

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA,
ELECTRONICA Y SISTEMAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA
ELÉCTRICA



ESTUDIO DE CONTROL Y DISMINUCIÓN DE PÉRDIDAS
DENTRO DEL SERVICIO ELÉCTRICO PUNO ALIMENTADOR
101 - CONCESIÓN ELÉCTRICA DE ELECTROPUNO S.A.A

TESIS

PRESENTADA POR:

MARIELA APAZA TAPIA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

PUNO – PERÚ

2017

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA Y SISTEMAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA

“ESTUDIO DE CONTROL Y DISMINUCIÓN DE PÉRDIDAS DENTRO DEL SERVICIO ELÉCTRICO PUNO ALIMENTADOR 101 - CONCESIÓN ELÉCTRICA DE ELECTROPUNO S.A.A”

TESIS PRESENTADA POR:

MARIELA APAZA TAPIA

FECHA DE SUSTENTACIÓN: 26/12/2017

PARA OPTAR EL TÍTULO DE:

INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

APROBADO POR EL JURADO FIRMANTE CONFORMADO POR:



PRESIDENTE : 
M. SC. ARMANDO TITO CRUZ CABRERA

PRIMER JURADO : 
M. SC. WALTER OSWALDO PAREDES PAREJA

SEGUNDO JURADO : 
ING. OMAR LUIS NEIRA CUTIPA

DIRECTOR DE TESIS : 
M. SC. JOSÉ MANUEL RAMOS CUTIPA

Área : Eléctrica

Tema : Pérdidas

DEDICATORIA

A Dios.

Por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud para lograr mis objetivos, además de su infinita bondad y amor.

A mi Madre Julia.

Por el apoyo en todo momento, por sus consejos y sus valores.

A mi padre Fredy.

Por la perseverancia y constancia que me ha infundido.

A mi familia.

Karol, Thomas y Marco Antonio; todo este trabajo a sido posible Gracias a ellos.

Les Estoy Eternamente Agradecida.

AGRADECIMIENTOS

La presente tesis va dirigida con una expresión de gratitud para mis distinguidos docentes que con nobleza vertieron su apostolado en mi alma.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	11
ABSTRACT.....	12
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	15
1.1.1. ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN PROBLEMÁTICA	15
1.1.2. PROBLEMA GENERAL	15
1.1.3. PROBLEMA ESPECÍFICO.....	16
1.2. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	16
1.2.1. OBJETIVO GENERAL	16
1.2.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	16
2.1. MARCO TEORICO	17
2.2. SISTEMA ELECTRICO	18
2.3. LOS SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN.....	19
2.4. COMPONENTES DE UN SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN.....	21
2.5. DEFINICIONES BÁSICAS.....	21
2.6. PÉRDIDAS DE ENERGÍA ELÉCTRICA.....	25
2.6.1. VISIÓN DE ESTUDIO DE PÉRDIDAS.....	26
2.6.2. PÉRDIDAS DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN EMPRESAS DISTRIBUIDORAS.....	27
2.7. RANKING DE PÉRDIDAS EN DISTRIBUCIÓN DEL PERÚ	29
2.7.1. ANTECEDENTES Y CARACTERISTICAS FUNDAMENTALES DE LAS PÉRDIDAS DE ENERGÍA.....	32
2.7.2. INFLUENCIAS Y CONSECUENCIAS DE LAS PÉRDIDAS DE ENERGÍA ELÉCTRICA.....	33
2.7.2.1. FACTORES INFLUYENTES DE LAS PÉRDIDAS DE ENERGÍA EN LA GESTIÓN DE LA EMPRESA.....	33
2.7.2.2. CAMPO SOCIAL Y DE LA SEGURIDAD	34
2.7.2.3. CAMPO ÉTICO Y MORAL	35

2.7.3.	ESTUDIOS REALIZADOS POR ELPUNO RESPECTO A LA EVALUACIÓN DE PÉRDIDAS	35
2.7.4.	ESTIMACION DE PÉRDIDAS	36
2.7.5.	CÁLCULO DE PÉRDIDAS DE ENERGÍA	37
2.8.	CLASIFICACIÓN DE LAS PÉRDIDAS DE ENERGÍA ELÉCTRICA	39
2.9.	PÉRDIDAS TÉCNICAS	41
2.9.1.	FACTORES QUE INCIDEN EN LAS PÉRDIDAS TÉCNICAS	43
2.9.2.	PÉRDIDAS TÉCNICAS EN SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN	45
2.9.3.	PÉRDIDAS TÉCNICAS EN EL ALIMENTADOR PRIMARIO	46
2.9.4.	PÉRDIDAS TÉCNICAS EN TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCIÓN	46
2.9.5.	PÉRDIDAS TÉCNICAS EN CIRCUITOS SECUNDARIOS	48
2.9.6.	PÉRDIDAS TÉCNICAS EN ACOMETIDAS	49
2.9.7.	PÉRDIDAS TÉCNICAS EN MEDIDORES DE ENERGÍA	50
2.10.	PÉRDIDAS NO TÉCNICAS	50
2.10.1.	CLASIFICACION DE PÉRDIDAS NO TÉCNICAS	51
2.10.2.	CONSUMO DE USUARIOS NO SUSCRIPTORES O CONTRABANDO 51	
2.11.	PROCEDIMIENTOS DE METODOLOGÍAS DE ESTIMACIÓN	52
2.12.	HIPÓTESIS	53
2.13.	HIPÓTESIS ESPECIFICA	54
3.1.	CRITERIOS DE EVALUACION	55
3.2.	DISEÑO DE METODOLOGIA PARA EL ESTUDIO DE CONTROL Y DISMINUCION DE PÉRDIDAS	55
3.3.	PROCEDIMIENTOS	57
3.3.1.	TOPOLOGÍA	57
3.3.2.	SELECCIÓN DEL ALIMENTADOR	57
3.3.3.	DESCRIPCION DEL ALIMETADOR	58
3.3.4.	LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN DEL CIRCUITO PRIMARIO	59
3.3.5.	CALIBRE Y TIPO DE CONDUCTORES	59
3.3.6.	TIPO DE ESTRUCTURA	60
3.3.7.	CLASIFICACION DE LAS CARGAS	60
3.4.	ESTIMACION DE LA DEMANDA	62
3.4.1.	MEDICIONES DE LA DEMANDA	63
3.5.	BALANCE GLOBAL DE ENERGIA	63
3.6.	BALANCE TOTAL DE ENERGÍA	63

3.7.	METODOLOGIA PARA LA EVALUACION DE PÉRDIDAS TÉCNICAS	64
3.7.1.	PÉRDIDAS EN RED PRIMARIA DE DISTRIBUCION	65
3.7.1.1.	INGRESO DEL CONDUCTOR AL PROGRAMA	67
3.7.1.2.	FLUJOS DE CARGA	69
3.7.1.3.	PERFIL DE PÉRDIDAS	70
3.7.2.	PÉRDIDAS TÉCNICAS EN MEDIA TENSION	72
3.7.3.	EVALUACIÓN DE PÉRDIDAS TÉCNICAS EN TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCIÓN	76
3.7.4.	EVALUACIÓN DE PÉRDIDAS TÉCNICAS EN REDES SECUNDARIAS (REDES DE BAJA TENSIÓN)	81
3.7.5.	EVALUACIÓN DE PÉRDIDAS TÉCNICAS EN ACOMETIDAS	83
3.7.6.	PÉRDIDAS TÉCNICAS EN MEDIDORES	84
3.7.7.	CUADRO DE RESUMEN DE LAS PÉRDIDAS EN LA LINEA, ACOMETIDAS Y MEDIDORES	86
3.8.	PÉRDIDAS NO TÉCNICAS	87
3.8.1.	ESTIMACIÓN PARA PÉRDIDAS NO TÉCNICAS	87
3.8.2.	CÁLCULO DE ENERGIA FACTURADA	89
4.1.	BALANCE GENERAL DE PÉRDIDAS TÉCNICAS	92
4.2.	PROPUESTA DE ESTUDIO DE CONTROL Y DISMINUCIÓN DE PÉRDIDAS DENTRO DEL SERVICIO ELÉCTRICO PUNO ALIMENTADOR	101
	92	
4.3.	BALANCE ENERGÉTICO	94
4.3.1.	ENERGÍA DISPONIBLE	94
4.3.2.	ENERGÍA REGISTRADA	94
4.3.3.	ENERGÍA DE PÉRDIDAS	94
4.4.	OPTIMIZACIÓN DE PÉRDIDAS	95
4.4.1.	BENEFICIOS EN LA OPTIMIZACIÓN DE PÉRDIDAS NO TÉCNICAS	96
4.4.2.	REDUCCIÓN DE PÉRDIDAS TÉCNICAS	97
4.4.3.	CONTROL	97
4.4.3.1.	FACTORES	98
4.4.3.2.	REDUCCION DE PÉRDIDAS EN CIRCUITOS PRIMARIOS	99
4.4.3.3.	REDUCCIÓN DE PÉRDIDAS TÉCNICAS EN TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCIÓN	99
4.4.3.4.	REDUCCIÓN DE PÉRDIDAS TÉCNICAS EN MEDIDORES	100
4.4.3.5.	REDUCCIÓN DE PÉRDIDAS TÉCNICAS EN CIRCUITOS SECUNDARIOS	100

4.5. ESTRUCTURA DE UN PLAN DE REDUCCIÓN Y CONTROL DE PÉRDIDAS	101
CONCLUSIONES	104
RECOMENDACIONES.....	105
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	107
ANEXOS	109

INDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Sistema de distribución.....	20
Ilustración 2: Componentes de sistema de distribución.....	21
Ilustración 3: Curva de carga actual de alimentador 101 del año 2015	23
Ilustración 4: Demanda Diversificada	24
Ilustración 5: Evaluación de Pérdidas de Energía	39
Ilustración 6: Clasificación de pérdidas.....	41
Ilustración 7: Factores que inciden en las pérdidas técnicas.....	43
Ilustración 8: Diagrama de un Sistema Eléctrico de Potencia, en el cual se puede ver que en todos sus elementos existen pérdidas técnicas.....	45
Ilustración 9: Pérdidas de potencia por corrientes de Foucault producidas en un núcleo magnético de una sola pieza.....	47
Ilustración 10: Subsistema de Distribución.....	56
Ilustración 11: Diagrama de parte del alimentador 101.....	59
Ilustración 12: Vista de Alimentador 101.....	67
Ilustración 13: Ingreso de conductor en el programa.....	68
Ilustración 14: Topología monofásica y trifásica.....	68
Ilustración 15: Corrida de flujos de carga	70
Ilustración 16: Registro de medición de energía cada 15 minutos.....	71
Ilustración 17: Cuadro de reportes	73
Ilustración 18: Componentes del plan de pérdidas	102

INDICE DE TABLAS

Tabla 1; SISTEMAS DE SUBTRANSMISION ELECTROPUNO S.A.A.	18
Tabla 2: LONGITUD DE REDES.	19
Tabla 3: RANKING DE PÉRDIDAS EN DISTRIBUCIÓN DEL PERÚ 1993	29
Tabla 4: RANKING DE PÉRDIDAS EN DISTRIBUCIÓN DEL PERÚ 2000	30
Tabla 5: RANKING DE PÉRDIDAS EN DISTRIBUCIÓN DEL PERÚ 2005	30
Tabla 6: RANKING DE PÉRDIDAS EN DISTRIBUCIÓN DEL PERÚ 2012	31
Tabla 7: RANKING DE PÉRDIDAS EN DISTRIBUCIÓN DEL PERÚ 2014	31
Tabla 8: TIPOS DE CARGAS	61
TABLA 9: CLASES DE USUARIOS	61
Tabla 10: % PÉRDIDAS TOTALES.....	72
Tabla 11: MÉTODO DE CÁLCULO DE PÉRDIDAS TÉCNICAS EN LÍNEAS MT	74
Tabla 12: HUMEDAD RELATIVA SE PUNO DE LA CONCESIÓN DE ELPU	74
Tabla 13: CORRIENTE DE FUGA AL PROMEDIO DE HUMEDAD RELATIVA.....	75
TABLA 14: RESULTADOS DEL DIAGNOSTICO	75
Tabla 15: Cuadro de porcentaje de caída de tensión en MT alimentador 101- Junio 2015.....	76
Tabla 16: PÉRDIDAS RESISTIVAS EN T/D	77
Tabla 17: PÉRDIDAS EN EL NÚCLEO EN T/D	77
Tabla 18: FACTOR DE UTILIZACIÓN	79
Tabla 19: CUADRO DE PERDIDAS TOTALES DE LOS TRANSFORMADORES ALIMENTADOR 101 .	81
Tabla 20: CUADRO DE PÉRDIDAS TOTALES DE LOS CIRCUITOS SECUNDARIOS 101	82
Tabla 21: PÉRDIDA DE ACOMETIDAS	84
Tabla 22: TIPO DE PÉRDIDAS DE ENERGÍA EN MEDIDORES	85
Tabla 23: PARQUE DE MEDIDORES ELPU – 2015	85
Tabla 24: RESUMEN DE PÉRDIDAS EN LO MEDIDORES.....	86
Tabla 25: RESUMEN DE PÉRDIDAS EN LA LÍNEA, ACOMETIDAS Y MEDIDORES.....	86
Tabla 26: CUADRO DE PÉRDIDAS NO TÉCNICAS	90
Tabla 27: PÉRDIDAS DE ENERGÍA EN MEDIA Y BAJA TENSIÓN	95

RESUMEN

Las pérdidas de energía eléctrica siempre han sido un problema que todas las empresas eléctricas han poseído, el presente proyecto tiene la finalidad de identificar las pérdidas en los diferentes componentes que se tiene en un Sistema de Distribución desde la cabecera del alimentador hasta el consumidor final. La Empresa Regional de Servicio Público de Electricidad Electro Puno S.A.A. (ELPU), como parte de su plan de trabajo del área de Control de Pérdidas, requiere contar con un estudio para el control y disminución de las pérdidas de energía técnicas y no técnicas en el servicio eléctrico de Puno. Con una evaluación del alimentador en cada etapa es posible conocer el comportamiento de cada uno de sus componentes y sus perjuicios hacia el sistema, para su desarrollo se utiliza una metodología basada en la utilización de equipos de medición y programas computacionales que muestra a la red a su aproximación más real, posterior se realiza una evaluación para establecer un plan para su reducción y control, para al final realizar un análisis de costo – beneficio que tendría la Empresa (ELPU) con la implementación del programa de pérdidas.

Palabras Clave: pérdidas, control, disminución, potencia.

ABSTRACT

Losses of energy and power have always been a problem that all electricity companies have owned, this project has the purpose of identifying the losses in the different components that are in a Distribution System from the header of the feeder to the final consumer. The Regional Company of Public Electricity Service Electro Puno S.A.A. (ELPU), as part of its work plan in the area of Loss Control, requires a study for the control and reduction of technical and non-technical energy losses in Puno's electric service. With an evaluation of the feeder in each stage it is possible to know the behavior of each of its components and its damage to the system, for its development a methodology based on the use of measuring equipment and computer programs that shows the network is used. to its more real approach, later an evaluation is made to establish a plan for its reduction and control, in order to finally carry out a cost - benefit analysis that the Company (ELPU) would have with the implementation of the loss program.

Key Words: losses, control, decrease, power.

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

El presente estudio propone un procedimiento para el cálculo detallado de los índices de pérdidas en el Sistema de Distribución de la Empresa Regional de Servicio Público de Electricidad Electro Puno S.A.A (ELPU). Los análisis de pérdidas en el país, en muchos de los casos, no han sido tratados adecuadamente; sin embargo, debido a las ventajas que representan para la Empresa Distribuidora, si están debidamente justificados para mejorar los índices de las empresas en un mercado eléctrico exigente, representan una inversión que es plenamente rentable.

Las estadísticas de pérdidas eléctricas en las Empresas Distribuidoras muestran un problema de suma importancia; los porcentajes de pérdidas son elevados, lo que implica un despilfarro de recursos incompatibles con la eficiencia requerida por la colectividad.

Las pérdidas de energía en las Empresas Distribuidoras se refieren a dos situaciones: a los fenómenos de disipación que suceden en los componentes físicos del sistema, y debido a la existencia de la información en los procesos de recaudo de la venta de energía.

Debido a estas dos causas, las pérdidas de energía eléctrica se han clasificado en dos:

- Pérdidas técnicas o físicas
- Pérdidas no Técnicas o Comerciales

Realmente las pérdidas en los sistemas de distribución son la suma de las ineficiencias, que a lo largo de un periodo de tiempo se produjo y reflejan los errores en

la aplicación de criterios desde sus bases de conceptualización y diseño, hasta su sistema operativo, la falta en el control de ingeniería permite que el avance de un sistema produzca más pérdidas de energía, debido a la falta de procedimientos y herramientas para el tratamiento de pérdidas. Los índices de pérdidas miden el nivel de progreso de una empresa distribuidora y por consecuencia, el progreso de una comunidad.

Un problema de los sistemas de distribución es debido a que en ellos se encuentran gran cantidad de variables, de las cuales no de todas presentan información completa. Dentro de las pérdidas de energía pueden existir gran cantidad de causas, pero se debe saber cuáles atacar para de esta manera manejar un sistema ideal y recomendado para la empresa distribuidora, por lo que su estudio debe ser muy específico y claro.

Las pérdidas de energía eléctrica no pueden ser disminuidas por completo ya que en el proceso que lleva la energía desde las plantas generadoras hasta el cliente final, hay pérdidas por calentamiento en los conductores y otras en los núcleos ferromagnéticos, que pueden ser disminuidas, pero no eliminadas.

Esto permite que, aunque no es posible su eliminación, su reducción en un manejo de pérdidas técnicas y no técnicas, de fraude o hurto para acercarlas al mínimo posible, teniendo como meta nuevos índices favorables para la Empresa y la comunidad en general.

Las empresas distribuidoras del Perú siempre están obligadas a muchas exigencias de mejora en el rendimiento operativo y reducción de costos, dentro de las cuales la gestión de la reducción de las pérdidas de energía fue una de las principales actividades que debía ser resuelta con prioridad. Se ha observado en el transcurso del tiempo que EPLU ha tenido siempre indicadores de pérdidas de energía mayores al promedio nacional y superiores al nivel estándar establecido por OSINERGMIN.

Cada Empresa Distribuidora, tiene como objetivo primordial el generar réditos, pero si las pérdidas sobrepasan un nivel razonable deberían constituir preocupación de la entidad, pues cada una tiene sus balances estadísticos y sabe la magnitud de pérdidas de la diferencia entre energía disponible y facturada

En el país los índices de pérdidas deben tener la meta de bajar para poder relacionarse con países industrializados, en los cuales sus índices de pérdidas totales son

menores al 3%, con pérdidas no técnicas cercanas a cero (0%). Los ejecutivos e ingenieros de las empresas distribuidoras del país deben sentir la preocupación que esto implica, para de esta manera llevar a cabo estudios y proyectos sobre el tema.

