y Promedio de la Demanda Máxima.....	45
Tabla N° 3.4: Resultados de factores de carga y pérdidas.....	51
Tabla N° 3.5: Resultados de Flujo de Potencia, Por Alimentador del Subsistema de Distribución Eléctrica de Dolorespata -2021.....	53
Tabla N° 3.6: Pérdidas de Energía Técnica en las Líneas de Media Tension, Por Alimentador del Subsistema de Distribución Eléctrica de Dolorespata – 2021.....	54
Tabla N° 3.7: Pérdidas de Energía Técnicas en los Transformadores de Distribucion, Por Alimentador del Subsistema de Distribución Eléctrica de Dolorespata – 2021.....	55
Tabla N° 3.8: Resultados del Factor de Pérdidas y de Carga, Por Alimentador del Subsistema de Distribución Eléctrico de Dolorespata .....	59
Tabla N° 3.9: Resumen del Porcentaje de Pérdidas de Potencia, Por Alimentador en las Redes de Baja Tensión.....	60
Tabla N° 3.10: Resumen de Porcentaje y Volumen de Pérdidas de Energía Técnicas, Por Alimentador del Subsistema de Distribución Eléctrico de Dolorespata – 2021.....	60

Tabla N° 3.11: Resultado de las Pérdidas de Energía Técnicas en las Redes de Baja Tensión, Por Alimentador del Subsistema de Distribución Eléctrico Dolorespata – 2021.....	61
Tabla N° 3.12: Resumen de las pérdidas de energía técnicas anual de los medidores de electricidad de clientes, por alimentador del subsistema de distribución eléctrico de Dolorespata – 2021.....	63
Tabla N° 3.13: Resultados del Balance de Pérdidas de Energía en forma discriminada, por Alimentadores del Subsistema de Distribución Eléctrica de Dolorespata – 2021.....	64
Tabla N° 3.14: Resumen en forma discriminada las pérdidas de energía en volumen y porcentaje del subsistema de distribución eléctrica de Dolorespata. 2021 .....	65
Tabla N° 4.1 Resumen de las Pérdidas de Energía Tecnicas y Costo Total por Alimentadores – 2021.....	67
Tabla N° 4.2: Resumen de Longitud de Línea de Media Tensión y Costo de Pérdidas de Energía Técnicas por Alimentadores – 2021.....	70
Tabla N° 4.3: Resumen de estado actual de la salida Línea de Media Tensión por Alimentadores – 2021.....	70
Tabla N° 4.4 : Resumen de Cantidad de Transformadores y Costo de Pérdidas de Energía Técnicas por Alimentadores – 2021.....	72
Tabla N° 4.6: Resumen de Longitud de Redes de Baja Tensión y Costo de Pérdidas de Energía Técnicas por Alimentadores.....	75
Tabla N° 4.7: Resumen del estado actual de las Redes de Baja Tensión, del Subsistema de Distribución Electrica de Dolorespata- .....	75
Tabla N° 4.8 :Resumen de la Cantidad de Medidores y Costo de Pérdidas de Energía Técnicas por Alimentadores – 2021.....	79
Tabla N° 4.9 :Resumen de la Cantidad de Medidores Tipo Electromecánico del Subsistema de Distribución Electrica de Dolorespata- 2021. ....	79
Tabla Resultado de caída de tensión porcentual y pérdidas de potencia por sed, suministro y alimentadores DO 01 al DO 09 .....	84
Tabla de valores de pérdidas de potencia por marca de medidores electromecánicos y electrónicos.....	87
Tabla de resumen de cantidades de medidores trifásicos por marca y alimentador del subsistema de distribución eléctrica de Dolorespata .	88

Tabla de resumen de cantidades de medidores monofásicos por marca y alimentador del subsistema de distribución eléctrica de Dolorespata. ....	89
Tabla de Pérdidas de energía técnicas anual en medidores trifásicos por marca y alimentador del subsistema de distribución eléctrico de Dolorespata. ....	90
Tabla de Pérdidas de energía técnicas anual en medidores monofásicos por marca y alimentador de del subsistema de distribución eléctrico de Dolorespata. ....	91

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 1.1: Diagrama Unifilar del Sistema Eléctrico – Dolorespata .....	9
Figura N° 1.1: Evolución de las pérdidas de energía del Subsistema de Distribucion Electrica de Dolorespata.....	11
Figura N° 1.2: Flujograma del Procedimiento de Estimación de Pérdidas de Energía.....	15
Figura N° 3.1: Circuito simplificado de una línea eléctrica corta.....	30
Figura N° 3.2: Ventana de ingreso de datos de la línea por nodos .....	32
Figura N° 3.3: Datos del subsistema de distribución, módulo cargabilidad .....	32
Figura N° 3.4: Ventana de ingreso de datos de la potencia activa y reactiva por subestación de distribución .....	33
Figura N° 3.5: Modelo equivalente de un transformador .....	35
Figura N° 3.6: Circuito para el ensayo de vacío .....	37
Figura N° 3.7: Circuito equivalente durante el ensayo de vacío .....	38
Figura N° 3.8: Circuito para el ensayo de cortocircuito.....	39
Figura N° 3.9: Circuito equivalente durante el ensayo de cortocircuito .....	40
Figura N° 3.10: Perfil de carga típico.....	43
Figura N° 3.11: Comportamiento de la carga de los alimentadores del subsistema de distribución eléctrico de Dolorespata.....	46
Figura N° 3.12: Diagrama unifilar de una subestación de distribución con circuito secundario.....	56
Figura N° 3.13: Diagrama unifilar de un circuito red secundaria .....	57
Figura N° 3.14: Reporte de mediciones de potencia módulo de cargabilidad .....	59

## GLOSARIO

**BALANCE DE ENERGÍA:** Registro de Compra y Venta de Energía, deben de cumplir condiciones básicas exactitud y detalle.

**CIRCUITO RADIAL:** Es el circuito por el cual la corriente fluye en una sola dirección y tiene un punto único de alimentación.

**COMISIÓN ELECTROTÉCNICA INTERNACIONAL (IEC).** Es una organización de normalización en los campos eléctrico, electrónico y de tecnologías relacionadas.

**DEMANDA MÁXIMA:** Es la mayor demanda ocurrida durante un periodo específico de tiempo, incluye la potencia de la carga y las pérdidas.

**DEMANDA PROMEDIO:** Es una demanda constante en un periodo de tiempo determinado.

**ELSE:** Empresa distribuidora de energía eléctrica del Sur Este -Cusco.

**ENERGÍA ACTIVA:** Es la cantidad de energía eléctrica que se convierte en trabajo mecánico, calor, luz, etc. Por lo tanto, es la energía realmente consumida por los circuitos. Esta energía se mide en kilowatts hora (kWh).

**ENERGÍA COMPRADA:** Energía adquirida por una empresa a otra.

**ENERGÍA FACTURADA:** Es la energía consumida, registrada con sistemas de medición a la que se le asigna un valor monetario según una tarifa determinada.

**ENERGÍA REACTIVA:** Energía eléctrica que no es realmente consumida y sólo aparecerá cuando existen bobinas o condensadores en los circuitos, tiene un valor medio nulo, por lo que no produce trabajo, se mide en kilo voltamperios reactivos hora (kVARh).

**FACTOR DE CARGA:** Es un indicador numérico que nos da una idea de la relación entre el consumo durante un periodo de tiempo determinado y el consumo que habría resultado de la utilización permanente de la potencia máxima.

**FACTOR DE PÉRDIDAS:** Es la relación entre las pérdidas promedio y la pérdida máxima para un periodo de evaluación dado.

**NORMAS TÉCNICAS PERUANAS NTP:** Son documentos que establecen las especificaciones de calidad de los productos, procesos y servicios.

**MT** : Se refiere a las instalaciones de Líneas y Redes eléctricas de Media Tensión, que consta niveles de tensión nominal mayor de 1 a 40 kV..

**PÉRDIDAS DE ENERGÍA:** Energía eléctrica disipada por causas inherentes en el proceso de transporte y/o transformación y las pérdidas no contabilizadas.

**PÉRDIDAS DE ENERGÍA ACTIVA:** Es la consecuencia de una eficiencia limitada en la función que realiza cada elemento que integra un sistema eléctrico. Las pérdidas eléctricas se manifiestan en diferentes formas, principalmente como calor disipado que no se aprovecha y ocurren en los equipos y elementos que intervienen en la generación, transformación, transmisión, distribución y medición de la energía eléctrica.

**PÉRDIDAS DE POTENCIA:** Potencia entregada a un elemento o sistema que no es utilizada. Ocurre en subestaciones de distribución y líneas en vacío.

**PÉRDIDAS NO TÉCNICAS:** Energía consumida pero no contabilizada, ocurre por la deficiencia en la administración comercial, vulneración de las condiciones del suministro y otros.

**PÉRDIDAS POR EFECTO CORONA:** Son las pérdidas eléctricas producidas en la ionización del aire debido a la alta tensión a la cual está sometida el conductor.

**PÉRDIDAS POR EFECTO JOULE:** Disipación térmica de potencia producida por el paso de una corriente a través de un conductor.

**PÉRDIDAS TÉCNICAS:** Energía disipada debido a fenómenos físicos, originados por efecto corona, efecto joule, corrientes parasitas e histéresis.

**PORCENTAJE DE PÉRDIDAS:** Es la relación entre las pérdidas de energía en un sistema y la energía disponible.

**SET:** Subestación de Transformación, Transforma la tensión de la energía eléctrica mediante uno o más transformadores. Puede ser elevadoras o reductoras de tensión.

**SED:** Subestación de Distribución, Transforma la tensión de la energía eléctrica mediante un transformador, para uso de artefactos y equipos eléctricos domésticos.

**SIELSE:** Base de datos del sistema comercial y distribución de Electro Sur Este S.A.A.

**RCD:** Resolución del Consejo Directivo, está facultado para aprobar procedimiento administrativo

## RESUMEN

El Área de Control de Pérdidas de Electro Sur Este S.A.A., está a cargo de ejecutar una serie de actividades necesarias y estratégicas, para obtener un rendimiento Económico Optimo, teniendo muy en cuenta sus costos y beneficios, en el proceso de control de pérdidas de energía.

Se consideró la metodología del Balance de Pérdidas de Energía con la cual se procedió a identificar óptimamente las pérdidas de energía en forma discriminada por alimentadores de media tensión, asimismo para el presente informe se consideró los nueve (09) alimentadores de media tensión del subsistema de distribución eléctrica de Dolorespata, conformada cada uno de ellos por líneas primarias, transformadores de distribución, redes secundarias y los medidores de electricidad de los clientes.

Se tomó como punto de partida de la evaluación del balance de pérdidas de energía por cada alimentador en media tensión. La exactitud del balance de pérdidas de energía, está determinada por la precisión de las mediciones de la **compra de energía**, la simultaneidad y la periodicidad de las lecturas y de la facturación mensual reportada del Sistema Comercial (SIELSE), **venta de energía**, de la diferencia se obtiene las Pérdidas de Energía Total.

Para determinar el factor de carga, se consideró de las mediciones de parámetros eléctricos de los sistemas de medición instalados en los alimentadores de media tensión, también se utilizó la base de datos del SIELSE, sistema de distribución, módulo de balance de energía y módulo de cargabilidad.

Se ha considerado determinar las pérdidas de potencia en hora punta y fuera de punta en las líneas de media tensión (líneas) y transformadores de distribución (en el fierro y cobre), utilizando el software Neplan por análisis de flujo de potencia y por el método Newton Raphson.

Asimismo, se determinó las pérdidas de potencia en las redes secundarias, utilizando el método porcentual por caída de tensión y para medidores de electricidad el promedio de los consumos propios de los circuitos de tensión y corriente de acuerdo a las marcas, proporcionados por los fabricantes.

De esta evaluación se determinó en forma discriminada, los niveles de pérdidas de energía por distribución, en volumen y en porcentaje respecto a la energía entregada, periodo 2021 correspondiente al Subsistema de Distribución Eléctrica de Dolorespata, el resultado pérdidas de energía de distribución total es

10.77 % equivale 18,142.43 MW-H / Anual, las pérdidas técnicas 4.78 % equivale 8,048.97 MW-H / Anual y las pérdidas no técnicas 5.99 % equivale 10,093.46 MW-H / Anual.



## **CAPITULO - I**

### **ASPECTOS REFERENCIALES**

#### **1.1. RAZÓN SOCIAL.**

Electro Sur Este S.A.A., es una Sociedad Anónima Abierta, concesionaria de la distribución de energía eléctrica, comprendiendo dentro de su área de concesión las regiones de Cusco, Apurímac, Madre de Dios y la Provincia de Sucre en la Región Ayacucho. Su sede principal está ubicada en la Av. Mariscal Sucre N° 400 del distrito de Santiago, provincia y Región Cusco.

El objetivo social de Electro Sur Este S.A.A. es la distribución y comercialización de energía eléctrica en las zonas de concesión otorgadas por el estado peruano, así como la generación y transmisión eléctrica en los sistemas aislados.

La empresa fue constituida mediante Escritura Pública el 27 de abril de 1984, tomando como base la R.M. N° 318-83- EM/DGE del 21 de diciembre de 1983 y la Ley General de Electricidad 23406, con su reglamento DS-031-82-EM/V.

A partir de 1992, con la promulgación del Decreto Ley N° 25844 “Ley de Concesiones Eléctricas” y su Reglamento D.S. N° 009-93-EM, y tras la derogatoria de los dispositivos señalados precedentemente, se dio inicio al proceso de transformación estructural y funcional del subsector eléctrico. Las reformas han significado en realidad la reestructuración de los diferentes mercados de la cadena eléctrica: generación, transmisión y distribución, así como la aparición de nuevos actores, una nueva estructura organizacional y un cambio en los objetivos de abastecimiento de una actividad que estaba concebida como servicio público.

Bajo el marco establecido, en 1994 se procedió a la escisión en la empresa de las actividades de generación y transmisión, encargando dichas responsabilidades a dos nuevas empresas: Empresa de Generación Machupicchu S.A. y Empresa de Transmisión del Sur respectivamente.

En 1999, se vuelve a producir una escisión, la misma que dio origen a la constitución de una nueva empresa, formada en base a la Gerencia Sub Regional Puno. De esta manera nace la Empresa Regional de Servicio

Público de Electricidad “Electro Puno S.A.A.” la misma que se ajusta a lo establecido en el Artículo 372 de la Ley General de Sociedades.

En la actualidad, la Empresa mantiene como giro principal la distribución y comercialización de energía eléctrica con sistemas de generación menor.

## **1.2. ESTRATÉGIA EMPRESARIAL DE ELECTRO SUR ESTE S.A.A.**

### **1.2.1. Visión**

Ser reconocida como la mejor empresa distribuidora de energía del estado en calidad de servicio al 2021.

### **1.2.2. Misión**

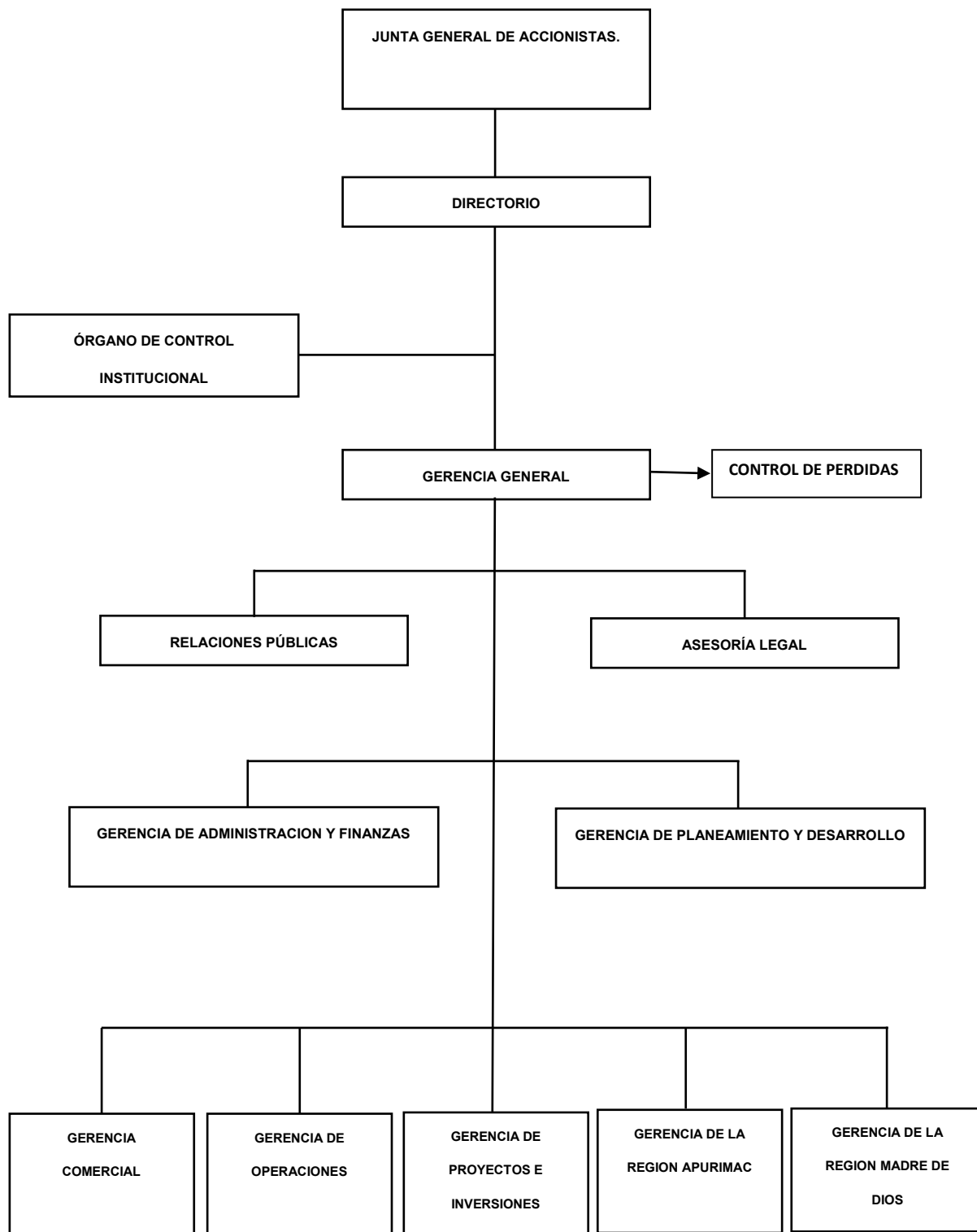
Ser una empresa distribuidora de energía que brinda servicios de calidad y genera valor económico, social y ambiental para el desarrollo de nuestra comunidad.

### **1.2.3. Valores**

1. Excelencia en el Servicio.
2. Integridad.
3. Innovación.
4. Compromiso.
5. Proactividad.

### 1.3. ORGANIGRAMA DE LA EMPRESA ELECTRO SUR ESTE S.A.A.

La estructura orgánica fue aprobada en sesión del directorio N° 711 del 31 de Julio 2014 según D.S. 043-2003.



Fuente: Electro Sur Este S.A.A.

## **1.4. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES Y METAS**

La operación de los sistemas eléctricos, así como las inversiones a ejecutarse en una Empresa, deben realizarse con criterios de eficiencia y bajos niveles de pérdidas de energía, coherente con un equilibrio financiero y técnico a los estándares establecidos por Osinergmin y promedios alcanzados por empresas similares del Holding del FONAFE. (Fondo Nacional de Financiamiento de la Actividad Empresarial del Estado)

El Área de Control de Pérdidas de Energía, tiene como objetivo estratégico el control y la reducción de las pérdidas de energía eléctrica, a nivel de toda la concesión programar las diferentes actividades principales y necesarias.

Realizar el diagnóstico de las pérdidas de energía a nivel empresarial, a través de las evaluaciones de discriminación de pérdidas de energía, por flujos de potencia y mediciones de parámetros eléctricos.

Sistematizar los procesos de balance de energía de la cadena productiva (Generación, Distribución y Comercialización) para determinar la energía distribuida a nivel de alimentador de media tensión.

### **1.4.1. Actividades**

Determinar la cargabilidad de los sistemas eléctricos en MT y SED, para el control de la máxima demanda distribuida e identificando sus causas, para la formulación de cambios topológicos de la red.

Superar condiciones de mala calidad de producto, por mediciones de la NTCSE, con la formulación de los perfiles técnicos de mejoramiento de redes e incremento de SED para optimizar el radio de servicio de los circuitos de Baja Tensión (B.T.).

Los proyectos de remodelación se han previsto debido a que en la mayoría de las localidades de la región cuentan con líneas, redes y transformadores cuya antigüedad son más de 40 años, con el objetivo de mejoramiento de la calidad y reducción de pérdidas en las líneas y redes MT, SED y BT, principalmente en localidades con alto consumo.

Sustitución de lámparas de menor rendimiento luminoso por lámparas tipo Led de alta eficiencia y menor potencia.

Instalación de medidores inteligentes totalizadores y de Alumbrado Público, así como su respectiva integración a los sistemas de control de

balances de energía.

Instalación de medidores inteligentes en clientes de alto consumo, para su integración al sistema comercial SIELSE y respectiva integración a los sistemas de control de balances de energía.

#### 1.4.2. Metas

El Objetivo estratégico es controlar y reducir los niveles de pérdidas de energía y para cumplir con alcanzar las siguientes metas:

**Tabla N° 1.1: Metas proyectadas en la reducción de pérdidas de energía eléctricas desde el año 2021 al 2026**

<b>Año</b>	<b>% de Pérdidas de Energía</b>	<b>Proyección</b>
2021	8.70	Actual
2022	9.71	Corto plazo
2023	9.21	Mediano plazo
2024	8.71	Largo plazo 1
2025	8.61	Largo plazo 2
2026	8.51	Largo plazo 3

Fuente: Electro Sur Este S.A.A.

#### 1.5. COBERTURA DEL INFORME TÉCNICO

Para el presente informe se considera los nueve alimentadores del Subsistema de Distribución Eléctrica de Dolorespata de la ciudad del Cusco. Cada uno de los alimentadores tiene instalado un sistema de medición y es controlada por sistema Scada, a cargo de área de operaciones.

Dichos registros de consumo son programados para un periodo de 15 minutos y en cada intervalo el equipo reinicia la medición, asimismo son reportados al Sistema de Distribución, Modulo de Balance de Energía.

Se consideró como punto de partida, la evaluación del balance de pérdidas de energía, por cada alimentador en media tensión.

De esta evaluación se determinó discriminadamente, los niveles de pérdidas de energía, en volumen y en porcentaje respecto a la energía entregada por la Generadora y vendida por la Distribuidora.

#### 1.6. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Electro Sur Este S.A.A., es una empresa concesionaria de distribución y comercialización de energía eléctrica, se ve afectada por las pérdidas de

energía mayores en comparación a los estándares establecidos por Osinergmin, debido a todo esto origina:

- A. El Subsistema de Distribución Eléctrica de Dolorespata no tiene niveles de pérdidas de energía menores o iguales a niveles estándar y el restante de pérdidas de energía tiene que asumirlas la empresa.
- B. En las labores de mantenimiento y operación del Subsistema de Distribución Eléctrica de Dolorespata no garantizan la continuidad de la calidad del servicio.
- C. El problema de las pérdidas de energía no siempre es tomado en su verdadera dimensión por parte de la empresa, por lo que se traduce en un trabajo de evaluación y análisis complejo y de cobertura limitada, no permitiendo orientar correctamente la inversión.

## **1.7. JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO.**

La Empresa Electro Sur Este S.A.A. tiene un gran interés en resolver el problema, por lo que es de mucha importancia realizar un planeamiento adecuado tanto en la operación como en la expansión de los sistemas eléctricos.

La Empresa Electro Sur Este S.A.A., para controlar y determinar las pérdidas de energía a nivel de distribución, tiene la finalidad de Sistematizar los procesos de Balance de Pérdidas de Energía.

Para el control de las pérdidas técnica se efectuará con base, una adecuada evaluación económica, que conduzcan al control a niveles de pérdidas técnicas a rangos aceptables y cumplir con los estándares establecidos por Osinergmin, hasta un nivel en que se justifique técnica y económicamente.

## **1.8. OBJETIVOS**

### **1.8.1. Objetivo general**

Aplicando la metodología del Balance de Pérdidas de Energía, lograr el óptimo Control de las Pérdidas de Energía en forma discriminada, en el Subsistema de Distribución Eléctrica de Dolorespata.

### **1.8.2. Objetivos específicos**

- a) Establecer la metodología única para la confección del balance de pérdidas de energía por alimentadores de media tensión, ajustado y proyectados a un periodo de un año.

- b) A partir del Balance de Pérdidas de Energía, se determinará en forma discriminada las pérdidas técnicas por alimentadores, para los componentes eléctricos, de líneas de media tensión, transformadores de distribución, redes de baja tensión, medidores de electricidad de los clientes.
- c) Diagnosticar y evaluar la operación actual de los alimentadores con mayores pérdidas técnicas.

## **1.9. ANTECEDENTES**

### **1.9.1. Descripción de la operación de los alimentadores media tensión del subsistema de distribución eléctrica de dolorespata.**

Se describe las condiciones actuales de operación de los 09 alimentadores que provienen del Subsistema de Distribución Eléctrica de Dolorespata, ya que a consecuencia de esto se tiene como resultado el comportamiento de los parámetros eléctricos más importantes que nos permite tomar decisiones acertadas que permitan mejorar la operación del sistema eléctrico en conjunto.

Se emplean una variedad de tipos de conductores, según las condiciones requeridas (operación, montaje, mantenimiento) las cuales deben de garantizar la buena transferencia de potencia a través del sistema eléctrico; se identifican básicamente dos tipos materiales cobre y aluminio debido a las buenas características conductivas de estos materiales, además de ello se pueden clasificar tomando como criterio el aislamiento que los cables.

De acuerdo a la información del Sistema GIS, el subsistema de distribución eléctrica de Dolorespata en los diferentes alimentadores utilizan en su mayoría redes aéreas instalados conductores de AAAC y CU desnudos y en redes subterráneas en poca cantidad el uso del tipo conductor NKBA.

Es de importancia además saber las características técnicas propias del conductor que se utiliza en un sistema eléctrico, como son la resistencia y la reactancia generalmente expresadas en unidades de ( $\Omega/Km$ ) que son necesarias para las acciones de cálculo.

Todos los conductores que se utilizan en sistemas eléctricos de distribución deben cumplir con los requisitos exigidos por la Comisión Electrotécnica Internacional estipulados en la norma IEC 60502-2 (hasta 36 KV), y en caso peruano se tiene las normas NTP 370.254 para conductores

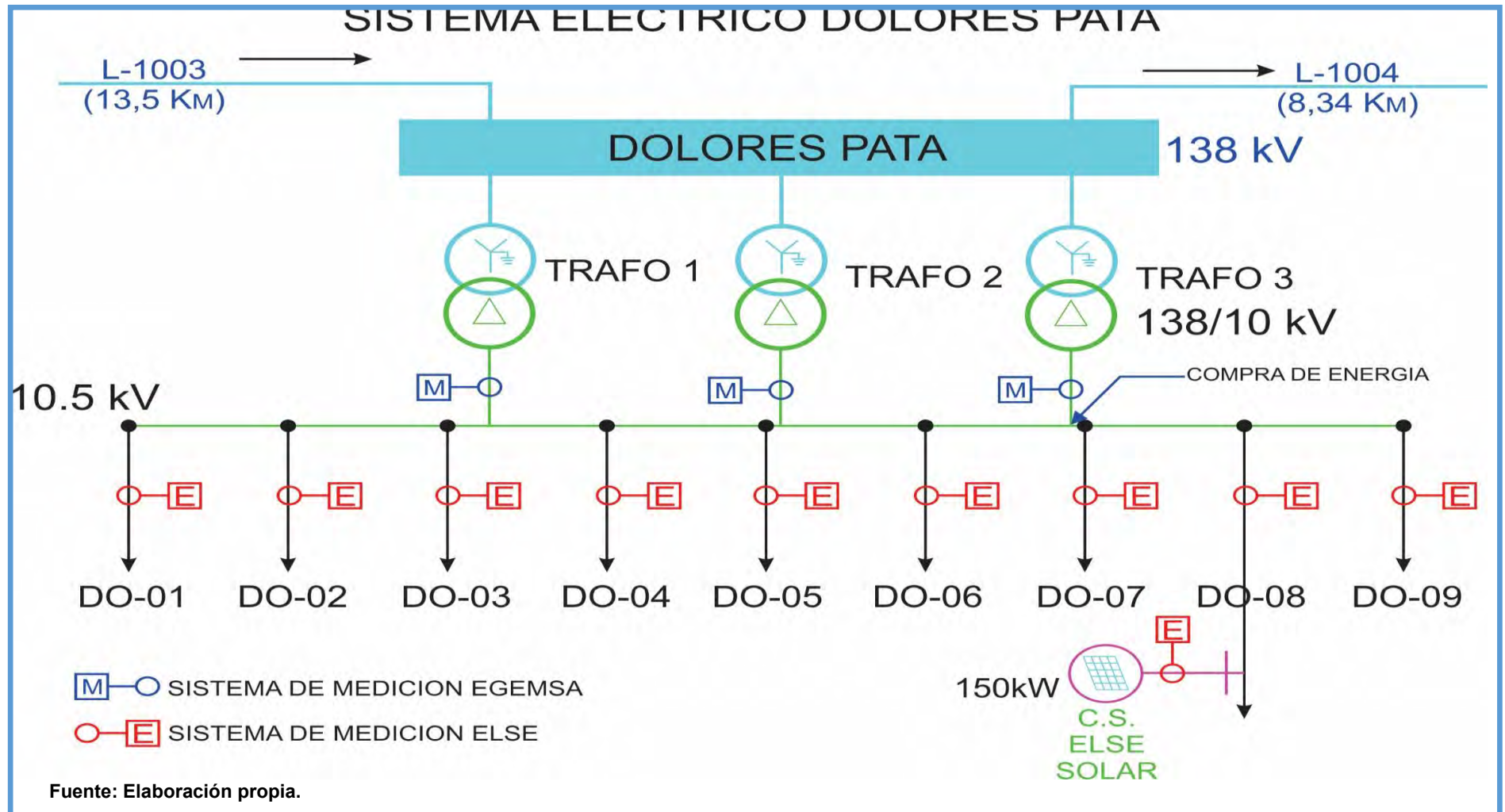
aislados y NTP 370.045 para conductores protegidos con aislamientos termoestables, además deberán garantizar una estabilidad al envejecimiento, corrosión y la posibilidad de un elevado transporte de corriente.