En la actualidad existen organizaciones mundiales, que en conjunto con las empresas eléctricas trabajan en el tratamiento de pérdidas globales y en controlar los infractores de alto consumo.

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La diferencia entre la energía ingresada al sistema desde los puntos de compra y/o generación propia y las ventas de energía realizadas a través de los sistemas eléctricos de transmisión y distribución eléctrica, presentan las pérdidas de energía; las pérdidas se refieren explícitamente a las pérdidas técnicas y no técnicas producidas por causas inherentes a la naturaleza del negocio eléctrico desde el proceso productivo de la energía, transporte, transmisión y distribución.

Electro Puno S.A.A. es una empresa de servicio público de electricidad, que realiza actividades de distribución y comercialización de la energía eléctrica en la ciudad de Puno, contribuyendo con el desarrollo de la región, pero desde sus inicios no tiene un buen sistema de control de pérdidas de energía eléctrica, lo que conlleva a una pérdida económica significativa. Electro Puno tiene como reto mejorar el control de pérdidas de energía para garantizar el suministro de electricidad en el futuro inmediato.

1.1.1. ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN PROBLEMÁTICA

Del planteamiento del problema expuesto, podemos desprender lo siguiente:

1.1.2. PROBLEMA GENERAL

Electro Puno S.A.A. es una empresa concesionaria de distribución de energía eléctrica que ha tenido siempre indicadores de pérdidas de energía mayores al promedio nacional y superiores a nivel estándar establecidos por Osinergmin, todo esto debido a que no cuenta con un plan de control de pérdidas adecuado tanto para:

- a) Pérdidas Técnicas (operativas) que agrupan todas las pérdidas eléctricas o mermas que ocurren en cada componente del sistema y,

- b) Pérdidas no técnicas (administrativas) que son aquellas que ocurren por otras causas.

1.1.3. PROBLEMA ESPECÍFICO

- ¿Será posible determinar las pérdidas eléctricas del alimentador 101 del servicio eléctrico de Puno del año 2015?
- ¿Será posible realizar un plan de control para disminución de las pérdidas de energía en todo el Servicio Eléctrico Puno dentro de la concesión de Electro Puno S.A.A.?

1.2. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.2.1. OBJETIVO GENERAL

Establecer criterios para el planteamiento de alternativas de solución para el control y disminución de pérdidas de energía eléctrica dentro del servicio eléctrico de Puno – alimentador 101 de la Concesión eléctrica de Electro Puno S.A.A.

1.2.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Determinar las pérdidas eléctricas en el alimentador 101 del servicio eléctrico de Puno correspondiente al año 2015.
- Desarrollar un Plan de control para la disminución de pérdidas.

CAPITULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. MARCO TEORICO

Este trabajo pretende proporcionar a la empresa Regional ELECTROPUNO S.A.A., una visión para conocer el estado del sistema de distribución y la reducción de pérdidas de energía que permitan atacar, de manera sistemática, el problema de las pérdidas de energía eléctrica, cuyos efectos aquejan, en menor o mayor grado dependiendo del trato y la preocupación a este tema tan delicado dentro de muchas empresas eléctricas tanto del país como en muchas de los países de Latinoamérica.

El estudio presenta en forma general el problema de pérdidas eléctricas, a partir de variables de energía dentro de un sistema en estudio, con un diagnóstico inicial, para de esta manera establecer causas que producen las pérdidas, para luego realizar una evaluación cuantitativa y control.

Una empresa positiva de distribución es aquella que tiene una excelente política de expansión y una operación acertada de sus sistemas eléctricos. El estudio de pérdidas de energía eléctrica es un concepto moderno para la optimización de las distribuidoras, con planeamiento energético en el que se toma en cuenta la conservación de la energía desde la alimentación de energía en la cabecera hasta el consumidor final (clientes), así mismo como la búsqueda de metodología que permitan reducir la diferencia de energía entre la cabecera hasta el final de cada circuito del sistema. Tomando en cuenta que en los países industrializados las pérdidas no técnicas son casi nulas y las pérdidas técnicas

alcanzan un bajo porcentaje, es preciso establecer un programa de pérdidas comprendiendo dos procesos:

La reducción: Programa temporal en el cual se trata de eliminar las pérdidas no técnicas y reducir las técnicas, manteniendo la generación de los “índices sectorizados de pérdidas” en cada uno de los subsistemas y componentes del mismo, con sus diferentes causas.

El Control: Dado que un programa exitoso de reducción de pérdidas debe terminar cuando ha logrado su objetivo, es preciso mantener los logros con acciones que deben ser desarrolladas por los departamentos permanentes de la empresa.

Las pérdidas totales se calculan del balance de energía del sistema. La precisión y exactitud en el balance de la energía y valor de las pérdidas depende de la fidelidad de las mediciones y las lecturas, para lo cual a fin de establecer estas condiciones se efectuarán balances mensuales para el último año es decir de los últimos 12 meses, con lo que se denomina “promedio móvil”.

Los índices sectorizados de pérdidas, dentro de los sistemas de distribución, de los sistemas y subsistemas, elemento por elemento, permiten diferenciar aquellos que más pérdidas eléctricas producen.

Las pérdidas en los sistemas de distribución representan las diferencias entre la medida de las cantidades de energía suministrada en un período de tiempo determinado o establecido para el estudio, y la energía registrada por la empresa distribuidora en el mismo período.

2.2. SISTEMA ELECTRICO

Sistemas de subtransmision: Electro Puno S.A.A. cuenta con líneas de Sub-transmisión de 60 kV, en una extensión de 350.72km ubicados en los tramos de Juliaca - Puno y Puno – Ilave – Pomata.

Tabla 1; SISTEMAS DE SUBTRANSMISION ELECTROPUNO S.A.A.

Item	Código	Barra inicio	Barra fin	Tensión (kv)	Longitud (km)
1	L-0639	Puno	Bellavista	60	2.95

2	L-0638	Puno	Pomata	60	103.50
3	L-6002	Juliaca	Bellavista	60	37.50
4	L-6021	Azangaro	Antauta	60	83.80
5	L-6024	Azangaro	Putina	60	39.85
6	L-6025	Putina	Ananea	60	49.38
7	L-6026	Putina	Huancané	60	33.74
					350.32

FUENTE: ELPU Gerencia de Operaciones

SISTEMAS DE GENERACIÓN

Electro Puno S.A.A. opera con 3 grupos hidráulicos (dos de 1.20 MW), instalados en la Central Hidroeléctrica de Chijisia, Provincia de Sandia.

A diciembre 2015 se encontró el “Grupo 3” inoperativo por problemas de mantenimiento.

SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN

Así mismo se cuenta con cuatro centros de transformación de potencia: Uno de 60/10kV; tres de 60/22,9kV. Estos centros de transformación se encuentran ubicados en Puno, Ilave, Pomata y Antauta respectivamente.

Además, la Empresa cuenta con 7 341 transformadores de distribución, 10 957,03 km de redes primarias y 12 985 km en redes secundarias, calificadas en los sectores típicos 2, 3 y 4 cuyo detalle se muestra en el cuadro siguiente:

Tabla 2: LONGITUD DE REDES.

Longitud (km)	Km de red
Elpu	10957,03
Alimentador 101	65.12

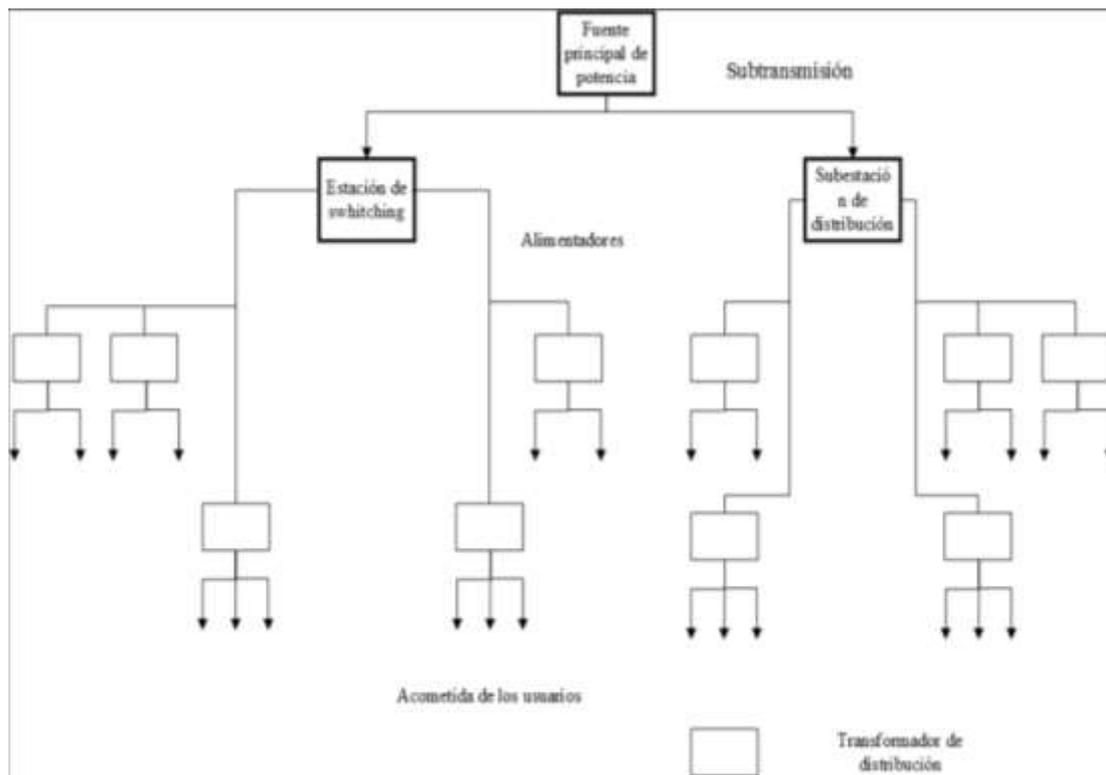
FUENTE: ELPU-Gerencia de Operaciones

2.3. LOS SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN

Los sistemas de distribución incluyen todos los elementos de transporte de energía eléctrica comprendidos entre las subestaciones primarias, donde la transmisión de potencia se reduce a niveles de distribución, y las reducciones de voltaje en los clientes.

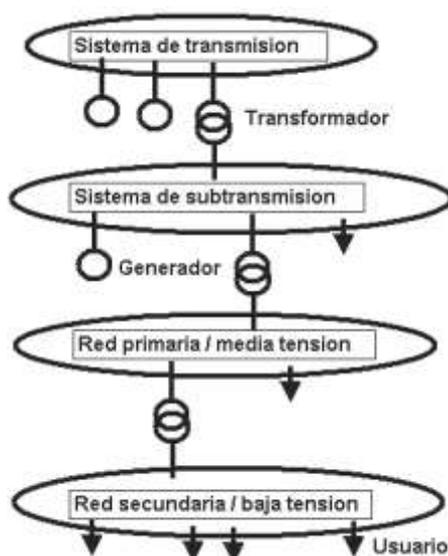
Un sistema de distribución normal consta de: redes de subtransmisión, subestaciones de distribución, que transforman la energía a una tensión más baja, adecuada para la distribución local, alimentadores o feeders, los cuales alimentan un área bien definida; estaciones de transformación de distribución, montada en postes o cámaras subterráneas, para de esta manera transformar la energía a la tensión de los usuarios finales (Ilustración 1).

Ilustración 1: Sistema de distribución



Luego se tienen las redes de distribución de baja tensión que transportan la energía a lo largo de las calles y por acometidas desde las redes de baja tensión a los empalmes de los usuarios.

Ilustración 2: Componentes de sistema de distribución



2.4. COMPONENTES DE UN SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN

En todo sistema de distribución suelen encontrarse los siguientes elementos: alimentadores, transformadores, líneas y cables, capacitores o condensadores y equipos de protección.

2.5. DEFINICIONES BÁSICAS

Para la realización de la evaluación de pérdidas en el sistema se debe tener una base teórica de los siguientes conceptos:

a) DIAGRAMA UNIFILAR

Es considerada una representación de un sistema, que resulta de la simplificación de un sistema trifásico equilibrado a un circuito monofásico, que esta conformado por tres líneas y un neutro de retorno.

b) CARGABILIDAD Y CARGA DE LOS CONDUCTORES

La cargabilidad es la capacidad de conducción del conductor y usualmente se establece igual al límite térmico. La carga es el nivel de corriente que tiene en un momento dado.

El conductor puede ser cargado hasta un límite en condiciones normales y otro superior para a condiciones críticas o de emergencia.

Cuando el conductor se encuentra en condiciones normales su carga depende de los criterios que la empresa adopta para dejar margen suficiente para transferencias de carga entre alimentadores, ese margen de seguridad permite evitar sobrecargas y está por debajo del 100% de la cargabilidad.

Un marco de estado crítico significa que, si existe una interrupción total o parcial de un alimentador primario, ya sea por sobrecargas, cortocircuitos, u otros, es necesario manejar la carga mediante transferencias, para lo cual es aceptable llegar al 100% de la cargabilidad de las líneas.

c) CARGA INSTALADA

La capacidad instalada es la suma de las potencias nominales (datos de placa) de cada uno de los transformadores.

d) DEMANDA

La demanda de un sistema es el promedio de potencia requerido por una carga durante un determinado intervalo de tiempo, denominado intervalo de demanda, la demanda se expresa en kilovatio.

Si la demanda se expresa en kW (que es lo común) entonces:

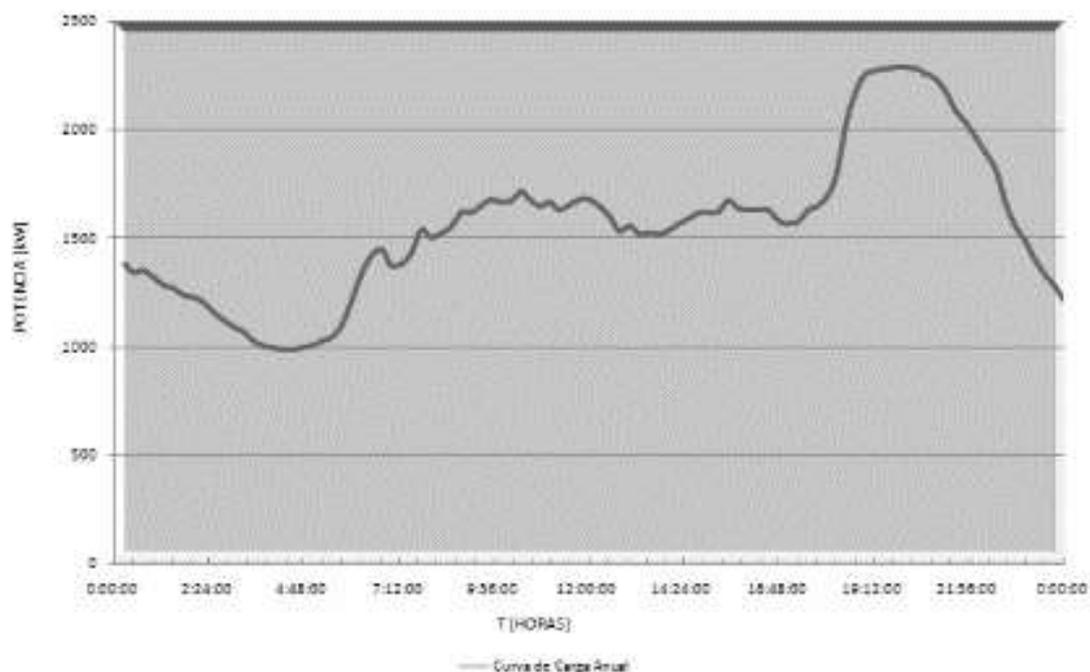
$$D = \frac{\text{Energía (kWh)}}{T \text{ (horas)}} = \frac{EC}{T} \quad (\text{kw}) \quad (\text{Ec. 1})$$

e) CURVA DE CARGA

La curva de carga es el valor que toma la demanda eléctrica en cada intervalo, no se debe representar la curva de carga con potencias instantáneas.

La curva representa gráficamente la variación de la carga en periodos de tiempo determinados. Con pocas excepciones la carga será variable hora a hora, día a día, como se presenta a continuación:

Ilustración 3: Curva de carga actual de alimentador 101 del año 2015



La carga pico es de especial importancia debido a que es la máxima solicitud de demanda que debe ser entregada del sistema.

f) COINCIDENCIA DE PICOS (DEMANDA MÁXIMA)

Debido a que no todas las cargas de los usuarios son al mismo tiempo, las consecuencias son:

- Las argas picos en diferentes partes del sistema se dan a diferentes tiempos.
- La carga pico de un grupo de cargas será siempre menor que la suamde las cargas pico individuales.

g) FACTOR DE DEMANDA

El factor de demanda es la relación entre la máxima demanda de un sistema y la carga instalada en el sistema.

$$F_{\text{demanda}} = \frac{D_{\text{máx}}}{\sum C_i} \quad (\text{Ec. 2})$$

h) FACTOR DE CARGA

El factor de carga es la relación entre la carga promedio y la carga de pico en un periodo especificado.

Mide de alguna manera, el grado de utilización de la instalación.

$$F_{\text{carga}} = \frac{P_{\text{media}}}{P_{\text{maxima}}} \quad (\text{Ec. 3})$$

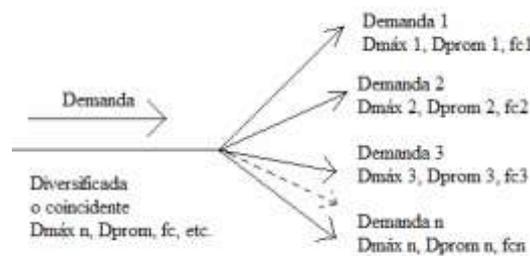
i) FACTOR DE DIVERSIDAD

El factor de diversidad es la relación de la suma de las máximas demandas individuales de varias partes de un sistema en este caso del alimentador en estudio y la máxima demanda del sistema.

Siendo D_i máxima demanda individual de la carga i .

$$F_{\text{diversidad}} = \frac{\sum D_i}{D_{\text{max}}} \quad (\text{Ec. 4})$$

Ilustración 4: Demanda Diversificada



j) RELACIÓN DE PÉRDIDAS DE ENERGÍA A PÉRDIDAS DE POTENCIA.

El factor de pérdidas es la relación entre las perdidas promedio y las pérdidas que corresponden al pico en un lapso especificado.

$$F_{\text{per}} = \frac{\text{Pérdidas de energía en una instalación}}{\text{Pérdidas a demanda máxima}} \quad (\text{Ec. 5})$$

k) FACTOR DE UTILIZACIÓN

El factor de utilización es a relación entre la máxima demanda de un sistema y la capacidad nominal del sistema (o de un elemento).

$$F_{\text{utilización}} = \frac{D_{\text{max}}}{C_o} \quad (\text{Ec. 6})$$

l) FACTOR DE COINCIDENCIA

Factor de coincidencia es a inversa del factor de diversidad.

m) FACTOR DE POTENCIA

Se define como la relación de la potencia activa usada en un circuito, expresada en vatios o kilovatios (Kw), a la potencia aparente que se obtiene de las líneas de alimentación, expresada en volamperios o kilovolamperios (Kva).

$$F_p = \cos \phi = \frac{P}{S} \quad (\text{Ec. 7})$$

El factor de potencia, también denominado, $\cos \phi$, en realidad es la relación, entre la potencia activa, y la total existente, en la instalación, que se denomina aparente, y es la que factura, la empresa.

El factor de potencia es muy importante debido a que si este es muy bajo disminuye la calidad del servicio eléctrico. Existe un factor de potencia cuando hay la potencia reactiva, que no produce trabajo, sólo es necesaria para producir flujo electromagnético en equipos como motores, transformadores, etc. En sectores donde existen industrias con gran número de motores y máquinas de alto consumo, estos requieren gran cantidad de reactivos y por consecuencia tienen bajo factor de potencia, y aumento en la intensidad de corriente, pérdidas en conductores y caídas de tensión, y aumentos en las facturas por consumo de electricidad.

2.6. PÉRDIDAS DE ENERGÍA ELÉCTRICA

Las pérdidas de energía eléctrica vienen dadas por diferentes circunstancias.

Las pérdidas dentro de un sistema y subsistemas de distribución se pueden evaluar mediante diferentes procedimientos de estimación para lo cual se debe tener en cuenta lo siguiente:

- Diagramas de topologías de las redes primarias y secundarias del sistema.
- Calibre de los conductores involucrados
- Dispositivos de protección dentro de la topología del estudio
- Guías de los circuitos dentro del alimentador

- Rutas de cada circuito
- Información de los transformadores de distribución

Información de la carga dentro del sistema

- Datos de demanda de energía
- Datos de energía de los transformadores de distribución.

2.6.1. VISIÓN DE ESTUDIO DE PÉRDIDAS

Para una visión del problema de pérdidas en un sistema de distribución se necesita clarificar algunos conceptos acerca del sistema eléctrico existente en el momento que este se encuentra conformado por componentes tanto de manera física y ordenada para las determinadas tareas que este sistema asigna para cada componente, un sistema de distribución a más de sus componentes físicos tienen su grupo humano para operación y mantenimiento, es decir ese sistema se encuentra formado tanto por su parte física como por el recurso humano, para un desenvolvimiento correcto en la producción y administración de energía dentro de una comunidad.

Las pérdidas de energía eléctrica son un problema que hay que enfocarlo y entenderlo adecuadamente, es un problema que se presenta en mayor o menor grado en cada uno de los elementos que conforman el sistema eléctrico de estudio. Las pérdidas de energía se encuentran en varias etapas del proceso, ya sea por problemas de ineficiencia en la operación del sistema, diseño del sistema, el comportamiento futuro de los componentes y en sí, las consecuencias sobre los elementos físicos, una mala administración, una inadecuada dirección y control del sistema ocasiona pérdidas negras; o bien pueden aparecer pérdidas por combinación de las dos situaciones

Parte del estudio está destinado a tener un control y supervisión para el sistema, tanto en la toma decisiones administrativas, de procedimientos óptimos que permitan ir de la mano a la entidad eléctrica y la gente que realice el control y monitoreo, sin dejar de pensar en la calidad del servicio, para lograr bienestar y funcionamiento aceptable.

El control de la administración de una empresa distribuidora es una problemática muy común en el país; sin embargo, no es descartable la reestructuración necesaria para lograrla.

2.6.2. PÉRDIDAS DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN EMPRESAS DISTRIBUIDORAS.

Los elevados índices de pérdidas de energía en las empresas distribuidoras del Peru representan un problema que debe ser atendido de manera inmediata por cada Empresa para mejorar su gestión.

Uno de los problemas tradicionalmente más graves del sector eléctrico peruano, es el relacionado con las altas pérdidas de energía.

En este rubro se han logrado grandes avances al disminuirse continuamente las perdidas tecnicas y no Tecnicas desde 22% a 8%. Los incentivos establecidos por el regulador han permitido realizar las inversiones necesarias para mejorar. Aunque se considera que todavía existe margen de mejora, sobre todo en las empresas regionales, lo cual solo será posible logra con una mayor inversion

Las elevadas pérdidas de energía, no tienen relación con las acciones que cada distribuidora debería realizar como contribución para aliviar la crisis energética del país de los últimos años.

Las líneas más relevantes en el sistema son aquellas de mayor voltaje (220 kV y 500 kV), no sólo porque conducen electricidad a mayores distancias, sino también porque generan menores pérdidas energéticas en comparación con líneas de transmisión de menor voltaje.

Precisamente, a diciembre 2015, se observó un incremento en la longitud de las líneas de transmisión de 220 kV (8.9%) debido a la inversión realizada por la corporación Isolux para instalar una línea entre Moyobamba e Iquitos. Sin embargo, pese este aumento en la longitud de las líneas de transmisión, las pérdidas promedio registradas se incrementaron respecto al periodo anterior (3.8% a Dic.14, 7.7% a Dic.15) explicado principalmente por la sobrecarga de energía eléctrica que experimentan algunas líneas en el país.

Es claro que el mejor camino para reducir las pérdidas es a través de la ejecución de estudios que permitan conocer la incidencia y distribución de las pérdidas, en lugares donde se dan altos porcentajes particularmente donde mayor incidencia tiene que es el sistema de distribución.

Para los índices de pérdidas, durante algún tiempo se ha puesto a órdenes de las Empresas Distribuidoras algunas recomendaciones y medidas que deberían implementarse para una optimización del sistema, como son:

- Utilización de transformadores y equipos más eficientes;
- Instalar capacitores para la compensación de componentes reactivos;
- Instalar sistemas de medida modernos en subestaciones, alimentadores y otros puntos del sistema, para identificar los subsistemas con mayores pérdidas
- Mejoramiento en las herramientas de programas interactivos, para el mejoramiento de redes, mediante software necesario para la ampliación de un sistema complejo como es el de distribución, así como sus mediciones y facturaciones.
- Realizar campañas de educación y publicidad.

En este sentido, las empresas distribuidoras han diseñado e implementado programas de reducción y control de pérdidas no técnicas, siendo las principales acciones: cambio de redes aéreas de conductor desnudo por redes aéreas preensambladas, instalación de acometidas con cable anti-hurto y cajas de seguridad, cambio de medidores de tipo electromecánico por electrónicos, instalación de medidores totalizadores, entre otras.

Las pérdidas en la actualidad están convertidas en un **ÍNDICE DE GESTIÓN**, medible y cuantificable; es decir, todos los departamentos de cada una de las empresas eléctricas deben involucrarse en este tema y ser actores preponderantes en busca de alternativas para la reducción de pérdidas técnicas y no técnicas.

Las pérdidas en las empresas distribuidoras, se dan desde la operación hasta la administración de la empresa, reflejan la ineficiencia en cada uno de los procesos involucrados y tienen consecuencias en las distribuidoras pues afectan a sus ingresos económicos. El irrefrenable incremento de redes de distribución y su estructuración compleja originan problemas debido a falta de herramientas y procedimientos de administración, control e ingeniería.

Las pérdidas se originan en causas muy variadas, por lo que su estudio y análisis debe ser detallado y preciso, para obtener resultados que reflejen la realidad.

La meta establecida por ELPUNO es establecer el menor nivel de pérdidas de energía, para lo cual es necesario una mayor preocupación e incremento en la inversión para estudios de reducción y control de pérdidas.

2.7. RANKING DE PÉRDIDAS EN DISTRIBUCIÓN DEL PERÚ

En ese sentido, la tabla se observa los resultados históricos de pérdidas de energía del Perú para el año 1993, este año es particularmente especial porque es el año de inicio de las regulaciones tarifarias en las que involucra la reducción de pérdidas como una exigencia para la fijación de tarifas en los sistemas de distribución. Para entonces vemos que ELPUNO tenía 29.26% de pérdidas en distribución y con 19.78% de diferencia con respecto a las pérdidas estándares, estaba ubicada en el puesto N° 13 entre las 16 distribuidoras más grandes del Perú.

Tabla 3: RANKING DE PÉRDIDAS EN DISTRIBUCIÓN DEL PERÚ 1993

Puesto N°	Empresa de distribución Eléctrica	Pérdidas de energía		
		Estandares (%)	Reales (%)	Diferencia (%)
1	Luz del Sur	7.74	19.07	11.33
2	Ede-Chancay	7.74	19.07	11.33
3	Edelnor	7.74	19.07	11.33
4	Edecañete	7.74	19.07	11.33
5	Electrocentro	9.31	22.16	12.85
6	Electro Ucayali	9.31	22.16	12.85
	Total Perú	7.91	21.85	13.94
7	Electrosur	8.28	22.72	14.44
8	Electro Dunas	6.15	20.98	14.83
9	Sersa	8.25	23.42	15.17
10	Electro Oriente	8.25	23.42	15.17
11	Electronoroeste	8.54	24.57	16.03
12	Electro Sur Este	9.48	29.26	19.78
13	Electro Puno	9.48	29.26	19.78
14	Electronorte	9.13	29.80	20.67
15	Seal	8.31	29.34	21.03
16	Hidrandina	7.49	31.95	24.46

Fuente: Osinergmin

Con el paso de los años se observa que ELPUNO reduce sus pérdidas de 29.26% a 14.68%, sin embargo, comparado el resultado con las demás distribuidoras tal como se

observa en el Cuadro para el año 2000, se mantiene en el puesto 13, con una diferencia de 7.33% en relación a las pérdidas reconocidas.

Tabla 4: RANKING DE PÉRDIDAS EN DISTRIBUCIÓN DEL PERÚ 2000

Puesto N°	Empresa de distribución Eléctrica	Pérdidas de energía		
		Estandares (%)	Reales (%)	Diferencia (%)
1	Electrocentro	9.10	8.41	-0.69
2	Luz del Sur	7.36	8.17	0.81
3	Ede-Chancay	6.34	7.86	1.53
4	Edelnor	6.70	9.29	2.59
	Total Perú	7.12	10.31	3.19
5	Edecañete	5.49	8.86	3.37
6	Electrosur	7.71	11.83	4.12
7	Electronoroeste	6.25	10.86	4.61
8	Electro Sur Este	9.43	14.44	5.01
9	Electro Dunas	5.53	10.80	5.27
10	Hidrandina	6.93	12.66	5.73
11	Electronorte	8.19	13.97	5.79
12	Electro Ucayali	6.22	12.11	5.89
13	Electro Puno	7.36	14.68	7.33
14	Sersa	9.56	17.26	7.70
15	Seal	8.31	29.34	21.03
16	Hidrandina	7.49	31.95	24.46

Fuente: Osinergmin

Continuando con el análisis, se ve que ELPUNO reduce sus pérdidas para el año 2005 a un nivel 12.21 %, pero aún se mantiene en el puesto N°13, lo que indica que la velocidad para reducir las pérdidas ha sido mayor en las otras distribuidoras.

Tabla 5: RANKING DE PÉRDIDAS EN DISTRIBUCIÓN DEL PERÚ 2005

Puesto N°	Empresa de distribución Eléctrica	Pérdidas de energía		
		Estandares (%)	Reales (%)	Diferencia (%)
1	Luz del Sur	7.16	6.33	-0.84
2	Electrocentro	9.08	8.86	-0.23
3	Electronorte	7.72	9.14	1.42
4	Electrosur	7.35	8.89	1.54
	Total Perú	6.95	8.63	1.67
5	Edelnor	6.70	9.00	2.30
6	Ede-Chancay	6.70	9.00	2.30
7	Electro Ucayali	6.18	8.56	2.38
8	Hidrandina	7.08	10.12	3.04
9	Edecañete	5.17	8.85	3.68
10	Electro Sur Este	8.85	12.74	3.89
11	Electro Oriente	7.22	11.28	4.06

12	Electronoroeste	5.75	9.86	4.11
13	Electro Puno	7.93	12.21	4.28
14	Seal	7.33	12.18	4.85
15	Sersa	9.79	16.49	6.71
16	Electro Dunas	4.75	12.28	7.52

Fuente: Osinergmin

Luego de 7 años ELPU mejora su nivel de pérdidas llegando a su mejor momento con 10.90% y se ubica en el 9 lugar en el ranking del año 2012, con una diferencia de 2.49% con respecto a las pérdidas estándares. Este año fue se logró la mejor performance histórica de ELPU, tal como se puede observar en el Cuadro:

Tabla 6: RANKING DE PÉRDIDAS EN DISTRIBUCIÓN DEL PERÚ 2012

Puesto N°	Empresa de distribución Eléctrica	Pérdidas de energía		
		Estandares (%)	Reales (%)	Diferencia (%)
1	Luz del Sur	6.56	5.73	-0.83
2	Electrosur	7.36	7.78	0.42
3	Seal	7.34	8.08	0.74
4	Edelnor	6.49	7.37	0.88
5	Ede-Chancay	6.49	7.37	0.88
	Total Perú	6.64	7.89	1.24
6	Electrocentro	9.60	11.01	1.41
7	Sersa	10.26	11.91	1.65
8	Electro Oriente	7.35	9.74	2.40
9	Electro Puno	8.41	10.90	2.49
10	Electro Dunas	5.41	8.03	2.62
11	Electro Sur Este	9.05	12.12	3.07
12	Electronorte	7.26	11.44	4.18
13	Hidrandina	6.78	10.96	4.19
14	Edecañete	7.45	12.02	4.57
15	Electro Ucayali	6.69	11.86	5.16
16	Electronoroeste	5.52	11.05	5.53

Fuente: Osinergmin

Según el informe de pérdidas publicado por OSINERGMIN, correspondiente al año 2014, ELPU incrementa sus pérdidas a 11.7% con una diferencia de 4.6% de las reconocidas, y baja al puesto N° 14 del ranking, tal como se puede observar en la siguiente tabla:

Tabla 7: RANKING DE PÉRDIDAS EN DISTRIBUCIÓN DEL PERÚ 2014

Puesto N°	Empresa de distribución Eléctrica	Pérdidas de energía		
		Estandares (%)	Reales (%)	Diferencia (%)

1	Luz del Sur	5.9%	5.2%	-0.7%
2	Edelnor	6.0%	6.7%	0.7%
3	Ede-Chancay	6.0%	6.7%	0.7%
4	Electrocentro	8.0%	9.0%	1.0%
	Total Perú	6.0%	7.2%	1.2%
5	Seal	6.6%	8.0%	1.4%
6	Electrosur	6.7%	9.0%	2.3%
7	Electronorte	6.4%	9.1%	2.7%
8	Electro Oriente	6.9%	9.8%	2.9%
9	Hidrandina	6.0%	9.0%	3.0%
10	Electro Dunas	4.9%	8.3%	3.4%
11	Sersa	8.1%	12.2%	4.1%
12	Electro Sur Este	7.9%	12.3%	4.3%
13	Electronoroeste	4.9%	9.4%	4.5%
14	Electro Puno	7.1%	11.7%	4.6%
15	Edecañete	6.4%	11.1%	4.7%
16	Electro Ucayali	6.1%	12.7%	6.6%

Fuente: Osinergmin

En conclusión, ELPUNO siempre ha tenido problemas con las pérdidas de energía, que es un problema complejo y aun cuando se han desplegado grandes esfuerzos no se ha podido reducir las pérdidas a nivel estándar.

2.7.1. ANTECEDENTES Y CARACTERÍSTICAS FUNDAMENTALES DE LAS PÉRDIDAS DE ENERGÍA.

Previo a un detalle acerca de la evolución de pérdidas de energía de una empresa distribuidora, es adecuado realizar una revisión de los grupos de pérdidas.

Las pérdidas técnicas de energía, son características propias de cualquier sistema, no existe un sistema perfecto que no posea pérdidas de este tipo, son aquellas que se desarrollan a lo largo de los componentes del sistema, y que son consecuencia de parámetros de diseño y operativos de un sistema, en cambio que las pérdidas negras o bien llamadas pérdidas no técnicas son pérdidas que pueden ser reducidos a nivel casi nulos, estas pérdidas que son por errores de medición, facturación, hurto, etc., son consideradas como pérdidas que pueden ser controladas.

La necesaria intervención para la reducción de pérdidas de energía, implica la recuperación de ingresos no percibidos, y también la posibilidad de utilizar estos ingresos que antes no pudieron ser recuperados para después ser utilizados en otros proyectos e

inclusive para programas de pérdidas es decir pasando a formar programas autofinanciados.

2.7.2. INFLUENCIAS Y CONSECUENCIAS DE LAS PÉRDIDAS DE ENERGÍA ELÉCTRICA.

Las pérdidas de energía eléctrica son un problema que puede ser controlado si la empresa distribuidora de energía toma acciones decididas. Las influencias y consecuencias de las pérdidas de energía eléctrica que usualmente se detallan de la siguiente manera:

2.7.2.1. FACTORES INFLUYENTES DE LAS PÉRDIDAS DE ENERGÍA EN LA GESTIÓN DE LA EMPRESA

El valor de las pérdidas de energía es uno de los indicadores de la gestión técnico-administrativa de la empresa. Por la cual es imprescindible conocer y evaluar la incidencia de las mismas en todas las etapas de la distribución de energía hasta la entrega al usuario. Es posible establecer criterios y políticas que conlleven a un control de forma permanente de las mismas y con ellos reducirlas a valores mínimos, mediante un plan de reducción sólido.

La falta de control de las pérdidas de energía tiene los siguientes efectos sobre la gestión empresarial:

- Produce cortocircuitos y sobrecargas en las redes e instalaciones, lo que provoca en la empresa inversiones altas así mismo como extensiones de proyectos sobredimensionadas con el propósito de soportar los excesivos incrementos de consumos, y,
- Origina una pérdida de ingresos por los consumos no facturados.

En la actualidad, en las empresas distribuidoras los proyectos aplicados para la reducción de pérdidas son proyectos que normalmente no llegan a ejecutarse por falta de recursos financieros, pero debido al constante incremento de la demanda, es necesaria una solución contra un índice negativo para la distribuidora.

El problema de no ejecutar los proyectos y planes de reducción de pérdidas, produce en el personal de la empresa un sentido de frustración que con el tiempo se traduce en indiferencia.

Este problema dentro del personal de la empresa, lleva al personal a diferentes situaciones negativas para la empresa como las siguientes:

- Un sentimiento de impotencia para el control y supervisión;
- Ocultación de acciones ilegales ya sea por propio lucro o por terceros; y,
- Descuido de supervisión permanente ocasionando pérdidas económicas en contra de la empresa distribuidora.

2.7.2.2. CAMPO SOCIAL Y DE LA SEGURIDAD

La crisis económica por la que actualmente atraviesa nuestro país, la crisis política que como factor directo afecta a la economía del país, la falta de inversión extranjera, el alto costo de cada kilovatio hora debido a la falta de nuevos proyectos de generación de energía y por ende la falta de fuentes de trabajo, son factores que han llevado a que el incremento de las pérdidas de energía eléctrica este fuertemente relacionado con el empobrecimiento generalizado de los usuarios de ingresos medios y bajos.