Los alimentadores primarios de los sistemas de distribución, generalmente son operados con una distribución topológica radial; Es obvio que el sistema radial está expuesto a muchas posibilidades de interrupción, por fallas en conductores aéreos o cables subterráneos, o por fallas en los transformadores.

El subsistema de distribución eléctrico Dolorespata de la ciudad del Cusco, actualmente posee el nivel de tensión de 10.5 kV.



Figura N° 1.1: Diagrama Unifilar del Sistema Eléctrico – Dolorespata

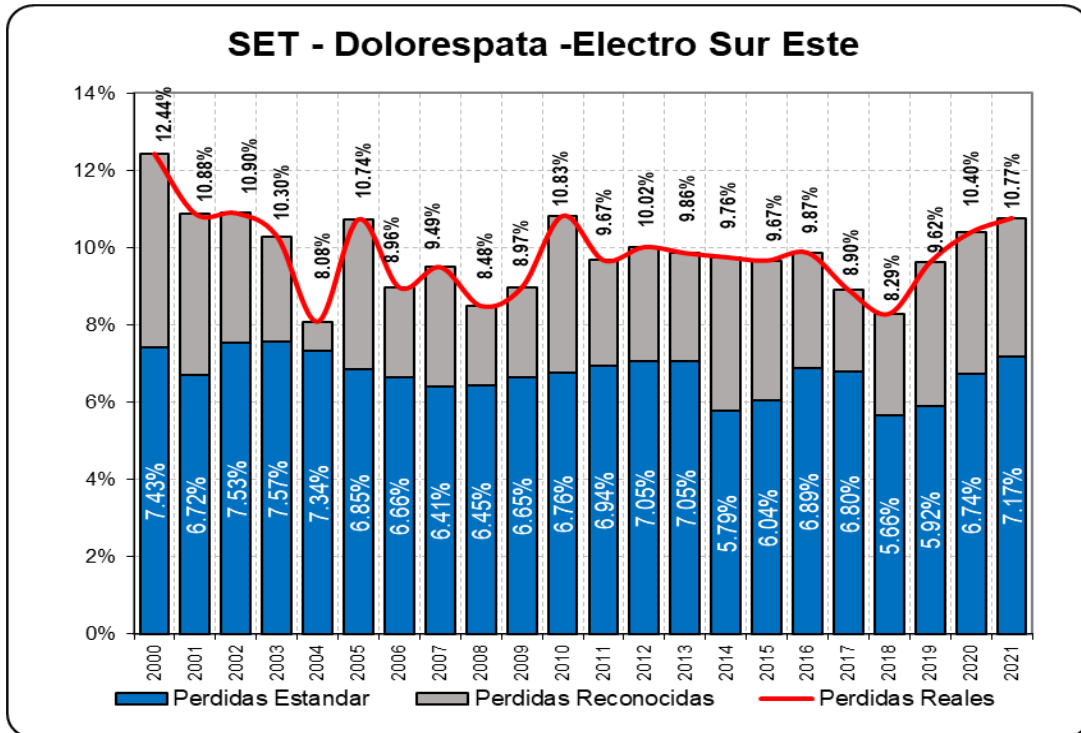


**Tabla N° 1.2: Cantidad de SEDs. Por Alimentador del Subsistema de Distribución Eléctrica Dolorespata.**

Alimentadores	Ubicación	Niveles de Tensión de Alimentación	Tramo	TOTAL DE SEDs.
ALIMENTADOR DO - 01	Cusco	10.5/0.220 KV	Almudena - Arco Tica Tica	143
		10.5/0.380 KV		
		10.5/0.440 KV		
ALIMENTADOR DO - 02	Cusco	10.5/0.220 KV	Zarzuela - Choco	71
		10.5/0.380 KV		
ALIMENTADOR DO - 03	Cusco	10.5/0.220 KV	Av. Pardo - Av. Sol	24
		10.5/0.380 KV		
ALIMENTADOR DO - 04	Cusco	10.5/0.220 KV	Av. Tullumayo	28
		10.5/0.380 KV		
ALIMENTADOR DO - 05	Cusco	10.5/0.220 KV	Zarumilla - Los Incas	36
		10.5/0.380 KV		
ALIMENTADOR DO - 06	Cusco	10.5/0.220 KV	Huaruropata - Av. Cultura	44
		10.5/0.380 KV		
		10.5/0.440 KV		
ALIMENTADOR DO - 07	Cusco	10.5/0.220 KV	Av. Tupac Amaru - Parque Industrial	46
		10.5/0.380 KV		
		10.5/0.440 KV		
ALIMENTADOR DO - 08	Cusco	10.5/0.220 KV	Urb. Ttio - Margen Derecha	106
		10.5/0.380 KV		
ALIMENTADOR DO - 09	Cusco	10.5/0.220 KV	Av. Ejercito - Nueva Alta y Arcopata.	29

Fuente: Elaboracion Propia

**Figura N° 1.1: Evolución de las pérdidas de energía del Subsistema de Distribución Eléctrica de Dolorespata.**



Fuente: Electro Sur Este S.A.A.

**Tabla N° 1.3 Resumen de las Perdidas de Energía Estandart y Costo Total – 2021.**

DESCRIPCION	Perdida de Energía MWH	Porcentaje de Perdidas de Energía %	Costo de compra de la Energía. Cent. S/. / kWh	Costo de Perdidas Economica S/.
Total de Perdidas de Energía por Distribucion.	<b>18,142.43</b>	<b>10.77</b>	<b>0.23645</b>	<b>4,289,777.76</b>
Total de las Perdidas Estandart	<b>11,413.90</b>	<b>7.17</b>	<b>0.23645</b>	<b>2,698,816.61</b>
Perdidas Tecnicas	<b>8,049.63</b>	<b>4.78</b>	<b>0.23645</b>	<b>1,903,336.03</b>
Perdidas No Tecnicas al 50% de P.T.	<b>3,364.27</b>	<b>2.39</b>	<b>0.23645</b>	<b>795,480.58</b>
Perdidas No Tecnicas	<b>10,092.80</b>	<b>5.99</b>	<b>0.23645</b>	<b>2,386,441.73</b>
Total de Perdidas Reconocidas x ELSE	<b>6,728.53</b>	<b>3.60</b>	<b>0.23645</b>	<b>1,590,961.15</b>

Fuente: Elaboración Propia.

## **COMENTARIO:**

Del diagrama de evolución de pérdidas de energía, consiste en que la línea de color rojo es considerada como las pérdidas de energía total, las cuales son divididas en dos barras; las barras de color plomo gris consideradas pérdidas de energía reconocidas y las barras de color azul, consideradas pérdidas de energía estándar.

Las pérdidas estándar de distribución son las pérdidas inherentes a las instalaciones de distribución eléctrica y que se reconocen a través de factores de expansión de pérdidas aplicables en el cálculo de las tarifas, dichas pérdidas corresponden tanto a las pérdidas técnicas como a las pérdidas no técnicas (comerciales). Según el artículo 143 del Reglamento de la Ley de Concesiones Eléctricas (LCE), Decreto Ley N° 25844 y sus modificatorias, las pérdidas estándar que se incorporan en las tarifas de electricidad incluyen las pérdidas técnicas y No técnicas. Asimismo, las pérdidas técnicas deben garantizar un nivel determinado de calidad establecido en la Ley y las pérdidas comerciales no podrán ser superiores al 50% de las pérdidas técnicas. En otras palabras, las pérdidas estándar representan las pérdidas eficientes que deberían tener las empresas distribuidoras.

Las barras de color plomo gris, consideradas pérdidas de energía reconocidas y asumidas por la Empresa de Electro Sur Este S.A.A.

Al respecto se debe tener en cuenta que las pérdidas estándar se calculan sobre la base de factores de expansión de pérdidas que son fijados para cada periodo regulatorio (en el caso de ELSE fue fijado el año 2019 para el periodo 2019-2023) por lo que dichos factores no consideran el impacto que tuvo la pandemia del COVID-19 durante los dos últimos años.

Los principales efectos de la pandemia del COVID-19 y las medidas que el gobierno ha tomado para hacer frente a ella fueron: En primer lugar, la contracción de la demanda en el año 2020 y su consiguiente repunte durante el año 2021. ha originado un incremento de la demanda residencial (baja tensión) en horas fuera de punta (aumento del factor de carga y factor de pérdidas) originada por el mayor tiempo que las familias pasan en casa debido a las restricciones de movilidad y la virtualidad de las clases y algunos trabajos, dicho incremento de demanda fue de al menos un 5% y tiene un impacto directo en el incremento de las pérdidas técnicas que se reflejan en el

balance de este año. En segundo lugar, la caída de la actividad económica ha originado que ELSE experimente una disminución de la demanda en media tensión (reducción de hasta un 15%) dicha reducción de demanda en MT se debe a que varios suministros han sido dados de baja o han disminuido su consumo, esto es un efecto directo de la caída de la actividad económica del Turismo, la que ha afectado muchas actividades en la Región del Cusco.

#### **1.10. ASPECTOS NORMATIVOS**

El presente informe, toma en consideración como parámetro las siguientes normas:

- Según el artículo 143 del Reglamento de la Ley de Concesiones Eléctricas (LCE), Decreto Ley N° 25844 y sus modificatorias.
- La Ley 28832, faculta a los usuarios que disponen de equipamiento de generación eléctrica renovable a inyectar excedentes.
- Resolución Ministerial N° 571-2006 – MEM /DM.
- Resolución de Consejo Directivo N.º 208-2020-OS/CD.

Todas estas normatividades y su reglamentación brindan a los usuarios, el derecho de exigir la continuidad de la calidad del servicio y producto, por lo que la empresa concesionaria está obligada a prestar un buen servicio y con niveles de pérdidas de energía aceptables que no solo benefician a la empresa, sino también a los usuarios.

#### **1.11. INSTRUMENTOS Y TÉCNICAS**

Como instrumentos son utilizados:

- Sistema Comercial (SIELSE).
- Sistema de Distribución.
- Módulo de Balance de Energía.
- Módulo de Cargabilidad.
- Software Neplan.
- Hoja de Cálculo Excel (Microsoft).
- Se procedió a realizar recopilación de datos y Lecturas de los Sistemas de Medición de la compra de energía eléctrica de las áreas involucradas de ELSE y para su evaluación correspondiente.

## **1.12. METODOLOGÍA DEL TRABAJO**

El presente informe en cuanto al enfoque se considera análisis cuantitativo debido a que, para las mediciones de los parámetros eléctricos se empleó instrumentos de medida de precisión, de la misma manera se siguió un procedimiento secuencial para la obtención de los datos, siguiendo una serie de pasos y recomendaciones para obtener resultados valideros y confiables, que nos permita solucionar problemas, controlar situaciones, mediante el análisis de reportes estadísticos, antecedentes relacionados con el tema.

Para esto, se utiliza principalmente el método de balance de pérdidas de energía por alimentadores de media tensión y la discriminación de las pérdidas de energía técnicas.

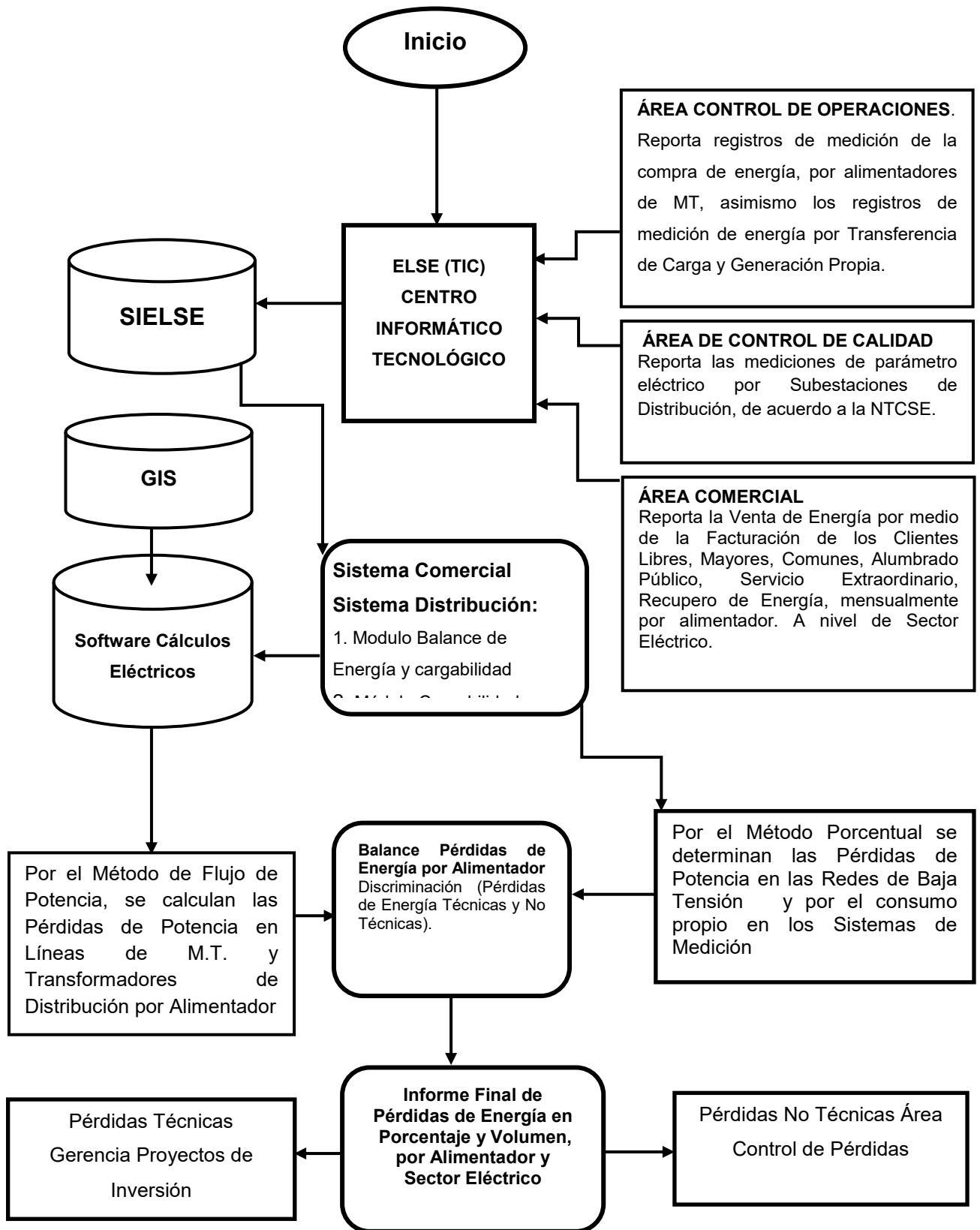
## **1.13. ALCANCES**

El presente informe, está enfocado dentro del ámbito de la ingeniería eléctrica, el cual contempla la estimación de las pérdidas de energía de los 09 alimentadores de media tensión del subsistema de distribución eléctrica de Dolorespata administrado por la empresa (Electro Sur Este S.A.A.).

Su aplicación es para redes de distribución primaria, que tengan una configuración radial, operen en estado estacionario, balanceado y un nivel de tensión de 10.5 kV.

El presente informe tiene la finalidad de determinar las pérdidas de energía total por alimentador de media tensión, aplicando el método de balance de pérdidas de energía de los resultados discriminar las pérdidas de energía técnicas; Con estos resultados apreciaremos la situación actual del sistema, de una manera rápida, global, detallada y real.

**Figura N° 1.2: Flujograma del Procedimiento de Estimación de Pérdidas de Energía.**



Fuente: Elaboracion Propia

## **CAPITULO - II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. INTRODUCCIÓN**

Un Sub-Sistema de Distribución Eléctrica, está integrado por una serie de elementos encargados en el proceso de la distribución de la energía por medio de las líneas primarias, transformación por transformadores de distribución, también distribución de energía por redes de baja tensión y medición de la energía por medidores de electricidad, hasta llegar al último cliente en baja y media tensión, no es posible entregar a los consumidores toda la energía producida, esto obedece a restricciones físicas de los elementos que lo componen y debido a diferentes causas se producen las pérdidas técnicas de energía en todo instante de tiempo de operación.

De la energía suministrada a los clientes, la empresa debe llevar una facturación precisa con el fin de poder cobrar a los consumidores la energía que ha registrado el sistema de medición; sin embargo, por diversas razones, se presentan inexactitudes en el registro de los consumos, los cuales se traducen en pérdidas de energía para la empresa.

Se puede decir que las pérdidas técnicas integran las ineficiencias que se van produciendo a lo largo del tiempo y que poco a poco se revelan, como consecuencia, errores en los criterios de planificación energética, el deterioro y envejecimiento natural de los elementos del sistema eléctrico no renovados oportunamente.

La planificación de la expansión de los subsistemas de distribución eléctricos es una tarea altamente compleja, que involucra altos costos de inversión y una gran diversidad de alternativas posibles, cuyo problema nace por la necesidad de abastecer estas demandas eléctricas creciente por medio del aumento de la capacidad de las subestaciones de distribución, los conductores eléctricos, transfiriendo carga entre ellas, reconfigurando sus alimentadores o en su defecto construyendo nuevas subestaciones, todos estos cambios se dan por otra parte también con la creciente demanda de potencia reactiva por sus clientes.

En el reglamento de las Ley de Concesiones Eléctricas se establece que los distribuidores tienen la obligación de dar suministro a quien lo solicite en su zona de concesión, entregar un nivel eficiente la calidad del producto y



servicio continuo y evaluar su cumplimiento, permitir el uso de líneas eléctricas para el transporte de energía de cualquier generador e interconectarse con otros concesionarios y por último mantener instalaciones seguras.

De acuerdo al valor de pérdidas de energía técnicas se elaboran programas, basados en el balance de pérdidas de energía estimado, enfocar la evaluación en las pérdidas técnicas cuyos valores pueden ser disminuidos con una inversión que beneficie a la empresa.

## **2.2. PÉRDIDAS DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN UN SUB-SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA.**

Un Sub-Sistema de Distribución Eléctrica, comprende líneas primarias, transformadores de distribución, redes secundarias y medidores de electricidad, a través del cual se transmite la energía eléctrica al usuario final.

Un subsistema de distribución eléctrica desde un punto de vista de la reconfiguración de redes, es un conjunto de caminos unidos de manera coherente que busca distribuir la energía de manera eficiente hacia el usuario final.

Al producirse incremento de corriente, se incrementan también las pérdidas por efecto Joule. Este calentamiento es perjudicial especialmente para el aislamiento de los cables ya sea en las instalaciones como en los bobinados de los transformadores. Con el pasar del tiempo este problema produce una reducción de la vida útil de los equipos y componentes eléctricos de la red de distribución, ocasionando pérdidas de energía técnica por la ineficiencia del planeamiento energético.

## **2.3.DETERMINAR A NIVEL GENERAL LAS PÉRDIDAS DE ENERGÍA ELÉCTRICA**

Para cualquier Subsistema de distribución eléctrico debe existir un balance de pérdidas energía entre la cantidad de energía que ingresa al sistema y la cantidad de energía que sale del sistema. En el caso de una empresa de distribución de energía que ingresa al sistema proviene de la energía comprada y entregada en los puntos de suministro; desde generadoras propias y operadas por la empresa o desde una combinación de fuentes generadoras.

La mayoría de la energía que sale del sistema es vendida a los consumidores, y la diferencia entre la cantidad de energía comprada y/o generada y la cantidad total de energía vendida es clasificada como **“Pérdidas de Energía Total”**. La extensión de estas pérdidas puede ser expresada en volumen (kWh) y como un porcentaje (%) de la cantidad total de energía que ingresa al sistema.

## **2.4. CLASIFICACIÓN DE LAS PÉRDIDAS DE ENERGÍA EN UN SUB SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA**

La identificación detalla y precisa de las causas que producen las pérdidas de energía, el mismo que se clasifican en dos grandes grupos según su origen en:

- Pérdidas de Energía Técnicas.
- Pérdidas de Energía No Técnicas.

### **2.4.1. Pérdidas de energía técnicas**

Energía disipada debido a fenómenos físicos en los elementos instalados en un subsistema de distribución eléctrica, originados por efecto corona, efecto joule, corrientes parasitas e histéresis, se deben a las condiciones propias de la distribución de la energía por medio de las líneas primarias, transformación por transformadores de distribución, también distribución de energía por redes de baja tensión y medición de la energía por medidores de electricidad.

Las pérdidas de energía técnicas se pueden clasificarse a su vez según la función del componente y según las causas que la origina, están provocadas por el paso de la corriente eléctrica a través de los conductores, transformadores, medidores y otros equipos que son instalados en un subsistema de distribución eléctrica. Estas se deben a las condiciones propias de conducción de la energía y se manifiestan en forma de calor.

Estas pérdidas de energía técnicas se producen en todos los niveles desde las barras de salida de las plantas de generación hasta la llegada a la acometida de los usuarios finales y crecen en proporción geométrica de la demanda.

Dentro de estos fenómenos físicos podemos citar según la causa que lo origina y según el tipo.

### 2.4.2. Según las causas que origina

Las pérdidas de energía técnicas, obedecen a las características de los materiales y equipos empleados y por las condiciones de operación existentes en el entorno.

#### A. PÉRDIDAS DE POTENCIA POR EFECTO JOULE

Es originada por la circulación de la corriente a través de una resistencia eléctrica, tienen la siguiente ecuación:

$$P = I^2 * R \quad (2 - 1)$$

Dónde:

**P** = Pérdidas de potencia eléctrica en (W).

**I** = Corriente eléctrica en (A)

**R** = Resistencia en ( $\Omega$ )

Su magnitud depende de la distancia que recorre la energía, la temperatura del ambiente, el diámetro del conductor, entre otros.

Las pérdidas de energía por efecto Joule, se presentan en los múltiples líneas y conductores para transportar y transformar la energía en todo instante de tiempo de operación, desde las líneas de media tensión (MT), las redes de baja tensión (BT) y en el bobinado de los transformadores MT/BT, así como en los medidores de electricidad.

**Las pérdidas de energía por efecto corona**, se presenta cuando un elevado nivel de intensidad de campo eléctrico permite la ionización del aire, dando paso a un arco de corriente provocando las pérdidas de energía, para el cálculo de pérdidas de potencia en líneas cortas son despreciables.

### 2.4.3. Según el tipo

Según el tipo es parte del proceso del sistema eléctrico donde se producen las pérdidas de energía, corresponden a las siguientes:

#### A. PÉRDIDAS DE ENERGÍA POR TRANSPORTE.

Son las que se producen en los conductores que transportan la energía desde las barras de las Subestación hasta el lugar del consumo en:

- En circuitos de distribución Primaria.
- En circuitos de distribución Secundaria.

## **B. PÉRDIDAS DE ENERGÍA POR TRANSFORMACIÓN.**

Son las que se producen en los transformadores, depende de la calidad técnica de los aparatos y del factor de carga de los mismos, y son:

- En transformadores de distribución de MT/BT

## **C. PÉRDIDAS DE ENERGÍA EN LOS MEDIDORES DE ELECTRICIDAD.**

Estas pérdidas son consideradas por su consumo propio, debido a que depende de la tecnología constructiva de cada medidor de electricidad.

## **2.5. PÉRDIDAS DE ENERGÍA NO DEFINIDAS**

Existe cantidad de energía que se pierde en los sistemas eléctricos y que hasta la fecha no se ha determinado un método apropiado para cuantificarlas, se tienen los siguientes orígenes:

- a) Pérdidas de energía en puntos calientes del sistema.
- b) Pérdidas de energía transversales, los aisladores permiten el paso de 4 a 5 miliamperios en cada soporte.
- c) Pérdidas de energía por fugas a tierra, en casos de falla se presentan contactos a tierra.
- d) Consumo de energía de contactores, relojes, pararrayos y otros equipos, fusión de fusibles, acción de interruptores y entre otros.

## **2.6. PÉRDIDAS DE ENERGÍA FIJAS Y VARIABLES**

Esta clasificación de pérdidas corresponde a reconocer que ciertas pérdidas tanto de potencia como de energía varían con la demanda, esta clasificación es útil para identificar cuáles son función de la demanda y cuales se mantienen aproximadamente constante con la misma.

### **2.6.1. Las pérdidas de energía fijas.**

No dependen del nivel de corriente sino del nivel de tensión, son originadas por el efecto corona en las líneas eléctricas, en líneas cortas son despreciables y por corrientes parásitas e histéresis en núcleos de los Transformadores, son determinadas a través de la prueba de Vacío.

Las Pérdidas de Energía Fijas, se presentan en el sistema eléctrico por el solo hecho de energizar la línea o el transformador.

Este tipo de pérdidas se producirán en el sistema, aunque la carga conectada a ellos fuera igual a cero.

### **2.6.2. Las pérdidas de energía variables**

Dependen del comportamiento de la demanda, son debido al efecto Joule que se van originar en los conductores de las redes de distribución, primarias y Secundarias, así como en los devanados de los transformadores de distribución.

## **2.7. PÉRDIDAS DE ENERGÍA NO TÉCNICAS**

Son las que se producen por deficiencias en la supervisión administrativas e instalaciones ilegales, se las denomina también pérdidas de energía comerciales.

Las pérdidas de energía no técnicas, son determinadas como la diferencia entre las pérdidas energía totales del sistema y las pérdidas de energía técnicas y son originadas por:

### **1. Error en el Proceso de Facturación.**

Error de la concesionaria en el proceso de facturación que origina el cobro de montos distintos a los que efectivamente corresponden (desde la lectura del contador hasta la emisión y reparto de la factura).

- El artículo 92° de la LCE y el numeral 5 inciso (i) de la Resolución Ministerial N° 571-2006 – MEM /DM y Norma de Recupero de Energía facultan a las concesionarias a efectuar un recupero de energía cuando por errores en el proceso de facturación hayan considerado importes menores a los que correspondían.

### **2. Error en el Equipo del Sistema Medición.**

Deficiencia en el Sistema de Medición, que origina una inadecuada medición en el registro del consumo, por mal funcionamiento de sus componentes.

El artículo 92° de la LCE y el numeral 5 inciso (ii) de la Resolución Ministerial N° 571-2006 – MEM /DM y Norma de Recupero de Energía, antes mencionados, también prevén el error de medición, debido al mal funcionamiento de uno o más de sus componentes, como una causal de recupero de consumos no registrados.

### **3. Error en la Instalación del Equipo de Sistema de Medición.**

Error del concesionario al realizarla instalación o conexionado externo del Sistema de Medición, que origina una inadecuada medición del Consumo.

El artículo 92° de la LCE y el numeral 5 inciso (iii) de la Resolución Ministerial N° 571-2006 – MEM /DM y Norma de Recupero de Energía, establecen que las concesionarias están facultadas a aplicar un recuperado de consumos no registrados cuando por deficiencias al realizar la instalación o el conexionado externo del sistema de medición, se origina una inadecuada medición que puede generar que se registren consumos menores a los realmente demandados por el suministro.

### **4. Por Vulneración de las Condiciones de los Suministros.**

Cuando existe **intervención o manipulación** de uno o más de los componentes de la conexión, realizada por una persona distinta de la Concesionaria, que modifique la medición o el registro normal del consumo, o no permita que dicho consumo sea medido o registrado.

El artículo 177° del RLCE y el numeral 5 inciso (iv) de la Resolución Ministerial N° 571-2006 – MEM /DM y Norma de Recupero de Energía, facultan a las concesionarias a aplicar un recuperado de consumos no registrados cuando se verifique que una vulneración de las condiciones del suministro, debido a la manipulación de uno o más de los componentes de la conexión, realizada por una persona distinta a la concesionaria, que genere que se registren consumos menores a los realmente demandados por el suministro, o que éstos no se registren.

### **5. Por consumo de energía sin la autorización del concesionario.**

Cuando se realizan consumos desde un predio sin contrato de suministro y sin autorización de la concesionaria.

El artículo 177° del RLCE y el numeral 5 inciso (v) de la Resolución Ministerial N° 571-2006 – MEM /DM y Norma de Recupero de Energía, facultan a las concesionarias a aplicar un recuperado de consumo no registrado cuando se verifique que un predio que no cuenta con contrato de suministro se encuentra demandando energía eléctrica.

Toda estas causales corresponde a la energía no cobrada por falta de control y supervisión en la gestión administrativa.

**Tabla N° 2.1: Estructura de la causa y tipo que origina las pérdidas de energía eléctrica.**

ITEM	PERDIDAS SEGÚN EL TIPO		PERDIDAS SEGÚN LA CAUSA	
PERDIDAS TÉCNICAS	TRANSPORTE	DISTRIBUCION PRIMARIA	EFEECTO CORONA	PERDIDAS FIJAS
		DISTRIBUCION SECUNDARIA	PERDIDAS EN EL NUCLEO DEL TRANSFORMADOR	
	TRANSFORMACION	TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCION MT/BT	PERDIDAS POR EFECTO JOULE	PERDIDAS VARIABLES
	MEDICIONES	MEDIDORES DE ELECTRICIDAD		
PERDIDAS NO TÉCNICAS	POR ERROR EN EL PROCESO DE FACTURACION			
	POR ERRORES DEL SISTEMA DE MEDICION			
	POR ERRORES EN LA INSTALACION DEL SISTEMA DE MEDICION			
	POR VULNERACION DE LAS CONDICIONES DE LOS SUMINISTROS			
	CONEXIONES SIN AUTORIZACION DE LA CONSECNARIA			

Fuente: Elaboración Propia.