Todos estos factores antes mencionados han generado dentro de la comunidad el incentivo negativo de encontrar nuevas o formas tradicionales para apropiarse en forma indebida de la energía eléctrica, estableciendo de esta manera agresiones hacia las redes de distribución e instalaciones incrementando los índices de pérdidas.

La apropiación ilegal de la energía eléctrica, genera otro tipo de acciones que incita a los usuarios que cumplen normalmente sus pagos y son los siguientes:

- Por el aumento de usuarios ilegales se inicia un proceso de apropiamiento en forma indebida y gratuita de la energía a fin de evadir los registros reales generalizándose así esta situación;
- Al corte de energía por parte de la empresa distribuidora debido a la falta de pago de las planillas de facturación;

Este tipo de problemas, normalmente se atribuyen sólo a las áreas marginales de las ciudades sin tomar en cuenta que pequeñas irregularidades en clientes de altos consumos significan volúmenes de energía no registrada que pueden ser muy importantes.

2.7.2.3. CAMPO ÉTICO Y MORAL

El robo de energía eléctrica a través de conexiones directas sin registro en la empresa y la alteración mañosa de las mediciones para obtener registros fraudulentos, realizado en forma indiscriminada y con una alta impunidad, producen efectos económicos negativos sobre los ingresos de las empresas lo cual constituye una fuerte incidencia sobre la moral y la ética de la población.

Por las diferentes zonas de ubicación en una población, hasta pudiera ser comprensible que a las zonas periféricas los habitantes de escasos recursos económicos traten de apropiarse de la energía eléctrica sin pagarla a fin de tener un poco de confort elemental.

Pero el robo de energía no solo tiene lugar en los usuarios masivos sino también en las propias industrias y comercio, donde la modalidad característica del ilícito consiste en el manipuleo de los sistemas de medición, es decir, una intervención ilícita técnicamente más calificada, la degradación ética-moral es mas injustificable dado que persigue fines de lucro, fomentando la competencia desleal y la evasión fiscal que repercute luego sobre toda la sociedad; y como ha quedado señalado puede tener montos más importantes que en los pequeños consumos. Además, se trata de personas de influencia que resultan intocables para ser puestas en orden.

2.7.3. ESTUDIOS REALIZADOS POR ELPY RESPECTO A LA EVALUACIÓN DE PÉRDIDAS

Los estudios de pérdidas dentro de la Empresa ELPY no han sido muchos y se han desarrollado con el objetivo de reducir los niveles de pérdidas.

Se realizó el Estudio de nivel de expediente técnico para la discriminación de pérdidas de energía eléctrica a nivel de concesión elaborado por el consorcio GAPEL TyT- HEXA – JORGE CHAVEZ que tenía como objetivo cuantificar las pérdidas técnicas a nivel del sistema de Distribución de la Empresa Eléctrica ELPY, en base a estudios y metodologías establecidas por organismos nacionales e internacionales, encargados de realizar estos estudios y programas, y así establecer alternativas de reducción para mediano y largo plazo.

2.7.4. ESTIMACION DE PÉRDIDAS

La evaluación de pérdidas de energía en un periodo se hace mediante la energía suministrada y la energía facturada

$$\text{Pérdidas de energía} = \text{Energía suministrada} - \text{Energía facturada}(\text{kwh}) \quad (\text{Ec. 8})$$

Eso tiene dos comentarios:

- La diferencia entre la energía suministrada y la energía facturada incluye pérdidas técnicas y no técnicas.
- Las lecturas de los aparatos de medición no se realizan al mismo tiempo por lo se presentan desfases de tiempo entre ellos.
- Estimación de pérdidas de potencia

Es necesario el cálculo de pérdidas de potencia dentro del sistema para calcular posteriormente las pérdidas de energía

Mediante flujos de carga se obtiene información de tensión y ángulo en diferentes puntos del sistema, esto sirve para la estimación de pérdidas de potencia. Para esto puede utilizarse cualquiera de las dos metodologías siguientes:

Primera forma de cálculo:

Calcular las corrientes que circulan por los diferentes componentes con la siguiente EC.

$$I_k = \frac{V_i - V_j}{Z_k} \quad (\text{A}) \quad (\text{Ec. 9})$$

Donde:

I_k : Corriente que circula por el elemento (k) conectado entre los puntos i-j.

Z_k : Impedancia del elemento k, $Z_k = R_k + jX_k$

Obtenidas las corrientes a continuación se calculan las pérdidas

$$P_{Lk} = R_k \times I_k^2$$

P_{Lk} : Pérdidas (W) en el elemento k

Las pérdidas totales son la sumatoria de todos los elementos k y adicionándole las pérdidas que son independientes a la demanda (pérdidas en vacío de los elementos, efecto corona), así:

$$P_L = \sum_{k=1}^N P_{Lk} P_L^v \quad (\text{KWh}) \quad (\text{Ec. 10})$$

Donde:

N : Número de elementos

P_L^v : Pérdidas independientes de la demanda (kwh)

Segunda forma de cálculo

Calcular la potencia activa suministrada por el sistema.

Las pérdidas están dadas por:

$$P_L = P_S - \left(\sum_{k=1}^M P_{Dk} + P_L^v \right) \quad (\text{KWh}) \quad (\text{Ec. 11})$$

Donde:

P_S : Potencia activa suministrada por el sistema (kw)

P_{Dk} : Demanda en el punto k (kwh).

M : número de puntos de demanda.

2.7.5. CÁLCULO DE PÉRDIDAS DE ENERGÍA

Este valor se puede calcular si se conoce el valor de la demanda en cada intervalo, en los diferentes puntos del sistema. Se calcula el valor de las pérdidas en cada intervalo de demanda.

Con los valores de pérdidas de potencia y para cada período se puede calcular sus pérdidas de energía:

$$L = \sum_{k=1}^N P_{Lk} \Delta T_k \quad (\text{KWh}) \quad (\text{Ec. 12})$$

Donde:

L : Pérdidas de energía (kwh).

P_{Lk} : Pérdidas de potencia promedio del sistema en el intervalo k (W).

N : Número de intervalos en que se ha dividido el tiempo de estudio.

ΔT_k : Intervalo de tiempo (h)

Debido a que las mediciones del estudio se deberían hacer simultáneamente y eso conlleva por lo general, costos muy elevados por la necesidad de equipo de medición y tiempo requerido en la recolección de información, se utiliza un método estadístico que permite evaluar las pérdidas en la demanda máxima y mediante procedimientos conocidos se calcula el valor de las pérdidas durante el periodo de estudio así:

REALIZANDO ESTUDIOS DE FLUJOS DE CARGA

Se realiza un estudio de flujo de carga para la máxima solicitud al sistema (demanda máxima) para encontrar las pérdidas de potencia para esa condición.

Con el dato de pérdidas de potencia para la demanda máxima se puede encontrar las pérdidas para cualquier otro intervalo de demanda en una curva de carga, mensual ó anual, empleando el procedimiento descrito. Conociendo las pérdidas en todos los intervalos de la curva de carga se puede calcular las pérdidas de energía.

Las pérdidas en vacío de los transformadores y las debidas al efecto corona se pueden calcular de forma separada. En resumen, el proceso es:

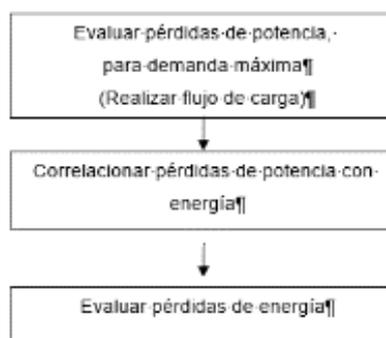
- Utilizar flujos de carga para evaluar las pérdidas
- Calcular las pérdidas para cada intervalo
- Evaluar las pérdidas de potencia en vacío para los transformadores

UTILIZACIÓN DE FACTORES DE PÉRDIDAS

Las pérdidas de energía se calculan con el procedimiento señalado antes para los elementos donde se realizaron registros de carga se dispone de la curva de carga; para los

demás, es necesario utilizar factores de pérdidas de muestras representativas.

Ilustración 5: Evaluación de Pérdidas de Energía



2.8. CLASIFICACIÓN DE LAS PÉRDIDAS DE ENERGÍA ELÉCTRICA

Una de las principales preocupaciones de una empresa eléctrica debe ser la evaluación del nivel de pérdidas en su área de concesión, en todos los subsistemas y componentes: subtransmisión, redes de distribución primaria, transformadores, redes de distribución secundaria, alumbrado público y sistema de medición, de forma que se puedan definir y establecer los mecanismos necesarios para su reducción. En vista de que el valor de las pérdidas de energía es uno de los indicadores de la gestión técnico-administrativa de las empresas eléctricas, es conveniente determinar la cantidad de energía (MWh) que se pierde.

En un sistema eléctrico normalmente se identifican dos tipos de pérdidas que son las técnicas y las no técnicas, que de una manera general se presentan a continuación.

- Pérdidas Técnicas o físicas.
- Pérdidas No Técnicas o Comerciales.

En un sistema de distribución eléctrica se tiene innegablemente pérdidas técnicas debido a que no existe un sistema ideal sin pérdidas de ninguna índole, sino al contrario, los subsistemas poseen estos márgenes de pérdidas, pero si estos valores son excesivos, significa que no existe suficiente ingeniería por parte de la Empresa Distribuidora y se encuentra en condiciones incorrectas, y por tanto resultados negativos para la comunidad en general.

Una empresa distribuidora, posee pérdidas técnicas dentro de un margen, establecido por un organismo regulador como es el OSINERGMIN, el cual establece índices, como normativas para las empresas, sin embargo, cada empresa sabe que las pérdidas técnicas son el reflejo del trabajo de ingeniería desarrollado en la entidad

para la operación y diseño del sistema y deberían provocar que la entidad tome decisiones y cambios dentro de ella.

Toda pérdida de energía tiene un efecto adverso en la Empresa Distribuidora. Debido a ellas la empresa se encuentra obligada ya sea a comprar energía adicional o a establecer nuevas normas para satisfacer la demanda, con lo cual se incrementan los costos.

Las pérdidas no técnicas son consecuencias de deficiencias en la parte administrativa de la empresa distribuidora, en la cual están involucrados procesos internos, desde contables hasta políticas establecidas.

La magnitud de las pérdidas no técnicas dentro de un subsistema es un parámetro que la empresa distribuidora tiene que controlar, ya sea con mayor revisión de conexiones ilegales, mediciones precisas de consumos en los medidores de energía de los usuarios, control y verificación de las lecturas de contadores de energía, así como el proceso de ingreso a la base datos, actualización de los listados de los clientes registrados al sistema y sus categorías tarifarias, a fin de reducir este tipo de pérdidas, hasta desaparecerlas.

En general las pérdidas son una sombra oscura para cualquier empresa distribuidora, por tal razón necesitan reducir sus índices. La empresa debe realizar diferentes pasos para un estudio adecuado de sus pérdidas, primero un diagnóstico completo de la situación actual por la que pasa la Entidad, relacionar este diagnóstico con índices históricos de años anteriores de la Empresa, para buscar alternativas y establecer metas para la reducción de éste índice, para esto es necesario establecer sus causas y sus posibles soluciones.

Los estudios realizados anteriormente para la reducción de pérdidas de energía en un sistema de distribución estuvieron limitados en una parte a la confiabilidad de su información. En este estudio se ha procurado que la información sea precisa y confiable debido a los equipos que actualmente se utilizan, es decir los datos disponibles vienen de una estadística completa y confiable, para permitir una evaluación correcta del estado del sistema para producir resultados positivos con el estudio.

Las pérdidas de energía en su clasificación se pueden resumir en cuadro como el siguiente:

Ilustración 6: Clasificación de pérdidas

PÉRDIDAS TÉCNICAS	PÉRDIDAS NO TÉCNICAS
<ul style="list-style-type: none"> •SUBESTACIONES •LINEAS DE TRANSMISIÓN. •LINEAS DE SUB TRANSMISIÓN. •TRANSFORMADORES DE SUBESTACIONES. •TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCIÓN 	<ul style="list-style-type: none"> •HURTO. •ALTERACIONES DE SISTEMAS DE MEDICIÓN. •CONSUMO DE USUARIOS NO REGISTRADOS. •ERRORES EL LECTURA DE MEDIDORES. •CLIENTES SIN MEDIDORES. •ERRORES EN ESTIMACIÓN DE ENERGÍA. •ERRORES EN EL PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN.

Elaboración: Propia

Entre las pérdidas técnicas y las no técnicas se tiene una diferencia fundamental que a continuación se expone.

- Las pérdidas técnicas representan una verdadera pérdida de energía desde el punto de vista físico; es energía que no puede ser utilizada de ninguna manera y cualquier medida que permita reducirla representa un beneficio para el sistema.
- Las pérdidas no técnicas por otra parte representan la energía que está siendo utilizada para algún fin, pero por la cual la empresa no recibe pago alguno. Para las finanzas de la empresa esto es un perjuicio, que generalmente es transferido parcial o totalmente a los clientes que si pagan por el servicio de energía eléctrica.

2.9. PÉRDIDAS TÉCNICAS

El conjunto de pérdidas eléctricas debidas a fenómenos físicos dentro de los elementos son denominadas pérdidas técnicas.

Las pérdidas técnicas constituyen la energía que se disipa y que no puede ser aprovechada de ninguna manera, pero que sin embargo puede ser reducida a valores aceptables según planes establecidos para dicho efecto. Las pérdidas técnicas se presentan principalmente por la resistencia de los conductores que transportan la energía desde los lugares de generación hasta llegar a los consumidores.

Existen las pérdidas de transmisión de alto voltaje (resistivas, skin, efecto corona) y las pérdidas en las líneas de distribución (efecto joule) dentro de las ciudades, pueblos

y áreas rurales (distribución primaria y secundaria), así como también pérdidas en los núcleos de los transformadores de las subestaciones y de distribución (pérdidas por corriente parásita e histéresis)

Pérdidas independientes de demanda: “Estas pérdidas dependen principalmente de la variación de voltaje, se presentan en los transformadores y máquinas eléctricas, se deben a las corrientes de Foucault y ciclos de histéresis producidos por las corrientes de excitación”

Pérdidas por la variación de demanda: “Son aquellas que se encuentran relacionadas con las corrientes que circulan por los elementos del sistema (efecto joule)”.¹

A partir de las curvas de carga de los componentes del sistema y las pérdidas de potencia se pueden calcular las pérdidas de energía. Para lograr esto, la información requerida es voluminosa, como se demuestra en este estudio, con lo que es posible realizar una excelente determinación de pérdidas técnicas, esta información recopila datos de descripción de red, componentes, características y especificaciones, entre otros.

Debido a los fenómenos dentro de los componentes de una red de distribución se tiene lo siguiente:

Las pérdidas según la función del componente:

Pérdidas por transporte:

- En líneas de transmisión.
- En líneas de subtransmisión.
- En circuitos de distribución primaria.
- En circuitos de distribución secundaria.

Pérdidas por transformación:

- En transmisión / subtransmisión.
- En subtransmisión / distribución.
- En transformadores de distribución.

Las pérdidas por causas:

¹ (Poveda & Mentor., 2012)

- Pérdidas por efecto corona.
- Efecto skin.
- Pérdidas por efecto joule.
- Conexiones deficientes
- Pérdidas por corrientes parásitas e histéresis

2.9.1. FACTORES QUE INCIDEN EN LAS PÉRDIDAS TÉCNICAS

De estudios realizados sobre pérdidas de energía a empresas eléctricas, se ha tenido como resultado que en la parte de distribución y concretamente la que corresponde a baja tensión es donde se tiene el mayor porcentaje de pérdidas debido a factores que influyen en estas y se muestran en el siguiente grafico:

Ilustración 7: Factores que inciden en las pérdidas técnicas



Existen diferentes causas para el incremento de pérdidas de las que se mencionan las siguientes:

a) Incremento de las pérdidas por efecto Joule

La potencia que se pierde por calentamiento está dada por la expresión I^2R donde I es la corriente total y R es la resistencia eléctrica de los equipos (bobinados de generadores y transformadores, conductores de los circuitos de distribución, etc.). Las pérdidas por efecto Joule se manifestarán en:

- Calentamiento de cables
- Calentamiento de bobinados de los transformadores de distribución, y
- Disparo sin causa aparente de los dispositivos de protección

Uno de los mayores problemas que causa el sobrecalentamiento es el deterioro irreversible del aislamiento de los conductores que, además de reducir la vida útil de los equipos, puede provocar cortos circuitos.

b) Aumento de la caída de tensión

Resultando en un insuficiente suministro de potencia a las cargas (motores, lámparas, etc.). Estas cargas sufren una reducción en su potencia de salida. Esta caída de voltaje afecta a:

- Los bobinados de los transformadores de distribución
- Los cables de alimentación, y a los
- Sistemas de protección y control

c) Incremento de la potencia aparente

Con lo que se reduce la capacidad de carga instalada en Kva en los transformadores de distribución.

La estimación de las pérdidas de potencia en un sistema es compleja debido a diferentes razones como:

- La magnitud, y diversidad de elementos del sistema
- La cantidad de datos que se necesitan
- La incertidumbre, carencia de información de algunos elementos
- La naturaleza variable de la carga

Para la estimación de las pérdidas de potencia en un subsistema se requiere la información adecuada y herramientas computacionales de análisis de redes eléctricas, en este estudio se utilizará el programa digsilent.

A partir de las pérdidas de potencia se deben calcular las pérdidas de energía. En estas descripciones intervienen la topología de la red y las características de la carga, para así lograr un planeamiento adecuado y una reducción óptima de pérdidas. Para esto se debe tener en cuenta los siguientes aspectos:

- Diagnosticar el estado del sistema eléctrico.
- Revisar normas y criterios de expansión.

- Realizar estudios computarizados apoyo del dig silent.
- Mejorar factor de potencia.
- Mejorar balance de las fases.
- Manejar la carga en los transformadores
- Estudio de carga en los clientes del sistema.

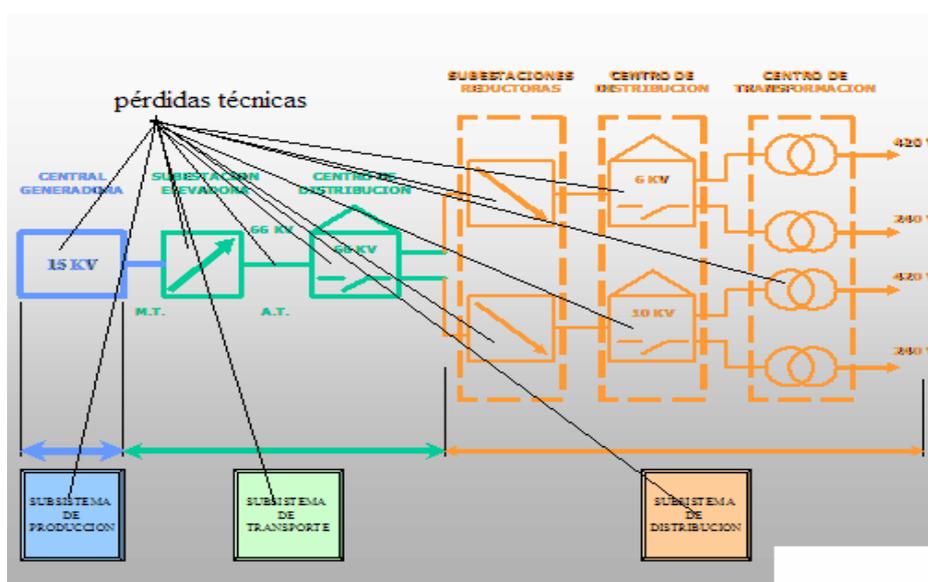
La determinación de las pérdidas técnicas en sistemas de distribución es complicada debido a la gran cantidad de información, donde su exactitud dependerá de la calidad y cantidad de información recopilada.

2.9.2. PÉRDIDAS TÉCNICAS EN SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN

Este estudio tiene como objetivo general el sistema de distribución, ya que existen varios componentes, para lo cual se hace referencia a un subsistema con componentes a estudiarse como:

- Redes primarias (Media Tensión)
- Transformadores de Distribución
- Redes Secundarias (Baja Tensión)
- Seccionamiento
- Acometidas y otros componentes

Ilustración 8: Diagrama de un Sistema Eléctrico de Potencia, en el cual se puede ver que en todos sus elementos existen pérdidas técnicas



Elaboración: Propia

Los componentes antes mencionados poseen pérdidas físicas en cada uno por lo que hay que analizarlas uno por uno para no dejar pasar ningún detalle fuera del estudio.

Las pérdidas en las redes de distribución son debidas a los fenómenos físicos dentro de sus líneas de transporte de energía, en las pérdidas mencionadas interviene la resistencia de los conductores

$$Pl = I^2 \times R \text{ (KWh)} \quad (\text{Ec. 13})$$

Pl : Son las pérdidas en la línea del sistema (W)

I : Es la corriente que circula por el conductor (A)

R : Resistencia del conductor (Ω)

2.9.3. PÉRDIDAS TÉCNICAS EN EL ALIMENTADOR PRIMARIO

Un alimentador primario es el primer componente que se encuentra a salida de una subestación, la salida se denomina como cabecera, es el inicio de un circuito que va desde la subestación hasta el usuario, en ésta se puede medir la energía de salida a demanda máxima y mínima para hacer relación con la que finaliza de la sumatoria de los usuarios pertenecientes a esta cabecera, para de esta manera obtener sus pérdidas de la diferencia de energías entregada y recibida.

Las pérdidas en un alimentador primario, están relacionadas a la resistencia de los conductores, tanto como la corriente que circulan en los mismos. Debido a que los voltajes son por bajo de los 115 kV las pérdidas producidas por el efecto Corona son muy pequeñas, por lo que se pueden despreciar.

En un alimentador primario las pérdidas de energía no son similares de uno a otro, estos dependen de muchos factores, como su topología, si estos son urbanos o rurales, la categoría de usuarios que se encuentran en el subsistema, etc.

2.9.4. PÉRDIDAS TÉCNICAS EN TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCIÓN

En un transformador, se considera que, prácticamente, la potencia del primario es igual a la del secundario. Sin embargo, sucede que un transformador no entrega en su

secundario, toda la potencia absorbida por el primario, pues ningún proceso físico se realiza sin pérdidas.

Desde luego, que existen transformadores muy eficientes, capaces de producir un rendimiento de hasta un 98 %, especialmente en unidades grandes.

La porción de energía que es absorbida por el primario y no entregada al secundario, es una pérdida.

El rendimiento de un transformador puede ser expresado en tanto por ciento y, en general, la fórmula es la que sigue:

$$\frac{Pot_salida}{Pot_entrada} \times 100 = \frac{Pot_salida}{Pot_salida+p\u00e9rdidas} \times 100 \quad (\text{KWh}) \quad (\text{Ec. 14})$$

Las pérdidas en los transformadores de distribución vienen dadas por diferentes circunstancias, pero si se tiene información horaria sobre un transformador de distribución, en el estudio se registraron los datos de potencias activa, reactiva y tensión, que permitan obtener la curva de carga horaria del transformador, para su cálculo de pérdidas es necesario obtener el cálculo de pérdidas de potencia de la siguiente manera.

Las pérdidas en los transformadores pueden dividirse en dos grupos, a saber:

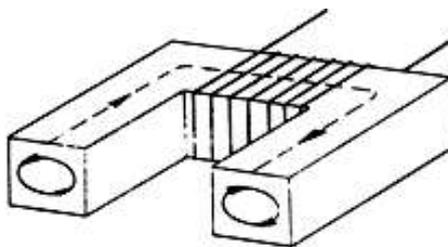
- a) Pérdidas resistivas
- b) Pérdidas en el núcleo.

2.9.4.1. PÉRDIDAS RESISTIVAS

Son debidas a la resistencia óhmica presentada por el conductor, pérdidas que se incrementan cuanto mayor es la corriente que los atraviesa, es decir dependen de la carga.

2.9.4.2. PÉRDIDAS EN EL NUCLEO

Ilustración 9: Pérdidas de potencia por corrientes de Foucault producidas en un núcleo magnético de una sola pieza.



Elaboración: Propia

Las pérdidas en el núcleo pueden subdividirse en dos partes: las pérdidas por histéresis magnética y las pérdidas por Foucault que son fijas independientes de la carga que suministre o también denominadas pérdidas en vacío. En el primer caso son debidas a que el núcleo del transformador se encuentra ubicado dentro del campo magnético generado por el mismo y, en consecuencia, se imanta. Pero, ocurre que la corriente aplicada al transformador es alterna y, por tanto, invierte constantemente su polaridad, variando con la misma frecuencia el sentido del campo magnético. Luego, las moléculas del material que forman el núcleo deben invertir en igual forma su sentido de orientación, lo cual requiere energía, que es tomada de la fuente que suministra la alimentación. Esto representa, por tanto, una pérdida.

Para la aplicación específica en el alimentador, el proceso para la determinación de sus pérdidas es el siguiente:

- Se realiza una investigación de campo de los transformadores de distribución asociados al alimentador.
- Se realiza un levantamiento de datos de los usuarios asociados a cada transformador de distribución, realizando un listado.
- Se obtiene la información de la energía consumida por los usuarios de cada transformador.
- Se registra la demanda real de los transformadores de distribución y su relación con la carga instalada por transformador, correspondiente a los clientes involucrados.
- Posteriormente se realiza el procedimiento de cálculo de pérdidas mencionado anteriormente.
- Se obtienen las pérdidas declaradas por los fabricantes para todos los transformadores.

2.9.5. PÉRDIDAS TÉCNICAS EN CIRCUITOS SECUNDARIOS

Las pérdidas técnicas que se tienen en los circuitos secundarios se deben a los consumos por parte de los usuarios, así como también por las luminarias presentes en los

circuitos secundarios. Para determinar las pérdidas en los circuitos secundarios se debe considerar lo siguiente:

- Obtener el diagrama unifilar de los circuitos propuestos en cada grupo.
- Obtener los diferentes parámetros eléctricos de los circuitos.
- Obtener valores de demanda del transformador de distribución.
- Realizar flujos de carga mediante utilización del programa digsilent.
- Obtener las pérdidas de potencia.
- Realizar cálculo de energía de pérdidas utilizando la curva de carga y la expresión.

$$PLi = \left(\frac{DDiX \cos \varphi \max}{D \max X \cos \varphi i} \right)^2 PDmax \quad (\text{KWh}) \quad (\text{Ec. 15})$$

- Calcular el factor de relación de pérdidas para emplear en circuitos secundarios similares.

2.9.6. PÉRDIDAS TÉCNICAS EN ACOMETIDAS

Las pérdidas producidas en las acometidas son de efecto físico sobre los conductores que llevan la energía desde el poste hasta el contador de cada cliente, para su cálculo se prosigue una metodología similar a la de los cálculos anteriores, siguiendo el siguiente procedimiento:

- Se obtiene los usuarios asociados a los transformadores de muestra, levantamiento de campo
- Obtener información de las características de los conductores de las acometidas, así como su configuración y longitud
- Del balance general obtener el consumo promedio anual de cada usuario
- Mediante el proceso de la REA, con la información del número de usuarios y el consumo mensual se puede encontrar la demanda máxima coincidente en kW, utilizando el nomograma de la REA. Nótese que el Nomograma sólo llega hasta 5 clientes, pues la curva del factor de coincidencia que ha sido aproximada por una ajusta, no corresponde a la zona entre 1 y cinco clientes.

- Se calcula la demanda máxima individual con las siguientes ecuaciones:

$$\sum D_{MAX\ INDIVIDUAL} = \frac{D_{MAX\ COINCIDENTE}}{FACTOR\ DE\ COINCIDENCIA} \quad (\text{KWh}) \quad (\text{Ec. 16})$$

$$D_{MAX\ INDIVIDUAL} = \frac{\sum D_{MAX\ COINCIDENTE}}{NUMERO\ DE\ USUARIOS} \quad (\text{KWh}) \quad (\text{Ec. 17})$$

- Se calcula la corriente máxima por abonado con la siguiente expresión:

$$I_{Max\ abonado} = \frac{D_{MAX\ INDIVIDUAL}}{V_{x\ f\ p}} \times 1000 \quad [A] \quad (\text{Ec. 18})$$

- Se calcula las pérdidas de potencia:

$$W_{AC} = I^2 \times R_{AC} \times \frac{D}{1000} \quad (\text{KW}) \quad (\text{Ec. 19})$$

- Se obtiene las pérdidas de energía

$$E_{AC} = \frac{P_{POT} \times F_p \times 8760}{1000} \quad (\text{Kw}) \quad (\text{Ec. 20})$$

2.9.7. PÉRDIDAS TÉCNICAS EN MEDIDORES DE ENERGÍA

Para la determinación de pérdidas en los contadores de energía de los clientes es necesario saber que cada contador consume una determinada cantidad de potencia internas, sin embargo, aunque ésta es de un valor pequeño vale hacer su determinación.

2.10. PÉRDIDAS NO TÉCNICAS

Las pérdidas no técnicas no constituyen una pérdida real de energía para una economía, al contrario, esta energía se encuentra utilizada por algún usuario, ya sea dentro de los clientes de la empresa distribuidora o no. Sin embargo, la empresa distribuidora que presta los servicios a la comunidad no recibe el pago correspondiente.

Las empresas deben llevar registros precisos de la energía que se suministra a los usuarios a fin de cobrar la energía que éstos utilizan, pero por ciertas razones no existe exactitud en el registro de los consumos, lo cual representa pérdidas para la empresa.

En cuanto al robo, se puede agrupar en dos clases. La primera es que los clientes que roban energía reducen el consumo que se les factura mensualmente; la segunda, es que los clientes roban energía debido a que ésta no está disponible para ellos en forma legal por falta de una campaña de comercialización adecuada.

En muchas ocasiones diversos estudios han determinado la existencia de una gran correlación entre la capacidad administrativa de una empresa y el nivel de sus pérdidas no técnicas, esto es debido a que éstas están relacionadas íntimamente con el desempeño administrativo de la empresa

El reflejo de la capacidad administrativa de una empresa distribuidora es función de sistemas defectuosos de medición, o que no se apliquen procedimientos de facturación necesarios, y controles de conexiones ilegales o de hurto, que tienen como consecuencia altos índices de pérdidas de energía.

Por naturaleza las pérdidas no técnicas, es muy poco probable encontrarlas en un sistema de generación y transmisión, por lo que este estudio solo se enfocara en el sistema de distribución exclusivamente.

Se obtienen por diferencia entre la energía suministrada al sistema ó al alimentador y las pérdidas técnicas calculadas

$$L_{NT} = E_{disp} - L_T - E_F \quad (\text{Ec. 21})$$

2.10.1. CLASIFICACION DE PÉRDIDAS NO TÉCNICAS

Estas se pueden clasificar de acuerdo a diferentes criterios de los que se cita los siguientes:

- Clasificación por la causa que los produce
- Clasificación por su relación con las actividades administrativas de la empresa.

La primera clasificación según sus causas es:

2.10.2. CONSUMO DE USUARIOS NO SUSCRIPTORES O CONTRABANDO

Establecida a los usuarios que toman la energía directamente de la red sin entrar en el marco legal de la empresa, por lo que esta energía es consumida pero no facturada.

2.10.2.1. ERROR EN LA CONTABILIZACIÓN DE ENERGÍA

Está en la lectura, medición y facturación de la energía, esto generalmente es debido a la no simultaneidad de la medición de los contadores.

2.10.2.2. ERRORES EN CONSUMO ESTIMADO

Son aquellos en que la empresa realiza una estimación de consumo, por ejemplo, en caso de abonados temporales.

2.10.2.3. FRAUDE O HURTO

Son aquellos que, incluidos en la base de datos de los abonados de la empresa, han adulterado los contadores o toman la energía directamente de la red

2.10.2.4. ERROR EN CONSUMO PROPIO DE LA EMPRESA

Corresponde a la energía no contabilizada y consumida por la empresa distribuidora.

2.10.2.5. PÉRDIDAS DURANTE EL REGISTRO DE CONSUMOS

Las pérdidas en los registros de consumos incluyen toda la energía que no queda registrada en los archivos de los suscriptores.

2.10.2.6. PÉRDIDAS DURANTE LA FACTURACIÓN

Es la energía consumida pero no facturada, esto es debido a diversas fuentes de error que impiden la facturación de toda la energía registrada; entre estas se cuenta: mal información de suscriptores y mal uso de la información.

2.10.2.7. PÉRDIDAS DURANTE EL RECAUDO

De la energía que se factura a los abonados la empresa solo recauda una fracción, por facturas pagadas con pérdida o robo del dinero pagado.

2.11. PROCEDIMIENTOS DE METODOLOGÍAS DE ESTIMACIÓN

Primero se calculan las pérdidas técnicas en forma global para con esa base calcular las pérdidas no técnicas totales, para luego estimar la distribución por causa.

Esta estimación consiste en efectuar un balance energético para la parte del sistema a la cual está orientado el estudio. En este caso está orientado hacia un alimentador primario.

El método compara la energía distribuida con la facturada.

La expresión para el valor de las pérdidas no técnicas es:

$$L_{NT} = E_{disp} - L_T - E_F \quad (\text{Ec. 22})$$

Donde:

E_{disp} : Energía disponible estimada

E_F : Energía total facturada

L_T : Pérdidas técnicas calculadas (KWh)

L_{NT} : Pérdidas no Técnicas (KWh)

Estos procedimientos tienen algunos propósitos como:

- Determinación de usuarios no suscriptores es los diferentes sectores
- Determinar la cantidad energía pérdidas
- Establecer sistemas de control para recuperación de pérdidas

Aunque las pérdidas no técnicas no constituyen una pérdida real de energía, es necesario hacer una distinción adicional entre ellas, debido a la forma como se manejan los diferentes tipos de pérdidas.

Para un mejor análisis las pérdidas no técnicas pueden ser clasificadas en: hurtos, fraudes y administrativas. Los fraudes ocasionados por las diversas manipulaciones en los equipos de medición, para de esta manera cambiar la realidad del consumo medido, los hurtos establecidos por enganche directo a la red de distribución y las pérdidas administrativas equivocación humana.

La deficiencia de la gestión administrativa de las empresas lleva generalmente a un incremento de las pérdidas no técnicas que son el reflejo de la organización y eficiencia empresarial y de los recursos y esfuerzos que se dedican a la operación comercial y a los controles y seguimiento de los procesos administrativos y de gestión de la clientela.

2.12. HIPÓTESIS

Si es posible desarrollar el estudio y si se incorpora teniendo en cuenta todas las recomendaciones y conclusiones se podrá solucionar la situación de distribución de energía eléctrica dentro del Servicio Eléctrico de Puno.

2.13. HIPÓTESIS ESPECIFICA

- Si es posible la determinación de pérdidas con la evaluación del estado en el sistema eléctrico.
- Si es posible determinar un plan sostenimiento para el control de pérdidas diseñando e implementando una organización y estableciendo una estrategia para el control de pérdidas.

CAPITULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. CRITERIOS DE EVALUACION

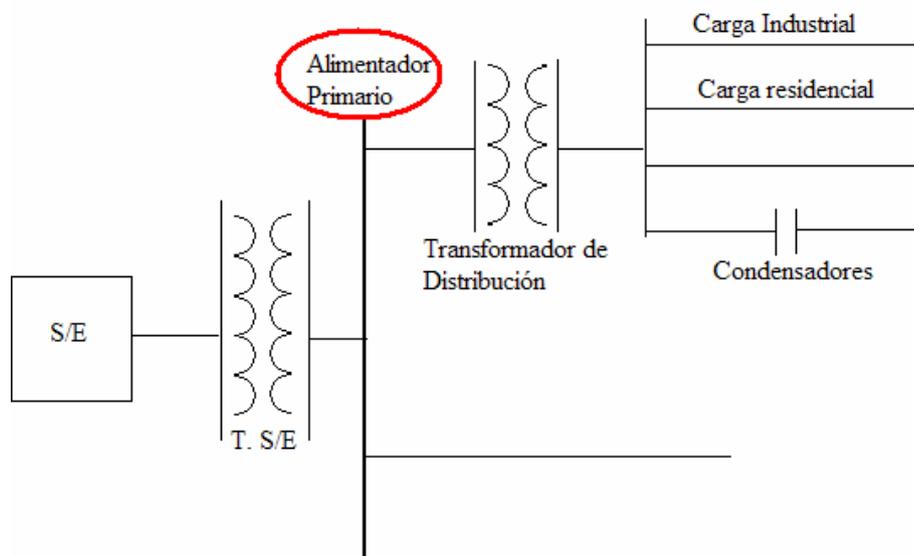
- La Norma Técnica “Opciones Tarifarias y Condiciones de Aplicación de las Tarifas a Usuario Final” establece que la facturación por energía reactiva se incluirá siempre que el consumo de energía reactiva inductiva exceda el 30% de la energía activa total.
- Las tolerancias admitidas de los niveles de tensión de operación son los establecidos por la Norma Técnica de Calidad de Servicios Eléctricos (NTCSE).
- Se considera el año 2015 como período de evaluación del Sistema de Transmisión de ELPU.
- La propuesta de incorporación de nuevas líneas y nuevas SET en el sistema de transmisión de ELPU están basados en los resultados de la evaluación de pérdidas y caída

3.2. DISEÑO DE METODOLOGIA PARA EL ESTUDIO DE CONTROL Y DISMINUCION DE PÉRDIDAS

El diseño metodológico a utilizarse está destinado al subsistema de distribución, en la Ilustración 10 se muestra el esquema básico de un subsistema de distribución, en

donde el caso de estudio se encuentra desde el inicio del alimentador primario hasta su entrega en la carga residencial, comercial e industrial.