## 2.8. BALANCE DE PÉRDIDAS DE ENERGÍA ELÉCTRICA

El Balance de Pérdidas de Energía Eléctricas nos representa el resultado de la comparación de la transferencia de energía externa (Compra) e interna (Generación propia) con la energía entregada al consumidor final, en un período de tiempo.

El Balance permite determinar las pérdidas de energía y debe cumplir con las condiciones básicas: **exactitud y detalle**. La exactitud se refiere a la precisión de las mediciones de compra, producción propia y venta, así como la simultaneidad de las lecturas, en cambio el detalle se refiere a que debe tener suficiente información para responder a necesidades de reporte, estadística, control, para efectuar la evaluación correspondiente.

El Balance de pérdidas de energía puede realizarse según las necesidades a nivel global o empresarial. Simplemente es comparar la energía entregada con la energía vendida en un punto del sistema eléctrico.

El Balance de Pérdidas de Energía Empresarial es una herramienta importante que indica de manera detallada y exacta, periódicamente el estado final de:

- a) La Energía Entregada.
- b) La Energía Vendida.
- c) La Energía Pérdida.

Con el Balance de Pérdidas Energía, se identifica los sectores con mayores niveles de pérdidas de energía, siendo tomado este indicador, como un instrumento de evaluación de los responsables de la conducción de la empresa en los diferentes sectores, permitiendo de esta manera, tomar acciones hacia estos lugares.

En todo sistema eléctrico se realizan multitud de transferencias de energía en un periodo de tiempo tanto internas al mismo sistema como con otros sistemas eléctricos. Estas transferencias se deben registrar y llevar a balances de energía los cuales tienen el propósito de consignar los datos más importantes de la operación.

#### **2.8.1. Procedimiento para realizar el balance de pérdidas de energía eléctrica.**

Se requiere el manejo de mucha información de compra, producción, venta de energía y su procesamiento, ingreso y evaluación que exige cuidado especial.

#### **2.8.2. Determinación de la energía entregada (Compra)**

La Energía Entregada, al sistema en evaluación, se determina a través de los medidores totalizadores o registradores, tanto en los alimentadores de media tensión como en las barras generales y totalizadoras de las subestaciones de transformación.

#### **2.8.3. Determinación de venta de energía (Facturada)**

Esta información está disgregada tanto para clientes libres, mayores como para comunes y alumbrado público, las que consideran todas las tarifas de la facturación de acuerdo al nivel de tensión. Para la obtención de los datos de venta de energía se sigue varios procedimientos:

##### **a. Procesamiento de Información de la Venta de Energía.**

La facturación se realiza por localidades y se deben agrupar en función de la barra de la cual se alimenta. Esta energía se obtiene de



los resúmenes de facturación generados por la plataforma Comercial **(SIELSE)**, de acuerdo a los clientes libres, mayores y comunes en forma sistematizada.

Los resúmenes de facturación son bases de datos que son generados según una librería pre establecida, en los cuales se puede obtener todo el movimiento comercial de todas las localidades que comprende el libro por opciones tarifarias.

Teniendo los archivos por Suministro que identifiquen a las localidades alimentador sumando el respectivo suministro para cada alimentador. Este proceso se realiza para cada mes del balance, pudiéndose proyectar este dato para obtener un valor anualizado pertenecientes a cada alimentador.

**b. Cuantificación del Consumo de Alumbrado Público.**

El Consumo de energía es registrado por medio de un medidor de energía, mediciones realizadas en cada Subestación de Distribución (MT/BT) correspondientes a cada alimentador y al número de días del período de facturación. (Se entiende por período de facturación a los días que se encuentren dentro de las fechas de inicio de lectura hasta un día antes del día de inicio de lectura del siguiente período de facturación).

**c. Procesamiento de Información de Servicios Extraordinarios.**

También es considerada como venta de energía dentro del balance de energía, presupuestada por la empresa por medio de factura, boletas y recibos de consumo de energía de clientes. Esta información es reportada en el sistema comercial que serán incluidos dentro del período de facturación.

**d. Determinación del Consumo Propio de las Instalaciones de la Empresa.**

Se considera el consumo de energía de las instalaciones de artefactos y equipos etc., en las diferentes oficinas, Almacenes y otros de nuestra empresa que es registrada por medio de un medidor de energía y cuantificados dentro del periodo de facturación.

**e. Procesamiento de los Recuperos de Energía.**

Dentro del Balance de Pérdidas de Energía se considera los recuperos

de energía impuesta por la empresa a clientes, por error en el proceso de facturación, error en el funcionamiento e instalación de los sistemas de medición, por vulneración de las condiciones de los suministros e instalaciones sin la autorización de la concesionaria.

Estos recupero de energía se reportan en el sistema comercial que serán incluidos dentro del período de facturación.

#### **2.8.4. Aspectos a considerarse en el balance de pérdidas energía eléctrica.**

##### **a. Periodo del Balance de Pérdidas de Energía Eléctrica.**

El Balance de Pérdidas de Energía usualmente se realizan mensualmente, así mismo acumulado por un año, es el reporte consolidado final.

De esta evaluación se determinará discriminadamente, los niveles de pérdidas de energía, en volumen y en porcentaje respecto a la energía entregada por la Generadora y vendida por la Distribuidora.

##### **b. Ajuste**

Consiste en realizar comparaciones de cada uno de los componentes del balance del mes con referencia a los meses anteriores, de no existir coherencia en la información, deberá revisarse la información y evaluar nuevamente. En este aspecto debemos considerar algunas modificaciones en fecha de lectura, topológica de redes, tiempo de uso del alumbrado público, transferencia de carga y otros.

##### **c. Reporte del Balance de Pérdidas de Energía Eléctrica.**

Todo trabajo efectuado en el procesamiento de la información, se resumirá en la ecuación que se muestra a continuación:

$$***E. Comprada = E. Facturada + E. Perdida*** \quad (2 -2)$$

A partir de estos resultados se puede analizar la evolución de las pérdidas de energía por alimentador de media tensión lo que nos permite identificar los puntos críticos y tomar decisiones para reducir las pérdidas de energía a los niveles aceptables.

Los balances de pérdidas de energía por alimentadores de media tensión, dan resultados complementarios para identificar, en primera instancia y con pocos datos adicionales, en qué nivel de tensión o en

qué sector se concentran las pérdidas.

Dos subsistemas eléctricos con igual porcentaje de pérdidas a nivel global pueden tener problemas muy diferentes y requerir soluciones distintas.

**Tabla N° 2.2: Balance de las pérdidas de energía eléctrica mensual del subsistema de distribución eléctrica de Dolorespata – 2021.**

Fecha	Energía Comprada MW-h	Energía Vendida MW-h	Perdidas de Energía MW-h	Perdidas %
Ene-21	13,274.88	11,212.65	2,062.24	15.53%
Feb-21	11,682.47	10,840.67	841.81	7.21%
Mar-21	13,161.65	11,384.75	1,776.90	13.50%
Abr-21	12,829.76	12,282.01	547.75	4.27%
May-21	13,691.35	12,121.40	1,569.95	11.47%
Jun-21	13,630.38	13,043.25	587.13	4.31%
Jul-21	14,125.84	12,451.89	1,673.94	11.85%
Ago-21	14,296.80	13,005.34	1,291.46	9.03%
Set-21	14,116.82	13,424.14	692.68	4.91%
Oct-21	14,433.16	12,674.30	1,758.86	12.19%
Nov-21	16,223.48	13,383.77	2,839.71	17.50%
Dic-21	16,994.69	14,494.88	2,499.81	14.71%
	<b>168,461.26</b>	<b>150,319.03</b>	<b>18,142.23</b>	<b>10.77%</b>

Fuente: Elaboración Propia.

## CAPITULO – III

### METODOLOGÍA DE ESTIMACIÓN DE PÉRDIDAS DE ENERGÍA TÉCNICAS

#### 3.1. ASPECTOS GENERALES.

La discriminación de pérdidas puede realizarse tomando elementos del sistema al mínimo detalle, como las pérdidas de energía definidas, sin embargo, el procedimiento de la estimación de las pérdidas de energía técnicas, lo vamos a desarrollar de acuerdo a la siguiente clasificación relevante de las pérdidas energía:

**Tabla N° 3.1: Clasificación de los elementos que lo compone el subsistema de distribución eléctrico.**

<b>I.- PÉRDIDAS DE ENERGIA TECNICAS.</b>
1.- LÍNEAS Y REDES DE MEDIA TENSIÓN
2.- TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCIÓN.
3.- REDES DE BAJA TENSIÓN
4.- MEDIDORES DE ELECTRICIDAD.

Fuente: Elaboración Propia

#### 3.2. PÉRDIDAS DE POTENCIA EN LAS LÍNEAS ELÉCTRICAS

Antes de iniciar los cálculos de cualquier sistema eléctrico, resulta imprescindible conocer una serie de datos sobre el mismo como, por ejemplo: qué elementos lo forman, cómo se comportan, cómo interaccionan, cómo se estiman, la forma de agruparlos, los métodos numéricos aplicables, su representación gráfica, etc. Sólo de esta forma se resolverán los problemas, desde los circuitos simples hasta los circuitos de sistemas complejos, podrá ser realizada de forma rápida y segura.

Las líneas eléctricas áreas y subterráneas, están integrados por una serie de elementos encargados en el proceso de transporte de la energía eléctrica, debido a diferentes causas se producen las pérdidas eléctricas en todo instante de tiempo de operación, ha esto se denomina pérdidas de potencia.

Una vez adquiridos los conceptos previos, se expondrán los métodos

numéricos que nos permitirán calcular y analizar con seguridad un sistema de potencia. Para que el estudio sea completo, se han dividido las líneas eléctricas en función de su longitud y nivel de tensión ya que, como se explicará, la mayor parte de los parámetros eléctricos depende fundamentalmente de esta magnitud.

**Tabla N° 3.2: Clasificación de Líneas Eléctricas.**

<b>Líneas</b>	<b>Nivel de Tensión kV.</b>	<b>Longitud Km.</b>	<b>Parámetros Eléctricos</b>	<b>Originan Pérdidas por Efecto:</b>
<i>Línea Corta</i>	Menores a 40	Menores a 80.	Longitudinales	Joule
<i>Línea Media</i>	40 < 220	80 < 250	Transversales	Corona y Aislador
<i>Línea Larga</i>	> 220	> 250	Transversales	

Fuente: Elaboración Propia

Es posible realizar una clasificación de los elementos eléctricos, dependiendo de la forma en que éstos influyen dentro de un sistema eléctrico. Así, se crean dos grupos diferenciados: los parámetros eléctricos longitudinales, formados por la resistencia y la inductancia; y los parámetros eléctricos transversales, formados por la capacitancia y la conductancia.

- **Parámetros Longitudinales**

La consecuencia más importante de la existencia de una resistencia en un circuito eléctrico lo constituyen las pérdidas producidas por efecto Joule.

$$R \Leftrightarrow \text{RESISTENCIA} \Rightarrow (\Omega) \text{ ohmios}$$

$$L \Leftrightarrow \text{INDUCTANCIA} \Rightarrow (\text{H}) \text{ henrio}$$

- **Parámetros Transversales.**

La consecuencia más importante de la existencia de la conductancia en un circuito eléctrico la constituye las pérdidas producidas por los efectos Corona y Aislador.

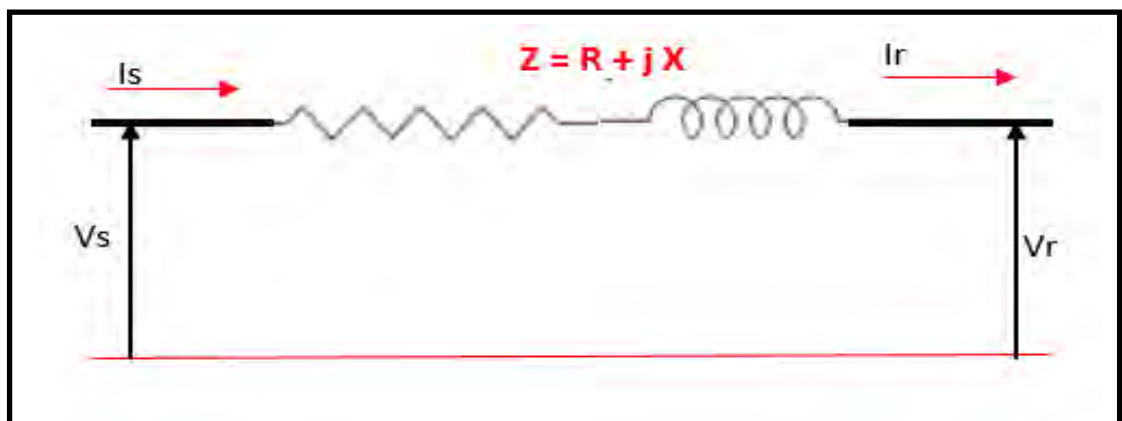
$$C \Leftrightarrow \text{CAPACITANCIA} \Rightarrow (\text{F}) \text{ Faradios}$$

$$G \Leftrightarrow \text{CONDUCTANCIA} \Rightarrow (\text{S}) \text{ Siemens}$$

Este tipo de pérdidas están asociadas principalmente con la resistencia de los conductores, y las corrientes que circulan por los mismos.

Debido a que los voltajes son relativamente bajos (10.5kV), la pérdida de potencia por efecto corona son muy pequeñas, por lo que se puede despreciar, igualmente los valores de susceptancia de las líneas de distribución son muy pequeños por lo que se desprecian, entonces el modelo de la línea de distribución se puede representar como se muestra en la figura N° 3.1

**Figura N° 3.1: Circuito simplificado de una línea eléctrica corta**



Fuente: Elaboración Propia

$V_s : I_s$  Tension y Corriente en el extremo transmisor

$V_r : I_r$  Tension y Corriente en el extremo receptor

$Z = R + jX$  Impedancia de la linea

Por tratarse de un circuito serie

$$I_s = I_r$$

La tensión en el extremo transmisor es:

$$V_s = V_r + I_s * Z$$

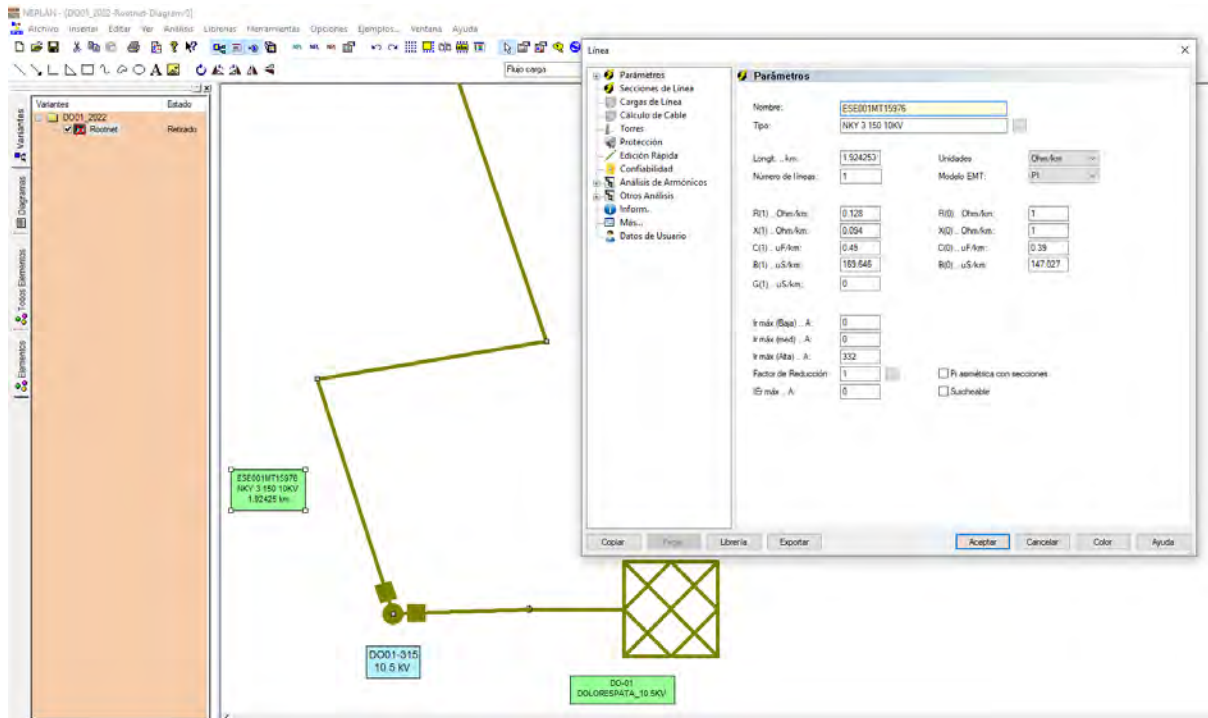
(3.1)

### **3.3. PROCEDIMIENTO PARA DETERMINAR LAS PÉRDIDAS DE POTENCIA EN LÍNEAS DE MEDIA TENSIÓN**

Para determinar las pérdidas de potencia en Líneas de Media Tensión, se debe tener en cuenta:

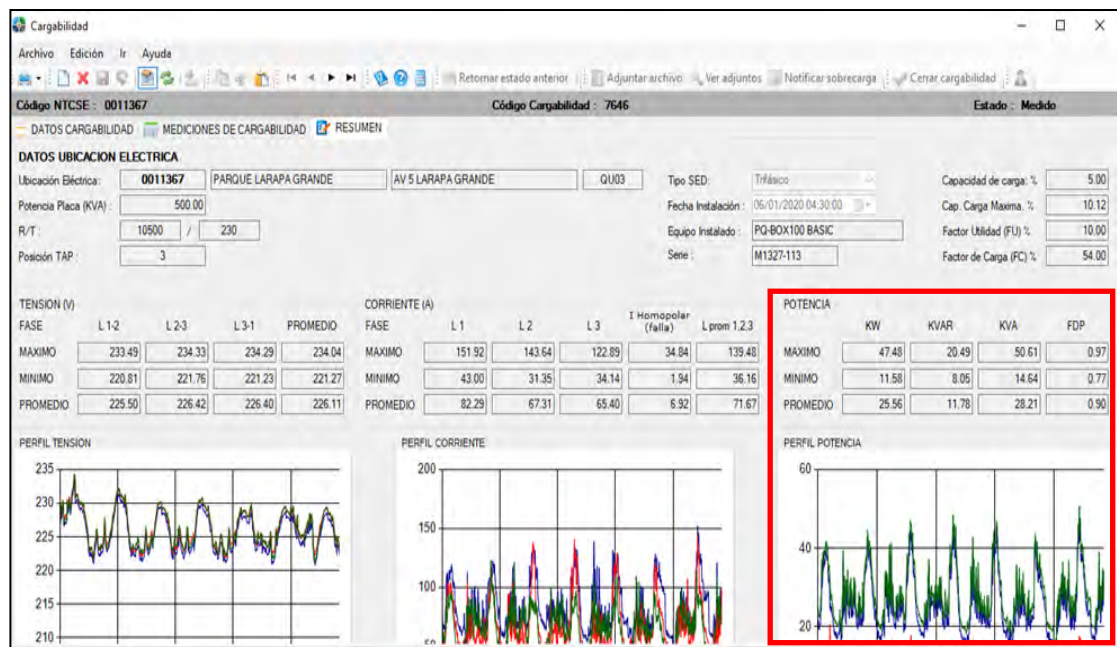
- a) La información del sistema GIS debe estar actualizada respecto al diagrama unifilar del sistema eléctrico en evaluación, considerando las líneas y los transformadores de distribución. En nuestro caso la forma de trabajo contempla la preparación preliminar de librerías de las líneas y transformadores, los cuales luego son simplemente referidos en nuestro sistema en evaluación.
- b) En el software Neplan, se actualizan todos los parámetros eléctricos de los elementos del sistema (transformadores y líneas); como son las longitudes de las líneas, las secciones de los conductores, resistencias, reactancias de secuencia positiva negativa y cero también valores de impedancia de corto circuito, las configuraciones de las líneas, los valores de potencias nominales y tensiones de barras, entre otros que requiere el software.

**Figura N° 3.2: Ventana de ingreso de datos de la línea por nodos**



Fuente: Elaboración Propia

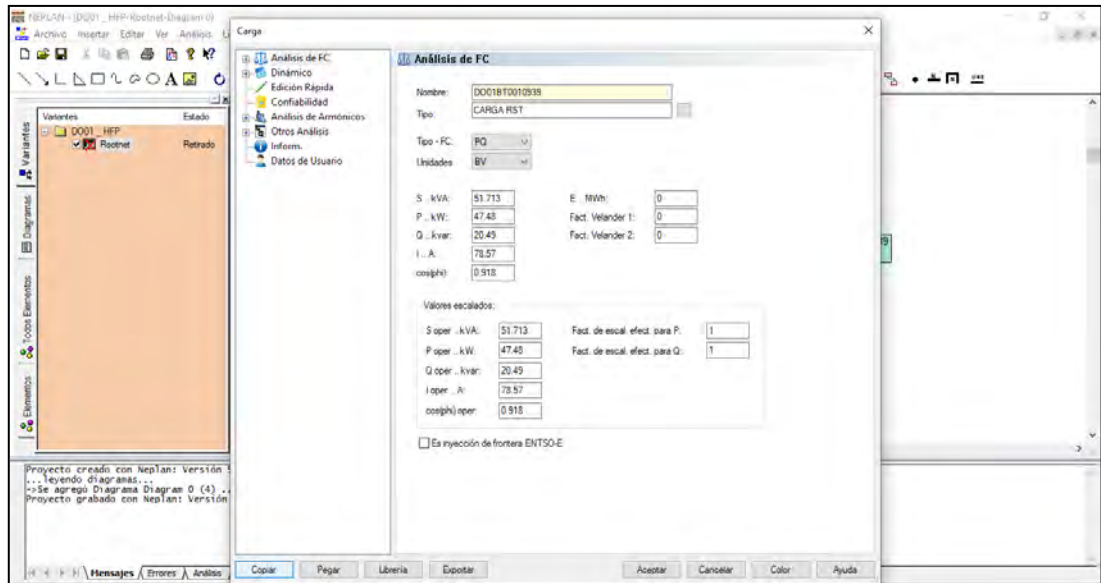
**Figura N° 3.3: Datos del subsistema de distribución, módulo cargabilidad**  
(Se obtiene las potencias para el ingreso al Software)



Fuente: Electro Sur Este S.A.A



**Figura N° 3.4: Ventana de ingreso de datos de la potencia activa y reactiva por subestación de distribución**



Fuente: Elaboración Propia

Actualizar el diagrama unifilar del sistema eléctrico por cada alimentador de media tensión y los datos de carga de las Subestaciones de Distribución, determinando el perfil de las cargas del sistema, tanto para la potencia activa como para la reactiva, utilizando la interface GIS-Neplan. Es decir, se actualiza la información en el sistema GIS y luego se exporta al software Neplan.

Mediante el Neplan se procede al cálculo de flujo de potencia, en el que se solucionan las ecuaciones para las variables del sistema, obteniéndose las pérdidas de potencia en líneas y transformadores, y un total por sistema. Cabe indicar por este método se estará calculando las pérdidas de potencia de las líneas de media tensión y transformadores de distribución **en horas punta y fuera de punta.**

$$\%P = \frac{((\text{Linea HFP} \times 20) + (|\text{Linea HP} \times 4))}{24} \quad (3.2)$$

$$\%P = \frac{((\text{Transf HFP} \times 20) + (|\text{Transf HP} \times 4))}{24} \quad (3.3)$$

- Este porcentaje de pérdidas de energía tiene que ser comparado con el volumen de energía que ingresa a las líneas de media tensión, con lo cual queda determinada la energía que se pierde por este concepto.
- En las líneas que cuenten con medidores electrónicos tanto en la entrada como en las salidas, las pérdidas se pueden determinar mediante diferencia de los registros, obteniendo directamente las pérdidas de energía. Sin embargo, este procedimiento lo tomamos para fines comparativos en este método.

Para determinar la Demanda Máxima por cada alimentador, Se procedió de la siguiente manera:

La Energía Entregada, al sistema en evaluación, se determina a través de los medidores totalizadores o registradores, instalados, tanto en los alimentadores primarios como en las barras generales y totalizadoras de las subestaciones de transformación.

Los alimentadores de media tensión cuentan con sistemas de medición que son leídos a través Sistema Scada, desde el Centro de Control de ELSE, a cargo del área de operaciones.

Dichos registros de consumo son programados para un periodo de 15 minutos y en cada intervalo el equipo reinicia la medición; asimismo son reportados al Sistema de Distribución, Modulo de Balance de Energía, de la cual se obtiene la Máxima Demanda y el Promedio a Máxima Demanda, con la cual se obtiene el Factor de Carga.

### **3.4. PÉRDIDAS DE POTENCIA EN TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCIÓN**

Ninguna maquina trabaja sin producir pérdidas de potencia, ya sea estática o dinámica, ya que de una u otra forma va generar calor, se puede reducir las pérdidas de potencia, pero nunca eliminar.

Las pérdidas de potencia en un transformador de distribución están asociadas principalmente con:

- a) Pérdidas de potencia que varían con la demanda y están relacionadas directamente con la resistencia de los arrollamientos del transformador. (Se les conoce con el nombre de pérdidas en carga o pérdidas en el cobre).

- b) Las pérdidas de potencia asociadas al valor de la tensión aplicada están relacionadas, con la corriente de excitación del transformador. (Se conocen con el nombre de pérdidas en el hierro, o pérdidas en vacío).
- c) Las pérdidas de potencia en el hierro o en el núcleo magnético son la suma correspondiente a las pérdidas por Foucault y por Histéresis.

$$P_{fe} = PF + PH \quad (3.4)$$

Donde:

**Pfe** : Pérdidas en el Núcleo en (W)

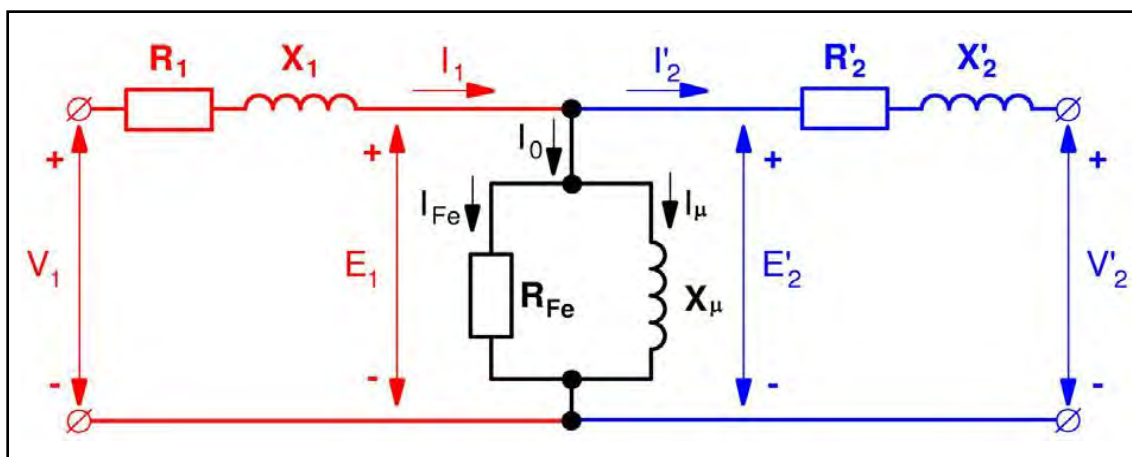
**PF** : Pérdidas por Foucault en (W)

**PH** : Pérdidas por Histéresis en (W)

Los valores de los parámetros de los transformadores se pueden obtener de los datos de placa que los fabricantes proporcionan con cada transformador, o se pueden estimar a partir de normas establecidas, según la capacidad y valores de tensión de los transformadores.

El modelo equivalente de un transformador, es válido para transformadores monofásicos y trifásicos (o bancos de transformadores monofásicos iguales en los que las 3 fases estén igualmente cargadas).

**Figura N° 3.5: Modelo equivalente de un transformador**



Fuente: Maquinas Eléctricas I – G862, Miguel Ángel Rodríguez Pozueta y José Carlos Lavandero González (2006)

Del Circuito Equivalente se obtienen las siguientes ecuaciones:

$$I_1 = I_0 + I'_2 \quad (3.5)$$

$$I_0 = I_{Fe} + I_\mu \quad (3.5a)$$

$$V_1 = E_1 = I_1 x(R_1 + jX_1) \quad (3.6)$$

$$E_1 = E'_2 = V'_2 + I'_2 x(R'_2 + jX'_2) \quad (3.6a)$$

$X_1$  : Reactancia serie ( $\Omega$ )

$R_1$  : Resistencia en serie ( $\Omega$ )

$R_{Fe}$  : Resistencia Modelada al núcleo ( $\Omega$ )

$X_\mu$  : Reactancia de Magnetización Modelada a los efectos de excitación del núcleo ( $\Omega$ )

$I_0$  : Corriente asociada con la excitación del transformador (A)

$V_1$  : Tensión de entrada (V)

$I_1$  : Corriente de entrada (A)

$I'_2$  : Corriente de salida (A)

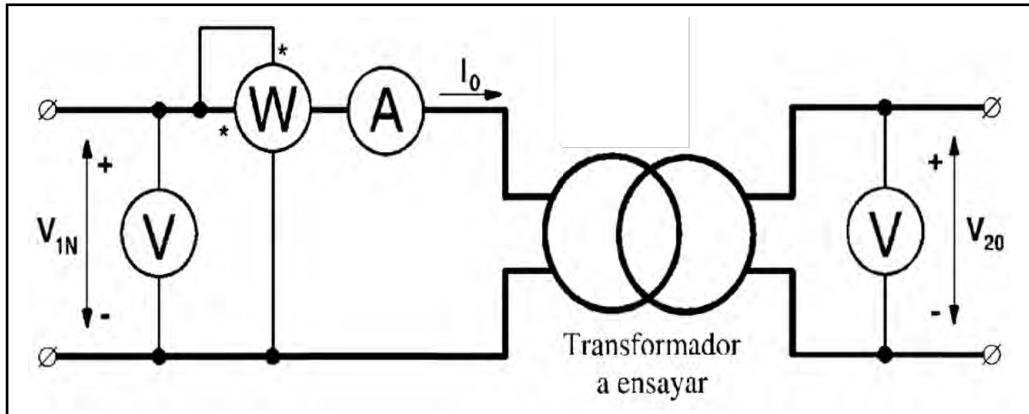
$V_2$  : Tensión de salida (V)

### 3.5. PRUEBA DE ENSAYOS EN TRANSFORMADORES

Las Pruebas de un Transformador deben estar orientadas a asegurar la eficiencia del funcionamiento mediante acciones preventivas y predictivas. Pará determinar las Pérdidas en el núcleo y en las bobinas se procederá a realizar dos tipos de pruebas de ensayos.

### 3.5.1. Prueba de ensayo de vacío

Figura N° 3.6: Circuito para el ensayo de vacío



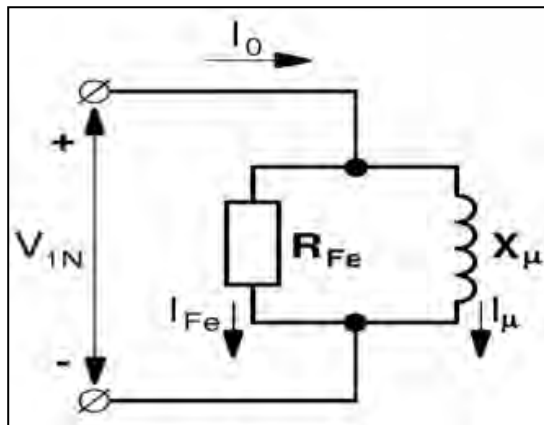
Fuente: Maquinas Eléctricas I – G862, Miguel Ángel Rodríguez Pozueta y José Carlos Lavandero González (2006)

Este ensayo consiste en alimentar al transformador a la tensión asignada por uno de sus devanados, dejando el otro en circuito abierto, y medir la tensión que aparece en ambos devanados y la corriente y la potencia en el devanado por donde se alimenta el transformador. De las medidas realizadas en este ensayo se pueden deducir. La potencia absorbida por el transformador trabajando en vacío es aproximadamente igual a las pérdidas en el hierro (las nominales si se aplica la tensión nominal en el primario) y se desprecian las pequeñas pérdidas que puede haber en el cobre.

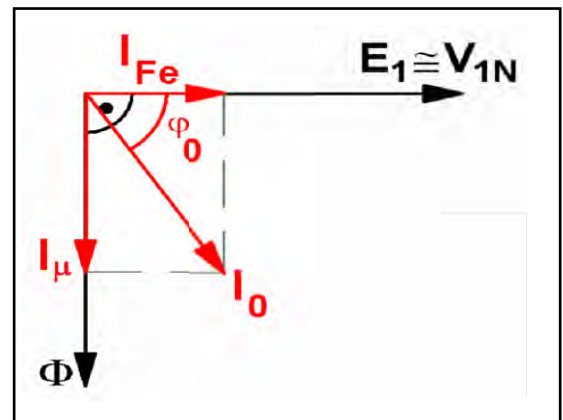
Al realizar el ensayo de vacío, la intensidad que circula por el primario se cierra por la admitancia de vacío. De esta forma queda determinada la admitancia de vacío referida al secundario.

**Figura N° 3.7: Circuito equivalente durante el ensayo de vacío**

**Circuito Equivalente**



**Diagrama Fasorial de Corrientes**



Fuente: Maquinas Eléctricas I – G862, Miguel Ángel Rodríguez Pozueta y José Carlos Lavandero González (2006)

Del Circuito Equivalente y Diagrama Fasorial de Corrientes se obtiene las siguientes ecuaciones:

$$P_0 = V_{1N} \times I_0 \cdot \cos \phi_0 \quad (3.7a)$$

$$\cos \phi_0 = \frac{P_0}{V_{1N} \cdot I_0} \quad (3.7b)$$

$$I_{Fe} = I_0 \cdot \cos \phi_0$$

(3.7c)

$$P_{Fe} = R_{Fe} \cdot I_{Fe}^2 \quad (3.7d)$$

$$P_{Fe} = \frac{(V_{1N})^2}{R_{Fe}} \quad (3.7e)$$

Como resultado se obtiene, la potencia absorbida por el transformador es igual a la pérdida de potencia en el hierro.

$$P_0 = P_{Fe} \quad (3.7)$$

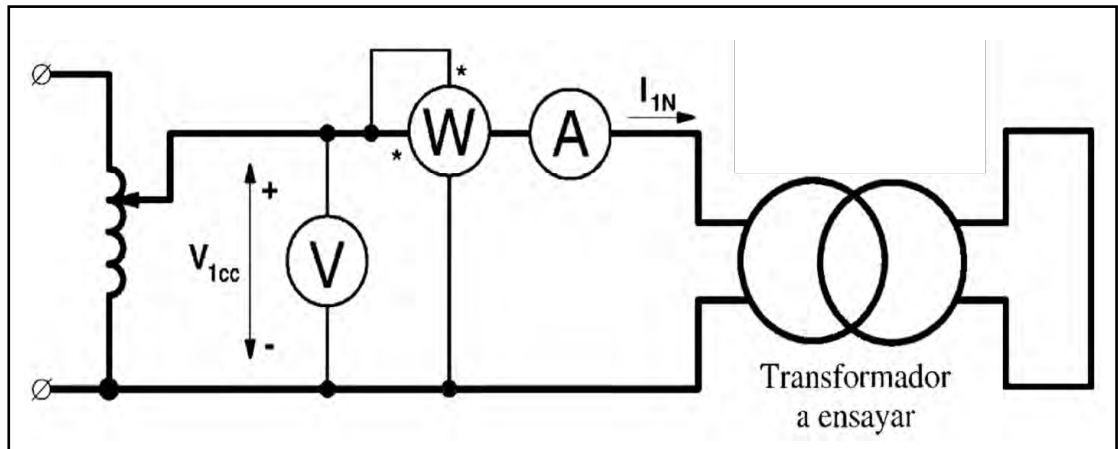
**Donde:**

$P_0$  = Potencia absorbida por el transformador (W)

$P_{Fe}$  = Pérdida de potencia en el Hierro.(W)

### 3.5.2. Prueba de ensayo de cortocircuito

Figura N° 3.8: Circuito para el ensayo de cortocircuito



Fuente: Maquinas Eléctricas I – G862, Miguel Ángel Rodríguez Pozueta y José Carlos Lavandero González (2006)

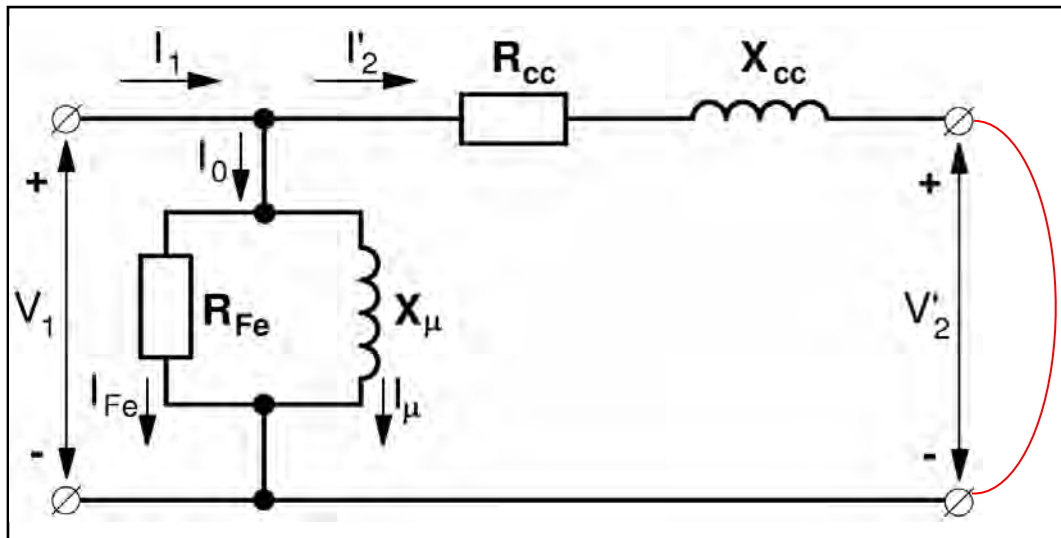
Se realiza poniendo el transformador en cortocircuito por uno de los dos arrollamientos. Después aplicamos al otro lado una tensión reducida hasta que pase por este lado del transformador la corriente nominal, pueden hallarse fácilmente las constantes más importantes de los devanados, como son sus tensiones, resistencias, reactancias de dispersión, la reactancia de cortocircuito y las pérdidas en las bobinas incluidas las adicionales por efecto superficial.

Así pues, tomamos nuevamente el circuito equivalente del transformador y consideremos el caso de que la resistencia y la reactancia de carga sean nulas es decir que los bornes del secundario estén en cortocircuito.

La tensión primaria de cortocircuito se consume íntegra en la impedancia, que por esta razón también se ha denominado impedancia de cortocircuito. El ensayo se efectuará aplicando baja tensión al primario, a fin de que por el circule justamente la corriente a plena carga. Nótese que en este caso las resistencias comprenden el aumento debido al flujo de dispersión producido por la corriente a plena carga, a la vez que por ser muy reducido el flujo que se precisa para inducir en los devanados de la escasa f.e.m. que debe desarrollarse, la corriente de excitación es prácticamente despreciable. Así el

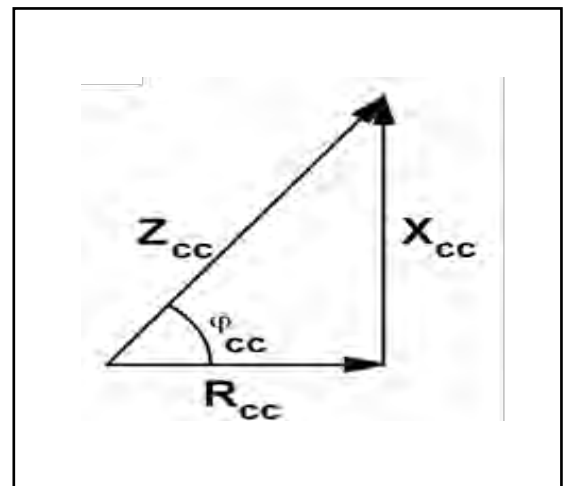
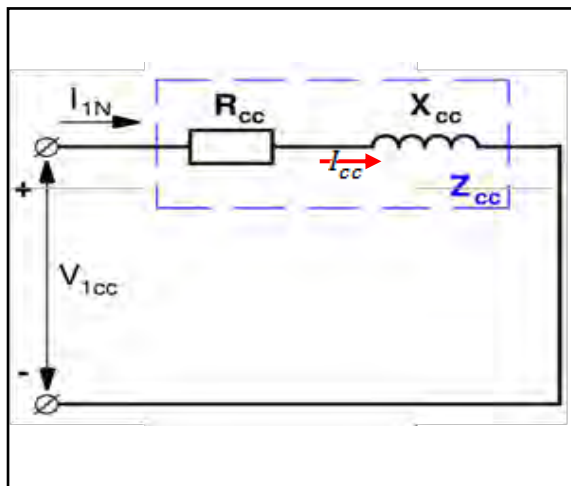
ensayo con una corriente de cortocircuito igual a la nominal en plena carga, surgen inmediatamente las pérdidas en los bobinados  $p_{Cu}$  incluidas las adicionales.

**Figura N° 3.9: Circuito equivalente durante el ensayo de cortocircuito**



Fuente: Maquinas Eléctricas I – G862, Miguel Ángel Rodríguez Pozueta y José Carlos Lavandero González (2006)

**Circuito Equivalente Cortocircuito    Diagrama Fasorial de Impedancias**



Fuente: Maquinas Eléctricas I – G862, Miguel Ángel Rodríguez Pozueta y José Carlos Lavandero González (2006)



Del Circuito Equivalente y Diagrama Fasorial de Impedancias se obtiene las siguientes ecuaciones:

$$I_{1N} = I_{cc} \quad (3.8a)$$

$$P_{cc} = V_{1cc} * I_{1N} * \text{Cos}\phi_{cc} \quad (3.9b)$$

$$Z_{cc} = V_{1cc} / I_{cc} \quad (3.8c)$$

$$P_{cc} = Z_{cc} * I_{cc}^2 * \text{Cos}\phi_{cc} \quad (3.8d)$$

$$Z_{cc} = R_{cc} / \text{Cos}\phi_{cc} \quad (3.8e)$$

$$P_{cc} = R_{cc} * I_{cc}^2 \quad (3.8f)$$

Como resultado se obtiene, la potencia absorbida por el transformador es igual a la perdida potencia en los bobinados de cobre.

$$P_{cc} = P_{Cu} \quad (3.8)$$

Donde:

$P_{cc}$  = Potencia absorbida por el transformador (W)

$P_{Cu}$  = Perdida de potencia en el Cobre (W)

### 3.6. PROCEDIMIENTO PARA DETERMINAR LAS PÉRDIDAS DE POTENCIA EN TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCIÓN.

Las pérdidas de potencia en los transformadores están constituidas por las pérdidas de potencia en el hierro y en el cobre, considerándose constantes las pérdidas en el hierro y variable las pérdidas en el cobre.

Los valores de las pérdidas en el cobre, dados por el fabricante, se tienen que ajustar de acuerdo a la demanda máxima de la carga que alimenta el transformador.

Mediante el Neplan se procede al cálculo de flujo de potencia, en el que se solucionan las ecuaciones para las variables del sistema, obteniéndose las pérdidas de potencia en los transformadores, y un total por sistema. Cabe indicar por este método se realizó el cálculo de las pérdidas de potencia de los transformadores de distribución **en horas punta y fuera de punta.**

$$\%P = \frac{((Transf.HFP \times 20) + (Transf.HP \times 4))}{24} \quad (3.9)$$

**%P** : Porcentaje de Pérdidas de Potencia en un día.

### 3.7. FLUJO DE POTENCIA

Para el Flujo de Potencia tradicional, se utilizó el método de Newton - Raphson para encontrar el punto de operación de un sistema eléctrico de potencia, está en capacidad de resolver topologías tanto radiales como enmalladas.

Los alimentadores primarios de los subsistemas de distribución eléctrica de Dolorespata son operados con una distribución topológica radial. El estudio de estos sistemas incluye diversos problemas encaminados generalmente, a la reducción de pérdidas potencia y optimización de recursos. Entre los problemas más estudiados de los sistemas de distribución se encuentran: el planeamiento, la reconfiguración, la colocación óptima de capacitores y el mejoramiento del perfil de tensión, entre otros. Todos estos estudios requieren de una herramienta común de análisis, como lo es el flujo de potencia para sistemas de gran tamaño y con configuración radial.

### 3.8. DETERMINAR LA MÁXIMA DEMANDA

La Energía Entregada, al sistema en evaluación, se determina a través de los medidores totalizadores o registradores, instalados, tanto en los alimentadores primarios como en las barras generales y totalizadoras de las subestaciones de transformación.

Los alimentadores de media tensión cuentan con sistemas de medición que son leídos a través Sistema Scada, desde el Centro de Control de ELSE, a cargo del área de operaciones.

Dichos registros de consumo son programados para un periodo de 15 minutos y en cada intervalo el equipo reinicia la medición, asimismo son reportados al **Sistema de Distribución, Modulo de Balance de Energía**, de la cual se obtiene la Máxima Demanda y el Promedio a Máxima Demanda, con la cual se obtiene el **Factor de Carga**.

### 3.9. FACTOR DE CARGA

El Factor de Carga, se puede definir como la relación entre la demanda promedio de un intervalo de tiempo específico y la demanda máxima en el mismo intervalo de tiempo.

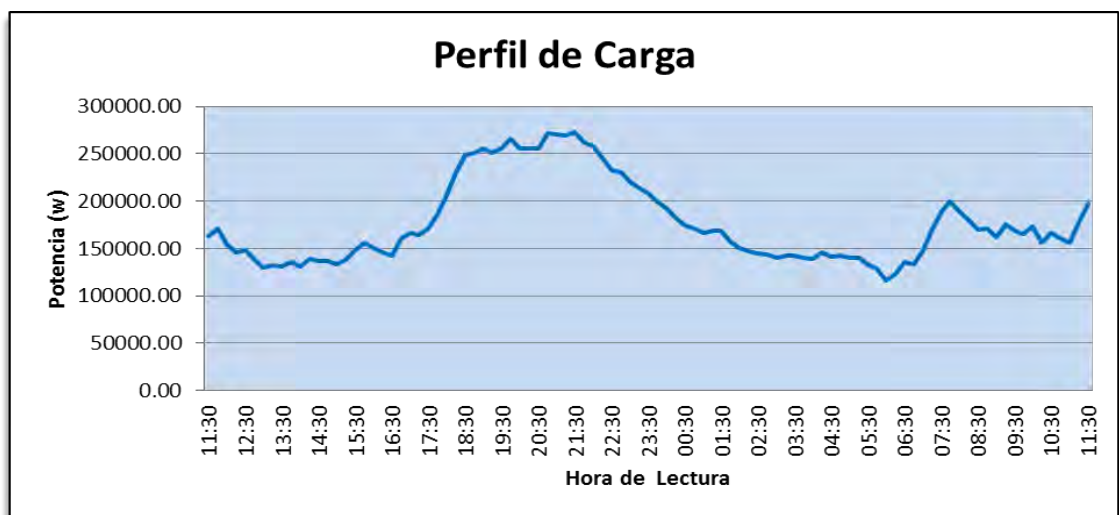
$$Fc = \frac{D.Promedio}{D.Maxima} \quad (3.10)$$

Donde:

D. Promedio : Demanda promedio (W)

D. Máxima : Demanda Máxima (W)

**Figura N° 3.10: Perfil de carga típico.**



Fuente: Elaboración Propia

### 3.10. FACTOR DE PÉRDIDAS

El Factor de Pérdidas se puede definir como la relación entre las pérdidas de energía promedio y las pérdidas de energía máxima de la siguiente forma:

$$Fp. = \frac{Perd.Promedio}{Perd.Maxima} \quad (3.11)$$

Donde:

Perd. Promedio : Pérdidas de energía promedio (W)

Perd. Máxima : Pérdidas de energía máxima (W)

Es importante resaltar que, para la determinación del porcentaje de pérdidas de energía, se ha utilizado los datos reales de los factores de carga

y factores de pérdidas que fueron calculados en base a los registros de consumo de los equipos de medición instalados en las barras de media tensión por alimentador del subsistema de distribución eléctrica de Dolorespata.

### 3.11.RELACIÓN ENTRE EL FACTOR DE PÉRDIDAS Y EL FACTOR DE CARGA

El factor de pérdidas puede determinarse a partir del factor de carga utilizando la expresión desarrollada por **Buller y Woodrow ingenieros de General Electric Company**, dicha expresión se muestra a continuación:

$$F_p = K * F_c + (1 - K) * F_c^2 \quad (3.12)$$

Donde “**K**” corresponde a un coeficiente que depende de aproximaciones estadísticas y de las características del sistema, en general su valor es  $K \leq 1$

Si  $K = 0.15$  es utilizado para sistemas de distribución.

$$F_p = 0.15 * F_c + 0.85 * F_c^2 \quad (3.13)$$

Si  $K = 0.30$  para sistemas de sub transmisión

$$F_p = 0.30 * F_c + 0.70 * F_c^2 \quad (3.14)$$

El valor del factor de pérdidas está definido dentro del siguiente intervalo:

$$F_c < F_p < F_c^2$$

Entonces determinadas el porcentaje de Pérdidas de Potencia, Factor de Carga y Pérdidas se obtendrá el Porcentaje de las Pérdidas de Energía, considerando la siguiente ecuación:

$$\%E = \%P \frac{F_p}{F_c} \quad (3.15)$$

Donde:

**%E**: Porcentaje de pérdidas de energía.

**%P**: Porcentaje de pérdidas de potencia.

**F<sub>p</sub>**: Factor de pérdidas.

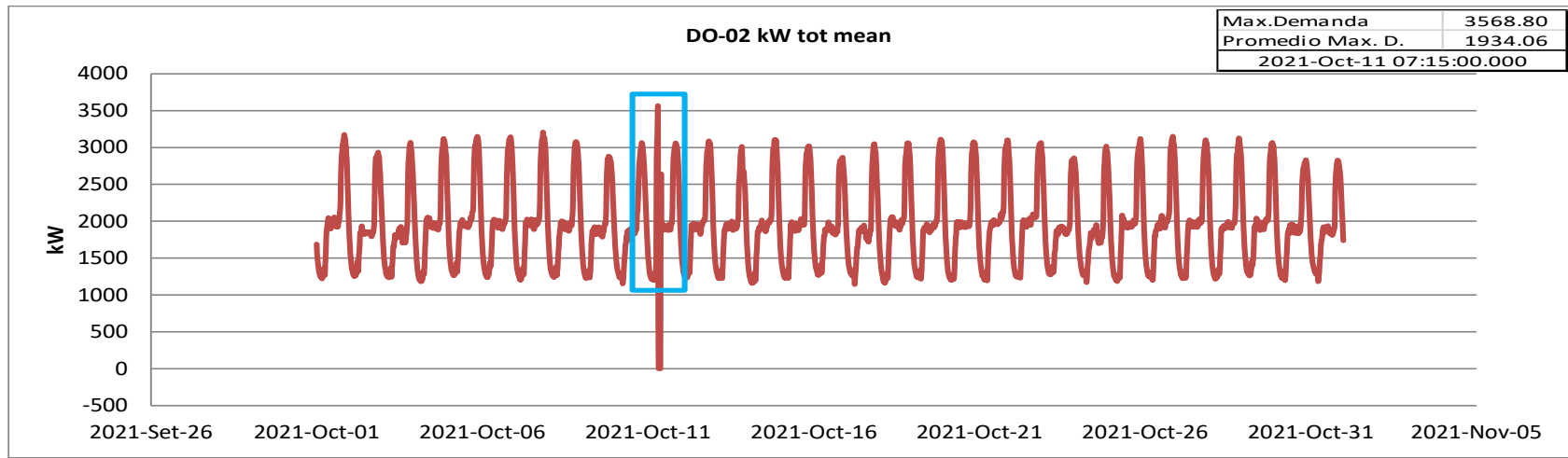
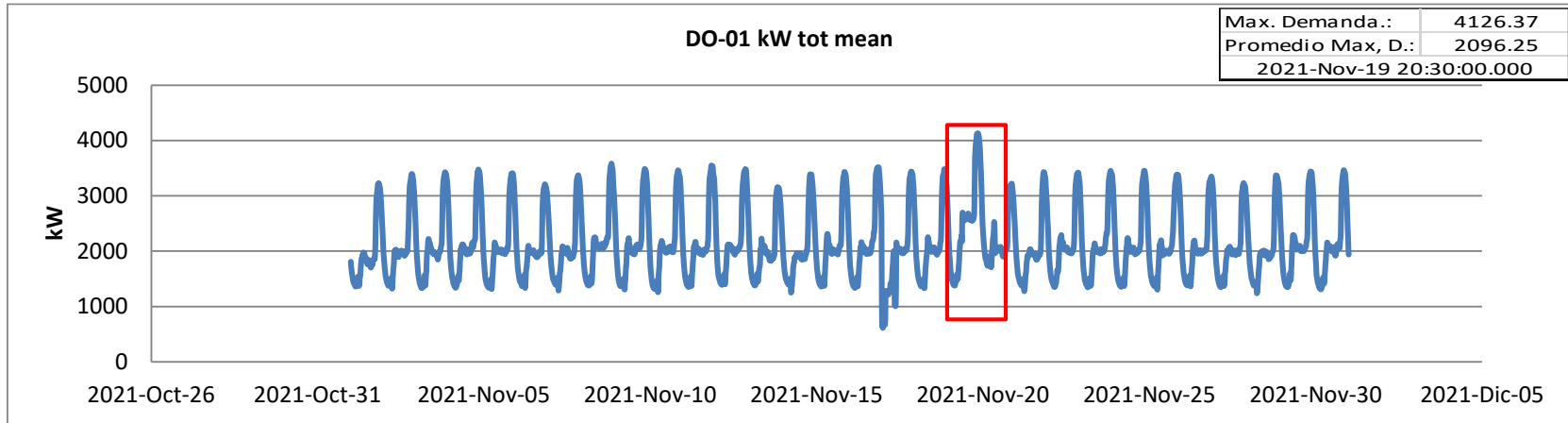
**F<sub>c</sub>**: Factor de carga.

**Tabla N° 3.3: Resultados de la Máxima Demanda y Promedio de la Demanda Máxima.**

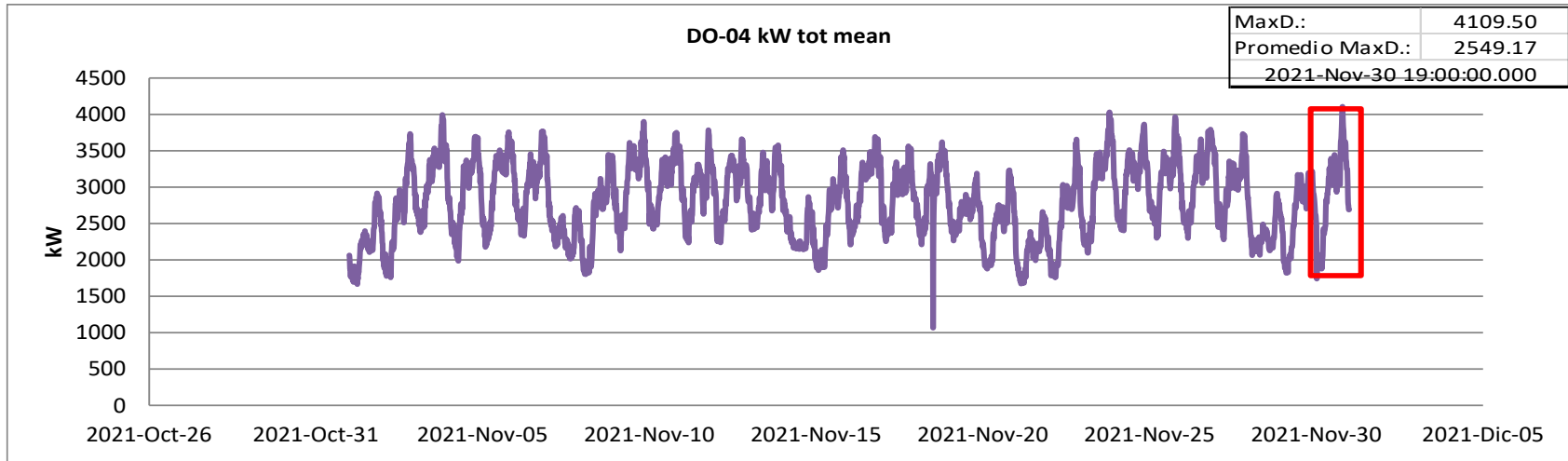
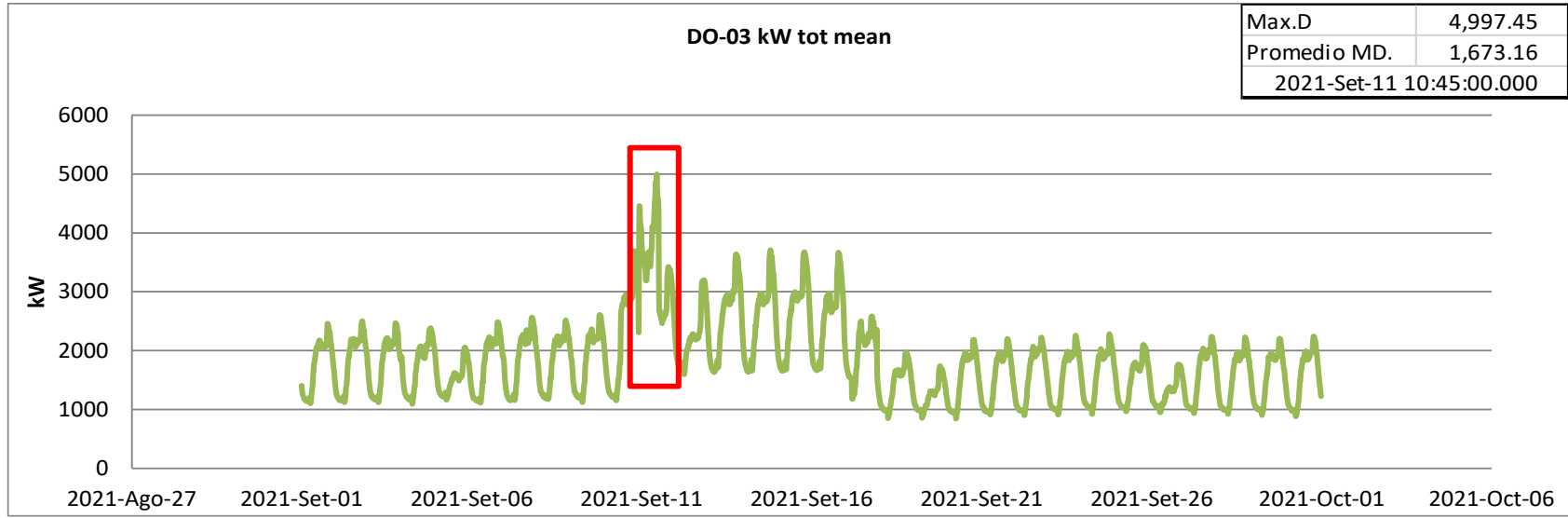
ALIMENTADORES	COMPRA DE ENERGIA MW-H	Max. Demanda. KW	Prom.MaxDemanda. KW	Factor de Carga
DO-01	19,105.73	4,126.37	2096.25	0.51
DO-02	17,627.20	3,568.80	1934.06	0.54
DO-03	15,301.21	4,997.45	1673.16	0.33
DO-04	12,433.62	4,109.50	2549.17	0.62
DO-05	14,037.19	5,323.79	1538.41	0.29
DO-06	22,206.66	5,001.38	2434.04	0.49
DO-07	21,497.22	3,843.19	2357.54	0.61
DO-08	26,952.21	5,798.11	3088.59	0.53
DO-09	19,300.22	4,394.93	2164.00	0.49
<b>TOTAL</b>	<b>168,461.26</b>			

Fuente: Electro Sur Este S.A.A.