Ilustración 10: Subsistema de Distribución



Para la metodología de estudio se parte de estudios en reducción de pérdidas a nivel nacional como a nivel latinoamericano. Sin embargo, se incorporan temas que no se encuentran en esos estudios y se trata de un aporte para el tratamiento de pérdidas a nivel del sistema de distribución.

En el diseño de la metodología existen diversos procedimientos de cálculos que permiten una aproximación a las pérdidas técnicas y no técnicas dentro del caso de estudio, partiendo de los objetivos generales y específicos planteados en el estudio además de los recursos de información obtenidos de la empresa distribuidora. Estableciendo cronogramas de trabajo y procedimientos.

En este sistema de estudio los datos obtenidos serán procesados y analizados de diferentes maneras para así buscar la alternativa óptima para la reducción de pérdidas dentro del sistema de distribución del alimentador 101.

El estudio permite utilizar una metodología basada en fundamentos teóricos y prácticos, las pérdidas evaluadas en el alimentador, darán una guía clara de la situación en la que se encuentra la empresa distribuidora, estos resultados pueden variar de un alimentador a otro, debido a diferentes factores que se señalan en el análisis. Este estudio se basa en algunos trabajos de investigación de pérdidas realizados con anterioridad.

3.3. PROCEDIMIENTOS

3.3.1. TOPOLOGÍA

Para la selección de la topología de la red a estudiar hay que tomar en cuenta factores que permitan un estudio eficaz y un desenvolvimiento adecuado, de manera que no exista confusión entre los circuitos involucrados.

Para este estudio se ha preferido seleccionar un alimentador primario en una zona urbana, debido a sus puntos de carga concentrados, variedad de carga, entre otros.

3.3.2. SELECCIÓN DEL ALIMENTADOR

La selección del alimentador se hizo en base de la información disponible para el estudio, y la más valiosa para este análisis, primero se escogió la Subestación de Bellavista, seleccionado el alimentador más conveniente, y más accesible para su evaluación.

Para la selección fueron considerados diferentes requerimientos como los siguientes

- El tipo de carga y su variación,
- La ubicación geográfica del circuito, permitirá evaluar ya sea un alimentador urbano o uno rural, el caso del estudio se basa en una carga urbana donde existe mayor variación de demanda, la ubicación y área en la que distribuye la energía el alimentador permitirá una evaluación del estrato económico de los clientes. Un cambio de estrato económico indica diferente presencia de pérdidas de energía por uso indebido. La empresa en los últimos años ha tenido que combatir el hurto de energía en los sectores de recursos económicos bajos.
- La información de la cabecera del alimentador se obtiene mediante un medidor electrónico-digital que permite poseer la información suficiente para el estudio.

Sobre la base de todas las consideraciones señaladas se selecciona el alimentador primario denominado “101” que se alimenta desde la Subestación Bellavista.

3.3.3. DESCRIPCION DEL ALIMENTADOR

El alimentador es de tipo aéreo y radial, opera a un voltaje nominal de 10 kV, y una tiene una longitud estimada de 65 km de red y 13.64 de red Troncal, con una cantidad de clientes de aproximadamente 10,000, en su mayor parte de tipo residencial.

Este alimentador en horas de demanda pico puede alcanzar una demanda de 2,870 kW y dado que la Subestación Bellavista tiene una demanda máxima de 13,900 kW/h, el alimentador primario representa un 20.64% de la demanda de la subestación.

El alimentador distribuye energía en la parte norte de la ciudad de Puno, este alimentador de tipo residencial urbano limita con los alimentadores de 102 cercado de Puno, 103 que corresponde a Av. El sol, Laykakota y chanu chanu, todos estos alimentadores son de tipo aéreo, lo cual hace necesaria una depuración de los abonados perteneciente a cada circuito para que no exista confusiones en los usuarios.

Para atender la demanda dentro del alimentador se cuenta con 48 transformadores, tal como se muestra en el Anexo 1. Detallando en cada uno de ellos la tensión nominal y la potencia instalada.

La selección del alimentador es de suma importancia debido a que debe tener definidas sus fronteras para facilitar la realización de un balance global y el desarrollo del cálculo detallado de sus pérdidas en los componentes que lo conforman, para de esta manera lograr obtener los resultados precisos.

Para la selección del alimentador de estudio se necesita tener en cuenta factores que permitan evaluar una muestra y posibiliten dotar de recursos para evaluar las pérdidas, para esto se pretende un análisis general y detallado de pérdidas técnicas y no técnicas, considerando lo siguiente:

- Los datos de los clientes asociados al alimentador, están disponibles.
- No conviene tratar con un sistema muy grande debido a que intervienen otros subsistemas, como los de subtransmisión, en los cuales es mínima la posibilidad de que existan pérdidas no técnicas, mientras que sus pérdidas técnicas dependerán más bien de la topología y algunos componentes.

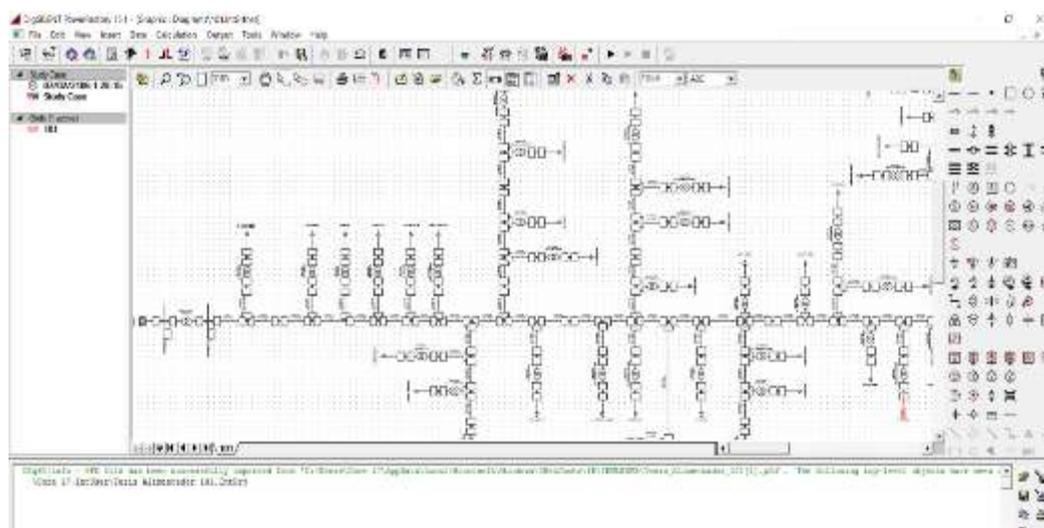
3.3.4. LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN DEL CIRCUITO PRIMARIO.

Para el estudio realizado hizo falta un levantamiento de información de calidad, para lo que se necesitó emplear una metodología.

Para el estudio se uso el siguiente procedimiento:

1. Levantamiento de la información de la energía entregada por la empresa Electro Puno S.A.A.
2. Identificación de la secuencia de fases del alimentador en estudio.
3. Identificación del tipo y calibre de los conductores instalados en el alimentador “101”.
4. Identificación del tipo de estructuras del Primario.
5. Levantamiento de datos de transformadores, involucrados al circuito de media tensión, donde se incluye: Código de empresa para el transformador, la capacidad nominal, protección del transformador, número de fases (monofásico, trifásico).

Ilustración 11: Diagrama de parte del alimentador 101



Elaboración: Propia

3.3.5. CALIBRE Y TIPO DE CONDUCTORES

La identificación del tipo y calibre de los conductores que se encuentran involucrados es muy importante para el estudio y se obtuvo de la gerencia técnica, el cual

mediante el programa ARCGIS, mantiene este tipo de información de cualquier tramo que se encuentre a lo largo del alimentador.

El calibre y tipo de conductor se requiere para los flujos de potencia de los sistemas primarios.

Así mismo para las redes secundarias es necesario conocer el calibre del conductor para establecer las caídas de tensión y pérdidas pertinentes a cada circuito estudiado de la muestra. En las pérdidas de las acometidas es necesaria también la característica del conductor, para la inclusión de pérdidas por este componente.

3.3.6. TIPO DE ESTRUCTURA

El tipo de estructura determina la reactancia inductiva que tienen las líneas para los flujos de carga y se sujeta a las normas de la empresa, en las que intervienen condiciones en las que se encuentre, estas normas están dirigidas a lo siguiente:
Localización del poste

- Altura del poste (baja tensión, media tensión)
- Tipo de conexión que se realice
- El tipo de circuito (monofásico, trifásico), tanto en media y baja tensión.
- Equipos de corte y seccionamiento
- Características: (Terminal, Suspensión, Retención, Angular, etc.)

El tipo de estructura depende mucho del tipo de voltaje que intervenga, en este caso el voltaje de estudio es a 10 kV, la cual tiene sus propias características y por tanto sus estructuras y complementos.

3.3.7. CLASIFICACION DE LAS CARGAS

Dentro de la clasificación de las cargas que se encuentran dentro de un sistema, se tiene lo siguiente:

Los tipos de cargas. - los cuales se deben tomar solamente como valores indicativos, y solamente sirven para una clasificación de áreas de distribución de energía eléctrica.

Tabla 8: TIPOS DE CARGAS

Residencial	Urbana
	Suburbana
	Rural
Comercial	Zona de centro ciudad
	Zona comercial
	Edificios comerciales
Industrial	Pequeñas plantas
	Grandes plantas

Fuente: ELPU-Gerencia Comercial

Para la clasificación de las cargas existentes a lo largo del alimentador en estudio se toman en cuenta los consumos de cada centro de transformación en función de la energía consumida por los clientes asociados al transformador.

La clasificación se realiza con los consumos existentes y entregados por el Departamento de Comercialización de la Empresa, estos consumos se encuentran en diferentes categorías como se puede ver a continuación.

TABLA 9: CLASES DE USUARIOS

kWh	TOTAL		
25	A	(Usuarios que tienen de 0 a 25 kWh/promedio)	*
50	B	(Usuarios que tienen de 25 a 50 kWh/promedio)	*
100	C	(Usuarios que tienen de 50 a 100 kWh/promedio)	*
150	D	(Usuarios que tienen de 100 a 150 kWh/promedio)	*
200	E	(Usuarios que tienen de 150 a 200 kWh/promedio)	*
> 200	F	(Usuarios que tienen 200 ó más kWh/promedio)	*

Fuente: ELPU- Gerencia Comercial

Para la clasificación de las cargas el centro de transformación dependerá del consumo en demanda requerido en la cabecera del alimentador. (Cada nodo de la red corresponde a un centro de transformación).

Hay que tomar en cuenta que la estimación de la demanda en el estudio es uno de los puntos más complicados antes de correr flujos de potencia en circuitos primarios de distribución.

3.4. ESTIMACION DE LA DEMANDA

Al realizar el estudio del comportamiento de la carga se tiene que considerar lo siguiente:

- Las variables eléctricas de importancia (kW, kWh, etc.)
- La variación de demanda
- Intervalo de mediciones
- Clases de usuarios
- Confiabilidad
- Tamaño de muestra para el estudio
- Instalación de equipos

Las características de la carga que frecuentemente se determina son:

- a) Demanda individual o demanda coincidente (diaria, mensual, anual) para:
 - Cada clase de consumo
 - Todo Sistema
- b) Demanda máxima o demanda promedio por aparatos (diaria, mensual, anual), ya sea por:
 - Usuario
 - Clase
 - Sistema
- c) Factores de coincidencia y diversidad con relación al estrato, al sistema, y al número de usuarios.
- d) Energía utilizada por día, mes o año.

3.4.1. MEDICIONES DE LA DEMANDA

La información de carga del sistema es información obtenida del registro

- Energía entregada al alimentador
- Potencia activa
- Potencia reactiva
- Tensión en las barras
- Factor de potencia

A esta información se añade otra obtenida de los catastros de la Empresa, donde constan valores de:

- Capacidad nominal instalada en transformadores de distribución
- Clase de usuarios en el alimentador
- Consumo de energía por transformador

3.5. BALANCE GLOBAL DE ENERGÍA

El balance global de pérdidas establecido para el estudio se determina con la obtención de la energía disponible para el alimentador menos la energía que es registrada, como se indica en la Ec.:

$$L = (E_{total} - E_{reg}) \quad (\text{MW.h/año}) \quad (\text{Ec. 23})$$

3.6. BALANCE TOTAL DE ENERGÍA

En la salida 101 existen variaciones de energía en un periodo de tiempo, por lo que es necesario realizar un balance de energía del alimentador en estudio, y así saber el comportamiento general. Un balance debe cumplir dos condiciones básicas que son exactitud y detalle, en lo que concierne a la exactitud debe estar libre de errores de lectura, procesamiento, etc. En un balance de energía esta reflejado la precisión de los contadores de energía y de los equipos instalados para la medición de energía.

El balance total de energía tiene como criterio el análisis completo de la energía disponible en el sistema y por lo tanto sus pérdidas correspondientes.

Simultaneidad de las lecturas. Las lecturas de los contadores de energía que forman parte del balance, deberían tomarse en forma simultánea, pero debido a que es imposible la simultaneidad con los métodos manuales actualmente utilizados, es necesario compensar esta imprecisión de los balances sobre periodos cortos de tiempo aumentando los períodos de tiempo lo más posible (un año) De la energía que ingresa al sistema y la energía registrada se determinan las pérdidas energéticas de la Empresa Distribuidora.

$$E_{registrada} = E_{reg} + Per \quad (\text{MW.h/año}) \quad (\text{Ec. 24})$$

Donde se tiene:

$E_{registrada}$: energía que ingresa al sistema de la empresa

E_{reg} : energía que la empresa distribuidora registra (factura y conoce donde se utiliza)

Per : pérdidas Técnicas y no Técnicas

Estas últimas pueden que ser indicadas en porcentaje relacionado a la energía que ingresa al sistema. Resulta que las pérdidas totales son la diferencia entre la energía que ingresa el sistema y la energía registrada por la Empresa Distribuidora.

$$\%Pérdidas = \frac{E_{total} - E_{reg}}{E_{total}} \times 100 \quad (\text{Ec. 25})$$

3.7. METODOLOGIA PARA LA EVALUACION DE PÉRDIDAS TÉCNICAS

La metodología en la evaluación de pérdidas técnicas permite contar con la situación física que atraviesa el sistema, un estudio de pérdidas técnicas en un alimentador comprende los siguientes aspectos:

- Pérdidas en redes primarias
- Pérdidas en redes secundarias.
- Pérdidas en transformadores de distribución
- Pérdidas en otros componentes (acometidas, alumbrado público y contadores)

La metodología a utilizar dentro de la evaluación de las pérdidas técnicas depende para el componente que se estudie, por ejemplo para las líneas de media tensión dentro del alimentador se basa en flujos de potencia y cálculos con la utilización de su curva de carga, en los transformadores de distribución se usarán los resultados de los ensayos de

los fabricantes, (Datos Elpu) utilización del registro y cálculos según su comportamiento, para los demás componentes involucrados se analizarán sus efectos físicos.

Para las pérdidas de potencia, se sigue el procedimiento de los voltajes en los nodos del alimentador, realizando flujos de potencia y una comparación con los datos de potencia históricos del sistema. Las pérdidas resistivas en energía, a partir de las pérdidas de potencia, se puede obtener a partir de la información de pérdidas a demanda máxima, calculando las pérdidas a otros valores de demanda con la siguiente expresión:

$$PLi = \left(\frac{DDi \times \cos \phi \max}{Dmax \times \cos \phi i} \right)^2 PD \max \quad (\text{KWh}) \quad (\text{Ec. 26})$$

Donde:

PLi : Pérdidas a la demandada del intervalo i

DDi : Demanda en el intervalo i

Dmax : Demanda máxima.

Cos ϕ max : Factor de potencia a demanda máxima.

Cos ϕ i : Factor de potencia en el intervalo i

PD max : Pérdidas a demanda máxima.

Con esa base, se obtiene una curva de carga de las pérdidas de donde se obtiene la energía de pérdidas.

Para una evaluación correcta de pérdidas se debe contar con mediciones en diferentes puntos del sistema.

En la metodología de evaluación se utiliza perfiles de carga que no son sino los registros de demandas por períodos prolongados de tiempo.

3.7.1. PÉRDIDAS EN RED PRIMARIA DE DISTRIBUCION

La evaluación de las pérdidas en los circuitos de la red primaria del alimentador se realizó en diferentes pasos, para lo que es necesario conocer el valor de la demanda máxima del alimentador.

Los pasos muestran como se puede realizar la evaluación de pérdidas.

Como un primer paso se debe realizar un levantamiento de información del sistema que se va a estudiar, esta información tiene que recopilar datos mínimos como:

- Información de las líneas, como la resistencia y reactancia (CONDUCTORES)
- Fases del sistema
- Transformadores

Como un segundo paso es necesario obtener los datos de demanda activa y reactiva del sistema, su factor de potencia y el voltaje de barra en la que se encuentra el alimentador, el instante de la demanda máxima.

Para este proceso se utilizó la curva de carga del alimentador datos entregados por el medidor electrónico instalado en la cabecera información representada en el Anexo 1.

Como un tercer paso se obtienen los datos de los transformadores de distribución asociados al alimentador en estudio de la base de datos existente en la sección de distribución de la Empresa, donde consta la potencia nominal de los transformadores, los valores de pérdidas de los transformadores involucrados.

Los datos de los transformadores existentes en el alimentador “101” se detallan en el anexo 1

Como cuarto paso, la utilización de una herramienta computacional que permita simular la realidad de la operación del sistema y de esa manera obtener su comportamiento. El sistema que se utiliza es el programa el cual permite la realización de flujos de carga en condiciones de demanda máxima, con lo que se obtienen los valores de pérdida de potencia en el alimentador (Datos obtenidos del programa para el alimentador 101)

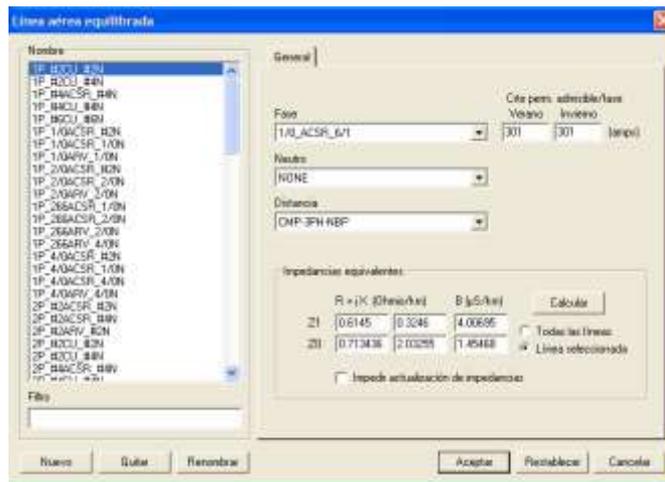
Ilustración 12: Vista de Alimentador 101



3.7.1.1. INGRESO DEL CONDUCTOR AL PROGRAMA

Para el ingreso de los conductores en el programa de simulación, es necesaria la creación de los conductores que intervienen en el alimentador en estudio con sus respectivas características eléctricas, por lo que fue necesaria la realización de una base de datos con los diferentes tipos de conductores y sus características respectivas. Es necesario definir un código para cada conductor ingresado en la base de datos como se muestra en la ilustración 13. la base es interna del programa la cual se carga a la realización la configuración del alimentador.