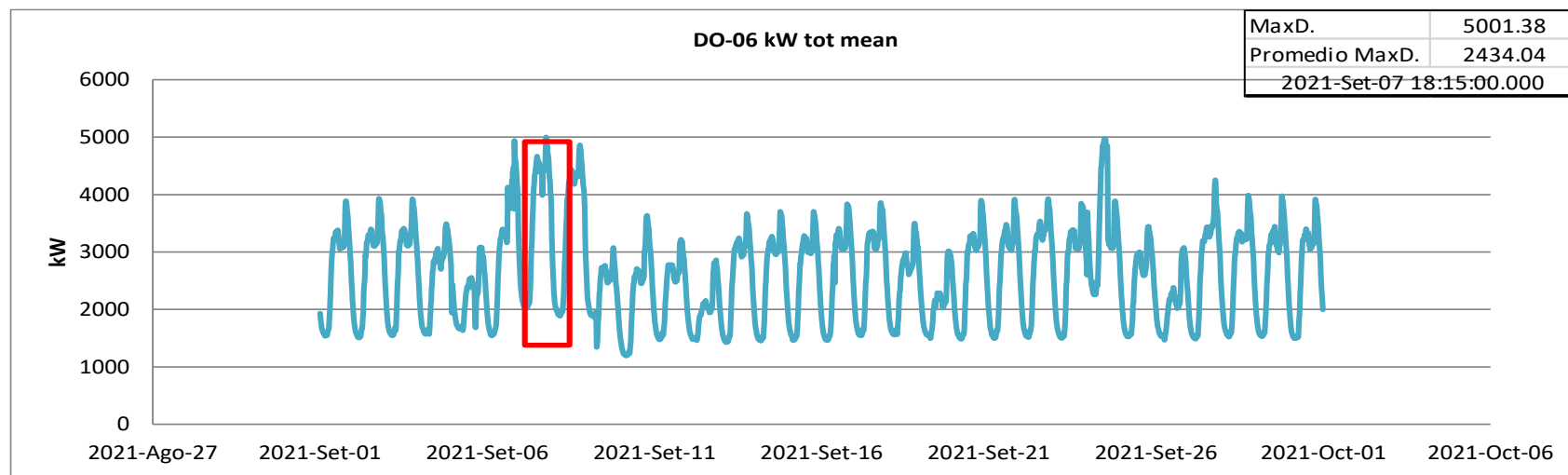
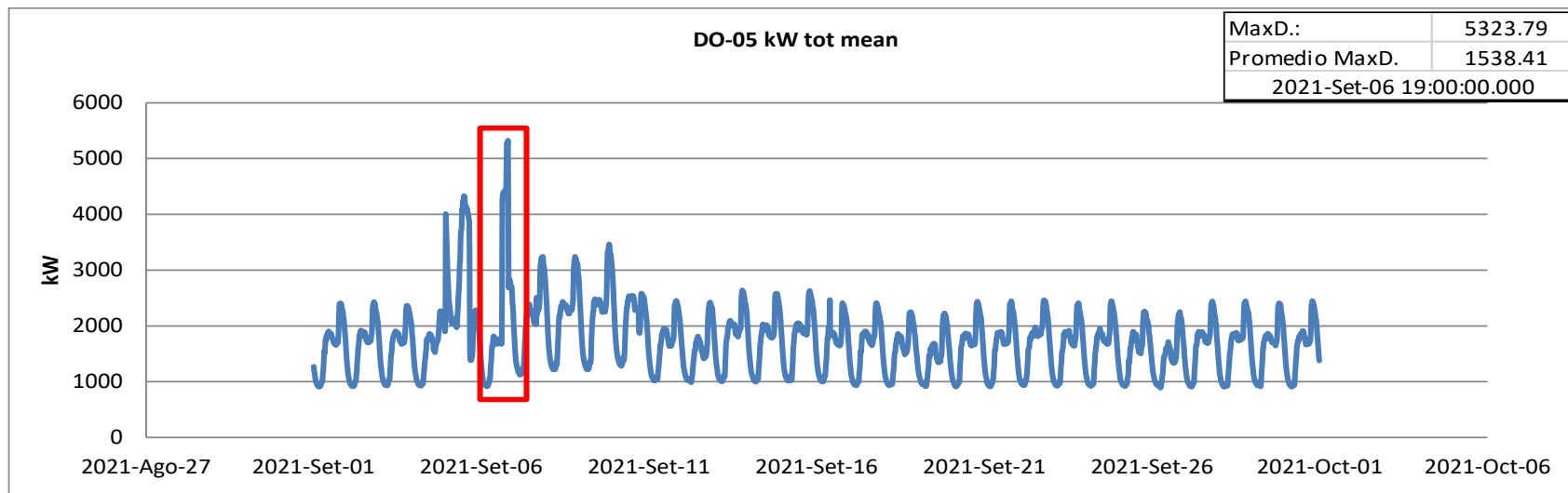
**Figura N° 3.11: Comportamiento de la carga de los alimentadores del subsistema de distribución eléctrico de Dolorespata**



Fuente: Electro Sur Este S.A.A.

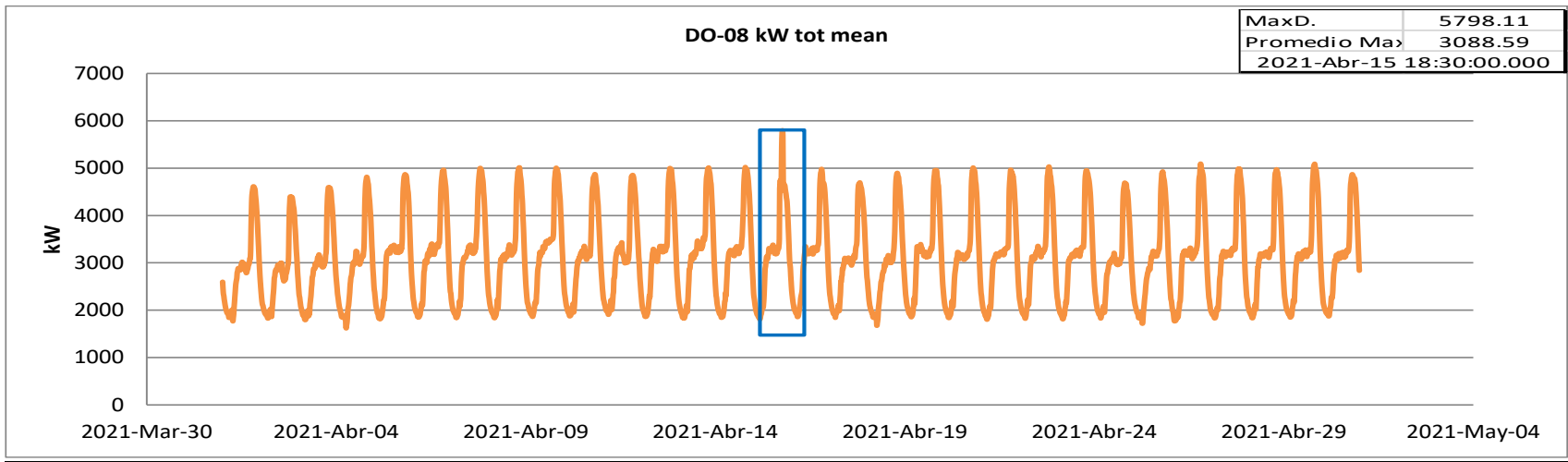
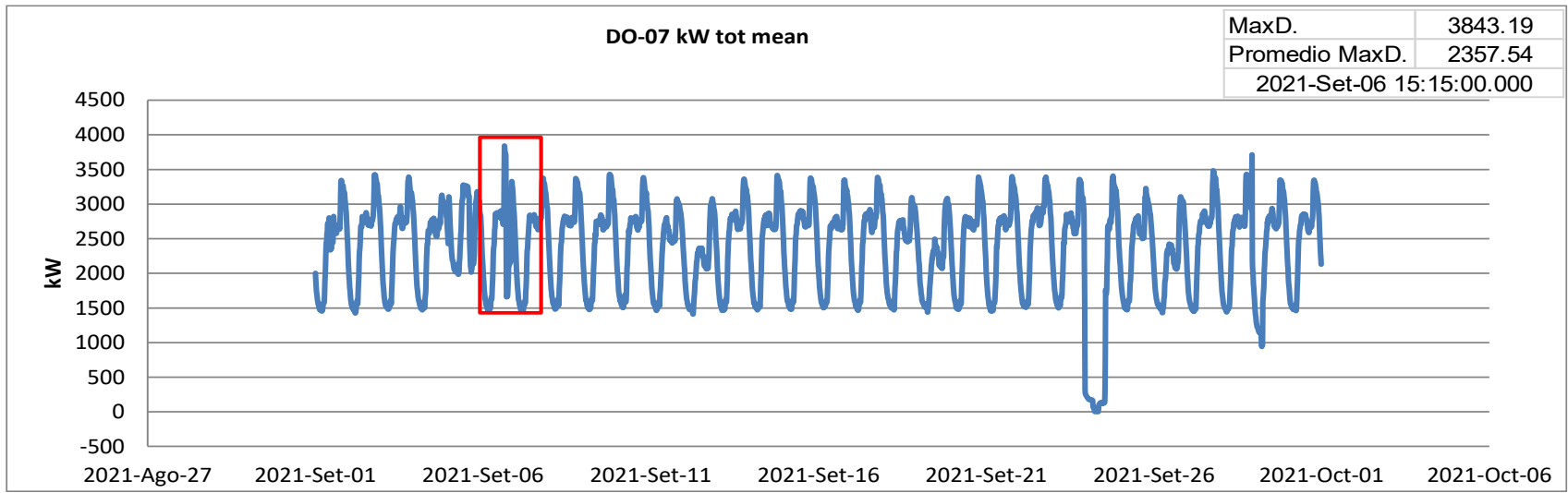


Fuente: Electro Sur Este S.A.A.

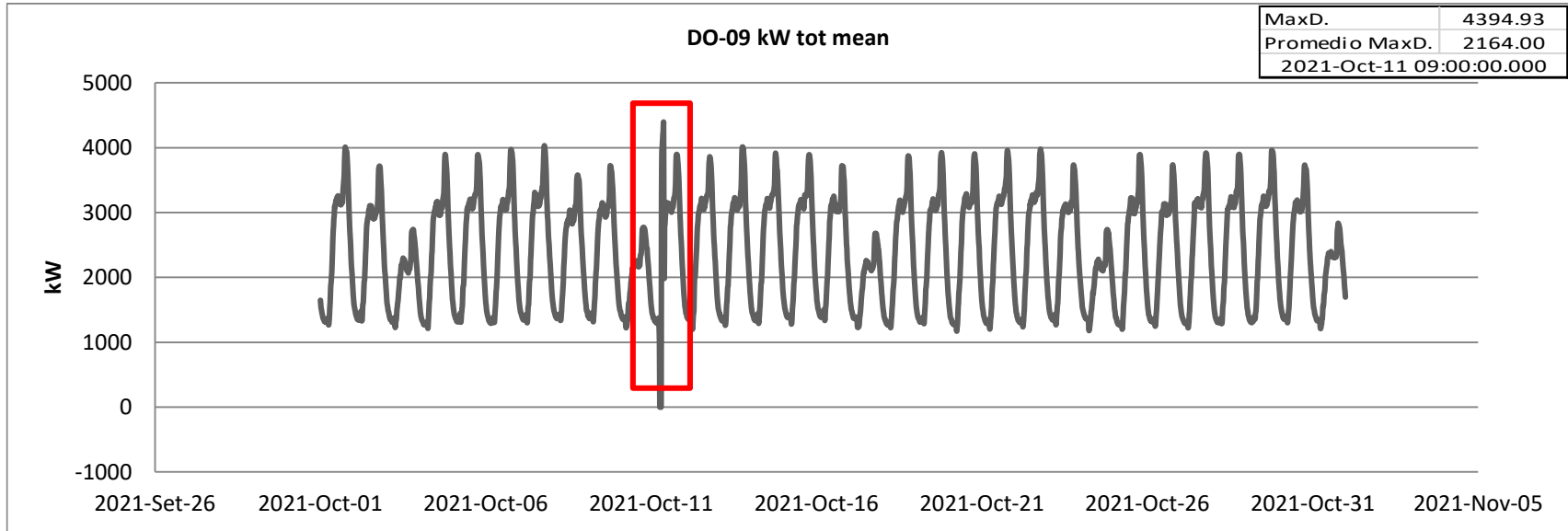


Fuente: Electro Sur Este S.A.A.





Fuente: Electro Sur Este S.A.A.



Fuente: Electro Sur Este S.A.A.

Del Perfil de Carga se Obtiene el Factor de Carga

Donde:

Máxima Demanda = 4,394 .93 kW.

Promedio.Max.D. = 2,154.00 kW.

$$F_c = \frac{D.Promed.}{D.Maxima} \quad F_c = 0.49$$

A partir del cual calculamos el **factor de pérdidas**, dado por la relación:

$$F_p = K * F_c + (1 - K) * F_c^2$$

Siendo K = 0.15

$$F_p = 0.15 * 0.49 + (1 - 0.15) * (0.49)^2 \quad F_p = 0.28$$

De la misma manera se procedió a calcular los factores de carga y de pérdidas para los demás alimentadores.

**Tabla N° 3.4: Resultados de factores de carga y pérdidas.**

ITEM	AMT	Subestación	Nivel de Tension [kV]	Maxima Demanda [KW]	Demanda Promedio [KW]	Factor de Carga (Fc)	Factor K	Factor de Pérdida (Fp)
1	DO01	Dolorespata	10.5	4126.37	2096.25	0.51	0.15	0.30
2	DO02	Dolorespata	10.5	3568.80	1934.06	0.54	0.15	0.33
3	DO03	Dolorespata	10.5	4997.45	1673.16	0.33	0.15	0.15
4	DO04	Dolorespata	10.5	4109.50	2549.17	0.62	0.15	0.42
5	DO05	Dolorespata	10.5	5323.79	1538.41	0.29	0.15	0.11
6	DO06	Dolorespata	10.5	5001.38	2434.04	0.49	0.15	0.27
7	DO07	Dolorespata	10.5	3843.19	2357.54	0.61	0.15	0.41
8	DO08	Dolorespata	10.5	5798.11	3088.59	0.53	0.15	0.32
9	DO09	Dolorespata	10.5	4394.93	2164.00	0.49	0.15	0.28

Fuente: Elaboración Propia

Donde el porcentaje de pérdidas de potencia está dado por el promedio ponderado de las pérdidas de potencia en horas punta y fuera de punta.

A continuación, se presenta el resumen de las pérdidas de energía calculados por el método de flujo de potencia para todos los alimentadores del subsistema de distribución eléctrica de Dolorespata, cuyo volumen de pérdidas de energía anual resulta de la multiplicación del porcentaje de pérdidas de energía por la compra de energía anual.

Una vez obtenido las demandas máximas por cada subestación de distribución, se procede a la actualización de las mismas en el Software Neplan, a través de la interface Gis-Neplan.

Las demandas máximas calculadas en cada subestación de distribución, se ajustan a las demandas máximas registradas por el medidor instalado en cada alimentador de media tensión.

Mediante el Neplan se procede al cálculo de flujo de potencia, en el que se solucionan las ecuaciones para las variables del sistema, obteniéndose las pérdidas de potencia en cada tramo y un total por sistema.

Este porcentaje de pérdidas de energía tiene que ser comparado con el volumen de energía que ingresa a las líneas de media tensión, con lo cual queda determinada la energía que se pierde por este concepto.

En las líneas que cuenten con medidores electrónicos tanto en la entrada como en las salidas, las pérdidas de energía se pueden determinar mediante diferencia de los registros, obteniendo directamente las pérdidas de energía. Sin embargo, este procedimiento lo tomamos para fines comparativos en esta metodología.

Para la elaboración del cuadro de pérdidas en los transformadores, se tomaron en cuenta todas las marcas que se tiene en el parque de transformadores instalados en la Empresa.

De esta manera obtenemos las pérdidas en transformadores de distribución de todas las salidas en media tensión.

**Tabla N° 3.5: Resultados de Flujo de Potencia, Por Alimentador del Subsistema de Distribución Eléctrica de Dolorespata -2021.**

ITEM	SECTOR	ALIMENTADOR	HORAS FUERA DE PUNTA									HORAS PUNTA									% PÉRDIDAS DE POTENCIA LINEAS	% PÉRDIDAS DE POTENCIA TRANSFORMADORES
			DEMANDA		PÉRDIDAS							DEMANDA		PÉRDIDAS								
			P	Q	LÍNEAS	LÍNEAS ASIM	TRANSF	% P. LÍNEA	% P. LÍNEA ASIM	% P. TRANSF	P	Q	LÍNEAS	LÍNEAS ASIM	TRANSF	% P. LÍNEA	% P. LÍNEA ASIM	% P. TRANSF				
			Kw	kVar	kW	kW	kW				kW	kVar	kW	kW	kW				kW			
1	CUSCO	DO01	1,233.94	116.59	9.008	0.540	47.170	0.73%	0.04%	3.82%	3,503.97	472.90	71.932	0.840	71.183	2.05%	0.02%	2.03%	0.99	3.52		
2	CUSCO	DO02	1,097.20	325.35	2.247	0.000	40.095	0.20%	0.00%	3.65%	3,352.56	577.05	19.662	0.000	60.561	0.59%	0.00%	1.81%	0.27	3.35		
3	CUSCO	DO03	1,467.68	490.77	5.820	0.000	36.975	0.40%	0.00%	2.52%	3,791.12	926.01	38.370	0.000	58.161	1.01%	0.00%	1.53%	0.50	2.36		
4	CUSCO	DO04	2,117.74	600.23	11.574	0.256	52.195	0.55%	0.01%	2.46%	5,213.08	1,284.69	70.102	0.250	79.597	1.34%	0.00%	1.53%	0.69	2.31		
5	CUSCO	DO05	1,092.12	277.11	3.063	0.000	37.110	0.28%	0.00%	3.40%	3,262.94	665.13	27.036	0.000	55.428	0.83%	0.00%	1.70%	0.37	3.11		
6	CUSCO	DO06	1,017.34	363.90	2.943	0.000	44.196	0.29%	0.00%	4.34%	3,745.04	912.33	40.674	0.000	63.450	1.09%	0.00%	1.69%	0.42	3.90		
7	CUSCO	DO07	1,224.38	270.36	5.679	0.000	43.815	0.46%	0.00%	3.58%	3,299.26	638.49	41.715	0.000	59.661	1.26%	0.00%	1.81%	0.60	3.28		
8	CUSCO	DO08	1,538.29	301.38	5.340	0.000	40.302	0.35%	0.00%	2.62%	4,225.38	770.70	40.440	0.000	77.913	0.96%	0.00%	1.84%	0.45	2.49		
9	CUSCO	DO09	1,458.17	526.92	7.065	0.000	37.479	0.48%	0.00%	2.57%	4,955.87	1,321.11	82.239	0.000	78.126	1.66%	0.00%	1.58%	0.68	2.40		

Fuente: Elaboración Propia

**Tabla N° 3.6: Pérdidas de Energía Técnica en las Líneas de Media Tensión, Por Alimentador del Subsistema de Distribución Eléctrica de Dolorespata – 2021.**

Ítem	Código del Alimentador	Compra de Energía (MWh)												Total compra de Energía (MWh)	%Pperd	Fp	Fc	%Eperd	Pérdidas de Energía (MWh)												Pérdidas de Energía (MWh)
		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC						ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	
1	DO01	1,547.22	1,398.18	1,553.28	1,512.91	1,542.42	1,520.24	1,541.55	1,547.77	1,482.82	1,638.57	1,887.96	1,932.82	19,105.73	0.99	0.30	0.51	0.58	8.92	8.06	8.96	8.72	8.89	8.76	8.89	8.92	8.55	9.45	10.88	11.14	110.15
2	DO02	1,400.29	1,279.13	1,438.92	1,395.90	1,441.94	1,416.34	1,442.55	1,432.80	1,405.91	1,447.83	1,731.43	1,794.17	17,627.20	0.27	0.33	0.54	0.16	2.30	2.10	2.36	2.29	2.36	2.32	2.36	2.35	2.30	2.37	2.84	2.94	28.89
3	DO03	1,102.98	889.83	1,007.44	1,040.00	1,425.57	1,386.69	1,259.36	1,298.59	1,335.34	1,264.83	1,595.88	1,694.69	15,301.21	0.50	0.15	0.33	0.22	2.39	1.93	2.19	2.26	3.09	3.01	2.73	2.82	2.90	2.74	3.46	3.68	33.19
4	DO04	936.87	766.44	892.58	879.07	998.68	1,033.20	1,134.87	1,163.33	1,074.68	1,151.21	1,193.89	1,208.79	12,433.62	0.69	0.42	0.62	0.47	4.38	3.58	4.17	4.11	4.67	4.83	5.31	5.44	5.03	5.38	5.58	5.65	58.14
5	DO05	1,133.45	959.08	1,096.04	1,068.14	1,108.78	1,109.74	1,122.50	1,114.08	1,256.93	1,172.55	1,408.30	1,487.59	14,037.19	0.37	0.11	0.29	0.15	1.67	1.41	1.61	1.57	1.63	1.63	1.65	1.64	1.85	1.72	2.07	2.19	20.65
6	DO06	1,602.60	1,459.19	1,634.29	1,626.73	1,870.87	1,835.85	1,910.09	1,941.75	1,888.57	1,860.84	2,255.53	2,320.36	22,206.66	0.42	0.27	0.49	0.24	3.81	3.47	3.89	3.87	4.45	4.37	4.54	4.62	4.49	4.43	5.37	5.52	52.83
7	DO07	1,691.46	1,545.60	1,740.12	1,678.24	1,742.09	1,717.24	1,754.58	1,757.76	1,704.47	1,803.04	2,156.39	2,206.23	21,497.22	0.60	0.41	0.61	0.40	6.78	6.20	6.98	6.73	6.99	6.89	7.04	7.05	6.83	7.23	8.65	8.85	86.20
8	DO08	2,248.18	2,040.90	2,286.87	2,221.17	2,281.21	2,248.21	2,280.34	2,311.19	2,260.68	2,322.08	2,170.85	2,280.53	26,952.21	0.45	0.32	0.53	0.27	6.08	5.52	6.19	6.01	6.17	6.08	6.17	6.25	6.12	6.28	5.87	6.17	72.91
9	DO09	1,611.85	1,344.12	1,512.10	1,407.59	1,279.79	1,362.87	1,679.99	1,729.53	1,707.42	1,772.20	1,823.26	2,069.51	19,300.22	0.68	0.28	0.49	0.39	6.23	5.20	5.85	5.44	4.95	5.27	6.50	6.69	6.60	6.85	7.05	8.00	74.65
	<b>TOTAL</b>	<b>13,274.88</b>	<b>11,682.47</b>	<b>13,161.65</b>	<b>12,829.76</b>	<b>13,691.35</b>	<b>13,630.38</b>	<b>14,125.84</b>	<b>14,296.80</b>	<b>14,116.82</b>	<b>14,433.16</b>	<b>16,223.48</b>	<b>16,994.69</b>	<b>168,461.26</b>					<b>42.57</b>	<b>37.47</b>	<b>42.19</b>	<b>41.00</b>	<b>43.21</b>	<b>43.17</b>	<b>45.19</b>	<b>45.78</b>	<b>44.67</b>	<b>46.47</b>	<b>51.78</b>	<b>54.14</b>	<b>537.62</b>

Fuente: Elaboración Propia.

**Tabla N° 3.7: Pérdidas de Energía Técnicas en los Transformadores de Distribución, Por Alimentador del Subsistema de Distribución Eléctrica de Dolorespata – 2021.**

Ítem	Código del Alimentador	Compra de Energía (MWh)												Total compra de Energía (MWh)	%Pperd	Fp	Fc	%Eperd	Pérdidas de Energía (MWh)												Pérdidas de Energía (MWh)
		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC						ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	
1	DO01	1,547.22	1,398.18	1,553.28	1,512.91	1,542.42	1,520.24	1,541.55	1,547.77	1,482.82	1,638.57	1,887.96	1,932.82	19,105.73	3.52	0.30	0.51	2.05	31.72	28.67	31.85	31.02	31.63	31.17	31.61	31.74	30.40	33.60	38.71	39.63	391.75
2	DO02	1,400.29	1,279.13	1,438.92	1,395.90	1,441.94	1,416.34	1,442.55	1,432.80	1,405.91	1,447.83	1,731.43	1,794.17	17,627.20	3.35	0.33	0.54	2.04	28.61	26.14	29.40	28.52	29.46	28.94	29.48	29.28	28.73	29.59	35.38	36.66	360.20
3	DO03	1,102.98	889.83	1,007.44	1,040.00	1,425.57	1,386.69	1,259.36	1,298.59	1,335.34	1,264.83	1,595.88	1,694.69	15,301.21	2.36	0.15	0.33	1.02	11.29	9.11	10.31	10.64	14.59	14.19	12.89	13.29	13.67	12.95	16.33	17.34	156.61
4	DO04	936.87	766.44	892.58	879.07	998.68	1,033.20	1,134.87	1,163.33	1,074.68	1,151.21	1,193.89	1,208.79	12,433.62	2.31	0.42	0.62	1.56	14.65	11.98	13.95	13.74	15.61	16.15	17.74	18.19	16.80	18.00	18.66	18.90	194.38
5	DO05	1,133.45	959.08	1,096.04	1,068.14	1,108.78	1,109.74	1,122.50	1,114.08	1,256.93	1,172.55	1,408.30	1,487.59	14,037.19	3.11	0.11	0.29	1.23	13.97	11.82	13.51	13.16	13.66	13.68	13.83	13.73	15.49	14.45	17.35	18.33	172.98
6	DO06	1,602.60	1,459.19	1,634.29	1,626.73	1,870.87	1,835.85	1,910.09	1,941.75	1,888.57	1,860.84	2,255.53	2,320.36	22,206.66	3.90	0.27	0.49	2.20	35.25	32.10	35.95	35.78	41.16	40.38	42.02	42.71	41.54	40.93	49.62	51.04	488.50
7	DO07	1,691.46	1,545.60	1,740.12	1,678.24	1,742.09	1,717.24	1,754.58	1,757.76	1,704.47	1,803.04	2,156.39	2,206.23	21,497.22	3.28	0.41	0.61	2.20	37.29	34.07	38.36	37.00	38.41	37.86	38.68	38.75	37.58	39.75	47.54	48.64	473.93
8	DO08	2,248.18	2,040.90	2,286.87	2,221.17	2,281.21	2,248.21	2,280.34	2,311.19	2,260.68	2,322.08	2,170.85	2,280.53	26,952.21	2.49	0.32	0.53	1.50	33.75	30.64	34.33	33.35	34.25	33.75	34.23	34.70	33.94	34.86	32.59	34.24	404.63
9	DO09	1,611.85	1,344.12	1,512.10	1,407.59	1,279.79	1,362.87	1,679.99	1,729.53	1,707.42	1,772.20	1,823.26	2,069.51	19,300.22	2.40	0.28	0.49	1.37	22.04	18.38	20.67	19.24	17.50	18.63	22.97	23.64	23.34	24.23	24.93	28.29	263.85
	<b>TOTAL</b>	<b>13,274.88</b>	<b>11,682.47</b>	<b>13,161.65</b>	<b>12,829.76</b>	<b>13,691.35</b>	<b>13,630.38</b>	<b>14,125.84</b>	<b>14,296.80</b>	<b>14,116.82</b>	<b>14,433.16</b>	<b>16,223.48</b>	<b>16,994.69</b>	<b>168,461.26</b>					<b>228.57</b>	<b>202.90</b>	<b>228.34</b>	<b>222.47</b>	<b>236.26</b>	<b>234.76</b>	<b>243.45</b>	<b>246.03</b>	<b>241.49</b>	<b>248.35</b>	<b>281.12</b>	<b>293.08</b>	<b>2,906.82</b>

Fuente: Elaboración Propia

### 3.12. PÉRDIDAS DE POTENCIA EN REDES DE BAJA TENSIÓN (380 Y 220 V) POR CAÍDAS DE TENSIÓN

Para determinar las pérdidas técnicas en redes secundarias se utilizó el método porcentual.