Ilustración 13: Ingreso de conductor en el programa



El alimentador 101 se encuentra conformado por tramos trifásicos y monofásicos, constituidos por conductores de aluminio y estructuras de diferente tipo.

Las estructuras que se encuentran en el alimentador disponen los conductores en forma horizontal y triangular, este dato se toma en cuenta para el ingreso de datos en el programa media geométrica.

Ilustración 14: Topología monofásica y trifásica



Durante el levantamiento de información de los conductores y de los transformadores de distribución es necesario tomar en cuenta la secuencia de las fases que sigue el alimentador para de esta manera poder saber que fase corresponde a la conexión del transformador de distribución.

Un buen equilibrio de carga depende mucho de su distribución de las fases, la carga de cada transformador a lo largo del alimentador tiene que ser distribuida para de esta manera no sobrecargar fases y evitar problemas de colapso de la red.

3.7.1.2. FLUJOS DE CARGA

Para el alimentador “101” se determinaron las pérdidas de potencia con la ayuda del programa DIGSILENT que utiliza una base de datos, que en caso del estudio fue creada con sus parámetros eléctricos, para realizar los flujos de carga con el cálculo de las caídas de tensión y pérdidas en media tensión.

Para establecer las pérdidas en los circuitos primarios es necesario emplear la demanda, con la cual se obtienen las cargas, que para el estudio son los transformadores de distribución. Para la determinación de las potencias de las cargas se procedió de la siguiente manera:

- Determinación de la ubicación de los transformadores de distribución. Esto se determina al realizar el recorrido del alimentador y actualizar la realidad del alimentador.
- Registrar de la base de datos las potencias nominales de cada punto de carga, estos datos son obtenidos de la Gerencia de Operaciones, en la sección de transformadores, la cual posee la información de cada transformador instalado en el área de concesión.
- Levantamiento de clientes asociados a cada punto de carga, este punto es una parte importante del estudio debido a que se puede establecer una información importante sobre los niveles de carga de cada transformador de distribución, número de usuarios por transformador,
- Obtener los consumos de los usuarios para que sirvan de referencia para determinar los valores de potencia.

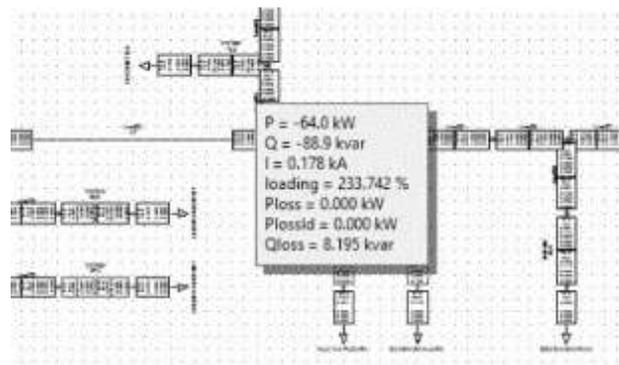
Los valores de consumo de energía de los usuarios asociados a cada transformador están registrados para el estudio mes a mes por un año entero, es decir, se posee la información de la energía consumida en un año calendario, toda esta información está detallada en el Anexo 2, este anexo indica los números de cuenta, número de medidor, usuario, consumo, etc.

El anexo 1, presenta los datos de energía consumida por los clientes de cada transformador, potencia inicial para la corrida de flujos y el porcentaje de la demanda

registrada por la empresa distribuidora que permite, en el programa de simulación, hacer una relación entre la demanda del alimentador en la cabecera y lo registrado. Los valores que se encuentran en las casillas al final de cada transformador son resultados de la corrida de flujo en el programa.

Para la corrida de flujos de carga, después de haberse ingresado los parámetros, el programa lanza los resultados tal como se pueden observar en la ilustración 15.

Ilustración 15: Corrida de flujos de carga



3.7.1.3. PERFIL DE PÉRDIDAS

La matriz establecida para las pérdidas está basada en un criterio que abarca a los valores de demanda del alimentador, establecidos por los valores de potencia activa, potencia reactiva, factor de potencia registrados en el alimentador en estudio, es una matriz que abarca los valores de demanda requeridos en el alimentador, llegando al cálculo de pérdidas de energía mediante la siguiente Ec.

$$PLi = \left(\frac{DDi \cdot \cos \varphi_{max}}{Dmax \cdot \cos \varphi_i} \right)^2 PDmax \quad (Ec. 27)$$

Donde:

- PLi : Pérdida en el intervalo i
- DDi : Demanda en el intervalo i
- Dmax : Demanda máxima
- Cosφmax : Factor de potencia a demanda máxima
- Cosφi : Factor de potencia en el intervalo i
- PD max : Pérdida a demanda máxima

El perfil de la demanda aparece como una matriz con los vectores-columna siguientes: fecha (d), tiempo (t), datos de potencia activa (Dp[kW]), y también datos de potencia reactiva (DQ[kvar]). El intervalo de la demanda es para todo el estudio 15

minutos. La matriz del registro se muestra en (A). El periodo del registro puede ser un año completo, con vectores-columna de 35,040 elementos en todos.

Ilustración 16: Registro de medicion de energia cada 15 minutos

$$\text{Re gistro} = \begin{bmatrix} 2/15/98 & 00:0 & 2.345 & 1.225 \\ 2/15/98 & 00:15 & 2.360 & 1.325 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ 2/21/98 & 23:45 & 2.450 & 1.345 \end{bmatrix}$$

$$\text{Re gistro} = [d \quad t \quad D_p \quad D_o]$$

(A)

La suma de los elementos del vector DP multiplicado por el intervalo de la demanda en horas usado en el registro de un año completo de estudio, es decir para un periodo de 8760 horas como se puede ver en la Ec. 28

$$\text{kWh} = \sum_{i=1}^n D_{Pi} \times (\text{deman} - \text{int erval}) \quad (\text{Ec. 28})$$

La metodología propuesta está apoyada por la naturaleza de las pérdidas de cada componente y su relación con respecto a la demanda en el intervalo del registro correspondiente. Como las pérdidas en el intervalo de demanda máxima se obtienen de los flujos de carga; en base a este valor, se calcula la magnitud de pérdidas para el resto de los intervalos de la demanda del periodo entero bajo consideración. Es decir, el perfil de la demanda de cada componente de pérdida se calcula y entonces con esa base se calculan las respectivas pérdidas de energía de cada componente.

Esto permite una evaluación y seguimiento completo del alimentador en cada intervalo que el registrador tomo el registro, cada valor de demanda en los 15 minutos de intervalo tendrá su respectivo valor de pérdidas en kW, que al final determina el total y su relación con la energía suministrada durante todo el periodo anual

Asi de la siguiente manera:

$$\%Pe = \frac{Pe}{E} \times 100 \quad (\text{Ec. 29})$$

Donde:

- %PE : Porcentaje de Pérdidas
- PE : Pérdidas de energía (MWh)
- E : Energía entregada en la cabecera del alimentador (MWh)

Tabla 10: % PÉRDIDAS TOTALES

Total pérdidas	1,301
Total energía entregada	12,951
% pérdidas	10.05

Elaboración: Propia.

3.7.2. PÉRDIDAS TÉCNICAS EN MEDIA TENSION

En el caso de los sistemas eléctricos en media tensión que operan en el país se ha observado que no se encuentran en buenas condiciones debido a la ejecución de las obras de ampliaciones, reforzamientos, y otros, sin ninguna planificación de mediano y largo plazo para atender el crecimiento de la demanda.

El caso más resaltante, sobre las consecuencias de la no planificación de las obras de los sistemas de media tensión son las altas pérdidas de energía y las fuertes caídas de tensión que se ocasionan en dichos sistemas.

Es así que se ha desarrollado el estudio de la discriminación de las pérdidas de energía En el alimentador 101, enfocando la evaluación de las pérdidas en el sistema de media tensión como un componente importante para el logro de los objetivos de alcanzar los niveles estándar de pérdidas de energía.

Como primera etapa del desarrollo del estudio se realizó un diagnostico general del sistema de media tensión a través de un trabajo de campo minucioso, luego se procedió a determinar los niveles de pérdidas y caídas de tensión con apoyo del Digsilent que considera todas las variables necesarias para obtener los resultados con bastante precisión.

3.7.2.1. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE MEDIA TENSIÓN

En cuanto a los materiales de los conductores que mayormente se utilizan en los sistemas de media tensión es el aluminio con 95% y el cobre en menor cantidad.

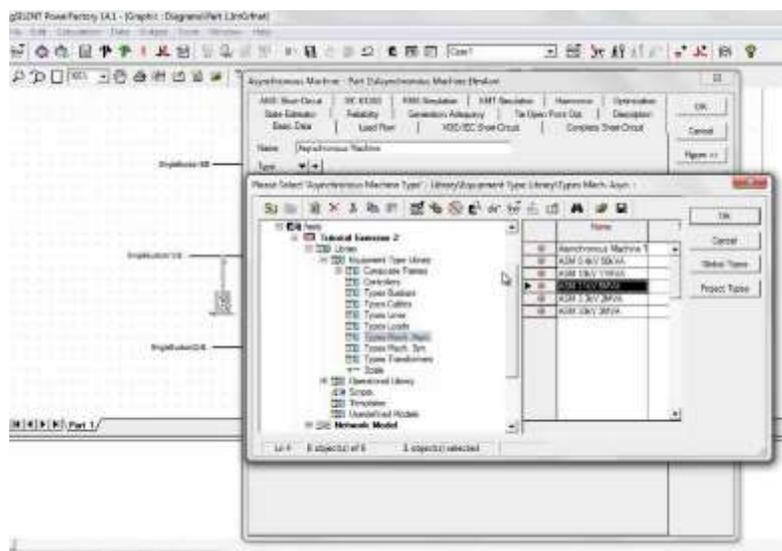
La red de distribución de media tensión, es preponderantemente aérea con un 100%.

El material preponderante en las estructuras de media tensión es el concreto.

3.7.2.2. ALCANCE

- Las labores de Gabinete, estuvieron centrados en la verificación y contrastación de la información proporcionada por ELPUNO, tales como planos, GIS, información comercial y otros, con las recopiladas en el campo.
- Determinación de las pérdidas técnicas y caída de tensión, a través de corridas de flujo de potencia y con apoyo del digsilent.
- Diagnóstico de las pérdidas del sistema de media tensión, del alimentador.

Ilustración 17: Cuadro de reportes



3.7.2.3. METODOLOGÍA APLICADA PARA EL CALCULO DE PÉRDIDAS EN MEDIA TENSIÓN

Para el cálculo de pérdidas técnicas en el sistema de distribución, se partió de la información del sistema GIS de la empresa, también se obtuvo los datos de los registros de los medidores del alimentador. Estos datos fueron utilizados para procesar los factores de carga, factores de pérdidas y factores de potencia; la estimación de la máxima demanda por usuario se realizó a partir de la energía facturada en el mes de junio del 2015, mes de máxima demanda en distribución.

Finalmente, se obtuvo los valores de pérdidas de potencia por medio del uso de flujos de carga apoyados por el programa de digsilent, que permite con los datos de la infraestructura eléctrica de redes de distribución y la base de datos comercial la obtención de la carga por usuario, circuito BT, SED, y alimentador.

Para el caso del cálculo de las pérdidas en distribución, se ha considerado disgregar las pérdidas técnicas en cuatro componentes, para los cuales se ha realizado los cálculos que se indican en la Tabla 11.

Tabla 11: MÉTODO DE CÁLCULO DE PÉRDIDAS TÉCNICAS EN LÍNEAS MT

Ítem	Tipo de Pérdida Técnica	Método de cálculo
01	Pérdidas en líneas MT	Análisis de flujo de potencia en el 100% de alimentadores.
02	Pérdidas en aisladores	Cálculo de pérdidas en el 100% de postes
03	Pérdidas en Transformadores Elevadores y reductores en troncales	Cálculo de pérdidas en el 100%
04	Pérdidas en reguladores de tensión	Cálculo de pérdidas en el 100%

Fuente: tesis cálculo detallado de perdidas perteneciente a la empresa eléctrica ambato regional centro norte s.a.

3.7.2.4. ESTIMACIÓN DE PÉRDIDAS EN LOS AISLADORES

Las pérdidas por Fuga de Corriente en los aisladores se producen debido a que no existe aislamiento perfecto. Se incrementan por la exposición de los aisladores a las condiciones atmosféricas difíciles que existen en la zona de estudio, y la humedad relativa del lugar donde se ubica el alimentador.

Las pérdidas en los aisladores del alimentador de media tensión se incrementan por la contaminación por polvo, hielo, lo que es apoyado por los vientos para formar capas húmedas en los aisladores. El nivel de humedad relativa en puno se muestra en la Tabla 14.

Tabla 12: HUMEDAD RELATIVA SE PUNO DE LA CONCESIÓN DE ELPU

Zona	Humedad relativa
Puno	66%

Fuente: Senamhi

La Tabla 15 nos muestra el promedio de humedad relativa como la corriente de fuga asignada.

Tabla 13: CORRIENTE DE FUGA AL PROMEDIO DE HUMEDAD RELATIVA

Humedad relativa promedio	Corriente de fuga de aisladores cerámicos (ma)
66%	0,24 – 0,26

Fuente: ELPU- Gerencia de Operaciones

3.7.2.5. DIAGNÓSTICO DE PÉRDIDAS DE ENERGÍA EN LOS AISLADORES

Las pérdidas en los aisladores se estimaron teniendo en cuenta las condiciones climáticas de las zonas en donde recorren el alimentador de media tensión, en la concesión de ELPU, uno de los elementos que se tomó en cuenta es la humedad relativa y grado de polución, sobre la que se estimó las corriente de fuga entre 0.24 y 0,26 mA, para aisladores tipo cerámico, en base a ello y la cantidad de aisladores por alimentados se determinó las pérdidas en todo el sistema de media tensión alcanzando la cifra de 0.44%.

Los resultados del diagnóstico muestran que el alimentador tiene una caída de tensión admisible.

3.7.2.6. RESULTADOS DEL DIAGNOSTICO

TABLA 14: RESULTADOS DEL DIAGNOSTICO

Nivel de Tensión (kv)	Alimentador	Max Demanda (Mw)	Energía Activa Total (Mwh)
10	L0101	2,87	1 122,54
Pérdida de Energía línea Mt (mwh)	% de Pérdida de energía Líneas mt	Pérdida de Energía Elevad. Y Reduc. De tensión (mw.h)	% de pérdida de energía Elevad. Y Reduc. De tensión
14,42	1,28%	-	-
Pérdida de Energía aisladores (mw.h)	% de Pérdida de Energía aisladores	Pérdida de Energía mt Total(mw.h)	% de Pérdidas Totales de Energía
0,44	0,04%	14,86	1,32%

Elaboración: Propia

El alimentador 101 tiene una pérdida total de 14.86 MW.H con una caída de tensión de 3.79 %.

Tabla 15: Cuadro de porcentaje de caída de tensión en MT alimentador 101- Junio 2015.

Nivel de Tensión (kv)	Alimentador	Factor de simultaneidad	Factor de carga
10	L0101	0,60	0,54
Factor de pérdida	Max Demanda (mw)	Energía Activa Total (mwh)	% de Caída de Tensión
0,33	2,87	1 122,54	3,79

Elaboración: Propia

3.7.3. EVALUACIÓN DE PÉRDIDAS TÉCNICAS EN TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCIÓN

Para el estudio de pérdidas en los transformadores tanto de potencia como de distribución se pueden representar con el mismo modelo. Las pérdidas en un transformador están asociadas principalmente con:

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

Pérdidas asociadas al valor de la tensión aplicada y están relacionados con la corriente de excitación de los transformadores. (Se conocen con el nombre de pérdidas en el hierro o pérdidas en vacío).

3.7.3.1. METODOLOGÍA Y CRITERIOS DE EVALUACIÓN

- Ingresar la información requerida en el programa de simulación digsilent.
- Realizar corrida de flujo a demanda máxima (Valor registrado).
- Tomar reporte de la corrida (potencia de pérdidas).
- Utilizar curva de carga para cálculo de la energía de pérdidas.

Es muy usual el cálculo de pérdidas de los transformadores asociados a los circuitos primarios o secundarios, para su cálculo se puede utilizar la energía facturada, para de esta manera realizar una asociación del usuario con el transformador.

Para una estimación de pérdidas en los transformadores de distribución es necesario un procedimiento metodológico de la siguiente manera:

Los datos de partida son los resultados de las pruebas de laboratorio de transformadores referentes a las pérdidas en el núcleo y pérdidas resistivas, es decir la información de los resultados de los ensayos tanto en vacío como con carga. Los ensayos están representados de la siguiente manera:

Pérdidas especificadas para el ensayo de medición de las pérdidas debidas con carga.

Tabla 16: PÉRDIDAS RESISTIVAS EN T/D

Potencia nominal (kVA)	25	50	75	100	200
Perdidas especificadas (W)	164	262	392	466	895

Fuente: ELPU-GERENCIA DE OPERACIONES

Una causa frecuente de falla es debido a que se produce alto calentamiento a consecuencia de: Cambiador de toma no se encuentra en la posición nominal, las conexiones al interior del transformador se encuentran flojas, la sección de los conductores es insuficiente para cortocircuitar el devanado de baja tensión.

PÉRDIDAS ESPECIFICADAS PARA EL ENSAYO EN VACÍO.

Tabla 17: PÉRDIDAS EN EL NÚCLEO EN T/D

Potencia nominal (kva)	25	50	75	100	200
Perdidas especificadas (vatios)	60	92	102	177	232

Fuente: ELPU-GERENCIA DE OPERACIONES

- Se registran las curvas de carga de los transformadores de distribución, con valores de demanda de potencia activa en los terminales de cada transformador.
- Con los datos obtenidos de las pruebas de transformadores y los datos obtenidos de los catálogos del fabricante, se calculan las pérdidas del transformador a demanda máxima. Con la base de la curva de carga del transformador, obtenido de los registradores instalados en los transformadores se calcula la energía de pérdidas

Las pérdidas en vacío están determinadas de la siguiente manera:

$$P_{\sigma\tau} = n \times P_o \quad (\text{Kw}) \quad (\text{Ec. 30})$$

Donde:

Pot : Pérdidas en vacío (Kw).

N : Número de transformadores del alimentador.