La relación conocida es la siguiente

$$\%P = \left[ 1 - \left( 1 - \frac{\Delta V_m}{V} \right) \right]^2 \times 100 \quad (3.16)$$

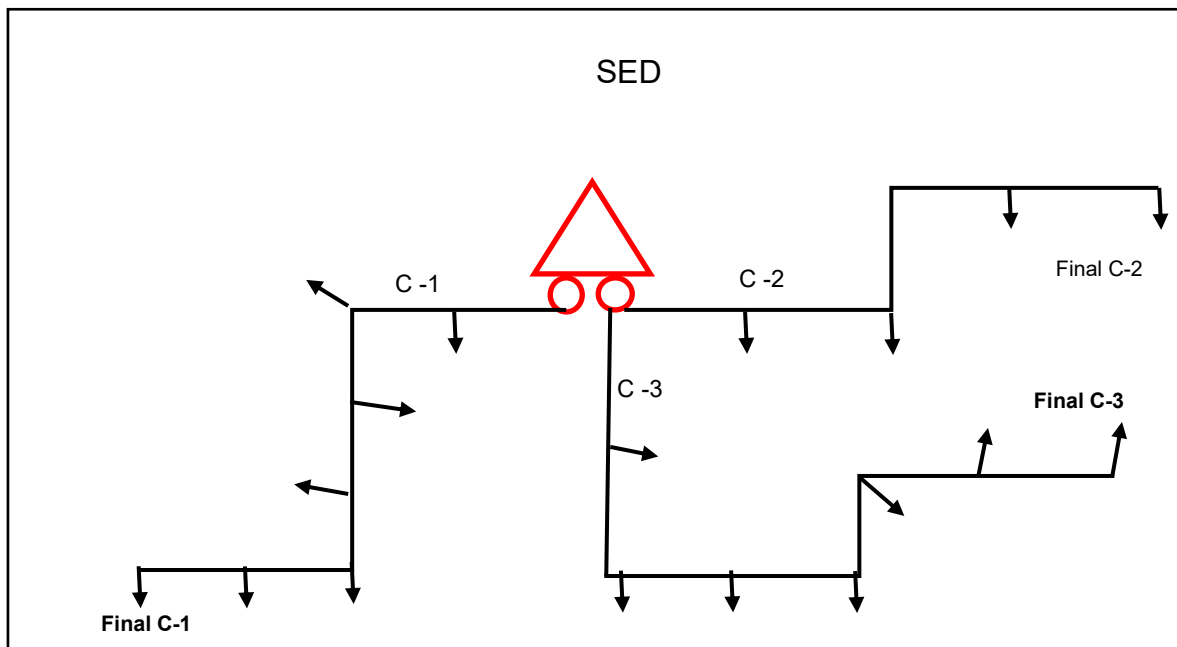
Donde:

%P : Porcentaje de Pérdidas de Potencia

$\Delta V_m$  : Caída de Tensión media del tramo (Voltios)

V : Tensión Inicial medida (Voltios)

**Figura N° 3.12: Diagrama unifilar de una subestación de distribución con circuito secundario**

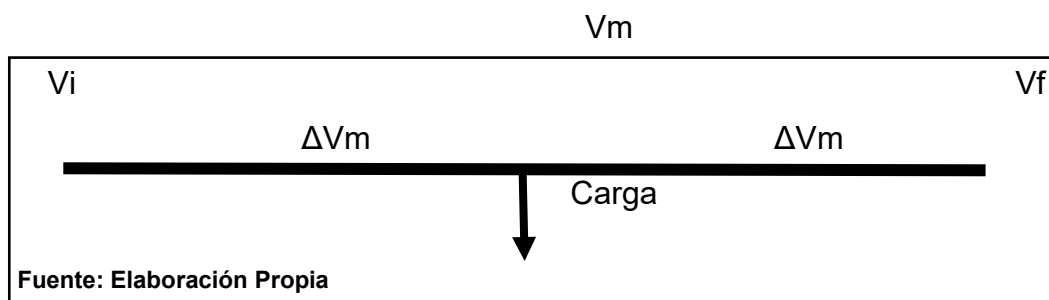


Fuente: Elaboración Propia

Para obtener el porcentaje de pérdidas de potencia requerimos de la caída de tensión en un tramo de la red considerando la ubicación de la carga a la mitad del tramo.



**Figura N° 3.13: Diagrama unifilar de un circuito red secundaria**



Donde:

$V_i$  = Tensión inicial (V).

$V_f$  = Tensión final (V).

$\Delta V_m$  = Caída de tensión media, del tramo.

$$\Delta V_m = \frac{V_i - V_f}{2} \quad (3.17)$$

La Caída de tensión  $\Delta V_m$ , se calcula haciendo la diferencia entre la tensión inicial y la tensión final del circuito, luego esta diferencia se divide entre el valor de 2 por considerar a la mitad del tramo.

Muchas veces, al tomar los datos de campo de las tensiones finales de los circuitos, es necesario ajustar estas mediciones a la hora de la máxima demanda, debido a la falta de simultaneidad de las mediciones. Como se cuenta con el perfil de tensiones, simplemente se calcula la diferencia entre la tensión medida inicial y final y esta se compara con la diferencia entre las tensiones iniciales de la hora de máxima demanda con el de la hora en la que se tomó la tensión final.

La caída de tensión en las redes de baja tensión se ha calculado teniendo en cuenta, para horas punta y fuera de punta y para un periodo de evaluación de una semana, diferenciando la caída de tensión de los días entre semana (lunes a viernes) de los días de fin de semana (sábado y domingo).

Para realizar la evaluación de las pérdidas consideramos el porcentaje de caída de tensión por cada circuito, seguidamente se hace un promedio global de todas las caídas por circuito. También podemos considerar directamente todas las caídas de tensión de los circuitos secundarios de una sola vez y promediarlas para hallar la caída global de tensión para el alimentador en estudio.

El perfil de tensión lo obtenemos de los reportes obtenidos por equipos analizadores de redes, que son instalados en el alimentador general de una subestación de distribución, previamente.

Las SED con medidores totalizadores, la máxima demanda está ingresado en el módulo de lectura del sistema comercial SIELSE, esto de acuerdo al cronograma comercial que tienen fechas programadas para la toma de lecturas.

Para aquellas Subestaciones de Distribución que no cuentan con mediciones se determinó la máxima demanda y otros parámetros se instalara un Equipo Analizador de Redes, con dicha información extraída se proyectara los días de acuerdo al cronograma comercial de ELSE.

Para otros casos la Máxima Demanda se utilizará la base de datos del sistema comercial (facturación del mes analizado) y la base de datos del GIS, para determinar el número de clientes por cada subestación de distribución.

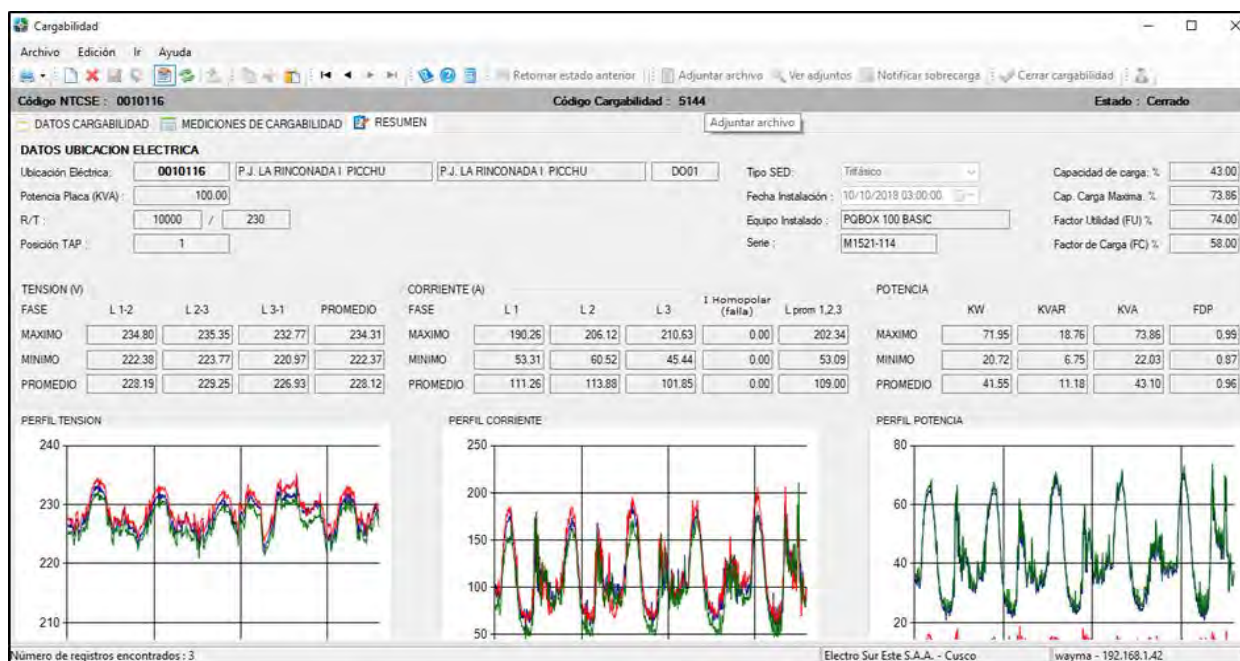
Teniendo las mediciones en los tableros de las subestaciones de distribución (instalación de analizadores de redes en el circuito general de la subestación MT/BT, programado para registros a intervalos de 10 minutos y en cada intervalo el equipo reinicia la medición, asimismo son reportados al **Sistema de Distribución, Modulo de Cargabilidad**, de la cual se obtiene la Máxima Demanda y la Demanda Promedio, con la cual se obtiene el **Factor de Carga**. utilizando la ecuación (3.10)

$$F_c = \frac{D.Promedio}{D.Maxima}$$

Luego calculamos el factor de pérdidas mediante la relación: (3.13)

$$F_p = 0.15 * F_c + 0.85 * F_c^2$$

**Figura N° 3.14: Reporte de mediciones de potencia módulo de cargabilidad**



Fuente: Electro Sur Este S.A.A.

**Tabla N° 3.8: Resultados del Factor de Pérdidas y de Carga, Por Alimentador del Subsistema de Distribución Eléctrico de Dolorespata**

ITEM	AMT	Subestación	Nivel de Tension [kV]	Maxima Demanda [KW]	Demanda Promedio [KW]	Factor de Carga (Fc)	Factor K	Factor de Pérdidas (Fp)
1	DO01	Dolorespata	0.220	66.89	36.76	0.55	0.15	0.34
2	DO02	Dolorespata	0.220	82.72	47.48	0.57	0.15	0.37
3	DO03	Dolorespata	0.220	197.74	113.43	0.57	0.15	0.37
4	DO04	Dolorespata	0.220	92.67	52.28	0.56	0.15	0.36
5	DO05	Dolorespata	0.220	114.23	64.01	0.56	0.15	0.35
6	DO06	Dolorespata	0.220	79.73	41.80	0.52	0.15	0.31
7	DO07	Dolorespata	0.220	87.19	49.39	0.57	0.15	0.36
8	DO08	Dolorespata	0.220	87.35	48.79	0.56	0.15	0.35
9	DO09	Dolorespata	0.220	172.21	97.04	0.56	0.15	0.35

Fuente: Elaboración Propia

**Tabla N° 3.9: Resumen del Porcentaje de Pérdidas de Potencia, Por Alimentador en las Redes de Baja Tensión.**

ITEM	SECTOR ELECTRICO	ALIMENTADOR	%P
1	DOLORESPATA	DO01	4.13
2		DO02	3.48
3		DO03	3.67
4		DO04	3.12
5		DO05	3.78
6		DO06	3.82
7		DO07	3.83
8		DO08	4.02
9		DO09	4.10
<b>TOTAL</b>			<b>3.77</b>

Fuente: Elaboración Propia

**Tabla N° 3.10: Resumen de Porcentaje y Volumen de Pérdidas de Energía Técnicas, Por Alimentador del Subsistema de Distribución Eléctrico de Dolorespata – 2021.**

ITEM	SECTOR ELECTRICO	ALIMENTADOR	%E	Pérdidas de Energía Anual (MWh)
1	DOLORESPATA	DO01	2.52%	481.09
2		DO02	2.17%	382.77
3		DO03	2.33%	357.21
4		DO04	1.85%	230.20
5		DO05	2.35%	329.31
6		DO06	2.19%	486.98
7		DO07	2.39%	513.37
8		DO08	2.43%	654.94
9		DO09	2.54%	491.16
<b>TOTAL</b>				<b>3,927.03</b>

Fuente: Elaboración Propia

**Tabla N° 3.11: Resultado de las Pérdidas de Energía Técnicas en las Redes de Baja Tensión, Por Alimentador del Subsistema de Distribución Eléctrico Dolorespata – 2021.**

Ítem	Código del Alimentador	Compra de Energía (MWh)												Total compra de Energía Anual (MWh)	%Eperd	Pérdidas de Energía (MWh)												Pérdidas de Energía Anual (MWh)
		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC			ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	
1	DO01	1,547.22	1,398.18	1,553.28	1,512.91	1,542.42	1,520.24	1,541.55	1,547.77	1,482.82	1,638.57	1,887.96	1,932.82	19,105.73	2.52%	38.96	35.21	39.11	38.10	38.84	38.28	38.82	38.97	37.34	41.26	47.54	48.67	481.09
2	DO02	1,400.29	1,279.13	1,438.92	1,395.90	1,441.94	1,416.34	1,442.55	1,432.80	1,405.91	1,447.83	1,731.43	1,794.17	17,627.20	2.17%	30.41	27.78	31.25	30.31	31.31	30.76	31.32	31.11	30.53	31.44	37.60	38.96	382.77
3	DO03	1,102.98	889.83	1,007.44	1,040.00	1,425.57	1,386.69	1,259.36	1,298.59	1,335.34	1,264.83	1,595.88	1,694.69	15,301.21	2.33%	25.75	20.77	23.52	24.28	33.28	32.37	29.40	30.32	31.17	29.53	37.26	39.56	357.21
4	DO04	936.87	766.44	892.58	879.07	998.68	1,033.20	1,134.87	1,163.33	1,074.68	1,151.21	1,193.89	1,208.79	12,433.62	1.85%	17.35	14.19	16.53	16.28	18.49	19.13	21.01	21.54	19.90	21.31	22.10	22.38	230.20
5	DO05	1,133.45	959.08	1,096.04	1,068.14	1,108.78	1,109.74	1,122.50	1,114.08	1,256.93	1,172.55	1,408.30	1,487.59	14,037.19	2.35%	26.59	22.50	25.71	25.06	26.01	26.03	26.33	26.14	29.49	27.51	33.04	34.90	329.31
6	DO06	1,602.60	1,459.19	1,634.29	1,626.73	1,870.87	1,835.85	1,910.09	1,941.75	1,888.57	1,860.84	2,255.53	2,320.36	22,206.66	2.19%	35.14	32.00	35.84	35.67	41.03	40.26	41.89	42.58	41.41	40.81	49.46	50.88	486.98
7	DO07	1,691.46	1,545.60	1,740.12	1,678.24	1,742.09	1,717.24	1,754.58	1,757.76	1,704.47	1,803.04	2,156.39	2,206.23	21,497.22	2.39%	40.39	36.91	41.56	40.08	41.60	41.01	41.90	41.98	40.70	43.06	51.50	52.69	513.37
8	DO08	2,248.18	2,040.90	2,286.87	2,221.17	2,281.21	2,248.21	2,280.34	2,311.19	2,260.68	2,322.08	2,170.85	2,280.53	26,952.21	2.43%	54.63	49.59	55.57	53.97	55.43	54.63	55.41	56.16	54.93	56.43	52.75	55.42	654.94
9	DO09	1,611.85	1,344.12	1,512.10	1,407.59	1,279.79	1,362.87	1,679.99	1,729.53	1,707.42	1,772.20	1,823.26	2,069.51	19,300.22	2.54%	41.02	34.21	38.48	35.82	32.57	34.68	42.75	44.01	43.45	45.10	46.40	52.67	491.16
	<b>TOTAL</b>	<b>13,274.88</b>	<b>11,682.47</b>	<b>13,161.65</b>	<b>12,829.76</b>	<b>13,691.35</b>	<b>13,630.38</b>	<b>14,125.84</b>	<b>14,296.80</b>	<b>14,116.82</b>	<b>14,433.16</b>	<b>16,223.48</b>	<b>16,994.69</b>	<b>168,461.26</b>		<b>310.24</b>	<b>273.16</b>	<b>307.56</b>	<b>299.57</b>	<b>318.56</b>	<b>317.15</b>	<b>328.84</b>	<b>332.81</b>	<b>328.93</b>	<b>336.44</b>	<b>377.65</b>	<b>396.12</b>	<b>3,927.03</b>

Fuente: Elaboración Propia

### **3.13. PÉRDIDAS DE ENERGÍA POR CONSUMO PROPIO DE MEDIDORES DE ELECTRICIDAD.**

Estas pérdidas por su naturaleza son pérdidas técnicas, debido a que depende de la tecnología constructiva de cada medidor. Los consumos promedios de los medidores son proporcionados por los fabricantes y estos también pueden ser medidos en un laboratorio con pinzas de corrientes de precisión y un vatímetro para registrar las potencias que se pierden en los circuitos de tensión y corriente. Estos consumos se multiplican por la cantidad de usuarios pertenecientes al alimentador de media tensión en estudio.

El Circuito de tensión del medidor; es el circuito de mayor consumo propio, registrado en vatios ( $W$ ), este consumo es permanente, es decir el medidor comienza a consumir apenas está energizado. Este consumo se considera como una pérdida fija, que ocurre en los bobinados de los circuitos de tensión, que son de un número de espiras alto y una sección muy pequeña, para los medidores electromecánicos. Para el caso de los medidores electrónicos, las pérdidas se dan por el consumo propio de los bancos de resistencias y condensadores que sirven como transductor de señal de tensión.

El Circuito de corriente del medidor; es el circuito de menor consumo propio, está ligado directamente a la corriente que pasa por el mismo. Este circuito está constituido por una bobina muy corta y de sección grande, en los medidores electromecánico. En los medidores electrónicos, dependiendo de la tecnología, las pérdidas en los transductores de señal de corriente son cada vez más pequeñas.

Consumo propio total; es la suma en vatios, del consumo propio de ambos circuitos.

El cálculo se realiza de acuerdo a la siguiente relación:

$$PE = C.Med. \times CP \times t \times T \quad (3.18)$$

Donde:

PE : Pérdidas de energía por consumo propio del medidor. (W)

C.Med. : Cantidad de Medidores del sistema en estudio.

C. P. : Promedio del Consumo propio ponderado por marca (W)

t : Tiempo (24 horas)

T : Tiempo por Día, Mes y Año.

**Tabla N° 3.12: Resumen de las pérdidas de energía técnicas anual de los medidores de electricidad de clientes, por alimentador del subsistema de distribución eléctrico de Dolorespata – 2021.**

ITEM	AMT	COMPRA DE ENERGÍA ANUAL (MWh)	CANTIDAD DE MEDIDORES	PÉRDIDAS DE ENERGÍA ANUAL (MWh)	% PÉRDIDAS ENERGÍA
1	DO01	19,105.73	16,049	107.64	0.56%
2	DO02	17,627.20	13,384	90.66	0.51%
3	DO03	15,301.21	3,796	27.33	0.18%
4	DO04	12,433.62	4,674	33.65	0.27%
5	DO05	14,037.19	8,336	59.34	0.42%
6	DO06	22,206.66	9,259	65.52	0.30%
7	DO07	21,497.22	11,671	80.92	0.38%
8	DO08	26,952.21	21,276	143.30	0.53%
9	DO09	19,300.22	9,909	69.81	0.36%
	<b>TOTAL</b>	<b>168,461.26</b>	<b>98,354</b>	<b>678.16</b>	<b>0.40%</b>

Fuente: Elaboración Propia

**Tabla N° 3.13: Resultados del Balance de Pérdidas de Energía en forma discriminada, por Alimentadores del Subsistema de Distribución Eléctrica de Dolorespata – 2021.**

CONCEPTO (MW-h / %)	SUBSISTEMA DE DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA DE DOLORESPATA - 2021									TOTAL DO
	DO01	DO02	DO03	DO04	DO05	DO06	DO07	DO08	DO09	
<b>COMPRA DE ENERGIA POR DISTRIBUCION</b>	19,105.73	17,627.20	15,301.21	12,433.62	14,037.19	22,206.66	21,497.22	26,952.21	19,300.22	<b>168,461.26</b>
<b>I. PÉRDIDAS TÉCNICAS</b>	1,090.63	862.51	574.34	516.38	582.27	1,093.83	1,154.42	1,275.78	899.48	<b>8,049.63</b>
	5.71%	4.89%	3.75%	4.15%	4.15%	4.93%	5.37%	4.73%	4.66%	<b>4.78%</b>
<b>1.2 LINEAS DE MEDIA TENSIÓN</b>	110.15	28.89	33.19	58.14	20.65	52.83	86.20	72.91	74.65	<b>537.62</b>
	0.58%	0.16%	0.22%	0.47%	0.15%	0.24%	0.40%	0.27%	0.39%	<b>0.32%</b>
<b>1.3 TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCIÓN</b>	391.75	360.20	156.61	194.38	172.98	488.50	473.93	404.63	263.85	<b>2,906.82</b>
	2.05%	2.04%	1.02%	1.56%	1.23%	2.20%	2.20%	1.50%	1.37%	<b>1.73%</b>
<b>1.4 REDES DE BAJA TENSIÓN</b>	481.09	382.77	357.21	230.20	329.31	486.98	513.37	654.94	491.16	<b>3,927.03</b>
	2.52%	2.17%	2.33%	1.85%	2.35%	2.19%	2.39%	2.43%	2.54%	<b>2.33%</b>
<b>1.5 MEDIDORES DE ELECTRICIDAD</b>	107.64	90.66	27.33	33.65	59.34	65.52	80.92	143.30	69.81	<b>678.16</b>
	0.56%	0.51%	0.18%	0.27%	0.42%	0.30%	0.38%	0.53%	0.36%	<b>0.40%</b>
<b>II. PÉRDIDAS NO-TECNICAS</b>	1,105.73	1,142.93	1,871.77	1,731.07	798.70	110.26	1,620.79	1,048.44	663.10	<b>10,092.80</b>
	5.79%	6.48%	12.23%	13.92%	5.69%	0.50%	7.54%	3.89%	3.44%	<b>5.99%</b>
<b>TOTAL PÉRDIDAS DISTRIBUCIÓN</b>	2,196.35	2,005.44	2,446.11	2,247.45	1,380.98	1,204.09	2,775.21	2,324.22	1,562.58	<b>18,142.43</b>
	<b>11.496%</b>	<b>11.377%</b>	<b>15.986%</b>	<b>18.076%</b>	<b>9.838%</b>	<b>5.422%</b>	<b>12.910%</b>	<b>8.623%</b>	<b>8.096%</b>	<b>10.77%</b>

Fuente: Elaboración Propia

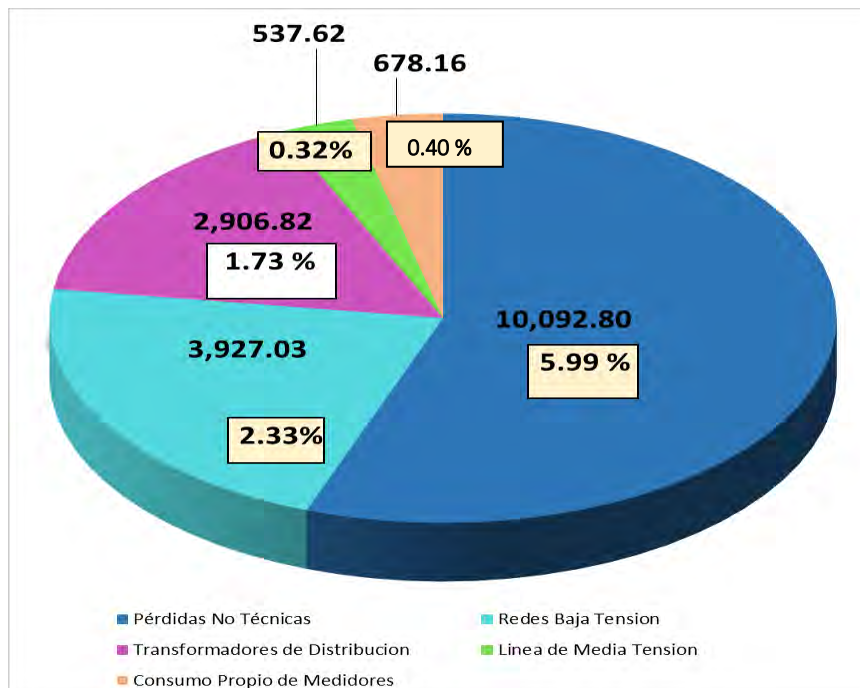


**Tabla N° 3.14: Resumen en forma discriminada las pérdidas de energía en volumen y porcentaje del subsistema de distribución eléctrica de Dolorespata. 2021**

CONCEPTO (MW-h / %)	CUSCO
<b>COMPRA EN DISTRIBUCIÓN</b>	<b>168,461.26</b>
<b>I. PERDIDAS TECNICAS</b>	<b>8,048.97</b>
	<b>4.78%</b>
1.2 LINEA DE MEDIA TENSION	<b>537.62</b>
	0.32%
1.3 TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCION	<b>2,906.82</b>
	1.73%
1.4 REDES DE BAJA TENSION	<b>3,926.36</b>
	2.33%
1.5 MEDIDORES DE ELECTRICIDAD.	<b>678.16</b>
	0.40%
<b>II. PERDIDAS NO-TECNICAS</b>	<b>10,093.46</b>
	<b>5.99%</b>
<b>TOTAL PERDIDAS POR DISTRIBUCION /ANUAL</b>	<b>18,142.43</b>
	<b>10.77%</b>

Fuente: Elaboración Propia

**Figura N° 3.15: Discriminación de pérdidas de energía en forma gráfica a nivel subsistema de distribución eléctrico de Dolorespata 2021.**



Fuente: Elaboración Propia

## COMENTARIO:

El Control y Reducción de las Pérdidas de Energía para cualquier empresa eléctrica distribuidora tiene una evaluación importante en donde intervienen varios factores, los proyectos que deben ser tomados en cuenta con mucha prioridad debido a la importancia dentro de su administración, estos proyectos deben ser de carácter permanente y dirigidos a nivel de concesión la aplicación de estos proyectos se refleja en la operación y administración de la empresa.

La empresa de Electro Sur Este, debe de continuar con sus proyectos en la reducción de pérdidas energía hasta obtener valores estándar en:

- Pérdidas técnicas de energía en redes de baja tensión, son debido a la antigüedad de los cables en sectores con más de 20 años, renovación de las redes de baja tensión.
- Pérdidas técnicas de energía en los transformadores de distribución, también son debido a la antigüedad con más de 40 años que son fabricados de material que producen mayores pérdidas de energía. Cambio de transformadores con menores pérdidas de energía.
- Pérdidas técnicas de energía en las líneas y redes de media tensión, cambio de los cables subterráneos por antigüedad por más de 40 años. Por deterioro de aislamientos produciendo fugas a tierra.
- Pérdidas técnicas de energía en los medidores de electricidad, cambio de los medidores electromecánico al 100% mayores pérdidas de energía, por consumo propio.
- Pérdidas no Técnicas, de acuerdo a los resultados son mayores, se deben priorizar, estos son debidos a cinco causales:
  - a) Error en el Proceso de Facturación.
  - b) Error del sistema de medición.
  - c) Error en la Instalación del sistema de medición.
  - d) Vulneración de las condiciones del suministro.
  - e) Instalación sin la autorización del concesionario.

## CAPITULO - IV

### ALTERNATIVAS PARA EL CONTROL DE LAS PÉRDIDAS TÉCNICAS EN EL SUBSISTEMA DE DISTRIBUCION ELECTRICA DE DOLORESPATA.

#### 4.1. INTRODUCCIÓN

La Empresa de Electro Sur Este S.A.A., dedicada a la comercialización y distribución de energía eléctrica en el departamento del Cusco a través del Subsistema de Distribución de Dolorespata, donde se atienden a 98,354 usuarios distribuidos en 85 % con clase de servicio residencial y 15 % con clase de servicio no residencial, con una demanda energética al periodo 2021 fue de 168,461.26 MW-H / Anual.

La mejor estrategia para el control de las pérdidas técnicas es realizar un **planeamiento adecuado**, tanto para la operación como para la expansión de los subsistemas de distribución eléctrica; asimismo considerar en forma discriminadamente el control en todo los elementos que lo componen el subsistema de distribución, es decir, en las líneas de media tensión, transformadores de distribución, redes de baja tensión y medidores de electricidad; considerando de acuerdo a los resultados del balance de pérdidas de energía.

**Tabla N° 4.1 Resumen de las Pérdidas de Energía Técnicas y Costo Total por Alimentadores – 2021.**

Alimentadores	Compra de Energía Anual MW-H	Perdidas Técnicas de Energía Mensual MW-H	Perdidas Técnicas de Energía Anual MW-H	Perdidas Técnicas de Energía Mensual S/.	Perdidas Técnicas de Energía Anual S/.
DO-01	19,105.73	90.89	1,090.63	21,183.86	257,878.78
DO-02	17,627.20	71.88	862.51	16,777.87	203,941.08
DO-03	15,301.21	47.86	574.34	11,878.07	135,801.92
DO-04	12,433.62	43.03	516.38	10,221.36	122,097.02
DO-05	14,037.19	48.52	582.27	11,570.09	137,678.62
DO-06	22,206.66	91.15	1,093.83	21,911.33	258,635.67
DO-07	21,497.22	96.20	1,154.42	22,794.02	272,962.40
DO-08	26,952.21	106.32	1,275.78	24,637.68	301,659.21
DO-09	19,300.22	74.96	899.48	17,623.92	212,681.34
TOTAL	168,461.26	670.80	8,049.63	158,598.19	1,903,336.03

Fuente: Elaboración Propia

El objetivo del planteamiento adecuado en los subsistemas de distribución, es asegurar que el crecimiento de la demanda de energía que

satisfaga de una manera óptima al cliente, por medio de las instalaciones adicionales de elementos al subsistema de distribución, que sea técnica económicamente razonable y por otro lado, las medidas que consiguen una reducción de las pérdidas mediante la mejora de la Gestión de Control de Pérdidas, ya sea controlando las entradas de la red, o mediante acciones directamente en el control de la red, como podría ser la reconfiguración, el control de tensión, o la eliminación de los desequilibrios.

Debido a esto, surge la necesidad de implementar nuevas alternativas que permitan reducir de manera eficiente y sostenible en el tiempo las pérdidas de energía, tanto en el aspecto técnico como en el económico para dar continuidad a la competitividad de la empresa.

Para lograr un planteamiento y un control adecuado de las pérdidas técnicas se deben tener en cuenta otras consideraciones como:

- Diagnosticar el estado actual del subsistema de distribución.
- Predicción de la Carga.
- Inventario de parámetros eléctricos del subsistema de distribución.
- Revisión de los criterios de la expansión.
- Estudio de flujo de carga para optimizar la operación de línea de M.T , y transformadores de distribución y redes de B.T.
- Realizar estudios de reconfiguración de alimentadores de media tensión
- Revisión de Normas.

El problema del planteamiento en los subsistemas de distribución conduce a toma de decisiones sobre aspectos relacionados con las variables siguientes:

- Niveles de tensión en los diferentes circuitos de distribución primarias y secundarias.
- Localización, capacidad y área del servicio para las subestaciones.
- Configuraciones, longitudes y rutas de los alimentadores primarios y secundarios.
- Materiales y secciones de los conductores utilizados.
- Clase, capacidad y ubicación de los transformadores de distribución.

- Clase, tamaño y ubicación de otros elementos del subsistema que cumplan un propósito específico como son reguladores de tensión, condensadores y reactores.
- Niveles de cargabilidad de los diferentes elementos del subsistema.

#### **4.2. ALTERNATIVAS PARA EL CONTROL DE LAS PÉRDIDAS ENERGIA TÉCNICAS EN LAS LINEAS DE MEDIA TENSION.**

Para el control de las pérdidas técnicas en los alimentadores de media tensión, de un análisis cuantitativo la demanda es atendida por el subsistema de distribución de Dolorespata, que dispone de 09 alimentadores de media tensión distribuidos por cables del tipo aéreos y subterráneos por una distancia total de 226.74 km. Lineales.

Como la demanda varía espacialmente y respecto del tiempo, muchas veces ocurre que la configuración de la red no es la óptima para la demanda en ese mismo momento. De esta manera se recurre a la reconfiguración de la red, haciendo que la electricidad tenga que recorrer la menor distancia posible entre la distribución y el consumo. Siempre se va a buscar que la electricidad recorra la menor distancia posible para que haya menos pérdidas, y además que haya un suministro más directo donde la demanda es mayor.

Bajo estas características operativas, este subsistema de distribución cuenta con un índice de pérdidas técnicas de 0.32 % que equivale a 537.62 MWH/Anual, de las cuales la mayor parte de los cables subterráneos son antiguos, generando pérdidas de energía por sobre carga y posibles fugas a tierra.

**Tabla N° 4.2: Resumen de Longitud de Línea de Media Tensión y Costo de Pérdidas de Energía Técnicas por Alimentadores – 2021.**

Alimentadores	Longitud de Línea de M.T. Km.	Cantidad de Usuarios	Compra de Energía Anual MW-H	Pérdidas de Energía Anual (MWh)	Costo de Energía. Cent. S/. / kWh	Perdidas de Energía Mensual S/.	Perdidas de Energía Anual S/.
DO-01	71.60	16,049	19,105.73	110.15	0.2365	2,170.43	26,045.13
DO-02	28.09	13,384	17,627.20	28.89	0.2365	569.28	6,831.34
DO-03	13.18	3,796	15,301.21	33.19	0.2365	654.00	7,847.96
DO-04	20.18	4,674	12,433.62	58.14	0.2365	1,145.61	13,747.33
DO-05	12.43	8,336	14,037.19	20.65	0.2365	406.86	4,882.35
DO-06	21.72	9,259	22,206.66	52.83	0.2365	1,041.04	12,492.43
DO-07	13.26	11,671	21,497.22	86.20	0.2365	1,698.60	20,383.15
DO-08	34.56	21,276	26,952.21	72.91	0.2365	1,436.69	17,240.27
DO-09	11.72	9,909	19,300.22	74.65	0.2365	1,470.93	17,651.15
<b>TOTAL</b>	<b>226.74</b>	<b>98,354</b>	<b>168,461.26</b>	<b>537.62</b>		<b>10,593.43</b>	<b>127,121.11</b>

Fuente: Elaboración Propia

**Tabla N° 4.3: Resumen de estado actual de la salida Línea de Media Tensión por Alimentadores – 2021.**

Alimentador	Descripcion	Tramo de Salida	Seccion del Conductor mm2.	Perdidas de Potencia kW/Dia	Perdidas de Energía Anual MWH
DO - 01	Salida M.T.	ESE001MT15976	3x150 NKY	2.69	0.022
	Nodo de M.T.	4207	120 AAAC.		
DO - 02	Salida M.T.	ESE001MT06563	3x150 NKY	0.43	0.053
	Nodo de M.T.	5604	120 AAAC.		
DO - 03	Salida M.T.	ESE001MT92328	3x150 NKY	2.10	0.180
	Nodo de M.T.	528	120 AAAC.		
DO - 04	Salida M.T.	ESE001MT92325	3x150 NKY	2.58	0.057
	Nodo de M.T.	8767	120 AAAC.		
DO - 05	Salida M.T.	ESE001MT06135	3x150 NKY	0.97	0.240
	Nodo de M.T.	604	120 AAAC.		
DO - 06	Salida M.T.	ESE001TMT002295	3x240 NKY	1.30	0.044
	Nodo de M.T.	Celda de Llegada	120 AAAC.		
DO - 07	Salida M.T.	ESE001MT06555	3x150 NKY	0.53	0.007
	Nodo de M.T.	1003	120 AAAC.		
DO - 08	Salida M.T.	ESE001MT08450	120 AAAC.	0.38	0.006
	Nodo de M.T.	Celda de Llegada	120 AAAC.		
DO - 09	Salida M.T.	ESE001MT15624	3x150 NKY	1.12	0.015
	Nodo de M.T.	898	120 AAAC.		

Fuente: Elaboración Propia

Para el control de las pérdidas técnicas en las líneas de media tensión, de estas medidas, haremos hincapié en algunas de ellas:

1. **La Reconfiguración de la red**, esta medida incluye modificar la topología de una manera dinámica en los niveles de distribución.
2. **La Influencia de la sección**, modificar la sección de los cables que conlleva a la reducción de pérdidas de energía.
3. **La Influencia de la longitud**, es un factor que influye directamente en las pérdidas de energía, puesto que a medida que su valor aumenta, las pérdidas de energía lo hacen también y para ello hay casos en los que la longitud no se puede modificar, para lo cual es la modificación correspondiente de la sección del cable priorizando la troncal, que conlleve al control y reducción de las pérdidas de energía.
4. **El Factor de Potencia**, La eficiencia energética de un subsistema eléctrico depende en gran medida del factor de potencia con que opera y de una eficaz compensación de potencia reactiva si esta es necesaria. Una de las vías más utilizadas para efectuar la compensación del reactivo es el empleo de bancos de capacitores. La óptima aplicación de estos presumir tres aspectos: la selección de la capacidad más adecuada de los bancos, el tipo de compensador a utilizar, fijo o variable, así como la ubicación adecuada en el tramo del alimentador evaluado.

Asimismo, se programa diferentes actividades operativas para el control de las pérdidas técnicas en las líneas de distribución como:

5. Programar campaña de mediciones de puntos calientes en los empalmes y terminales de líneas, utilizando cámara termografía.
6. Monitoreo del subsistema de distribución de la adquisición de parámetros eléctricos y control en tiempo real mensual.
7. Balance de pérdidas de energía mensual.

#### **4.3. ALTERNATIVAS PARA EL CONTROL DE PÉRDIDAS ENERGIA TÉCNICAS EN LOS TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCIÓN.**

La Empresa de Electro Sur Este, para el control de las pérdidas técnicas en los transformadores de distribución, de un análisis cuantitativo la demanda del subsistema de distribución de Dolorespata, que dispone de 09 alimentadores de media tensión, distribuidos en subestaciones públicas, para un total 646 transformadores de distribución que suman una capacidad instalada de 66,419.50 kVA.

Bajo estas características operativas, este subsistema de distribución cuenta un índice de pérdidas técnicas de 1.73 % que equivale a 2,906.82 MWh/año de las cuales la mayor parte de los transformadores no están siendo utilizados a su capacidad nominal, generando pérdidas de energía por sobredimensionamiento y antigüedad.

**Tabla N° 4.4 : Resumen de Cantidad de Transformadores y Costo de Pérdidas de Energía Técnicas por Alimentadores – 2021.**

Alimentadores	Cantidad de Transformadores	Potencia Instalada kVA.	Cantidad de Usuarios	Compra de Energía Anual MW-H	Pérdidas de Energía Anual (MWh)	Costo de Energía. Cent. S/. / kWh	Perdidas de Energía Mensual S/.	Perdidas de Energía Anual S/.
DO-01	143	8,204.00	16,049	19,105.73	391.75	0.2365	7,719.02	92,628.29
DO-02	81	7,788.00	13,384	17,627.20	360.20	0.2365	7,097.36	85,168.29
DO-03	38	6,590.00	3,796	15,301.21	156.61	0.2365	3,085.77	37,029.28
DO-04	43	4,567.50	4,674	12,433.62	194.38	0.2365	3,830.18	45,962.11
DO-05	48	5,265.00	8,336	14,037.19	172.98	0.2365	3,408.36	40,900.27
DO-06	76	7,795.00	9,259	22,206.66	488.50	0.2365	9,625.48	115,505.81
DO-07	58	7,080.00	11,671	21,497.22	473.93	0.2365	9,338.36	112,060.28
DO-08	124	10,130.00	21,276	26,952.21	404.63	0.2365	7,972.92	95,675.02
DO-09	35	9,000.00	9,909	19,300.22	263.85	0.2365	5,199.01	62,388.12
<b>TOTAL</b>	<b>646</b>	<b>66,419.50</b>	<b>98,354</b>	<b>168,461.26</b>	<b>2,906.82</b>		<b>57,276.46</b>	<b>687,317.47</b>

**Fuente: Elaboración Propia**



**Tabla N° 4.5: Resumen del estado actual de los Transformadores de Distribución del Subsistema de distribución Dolorespata – 2021.**

SubSistema de Distribucion Electrica	SED	Ubicación	Potencia Instalada KVA	Relacionde Transformacion Volitios.	Año de Fabricacion	Potencia consumida KVA	Factor de Utilidad %	Perdidas de Potencia kW/dia
<b>DOLORESPATA.</b>	10201	PALACIO DE JUSTICIA " A " - B	400	10500/230	1982	84.51	21	57.53
	10010	BANCO DE LA NACION	630	11000/230	1995	45.6	7	45.97
	10170	AV. ANTONIO LORENA	320	10500/230	1971	98.99	31	25.71
	10188	U.V. SANTIAGO	250	10500/230	1982	67.05	27	16.12
	10481	P.J. INDEPENDENCIA I	200	10500/230	1962	80.59	40	12.97
	11091	CEMENTERIO ALMUDENA	160	10500/230	2013	39.96	25	10.36
	10051	RESIDENCIAL HUANCARO I	400	10500/230	1987	109.95	27	23.71
	10228	ALAMEDA PACHACUTEC	250	10500/231	1982	44.53	18	14.02
	10238	PARQUE INDUSTRIAL III	250	10500/230	1982	35.18	14	14.02
	11104	CUATRO TORRES	250	22900-10000/230	2003	48.05	19	14.01

Fuente: Elaboración Propia.

Sin embargo, al afrontar la solución de esta problemática se encuentra que el primer inconveniente el tamaño de los alimentadores de media tensión son extensas, ya que estos cuentan con una gran cantidad de transformadores distribuidos a lo largo de toda la línea de media tensión del mismo, combinando incluso geografías urbanas y rurales, características que hacen surgir cuestionamientos de qué hacer con los transformadores, como:

- **¿Cuáles se deben eliminar?**
- **¿Cuáles se deben reubicar?**
- **¿Cuáles se deben cambiar por otros de menor capacidad?**
- **¿Cuáles intervenciones generan la mayor reducción de pérdidas de energía.**
- **¿Cuáles intervenciones generan el menor costo de inversión?**

Las anteriores preguntas se generan debido a la gran cantidad de posibilidades que existen para la aplicación en cada una de las estrategias, generando encontrar una solución de buena calidad frente a lo técnico y lo económico sea bastante difícil, lo cual hace que el análisis se convierta en problemas de compleja solución, por lo tanto, para obtener un resultado

óptimo que garanticen el cumplimiento de las restricciones operativas, la máxima reducción de pérdidas de energía con la menor inversión requerida, es necesario implementar modelos de optimización, que puedan ser resueltos a través de programas.

Asimismo, se programa diferentes actividades operativas para el control de las pérdidas técnicas en las subestaciones de distribución como:

- Elaborar balance de energía por subestaciones de distribución anual, consiste en instalar analizadores de redes por un periodo de una semana mínimo para evaluar la cargabilidad.
- Manejo de carga de transformadores que relaciona al usuario y su consumo, para determinar un posible cambio o reubicación.
- Programar campaña de mediciones de puntos calientes en los terminales de las pasatapas del transformador, utilizando cámara termografía.
- Balance de pérdidas de energía mensual, por descarga de perfil de carga y calidad de servicio, del sistema de medición instalados en la SED.

#### **4.4. ALTERNATIVA DE CONTROL DE PÉRDIDAS DE ENERGIA TÉCNICAS EN LAS REDES DE BAJA TENSIÓN.**

Las pérdidas técnicas de energía suelen ser causadas por algunos factores tales como, tipos de conexiones, distancias/longitud, material y calibre del conductor, magnitud de la carga. Los sistemas de redes de distribución son aéreos y subterráneos normalmente monofásicos y trifásicos para baja tensión, mediante cables aislados y trenzados tipo auto portante y convencional, los calibres más comunes para ambos casos se encuentran entre 16 a 120 mm<sup>2</sup>.

**Tabla N° 4.6: Resumen de Longitud de Redes de Baja Tensión y Costo de Pérdidas de Energía Técnicas por Alimentadores - 2021**

Alimentadores	Longitud de Redes B.T. Km.	Potencia Instalada kVA.	Cantidad de Usuarios	Compra de Energía Anual MW-H	Pérdidas de Energía (MWh)/Año	Costo de Energía. Cent. S/. / kWh	Perdidas de Energía Mensual S/.	Perdidas de Energía Anual S/.
DO-01	174.82	8204.00	16,049	19,105.73	465.56	0.2365	<b>9,173.53</b>	<b>110,082.32</b>
DO-02	93.83	7788.00	13,384	17,627.20	371.75	0.2365	<b>7,324.93</b>	<b>87,899.12</b>
DO-03	26.11	6590.00	3,796	15,301.21	385.70	0.2365	<b>7,599.81</b>	<b>91,197.77</b>
DO-04	36.86	4567.50	4,674	12,433.62	232.57	0.2365	<b>4,582.59</b>	<b>54,991.03</b>
DO-05	48.00	5265.00	8,336	14,037.19	334.22	0.2365	<b>6,585.58</b>	<b>79,027.00</b>
DO-06	44.53	7795.00	9,259	22,206.66	505.16	0.2365	<b>9,953.83</b>	<b>119,445.92</b>
DO-07	47.73	7080.00	11,671	21,497.22	515.76	0.2365	<b>10,162.64</b>	<b>121,951.73</b>
DO-08	131.94	10130.00	21,276	26,952.21	629.53	0.2365	<b>12,404.44</b>	<b>148,853.32</b>
DO-09	40.87	9000.00	9,909	19,300.22	486.11	0.2365	<b>9,578.40</b>	<b>114,940.78</b>
<b>TOTAL</b>	<b>644.69</b>	<b>66419.50</b>	<b>98,354</b>	<b>168,461.26</b>	<b>3,926.36</b>		<b>77,365.75</b>	<b>928,388.99</b>

Fuente: Elaboración Propia

**Tabla N° 4.7: Resumen del estado actual de las Redes de Baja Tensión, del Subsistema de Distribución Eléctrica de Dolorespata- 2021**

Alimentador	SED	Ubicación Eléctrica	Perdidas de Energía Anual MWH	CIRCUITOS DE SERVICIO PARTICULAR				
				C-1 / Sección de conductor mm2.	C-2 / Sección de conductor mm2.	C-3 / Sección de conductor mm2.	C-4 / Sección de conductor mm2.	C-5 / Sección de conductor mm2.
<b>D O L O R E S P A T A .</b>	10116	P.J. LA RINCONADA I PICCHU	<b>0.47</b>	3X25	3X35	3X16		
	10268	AA.HH. AMAUTA	<b>0.26</b>	3X35	3X35	3X35	3X35	3X120
	10269	A.P.V. VILLA MARIA	<b>0.51</b>	3X35	3X35	3X35		
	10332	SAN ISIDRO	<b>0.83</b>	3X25	3X25	3X25	3X25	
	10479	MALAMPATA	<b>0.63</b>	3X35	3X50	3X50		
	10814	LOS PRECURSORES	<b>0.50</b>	3X35	3X35	3X50		
	10051	RESIDENCIAL HUANCARO I	<b>0.44</b>	3X35	3X50	3X50	3X50	
	10185	URB. PRIMAVERA	<b>0.40</b>	3X35	3X35	3X35	3X50	
	10271	MERCADOS UNIDOS	<b>0.62</b>	3X35	3X35	3X35	3X35	
	10450	LOS JARDINES	<b>0.72</b>	3X25	3X25			
	10815	NUEVAS AMERICAS-HUANCARO	<b>0.41</b>	3X35	3X50	3X50		
	10817	TINCOC	<b>0.92</b>	3X35	3X16	3X10		

Fuente: Elaboración Propia

Bajo estas características operativas, este subsistema de distribución cuenta un índice de pérdidas técnicas de 2.33 % que equivale a 3,927.03 MWh/Annual, en ese entender las pérdidas de energía técnicas de acuerdo al análisis cuantitativo son debido al incremento de carga y redes antiguas, esta deficiencia genera el incremento las caídas de tensión en las colas de los circuitos; asimismo incremento de las pérdidas técnicas.

En las redes de Baja Tensión se encuentran una serie de parámetros que tienen una gran influencia en la operación de las mismas. Estos parámetros pueden ser:

1. **Las Intensidades y Potencias.** A partir de la intensidad máxima admisible obtenida en función de la potencia total de los receptores a alimentar se puede fijar la sección mínima admisible para los conductores de la red. Dada una distribución con una potencia total definida, si se aumenta la tensión de servicio disminuye la corriente y en consecuencia puede reducirse la sección de los conductores.
2. **Las Tensiones.** Modificar la sección conlleva menor caída de tensión, de ahí que para grandes consumidores se opte por distribuciones en media tensión. Normalmente, para las redes de distribución en Baja Tensión la caída de tensión máxima es del 5%.
3. **Las Distancias.** En cuanto a la distancia existe una longitud de cable por debajo de la cual, la sección para una determinada carga, no puede disminuirse. Dicho de otra forma, al aumentar la distancia a la que se encuentra la carga aumenta la caída de tensión. Para mantener constante dicha caída de tensión habría que modificar la sección de los cables, por lo que es muy importante minimizar en lo posible las distancias y procurar que las cargas estén separadas de los centros de transformación, a distancia estándar de acuerdo a nivel de tensión.
4. **El Crecimiento de la Carga.** El control de la demanda máxima y del consumo de energía eléctrica, consiste en la administración ya sea por métodos manuales (muchas veces sin realizar inversiones iniciales importantes) o automatizados, permite reducir los costos asociados al consumo por medio de:
  - La reducción de las pérdidas de energía por transformación.

- Así como la mejora de la operatividad del sistema en general.
  - Un control efectivo posibilita, además, determinar políticas óptimas de inversión en el subsistema eléctrico, de forma de garantizar mayor seguridad y calidad de servicio.
5. **El Factor Económico.** Por otra parte, en la red de baja tensión existen una serie de pérdidas de energía en sus elementos que conllevan un costo de explotación. Rigurosamente deben tenerse en cuenta ambos conceptos, ya que una inversión inicial mayor, con mejores cables, protecciones y previsión, implican un costo de explotación menor.
  6. **Las Potencias de Cortocircuito.** Otro parámetro importante es la potencia de cortocircuito ya que este influye en la elección de las protecciones que deben de llevar la red de baja tensión. Una de las protecciones con más influencia es el esquema de conexión a tierra utilizado.
  7. **Las Normalizaciones.** Los parámetros de los elementos constructivos de una red de distribución están normalizados, esto es, varían según determinados valores. Esto implica que la elección de los elementos se debe ajustar a estos valores normalizados. La inversión inicial de la red planteada incluye el costo de los cables, de las protecciones y de las previsiones futuras, entre otros.
  8. **Desequilibrios.** El desequilibrio en tensiones es causado por una serie de motivos fundamentalmente. La principal causa son las cargas monofásicas sobre el sistema trifásico, debido a una distribución no homogénea o desbalanceadas, en especial la de consumidores de baja tensión monofásicos.
  9. **Generación Distribuida.** La Ley 28832 incorporó en el marco legal peruano el concepto de Generación Distribuida el uso de Fuentes Renovables, como el sol, el viento, el agua en cauces de río, la biomasa, y otros, para generar energía eléctrica destinada al autoconsumo, y a su vez inyectar el excedente a la red de distribución.

Asimismo, se programa diferentes actividades operativas para el control de las pérdidas técnicas en las redes de baja tensión Como:

- Superar condiciones de mala calidad de producto, por mediciones de la NTCSE.
- Elaborar balance de energía por subestaciones de distribución anual, consiste en instalar analizadores de redes por un periodo de una semana mínimo para determinar las tensiones en hora punta y fuera de punta e instalar registradores en los suministros finales de cada circuito para determinar las tensiones de cola, con la cual determinar las pérdidas de potencia por el método porcentual de caída de tensión.
- Balance de pérdidas de energía mensual, por Subestaciones de Distribución.
- Inventario de suministro por Subestación de Distribución.

#### **4.5. ALTERNATIVA DE CONTROL DE PÉRDIDAS ENERGIA TÉCNICAS EN LOS MEDIDORES DE ELECTRICIDAD.**

Para el Subsistema de Distribución Eléctrica, la medición es un proceso clave que permite, cuantificar la cantidad de energía que se distribuye y se facture.

Bajo estas características operativas, el subsistema de distribución eléctrica de Dolorespata cuenta con un índice de pérdidas técnicas de 0.40 % que equivale a 678.16 MWH/Anual, en ese entender las pérdidas de energía técnicas de acuerdo al análisis cuantitativo son debido a los medidores electromecánicos antiguos, debido a su consume propio de las bobinas de tensión y corriente son mayores en comparación con los medidores electrónicos.

**Tabla N° 4.8 :Resumen de la Cantidad de Medidores y Costo de Pérdidas de Energía Técnicas por Alimentadores – 2021.**

Alimentadores	Cantidad de Medidores	Compra de Energía Anual MW-H	Pérdidas de Energía Anual (MWh)	Costo de Energía. Cent. S/. / kWh	Perdidas de Energía Mensual S/.	Perdidas de Energía Anual S/.
<b>DO-01</b>	16,049	19,105.73	107.64	0.2365	<b>2,120.88</b>	<b>25,450.61</b>
<b>DO-02</b>	13,384	17,627.20	90.66	0.2365	<b>1,786.30</b>	<b>21,435.64</b>
<b>DO-03</b>	3,796	15,301.21	27.33	0.2365	<b>538.49</b>	<b>6,461.86</b>
<b>DO-04</b>	4,674	12,433.62	33.65	0.2365	<b>662.98</b>	<b>7,955.81</b>
<b>DO-05</b>	8,336	14,037.19	59.34	0.2365	<b>1,169.29</b>	<b>14,031.50</b>
<b>DO-06</b>	9,259	22,206.66	65.52	0.2365	<b>1,290.98</b>	<b>15,491.81</b>
<b>DO-07</b>	11,671	21,497.22	80.92	0.2365	<b>1,594.42</b>	<b>19,133.06</b>
<b>DO-08</b>	21,276	26,952.21	143.30	0.2365	<b>2,823.63</b>	<b>33,883.52</b>
<b>DO-09</b>	9,909	19,300.22	69.81	0.2365	<b>1,375.58</b>	<b>16,506.93</b>
<b>TOTAL</b>	<b>98,354</b>	<b>168,461.26</b>	<b>678.16</b>	<b>2.13</b>	<b>13,362.56</b>	<b>160,350.75</b>

Fuente: Elaboración Propia

**Tabla N° 4.9 :Resumen de la Cantidad de Medidores Tipo Electromecánico del Subsistema de Distribución Eléctrica de Dolorespata- 2021.**

Item	Descripcion	Cantidad.
1	Medidores Electromecanicos Monofasicos	1487
2	Medidores Electromecanicos Trifasicos	875
	<b>TOTAL</b>	<b>2,362</b>

Fuente: Elaboración Propia

La Empresa de Electro Sur Este S.A.A., tiene programado el cambio a medidores electrónicos al 100% a nivel de la concesión; asimismo para nuestros clientes importantes la instalación de medidores electrónicos multifunción de conexión indirecta que proporcionan información a tiempo real de los consumos de potencia, energía y eventos que perturban la medición y la operación de la red.

Uno de los elementos clave de estos sistemas es el medidor inteligente, que tiene integradas capacidades avanzadas de medición, registro de datos, análisis de uso de los servicios y comunicación bidireccional, para transferir remotamente la información a sistemas de procesamiento de datos, para fines de monitoreo remoto y facturación.

El Procedimiento de Supervisión de Contrastación de medidores de energía eléctrica RCD N°-227-2013-OS/CD, tiene la finalidad de determinar su correcto funcionamiento.

Los medidores de energía eléctrica instalados deben ser contrastados como mínimo una vez cada diez (10) años, plazo contado a partir de la fecha de su fabricación o del último contraste realizado; sólo en el caso que no queden disponibles medidores con una antigüedad igual o mayor a diez (10) años, se podrán incluir medidores con una antigüedad menor, previa aprobación por parte del OSINERGMIN.



## CONCLUSIONES

1. Para la estimación de las pérdidas de energía, ha sido realizada siguiendo nuestra propia metodología de evaluación, utilizando los reportes del sistema comercial y distribución, módulo de balance de energía y cargabilidad.
2. Para la cuantificación de las pérdidas técnicas en volumen y porcentaje se consideraron las pérdidas de energía en las líneas media tensión, transformadores de distribución, redes de baja tensión y en los medidores de electricidad de los clientes.
3. Del balance de pérdidas de energía, en el subsistema de distribución eléctrica de Dolorespata, se ha determinado la cantidad de pérdidas de energía total en volumen y porcentaje de 18,142.43 MWh/año que equivale al 10.77 %.
4. Del balance de pérdidas de energía en forma discriminada, se determinando las pérdidas técnicas de 8,048.97 MWh/año que equivale al 4.78 % y las pérdidas no técnicas de 10,093.46 MWh/año que equivale al 5.99 %.
5. Del análisis de los resultados permite establecer la importancia del desarrollo de este tipo de metodología y su impacto en las decisiones de planificación.
6. Los esfuerzos realizados por las empresas distribuidoras para el control y reducción las pérdidas de energía eléctrica no han sido suficientes y actualmente, representan un serio problema que se refleja en deficiencias operativas de las empresas de distribución, originando costos internos altos y un serio impacto sobre las tarifas eléctricas.

## RECOMENDACIONES

1. La Empresa de Electro Sur Este, debe de continuar con sus proyectos estratégicos en la reducción de pérdidas energía hasta obtener valores estándar.
2. Sistematizar en el sistema SIELSE la metodología de balance de pérdidas de energía por alimentadores de media tensión a nivel de toda la concesión.
3. La implantación y actualización del GIS, permitirá a su vez realizar simulaciones de flujo de carga y determinación de caída de tensión.
4. Ejecución de nuevos proyectos de remodelación de redes primarias y secundarias seleccionar de acuerdo a los resultados del balance de pérdidas de energía.
5. La predicción de la carga es de suma importancia tanto para el planeamiento, así como para la reducción de las pérdidas técnicas del sistema. Por tanto, es muy importante que los estudios de mercado eléctrico se adecuen lo más posible a la realidad, de manera que se pueda conocer la carga que se tendrá en los transformadores y redes y se ubiquen las subestaciones en los lugares más adecuados.
6. Realizar campañas de detección de puntos calientes y fugas a tierra, por alimentadores con la finalidad de reducir las pérdidas técnicas.
7. Por lo tanto, se debe continuar con las diferentes actividades de Gestión de la Control y Reducción de las Pérdidas de Energía No Técnicas (Comercial).

## REFERENCIAS

- Choque R., E., Sanhueza H., R., & V, H. (2001).** Modelamiento de las Pérdidas en Redes Electricas Secundarias de Distribución. *Revista Facultad de Ingenieria Universidad de Tarapaca*, 27.
- Maquinas Eléctricas I – G862 (2016)**, Transformadores Monofásicos, Miguel Ángel Rodríguez Pozuela y José Carlos Lavandero González
- Ministerio de Energia y Minas. (2001).** Pérdidas Comerciales. *Proyecto Peruano de Electricidad ALURE.*
- Ministerio de Energia y Minas. (2001).** Pérdidas Tecnicas y Manejo de la Demanda. *Proyecto Peruano de Electricidad ALURE.*
- NEPLAN Power System Analysis. (2000).** Pérdidas de Transmision y Media Tensio, Sistema de Analisis Optimizado y Planeamiento de Redes Electricas. *NEPLAN by BCP Switzarland.*
- Organización Latinoamericana de Energía. (1990).** *Manual Latinoamericano y del Caribe para el Control de Pérdidas Electricas.* Bogota: OLADE.
- TECSUR S.A. (2004).** Evaluación de pérdidas técnicas y no técnicas. *Revista TECSUR*, 74.

## ANEXOS

**Tabla Resultado de caída de tensión porcentual y pérdidas de potencia por sed, suministro y alimentadores DO 01 al DO 09**

Ítem	Alimentador	SED	Suministro	Lunes - Viernes		Sábado - Domingo		Lunes - Viernes		Sábado - Domingo		Promedio %P
				$\Delta V$ HFP (V)	$\Delta V$ HP (V)	$\Delta V$ HFP (V)	$\Delta V$ HP (V)	%P HFP	%P HP	%P HFP	%P HP	
1	DO01	10116	10010212670	7.96	8.08	7.28	7.66	3.48	3.53	3.20	3.37	3.36
2	DO01	10269	10010354910	5.23	5.44	4.88	6.49	2.28	2.37	2.12	2.84	2.27
3	DO01	10332	10010217670	9.03	9.89	8.01	9.24	4.01	4.40	3.58	4.14	3.88
4	DO01	10479	10010717107	13.84	13.68	14.37	16.12	6.05	5.98	6.26	7.02	6.21
5	DO01	10814	10010695515	9.94	10.36	12.82	12.49	4.31	4.49	5.52	5.41	4.92

Ítem	Alimentador	SED	Suministro	Lunes - Viernes		Sábado - Domingo		Lunes - Viernes		Sábado - Domingo		Promedio %P
				$\Delta V$ HFP (V)	$\Delta V$ HP (V)	$\Delta V$ HFP (V)	$\Delta V$ HP (V)	%P HFP	%P HP	%P HFP	%P HP	
1	DO02	10051	10010005341	5.99	6.50	5.50	5.57	2.57	2.80	2.37	2.41	2.49
2	DO02	10051	10010002457	4.98	6.16	3.82	5.95	2.15	2.66	1.65	2.57	2.02
3	DO02	10185	10010241530	4.58	7.65	4.57	6.80	2.02	3.38	2.02	3.01	2.21
4	DO02	10271	10010251830	7.28	13.48	6.98	14.03	3.14	5.81	3.01	6.05	3.55
5	DO02	10450	10010456420	10.12	10.81	11.00	9.79	4.22	4.54	4.55	4.13	4.38
6	DO02	10815	10010014189	6.33	7.23	5.74	7.72	2.72	3.14	2.48	3.36	2.71
7	DO02	10817	10010016098	11.85	15.07	13.65	12.25	5.08	6.57	5.81	5.37	5.53

Ítem	Alimentador	SED	Suministro	Lunes - Viernes		Sábado - Domingo		Lunes - Viernes		Sábado - Domingo		Promedio %P
				$\Delta V$ HFP (V)	$\Delta V$ HP (V)	$\Delta V$ HFP (V)	$\Delta V$ HP (V)	%P HFP	%P HP	%P HFP	%P HP	
1	DO03	10042	10010479910	6.49	8.70	7.30	10.00	2.82	3.79	3.11	3.60	3.08
2	DO03	10154	10010323740	7.38	10.36	7.92	10.69	3.20	4.50	3.42	4.63	3.52
3	DO03	10203	10010510390	8.86	13.41	8.84	12.84	3.85	5.84	3.83	5.57	4.15
4	DO03	10203	10010327560	6.27	10.27	6.08	9.64	2.73	4.48	2.64	4.19	2.96
5	DO03	10459	10010330240	8.53	13.98	8.23	10.81	3.69	6.05	3.56	4.67	3.91
6	DO03	10459	10010006678	7.58	11.52	8.19	11.79	3.28	4.99	3.54	5.09	3.68

Ítem	Alimentador	SED	Suministro	Lunes - Viernes		Sábado - Domingo		Lunes - Viernes		Sábado - Domingo		Promedio %P
				$\Delta V$ HFP (V)	$\Delta V$ HP (V)	$\Delta V$ HFP (V)	$\Delta V$ HP (V)	%P HFP	%P HP	%P HFP	%P HP	
1	DO04	10296	10010391750	3.31	5.56	8.00	10.00	1.45	2.43	1.50	2.40	1.63
2	DO04	10342	10010119470	5.43	5.80	7.11	5.00	2.37	2.55	3.06	2.48	2.68
3	DO04	10551	10010602590	4.19	5.42	4.96	4.74	1.82	2.36	2.15	2.05	2.02
4	DO04	10551	10010604370	4.26	6.18	5.13	5.59	1.85	2.69	2.22	2.42	2.12
5	DO04	10976	10010125640	12.19	15.40	14.58	4.00	5.43	6.87	6.39	6.70	6.06

Ítem	Alimentador	SED	Suministro	Lunes - Viernes		Sábado - Domingo		Lunes - Viernes		Sábado - Domingo		Promedio %P
				$\Delta V$ HFP (V)	$\Delta V$ HP (V)	$\Delta V$ HFP (V)	$\Delta V$ HP (V)	%P HFP	%P HP	%P HFP	%P HP	
1	DO05	10028	10010104820	2.49	3.94	2.96	4.23	1.08	1.72	1.28	1.85	1.28
2	DO05	10055	10010019168	10.55	15.56	10.34	14.60	4.57	6.79	4.45	6.36	4.85
3	DO05	10063	10010697424	10.45	13.05	9.41	12.22	4.48	5.61	4.03	5.26	4.45
4	DO05	10155	10010594660	9.90	12.75	9.89	12.29	4.24	5.48	4.22	5.28	4.42
5	DO05	10155	10010009330	7.49	9.88	6.68	9.23	3.22	4.26	2.87	3.98	3.22
6	DO05	10219	10010126420	8.36	11.03	7.41	10.00	3.62	4.81	3.20	4.80	3.64
7	DO05	10220	10010628670	6.93	9.88	6.47	10.45	3.00	4.32	2.80	4.56	3.15
8	DO05	10275	10010074710	4.59	4.58	3.95	4.75	2.02	2.03	1.74	2.11	1.91
9	DO05	10276	10010011722	9.58	16.50	9.87	15.78	4.12	7.11	4.24	6.82	4.64
10	DO05	10314	10010683438	13.19	13.07	12.89	13.27	5.53	5.56	5.40	5.62	5.48
11	DO05	10314	10010119020	10.78	12.72	9.89	13.37	4.52	5.41	4.16	5.66	4.54
12	DO05	10491	10010646140	10.93	14.07	11.22	12.90	4.72	6.10	4.81	5.60	4.95
13	DO05	10819	10010007840	7.62	10.55	3.57		3.30	4.58	1.54	4.49	2.77

Ítem	Alimentador	SED	Suministro	Lunes - Viernes		Sábado - Domingo		Lunes - Viernes		Sábado - Domingo		Promedio %P
				$\Delta V$ HFP (V)	$\Delta V$ HP (V)	$\Delta V$ HFP (V)	$\Delta V$ HP (V)	%P HFP	%P HP	%P HFP	%P HP	
1	DO06	10057	10010121510	7.33	11.54	6.25	10.10	3.23	5.16	2.75	4.53	3.30
2	DO06	10057	10010121500	5.96	9.40	5.65	9.48	2.63	4.21	2.49	4.25	2.84
3	DO06	10111	10010096420	10.51	14.67	9.44	13.73	4.57	6.43	4.09	6.01	4.64
4	DO06	10111	10010662783	9.36	12.52	8.64	11.62	4.06	5.50	3.75	5.10	4.14
5	DO06	10111	10010092340	8.23	12.12	8.29	11.19	3.58	5.33	3.60	4.91	3.84
6	DO06	10132	10010026840	9.61	13.59	7.00	4.00	4.14	5.89	4.08	5.79	4.40
7	DO06	10176	10010564430	6.75	6.54	6.84	7.21	2.90	2.85	2.93	3.13	2.93
8	DO06	10223	10010703529	6.81	10.31	7.42	10.91	3.05	4.66	3.29	4.88	3.44
9	DO06	10223	10010096230	6.29	8.49	6.34	8.92	2.82	3.84	2.82	4.00	3.00
10	DO06	10224	10010423990	5.08	5.28	5.30		2.25	2.39	2.34	2.31	2.30
11	DO06	10413	10010531370	12.95	11.06	11.26	9.09	5.53	4.82	4.82	3.98	5.05
12	DO06	10413	10010132600	8.68	7.68	7.76	8.03	3.72	3.36	3.33	3.52	3.51
13	DO06	10413	10010616800	8.45	7.09	7.35	7.03	3.62	3.11	3.16	3.08	3.34
14	DO06	10500	10010011733	9.53	11.98	8.74		4.14	5.25	3.76	5.20	4.16
15	DO06	10660	10010011644	7.20	7.29	8.11	7.07	3.12	3.23	3.50	3.13	3.29
16	DO06	10660	10010630550	10.16	8.40	9.85	7.69	4.40	3.71	4.23	3.40	4.19

Ítem	Alimentador	SED	Suministro	Lunes - Viernes		Sábado - Domingo		Lunes - Viernes		Sábado - Domingo		Promedio %P
				$\Delta V$ HFP (V)	$\Delta V$ HP (V)	$\Delta V$ HFP (V)	$\Delta V$ HP (V)	%P HFP	%P HP	%P HFP	%P HP	
1	DO07	10213	10010009481	7.32	7.49	7.63	7.00	3.17	3.28	3.29	3.10	3.22
2	DO07	10215	10010709520	7.54	9.39	8.37	4.30	3.22	4.04	3.56	0.00	3.16
3	DO07	10233	10010045840	5.15	7.43	4.74	7.33	2.24	3.26	2.05	3.22	2.33
4	DO07	10234	10010599230	6.95	10.47	5.97	8.00	3.01	4.56	2.59	4.50	3.09
5	DO07	10300	10010071460	10.19	10.62	10.91	11.31	4.39	4.64	4.69	4.93	4.58
6	DO07	10347	10010031600	14.80	15.47	14.50	14.96	6.21	6.57	6.06	6.32	6.19
7	DO07	10347	10010031520	9.20	9.63	8.93	10.26	3.88	4.11	3.76	4.36	3.89
8	DO07	10353	10010662365	11.25	12.62	11.59	12.81	4.76	5.39	4.91	5.48	4.94
9	DO07	10353	10010714717	14.87	16.20	14.15	15.60	6.27	6.88	5.98	6.64	6.23

Ítem	Alimentador	SED	Suministro	Lunes - Viernes		Sábado - Domingo		Lunes - Viernes		Sábado - Domingo		Promedio %P
				$\Delta V$ HFP (V)	$\Delta V$ HP (V)	$\Delta V$ HFP (V)	$\Delta V$ HP (V)	%P HFP	%P HP	%P HFP	%P HP	
10	DO07	10390	10010664039	8.79	13.22	9.86	15.78	3.82	5.81	4.27	6.89	4.43
11	DO07	10722	10010067320	7.55	7.14	7.80	7.15	3.26	3.11	3.36	3.11	3.27
12	DO07	10722	10010067270	4.34	4.98	3.01	5.49	1.88	2.18	1.30	2.40	1.71
13	DO07	10722	10010635740	5.35	5.61	4.92	6.14	2.31	2.45	2.13	2.68	2.28
14	DO07	11085	10010570660	7.50	8.53	6.42	7.92	3.25	3.72	2.77	3.44	3.10
15	DO07	11085	10010585000	4.69	5.04	3.67	6.35	2.04	2.20	1.59	2.76	1.93

Ítem	Alimentador	SED	Suministro	Lunes - Viernes		Sábado - Domingo		Lunes - Viernes		Sábado - Domingo		Promedio %P
				$\Delta V$ HFP (V)	$\Delta V$ HP (V)	$\Delta V$ HFP (V)	$\Delta V$ HP (V)	%P HFP	%P HP	%P HFP	%P HP	
1	DO08	10098	10010717025	13.80	14.90	12.79	12.62	5.80	6.31	5.36	5.37	5.62
2	DO08	10101	10010080370	4.95	7.94	5.94	8.15	2.18	3.54	2.61	3.63	2.59
3	DO08	10120	10010438840	7.03	14.15	7.29	15.16	3.10	6.23	3.21	6.69	3.70
4	DO08	10121	10010019964	7.35	15.09	5.13	11.90	3.19	6.57	2.23	5.22	3.24
5	DO08	10121	10010716218	4.19	10.86	4.92	12.04	1.82	4.75	2.14	5.28	2.49
6	DO08	10121	10010307440	9.10	13.91	10.91	14.12	3.91	6.06	4.69	6.17	4.60
7	DO08	10244	10010294560	8.13	10.46	8.15	9.24	3.50	4.53	3.51	4.02	3.63
8	DO08	10244	10010604750	8.96	12.09	9.11	12.18	3.84	5.23	3.91	5.29	4.11
9	DO08	10244	10010621590	6.23	7.12	5.16	4.85	2.68	3.09	2.23	2.12	2.48
10	DO08	10246	10010061730	8.45	8.73	8.14	10.03	3.69	3.86	3.54	4.41	3.70
11	DO08	10282	10010696570	7.16	8.69	5.54	8.39	3.16	3.89	2.45	3.76	2.97
12	DO08	10317	10010009712	11.65	14.39	11.30	14.17	5.12	6.42	4.97	6.33	5.26
13	DO08	10901	10010665110	13.10	16.60	10.02	12.00	5.57	7.11	4.29	7.05	5.29
14	DO08	11164	10010721433	8.65	11.69	7.18	9.66	3.77	5.10	3.14	4.23	3.66

Ítem	Alimentador	SED	Suministro	Lunes - Viernes		Sábado - Domingo		Lunes - Viernes		Sábado - Domingo		Promedio %P
				$\Delta V$ HFP (V)	$\Delta V$ HP (V)	$\Delta V$ HFP (V)	$\Delta V$ HP (V)	%P HFP	%P HP	%P HFP	%P HP	
1	DO09	10005	10010236590	5.37	6.53	4.45	7.97	2.37	2.90	1.96	3.52	2.34
2	DO09	10033	10010267080	8.73	13.21	6.63	10.52	3.71	5.70	2.82	4.51	3.57
3	DO09	10049	10010357560	6.21	8.88	7.50	8.96	2.70	3.92	3.24	3.92	3.13
4	DO09	10049	10010710192	11.43	10.84	12.62	9.12	4.96	4.76	5.43	3.99	5.06
5	DO09	10050	10010270760	4.63	7.67	5.37	8.09	2.06	3.44	2.37	3.61	2.43
6	DO09	10050	10010349580	6.83	14.13	8.07	13.32	3.03	6.30	3.55	5.91	3.76
7	DO09	10050	10010349650	5.16	8.21	5.65	8.89	2.29	3.68	2.49	3.97	2.63
8	DO09	10189	10010620300	13.35	12.28	13.98	12.17	5.75	5.39	5.96	5.29	5.77
9	DO09	10189	10010004581	6.70	6.70	7.06	6.71	2.89	2.94	3.02	2.92	2.95
10	DO09	10190	10010001161	3.96	4.59	4.98	4.77	1.72	2.02	2.14	2.08	1.95
11	DO09	10192	10010702122	8.81	12.34	12.03	14.23	3.91	5.52	5.29	6.33	4.82
12	DO09	10192	10010727015	5.23	5.82	5.59	7.01	2.33	2.63	2.47	3.14	2.48
13	DO09	10193	10010347070	11.35	13.18	12.30	13.31	4.91	5.77	5.27	5.80	5.21
14	DO09	10193	10010348420	8.41	10.08	9.99	12.25	3.64	4.44	4.30	5.34	4.12
15	DO09	10597	10010713988	5.98	10.04	7.23	9.69	2.63	4.51	3.16	4.33	3.15
16	DO09	10597	10010265050	7.29	12.49	8.89	10.22	3.21	5.59	3.88	4.55	3.80
17	DO09	10783	10010709080	10.92	11.75	8.50	11.00	4.70	5.11	4.65	5.08	4.74

Fuente: Elaboración Propia

**Tabla de valores de pérdidas de potencia por marca de medidores electromecánicos y electrónicos.**

<b>MARCA DE MEDIDORES MONOFASICO</b>	<b>Perd. Total (W)</b>
ABAX	0.77
ABB	0.66
ACTARIS	1.24
AEG	0.77
AMPY	0.60
BRUXELLES	0.30
BY	0.77
CDC	0.77
CLOU SHENZHEN	0.65
COGECO	0.30
COMPLANT	0.30
DENGLI-IBA	0.30
ELSTER	0.77
ERICSON	0.40
FAE	0.77
FINE ELECT	0.77
FUJI ELECTRIC	0.77
GALILEO	0.77
GANZ	0.77
GANZ SCHLUMBERGER	1.12
GENERAL ELECTRIC	1.12
HARBIN	0.77
HEXING	0.77
HI KING	0.77
HITACHI	0.77
HOLLEY	0.77
INEPAR	0.40
JEMTEC	1.12
JILIN YONGDA	0.77
LANDIS	0.33
LAUR KNUDSEN	0.50
LINYANG	0.77
Mashpriborintorg	0.50
MELSA	0.77
MIERISH	0.77
mitsubishi	0.77
NANSEN	0.77
NICOPOL	1.29
OSAKI	0.77
SANXING	0.77
SCHLUMBERGER	0.33
SCORPION	1.12
SIEMENS	0.77
SKAITEKS	0.86
SMITH METER	0.73
SODECO	0.77
Song Yang	0.77
STAR	0.77
STRONGER	0.30
TIANJIN	0.77
TOSHIBA	0.77
URSS	0.77
VALMET	0.77
WASION GROUP LIMITED	0.77
WESTINGHOUSE	0.77
WUXI	0.77
YDD	0.77
YTL	0.77
DESCONOCIDO	0.77

Fuente: Elaboración Propia

<b>MARCA DE MEDIDORES TRIFASICO</b>	<b>Perd. Total (W)</b>
ABB	1.20
ACTARIS	1.58
AEG	1.23
AMPY	0.61
BRUXELLES	1.23
BY	1.23
CDC	1.23
CLOU SHENZHEN	0.83
COMPLANT	1.23
DENGLI-IBA	1.23
ELSTER	0.61
FAE	1.20
FUJI ELECTRIC	0.92
GALILEO	1.23
GANZ	1.23
GANZ SCHLUMBERGER	1.23
GENERAL ELECTRIC	1.23
HARBIN	1.23
HEXING	1.23
HI KING	1.23
HITACHI	1.23
HOLLEY	1.23
INEPAR	1.20
ITRON	1.23
JILIN YONGDA	1.23
LANDIS	1.23
LAUR KNUDSEN	1.21
LINYANG	1.23
Mashpriborintorg	0.53
MELSA	1.23
MIERISH	1.23
MITSUBISHI	1.23
NANSEN	0.77
NICOPOL	1.66
OSAKI	1.23
SCHLUMBERGER	1.23
SCORPION	1.23
SIEMENS	1.23
SKAITEKS	1.23
SMITH METER	1.20
STAR	1.23
STRONGER	0.31
TEVEN	0.77
TOKO SEIKE	1.23
TOSHIBA	1.23
URSS	1.23
VALMET	1.23
WESTINGHOUSE	1.23
WUXI	1.20
YDD	1.23
KRIZIC	1.23
GENERAL ELECT	1.12
SANXING	0.77
TWACS	1.23
GANZ SCHLUMBE	1.12
Mashpriborint	0.50
HELIOWATT	1.23
DESCONOCIDO	1.23

## Tabla de resumen de cantidades de medidores trifásicos por marca y alimentador del subsistema de distribución eléctrica de Dolorespata

MARCA- ALIMENTADOR	DO01	DO02	DO03	DO04	DO05	DO06	DO07	DO08	DO09	Total general
ABB	2	7	14	1	29	39	23	16	12	143
ACTARIS	62	89	127	102	92	92	106	120	150	940
CLOU SHENZHEN	71	63	1	1	16	2	16	104	1	275
DESCONOCIDO			3	1					2	6
ELSTER	18	23	27	21	18	26	36	24	33	226
FAE	3	3	16	3	18	43	35	7	45	173
FUJI ELECTRIC			1	1	1	4	1			8
GALILEO			1	1						2
GENERAL ELECTRIC		1	1	3	2	5	6	4	2	24
HEXING	99	116	53	43	108	152	212	187	144	1114
HI KING	207	239	121	190	384	286	445	378	276	2526
HOLLEY	6	2	1	1	5	4	4	8	4	35
INEPAR	1	1	2	2	4	2	2	2	4	20
ITECHENE	8	4			5			6		23
LANDIS	16	19	5	8	9	18	24	45	12	156
LINYANG				1	2	3	3	1		10
Mashpriborintorg					1					1
MELSA	33	34			5	1	1	37		111
OSAKI	1		1			2	1	1		6
SANXING	240	257	85	85	190	265	301	390	212	2025
SCHLUMBERGER	11	8	11	4	18	9	10	11	21	103
SIEMENS	4	7	2		5	3	11	5	4	41
STAR	569	644	360	466	580	791	686	771	730	5597
TOKO SEIKE			1	1	1	2	1			6
URSS		1						1		2
WUXI	1		1	1		1			1	5
Total general	1352	1518	834	936	1493	1750	1924	2118	1653	13,578

Fuente: Elaboración Propia



**Tabla de resumen de cantidades de medidores monofásicos por marca y alimentador del subsistema de distribución eléctrica de Dolorespata.**

MARCA - ALIMENTADOR	DO01	DO02	DO03	DO04	DO05	DO06	DO07	DO08	DO09	Total general
ABB	17	5	3	1	10	4	6	19	4	69
ACTARIS	240	74	93	88	210	193	106	225	154	1383
AEG			1							1
AMPY	2	6	17		4	3	18	10		60
CLOU SHENZHEN	5,513	4,319	1,160	1,614	2,132	2,457	3,928	7,197	3,203	31523
COMPLANT	1	15	110		75	178	26		3	408
DESCONOCIDO	2	1	12	7	7	6	10	8	23	76
ELSTER	1,739	996	178	222	376	375	423	1,176	521	6006
FAE	13	4	4		9	7	6	1	4	48
GANZ SCHLUMBERGER		1		1	1					3
GENERAL ELECTRIC			2	2	3		1			8
HEXING	176	139	37	29	79	151	301	248	104	1264
HI KING	1,472	1,508	219	400	967	1,208	956	2,633	836	10199
HOLLEY	24	5	11	177	26	23	34	44	22	366
INEPAR	1	1	1		1		1	1	1	7
JILIN YONGDA	23									23
LANDIS	43	20	22	24	69	78	76	79	37	448
LINYANG	5	4		11	4	4	5	10	5	48
MELSA	5	4								9
MIERISH			1							1
OSAKI		1								1
SANXING	91	44	16	3	29	10	15	124	9	341
SCHLUMBERGER	18	13	18	2	47	19	25	45	13	200
SCORPION	124	2						142		268
SIEMENS	30	17	9	8	18	12	22	54	16	186
SKAITEKS	3		7	5	1		1	4	3	24
STAR	5,154	4,685	1,041	1,142	2,775	2,781	3,787	7,138	3,296	31799
STRONGER	1									1
WUXI				2						
YTL		2							2	
<b>Total general</b>	<b>14697</b>	<b>11866</b>	<b>2962</b>	<b>3738</b>	<b>6843</b>	<b>7509</b>	<b>9747</b>	<b>19158</b>	<b>8256</b>	<b>84,776</b>

Fuente: Elaboración Propia

**Tabla de Pérdidas de energía técnicas anual en medidores trifásicos por marca y alimentador del subsistema de distribución eléctrico de Dolorespata.**

MARCA-ALIMENTADOR	DO01	DO02	DO03	DO04	DO05	DO06	DO07	DO08	DO09	Total general
ABB	0.02	0.07	0.15	0.01	0.31	0.41	0.24	0.17	0.13	<b>1.50</b>
ACTARIS	0.86	1.23	1.75	1.41	1.27	1.27	1.46	1.66	2.07	<b>12.97</b>
CLOU SHENZHEN	0.52	0.46	0.01	0.01	0.12	0.01	0.12	0.76	0.01	<b>2.00</b>
DESCONOCIDO	0.19	0.25	0.29	0.23	0.19	0.28	0.39	0.26	0.36	<b>2.44</b>
ELSTER	0.02	0.02	0.09	0.02	0.10	0.23	0.19	0.04	0.24	<b>0.93</b>
FAE	-	-	0.01	0.01	-	-	-	-	-	<b>0.02</b>
FUJI ELECTRIC	-	-	0.01	0.02	0.02	0.04	0.05	0.03	0.02	<b>0.19</b>
GALILEO	-	0.01	0.01	2.05	4.14	3.08	4.79	4.07	2.97	<b>21.13</b>
GENERAL ELECTRIC	1.07	1.25	0.57	0.01	0.05	0.04	0.04	0.09	0.04	<b>3.17</b>
HEXING	2.23	2.58	1.30	0.02	0.04	0.02	0.02	0.02	0.04	<b>6.28</b>
HI KING	0.06	0.02	0.01	-	0.05	-	-	0.06	-	<b>0.22</b>
HOLLEY	0.01	0.01	0.02	0.09	0.10	0.19	0.26	0.48	0.13	<b>1.29</b>
INEPAR	0.08	0.04	-	0.01	0.02	0.03	0.03	0.01	-	<b>0.23</b>
ITECHENE	0.17	0.20	0.05	-	0.01	-	-	-	-	<b>0.44</b>
LANDIS	-	-	-	-	0.05	0.01	0.01	0.40	-	<b>0.47</b>
LINYANG	-	-	-	-	-	0.02	0.01	0.01	-	<b>0.04</b>
Mashpriborintorg	0.15	0.16	-	0.39	0.87	1.22	1.38	1.79	0.97	<b>6.94</b>
MELSA	0.01	-	0.01	0.04	0.19	0.10	0.11	0.12	0.23	<b>0.81</b>
OSAKI	2.59	2.77	0.92	-	0.05	0.03	0.12	0.05	0.04	<b>6.57</b>
SANXING	0.07	0.05	0.07	3.14	3.91	5.34	4.63	5.20	4.92	<b>27.35</b>
SCHLUMBERGER	0.04	0.08	0.02	0.01	0.01	0.02	0.01	-	-	<b>0.19</b>
SIEMENS	6.13	6.94	3.88	-	-	-	-	0.01	-	<b>16.96</b>
STAR	-	-	0.01	0.01	-	0.01	-	-	0.01	<b>0.04</b>
TOKO SEIKE	-	0.01	-	10.09	16.09	18.86	20.73	22.82	17.81	<b>106.40</b>
URSS	0.01	-	0.01	-	-	-	-	-	-	<b>0.02</b>
WUXI	14.22	15.97	8.77	-	-	-	-	-	-	<b>38.97</b>
<b>Total general</b>	<b>28.46</b>	<b>32.11</b>	<b>17.97</b>	<b>17.56</b>	<b>27.60</b>	<b>31.22</b>	<b>34.60</b>	<b>38.06</b>	<b>30.00</b>	<b>257.58</b>

Fuente: Elaboración Propia

**Tabla de Pérdidas de energía técnicas anual en medidores monofásicos por marca y alimentador del subsistema de distribución eléctrico de Dolorespata.**

MARCA-ALIMENTADOR	DO01	DO02	DO03	DO04	DO05	DO06	DO07	DO08	DO09	Total MWh
ABB	0.10	0.03	0.02	0.01	0.06	0.02	0.03	0.11	0.02	<b>0.40</b>
ACTARIS	2.60	0.80	1.01	0.95	2.27	2.09	1.15	2.44	1.67	<b>14.98</b>
AEG	-	-	0.01	-	-	-	-	-	-	<b>0.01</b>
AMPY	0.01	0.03	0.09	-	0.02	0.02	0.09	0.05	-	<b>0.32</b>
CLOU SHENZHEN	31.15	24.40	6.55	9.12	12.05	13.88	22.19	40.66	18.10	<b>178.11</b>
COMPLANT	0.00	0.04	0.29	-	0.20	0.47	0.07	-	0.01	<b>1.07</b>
DESCONOCIDO	0.01	0.01	0.08	0.05	0.05	0.04	0.07	0.05	0.16	<b>0.51</b>
ELSTER	11.73	6.72	7.82	10.89	14.38	16.57	26.50	48.55	21.60	<b>164.76</b>
FAE	0.09	0.03	0.03	-	0.06	0.05	0.04	0.01	0.03	<b>0.32</b>
GANZ SCHLUMBERGER	-	0.01	1.08	-	0.74	1.75	0.26	-	0.03	<b>3.86</b>
GENERAL ELECTRIC	-	-	0.12	0.07	0.07	0.06	0.10	0.08	0.23	<b>0.72</b>
HEXING	1.19	0.94	1.20	1.50	2.54	2.53	2.85	7.93	3.51	<b>24.19</b>
HI KING	9.93	10.17	1.48	2.70	6.52	8.15	6.45	17.76	5.64	<b>68.79</b>
HOLLEY	0.16	0.03	0.03	-	0.06	0.05	0.04	0.01	0.03	<b>0.40</b>
INEPAR	0.00	0.00	0.00	-	0.00	-	0.00	0.00	0.00	<b>0.02</b>
JILIN YONGDA	0.16	-	-	-	-	-	-	-	-	<b>0.16</b>
LANDIS	0.12	0.06	0.06	0.07	0.20	0.23	0.22	0.23	0.11	<b>1.30</b>
LINYANG	0.03	0.03	-	0.07	0.03	0.03	0.03	0.07	0.03	<b>0.32</b>
MELSA	0.03	0.03	-	0.01	0.01	-	-	-	-	<b>0.07</b>
MIERISH	-	-	0.01	0.01	0.02	-	0.01	-	-	<b>0.05</b>
OSAKI	-	0.01	-	-	-	-	-	-	-	<b>0.01</b>
SANXING	0.61	0.30	0.25	0.20	0.53	1.02	2.03	1.67	0.70	<b>7.31</b>
SCHLUMBERGER	0.05	0.04	0.63	1.16	2.80	3.49	2.76	7.61	2.42	<b>20.96</b>
SCORPION	1.22	0.02	-	-	-	-	-	1.40	-	<b>2.63</b>
SIEMENS	0.20	0.11	0.07	1.19	0.18	0.16	0.23	0.30	0.15	<b>2.59</b>
SKAITEKS	0.02	-	0.01	-	0.01	-	0.01	0.01	0.01	<b>0.06</b>
STAR	34.76	31.60	7.02	7.70	18.72	18.76	25.54	48.15	22.23	<b>214.49</b>
STRONGER	0.00	-	0.03	0.47	0.07	0.06	0.09	0.12	0.06	<b>0.89</b>
WUXI	-	-	0.01	-	0.01	-	0.01	0.01	0.01	<b>0.03</b>
YTL	-	0.01	-	-	-	-	-	-	0.01	<b>0.03</b>
<b>Total general</b>	<b>94.20</b>	<b>75.42</b>	<b>27.90</b>	<b>36.16</b>	<b>61.57</b>	<b>69.41</b>	<b>90.77</b>	<b>177.20</b>	<b>76.75</b>	<b>709.38</b>

Fuente: Elaboración Propia