Po : Pérdidas en vacío valor del fabricante de los transformadores (Kw)

Para el cálculo de pérdidas con carga es necesario calcular las pérdidas a demanda máxima y, luego calcular la energía correspondiente para de esta manera calcular los valores de cada transformador, así:

Calcular las pérdidas en los devanados del transformador, considerando que son proporcionales a la corriente al cuadrado, se utiliza la siguiente expresión:

$$P_{Cui} = P_{CUn} \left(\frac{P_i}{P_n} \right)^2 \quad (\text{Kva}) \quad (\text{Ec. 31})$$

Donde:

Pcui : Pérdidas resistivas a la carga i

Pcun : Pérdidas resistivas a la carga nominal (valor del fabricante)

Pi : Demanda en Kva, con la carga i

Pn : Potencia nominal del transformador

El factor de utilización de los transformadores de distribución se toma de la corrida de flujo del alimentador, el programa permite la opción de extraer los valores de kVA asignado a cada transformador.

Este factor de utilización se define como la relación entre la demanda máxima y la capacidad nominal instalada de un elemento o de un sistema.

$$F_U = \frac{\text{Demanda Maxima}}{\text{Capacidad Nominal instalada}} \quad (\text{Ec. 32})$$

Tabla 18: FACTOR DE UTILIZACIÓN

N°transformador	Calculo factor de utilizacion		
	Dem. Máxima	Pot.instalada	F.u.
0101010	122.05	100	1.2205
0101011	8.5	75	0.11333333
0101020	60.5	100	0.605
0101030	156.865	150	1.04576667
0101050	30.5	100	0.305
0101060	38	50	0.76
0101070	60	160	0.375
0101080	99	100	0.99
0101085	79.5	200	0.3975
0101090	35.5	100	0.355
0101110	29	50	0.58
0101115	89.5	100	0.895
0101120	114	100	1.14
0101130	87	75	1.16
0101140	33	160	0.20625
0101150	53.5	100	0.535
0101160	38.5	125	0.308
0101180	66	100	0.66
0101200	73.5	100	0.735
0101210	40.5	100	0.405
0101220	27.5	100	0.275
0101230	33.5	100	0.335
0101250	53.5	100	0.535
0101260	30.5	100	0.305
0101280	50.5	100	0.505
0101290	74.5	160	0.465625
0101300	77.5	100	0.775
0101390	18.5	50	0.37
0101400	69.5	100	0.695
0101440	68	100	0.68
0101460	38	100	0.38
0101470	0.158	82	0.00192683
0101473	0.1545	160	0.00096563
0101477	0.171	160	0.00106875
0101481	0.169	25	0.00676

Elaboración: Propia

3.7.3.2. PÉRDIDAS DE ENERGÍA EN EL TRANSFORMADOR

3.7.3.2.1. PÉRDIDAS EN EL NUCLEO

Para las pérdidas de energía en el transformador en el núcleo es producto entre el valor de las pérdidas de potencia y el periodo que es de 8760 horas:

$$P_{EO} = P_{OT} \times T \quad (\text{Ec. 33})$$

$$P_{EO} = 3.1337 * 8760$$

$$P_{EO} = 27451.44 \text{ Wh}$$

Donde:

Peo : Pérdidas de energía en el núcleo

Pot . Pérdidas de potencia

T . Periodo (8760)

3.7.3.3. PÉRDIDAS RESISTIVAS EN EL TRANSFORMADOR

Para las pérdidas resistivas, se toma a cada transformador base y se lo analiza individualmente, en total se midieron 48 transformadores pertenecientes al alimentador “101”, esta toma de registros servirá de base para los restantes de su grupo correspondiente.

Aplicando la siguiente fórmula se tiene que:

$$\%P_E = \frac{P_E}{E} \times 100 \quad (\text{Ec. 34})$$

$$\%P_E = \frac{31134.6}{932622.768} \times 100$$

$$\%P_E = 3.34$$

Lo que determina el porcentaje de pérdidas en transformadores de distribución, que en el alimentador “101” alcanzó un valor del 3.34% que representa una pérdida de energía de 31134.6 kWh.

El procedimiento antes mencionado se realiza a lo largo del circuito primario del alimentador.

Tabla 19: CUADRO DE PERDIDAS TOTALES DE LOS TRANSFORMADORES ALIMENTADOR 101

Alimentador	101
Suma de kwh	932622.768
% nucleo	2.94%
Perd en nucleo	27451.44
%cobre	0.39%
Perd en bobinado	3683.16
Suma de kwh_perd totales	31134.6
% total	3.34%

Elaboración: Propia

3.7.4. EVALUACIÓN DE PÉRDIDAS TÉCNICAS EN REDES SECUNDARIAS (REDES DE BAJA TENSIÓN)

Para la evaluación de pérdidas en redes secundarias interviene el mismo criterio de las redes primarias o de media tensión, es decir, evaluarlas a partir de la demanda máxima.

Con la misma metodología de un sistema primario es decir con base en los consumos de energía en diferentes puntos del sistema a demanda máxima se puede realizar el estudio en la red secundaria.

Primero se procede a obtener un diagrama unifilar de las redes secundarias de los grupos de estudio del alimentador, en el cual se especifiquen los parámetros eléctricos, como número de fases, calibre del conductor, etc. Esta topología es facilitada con el área de GIS el cual proporciona una base geográfica del alimentador con sus características.

Para una evaluación de una red secundaria es necesaria la demanda máxima del transformador de distribución (W, VAR), para la realización de los flujos de carga. Realizar la estimación de la demanda máxima en cada punto del circuito secundario asociado al transformador.

Después de los procedimientos antes mencionados se calcula las tensiones de los diferentes puntos y las pérdidas del circuito (Utilizar flujos de carga). Las pérdidas de energía se realizan mediante:

$$L = F_p \times P_L^{max} \times T \tag{Ec. 35}$$

Donde:

L : Pérdidas de energía (KWh)

F_p : Factor de pérdidas

P_L^{max} : Pérdidas de potencia a demanda máxima (KW)

T : Periodo de tiempo (h)

3.7.4.1. METODOLOGIA DE PÉRDIDAS DE ENERGÍA EN REDES SECUNDARIAS

Para calcular las pérdidas de energía en los circuitos de distribución secundaria se sigue el mismo procedimiento utilizado para cálculo de pérdidas en el primario esto es por el periodo de estudio escogido que es de 8760 horas, los cálculos realizados sobre los circuitos base son utilizados para los demás circuitos secundarios del alimentador, al igual que en el análisis de los transformadores de distribución tomando como parámetros de comparación: capacidad del transformador, demanda asignada, consumo de energía, topología. Los transformadores privados, que por lo general son de industrias o condominios, no poseen redes secundarias por lo que su pérdida en la red secundaria es cero.

Tabla 20: CUADRO DE PÉRDIDAS TOTALES DE LOS CIRCUITOS SECUNDARIOS 101

Alim	101
Fs	1.00
Fc	0.53
Fp	0.33
Costo de energía	0.21
Km de red	65.12
Km red troncal	13.64
Potencia base	6,595.76
Numero usuarios	10753
Kw-suministros bt	1,709.64
Pérdidas de potencia en la línea(kw)	33.31
Potencia activa total(kw)	1,766.52
% de pérdida de potencia en la línea	1.8854%
Energía activa total(kw.h)	663,237.79
Pérdidas de energía en líneas bt(kwh)	7,793.56
Perdidas totales	0.00
% de pérdida de energía en la línea	1.18%

Elaboración: Propia

Luego del procedimiento aplicado, la pérdida técnica en circuitos secundarios es de 7,793.56 kWh y representa un valor del 1.18% de la energía suministrada por el primario. El detalle de las pérdidas de potencia y energía de los diferentes circuitos secundarios que conforman el alimentador “101”.

3.7.5. EVALUACIÓN DE PÉRDIDAS TÉCNICAS EN ACOMETIDAS

Para la evaluación de pérdidas en acometidas interviene el mismo criterio de pérdidas resistivas de las redes primarias o de media tensión, es decir, evaluarlas a partir de la demanda máxima.

Las acometidas se agrupan en los tamaños más usuales y se consideran las longitudes más empleadas para definir la potencia de pérdidas resistivas a demanda máxima del cliente correspondiente. A partir de la potencia de pérdidas para demanda máxima se emplea el procedimiento general para determinar las pérdidas en las acometidas (D_{sdL}), con la curva de demandas registrada a los bornes del transformador de distribución más próximo a la carga correspondiente, pero considerando la demanda máxima individual en lugar de la demanda máxima diversificada.

La manera más cercana para el cálculo de la demanda máxima individual, dato que sirve para el cálculo de corriente máxima en la acometida, que junto a su resistencia y longitud son necesarios para el cálculo de las pérdidas correspondientes.

$$w_{AC} = I^2 \times R_{AC} \times \frac{D}{1000} \quad (\text{Kw}) \quad (\text{Ec. 36})$$

Donde:

W_{AC} : Pérdidas en acometidas (kW)

I^2 : Corriente que circula por la acometida (A)

R_{AC} : Resistencia del conductor de la acometida (Ω)

D : Longitud de la acometida (mts)

3.7.5.1. METOLOGIA PARA LAS PÉRDIDAS EN ACOMETIDAS

Para calcular las pérdidas en las acometidas se ha procedido de la siguiente manera:

De los levantamientos físicos realizados de los circuitos secundarios se realiza también el levantamiento de las acometidas, de los cuales se obtiene sus características técnicas y longitudes de las acometidas.

Con las características de las acometidas y el número de usuarios con su consumo de energía, se calcula su demanda máxima. Este nomograma permite un análisis para 5

clientes, con lo que se puede obtener su factor de coincidencia, luego se calcula la suma de sus demandas individuales, la cual se divide para sus 5 clientes y se obtiene la demanda máxima individual, que sirve para encontrar las pérdidas resistivas de la acometida.

Luego del cálculo de las pérdidas resistivas de cada circuito base a demanda máxima y los registros se aplica la metodología utilizada para pérdidas en el primario.

Debido a la gran cantidad de acometidas presentes en el estudio de caso base permite extrapolar las pérdidas a todas las acometidas restantes de los circuitos de cada grupo respectivamente.

Las pérdidas de energía se aplican el mismo procedimiento utilizado durante todo el estudio, esto quiere decir por su periodo de estudio (8760 h), y sus pérdidas de potencia.

Tabla 21: PÉRDIDA DE ACOMETIDAS

Fs	1.00
Fc	0.53
Fp	0.33
Km de red	65.12
Km red troncal	13.64
Potencia base	6,595.76
Kw-suministros bt	1,709.64
Pérdidas de potencia en acometidas(kw)	0.82
Potencia activa total(kw)	1,766.52
% pérdidas de potencia en acometidas	0.0465%
Energía activa total(kw.h)	663,237.79
Pérdida de energía en acometidas(kw.h)	192.21
Perdidas totales	0.00
% pérdidas de energía en acometidas	0.03%

Elaboración: Propia

Luego de realizar este proceso las pérdidas de energía de manera resistivas en las acometidas son de 192.21 kWh/año que representa el 0.03 % de la energía suministrada en el alimentador

3.7.6. PÉRDIDAS TÉCNICAS EN MEDIDORES

Los medidores de energía utilizados en el sistema de distribución de ELPU, son generalmente para una, dos o tres fases con tecnología electromecánica y electrónica. Las pérdidas de energía que ocurren en un contador de energía, se originan por 5 razones, las mismas que se muestran en la tabla 22.

Las pérdidas técnicas existentes en los medidores de energía, se producen debido a la existencia de un circuito de tensión que origina una pérdida permanente y a un circuito de corriente que origina pérdidas que están en función de la corriente.

Tabla 22: TIPO DE PÉRDIDAS DE ENERGÍA EN MEDIDORES

Medidores electrónicos y electromecánicos		
Ítem	Descripción de la pérdida	Tipo al que pertenece
1	Consumo interno en el circuito de tensión	Pérdida técnica
2	Consumo interno en el circuito de corriente	Pérdida técnica
3	Rango de precisión de medida del medidor	Pérdida no técnica
4	Sub registro por falta de calibración	Pérdida no técnica
5	Falta de medición por error de conexión o manipulación dolosa	Pérdida no técnica

Elaboración: Propia

ELPU, cuenta con un parque de medidores muy diverso; siendo las marcas más utilizadas: ABB, ACTARIS, ELSTER, FUJI, GANZ, LANDIS AND GYR y SHULUMBERGER, SANXING, entre otros.

NOTA: En el caso donde no se tenga la información técnica de los fabricantes de medidores; para calcular las pérdidas, se emplearía información de la Norma Metrológica Peruana NMP-006-1997 Medidores de Energía Activa para Corriente Alterna de Clase 0.5; 1 y 2, basada en la IEC 521-1988 Class 0.5; 1 and 2 Alternating-Current Watt-hour Meters, en ese caso se tomaría los valores de pérdidas para las bobinas de corriente y tensión, la norma referida corresponde a medidores de inducción.

El análisis se ha realizado a partir de la información proporcionada por ELPD con un total de 9901 registros válidos. En la tabla 23, se observa que la cantidad de medidores electrónicos es del 95% y electromecánicos del 5%, lo que indica que ELPD cuenta casi con la totalidad de medidores electrónicos.

Tabla 23: PARQUE DE MEDIDORES ELPD – 2015

Ítem	Sistema eléctrico	Tipo de medidor				Total Medidores
		Monofásico		Trifásico		
		Electrom.	Electrónico	Electrom.	Electrónico	
1	Puno	582	6754	38	2526	9901

Elaboración: Propia

Las pérdidas técnicas existentes en los medidores de energía, se producen debido a la existencia de un circuito de tensión que origina una pérdida por histéresis y a un

circuito de corriente que origina pérdidas por efecto Joule que están en función de la corriente.

Tabla 24: RESUMEN DE PÉRDIDAS EN LO MEDIDORES

Sistema eléctrico	Tipo Medidor	Medidor Electrónico			Perdidas energía (kwh)	Medidor Electromecánico			
		Consumo Int. Bobina volt. (w)	Consumo Int. Bobina amp. (w)	Cant		Consumo Int. Bobina Volt. (w)	Consumo Int. Bobina amp. (w)	Cant. Medid Electrom.	Perdida energía (kw.h)
Puno	1φ	0,964	0,465	6754	708	2,550	0,170	582	13.4
	3φ	4,121	0,197	2526	935.7	6,100	0,593	38	2.1

Pérdida en medidores (mwh)/año			Incidencias	Factor de pérdidas
Pérdidas 1φ	Pérdidas 3φ	Total perdidas medid.		
713.4		1.659,2	4.18%	0,539
	937.8			0,539

Elaboración: Propia

3.7.7. CUADRO DE RESUMEN DE LAS PÉRDIDAS EN LA LÍNEA, ACOMETIDAS Y MEDIDORES.

Tabla 25: RESUMEN DE PÉRDIDAS EN LA LÍNEA, ACOMETIDAS Y MEDIDORES

Fs	1.00
Fc	0.53
Fp	0.33
Costo de energía	0.21
Km de red	65.12
Km red troncal	13.64
Potencia base	6,595.76
Numero usuarios	10753
Kw-suministros bt	1,709.64
Pérdidas de potencia en la línea(kw)	33.31
Pérdidas de potencia en acometidas(kw)	0.82
Pérdidas de potencia en núcleo de medidores(kw)	10.95
Pérdidas de potencia variable medidor(kw)	11.81
Potencia activa total(kw)	1,766.52
% de pérdida de potencia en la línea	1.8854%
% pérdidas de potencia en acometidas	0.0465%
% pérdidas de potencia en núcleo medidores	0.6199%
% pérdidas de potencia en bobina medidores	0.6684%
Energía activa total(kw.h)	663,237.79

Pérdidas de energía en líneas bt(kwh)	7,793.56
Pérdida de energía en acometidas(kw.h)	192.21
Pérdida de energía en medidores(kw.h)	10,647.34
Perdidas totales	0.00
% de pérdida de energía en la línea	1.18%
% pérdidas de energía en acometidas	0.03%
% pérdidas de energía en medidores	1.61%
% de pérdida de energía total	2.81%

Elaboración: Propia

3.8. PÉRDIDAS NO TÉCNICAS

Las pérdidas no técnicas representan la energía que está siendo utilizada para algún fin, pero la empresa no recibe en compensación ningún pago, se ha detectado tres fuentes de PNT que son

- a) Pérdidas por Hurto (conexiones directas a la red, construcciones)
- b) Pérdidas por Fraude (conexión directa a la bornera del medidor y acometida)
- c) Pérdidas por Administración (medidores plantados, errores de lectura, entre otros).

Se ha identificado varios casos de hurto de energía y clandestinaje, hurto en construcciones, fraude por la manipulación de medidores, borneras y acometidas, así como pérdidas por administración como: errores de lectura, mal reparto de recibos, medidores plantados, errores en los factores de medición, entre otros.

Las pérdidas por administración tienen también mucha importancia, debido a que falta implementar un moderno sistema comercial, utilizando herramientas, métodos y software especializado que ayude a controlar y a tomar medidas correctivas con prontitud; un aspecto muy importante también es la reformulación de la organización y funciones del personal para las actividades comerciales.

3.8.1. ESTIMACIÓN PARA PÉRDIDAS NO TÉCNICAS

Las pérdidas no técnicas llevan a una empresa a niveles muy complicados es por eso que se tiene que mencionar que por perjuicios de las conexiones irregulares se tiene lo siguiente:

- Ocasionan fluctuaciones de voltaje que dañan artefactos y equipos eléctricos
- Causan interrupciones del servicio
- Deterioran las instalaciones eléctricas, aumentando los gastos de mantenimiento

y reduciendo los recursos financieros para el mejoramiento del servicio

Para una metodología de estimación en primer lugar se considera en forma global el problema de pérdidas no técnicas, a partir de esto se puede llevar un proceso para identificarlas por sus diferentes causas, una forma usual de estimar las pérdidas no técnicas es efectuando un balance energético del caso de estudio de pérdidas, en este caso, para un alimentador primario de distribución.

Este método compara la energía suministrada por la cabecera del alimentador y la energía facturada por la empresa de energía que se encuentra realizando la facturación, ese modelo será realizado en base a la estimación de las pérdidas no técnicas en partes de registro y facturación.

Como primera variable a tomar en cuenta es la energía disponible (*E_{disponible}*) la cual es obtenida de mediciones de la energía generada y las compras del sistema.

$$E_{disponible} = \textit{generación} + \textit{compras} \quad (\text{Ec. 37})$$

En este proceso se debe tomar en cuenta los errores en la medición debido a imprecisión, descalibración de equipo, e incorrectos métodos de registro. Por lo que una empresa de energía debe realizar programas de mantenimiento, revisión y calibración de instrumentos de medición.

Para la estimación de las pérdidas no técnicas se requiere los datos de energía facturada y la energía disponible, además de las pérdidas técnicas. En la estimación de pérdidas en el sistema de distribución debido a su configuración radial, su flujo de potencia es en una sola dirección, esto permite una facilidad debido a que esta puede medirla en un punto de alimentación directamente, es decir puede ser en su cabecera.

La energía facturada por la compañía de energía se conoce directamente, debido al registro de consumos que esta posee. Las pérdidas técnicas se pueden establecer mediante los datos de potencia y datos de energía facturada, los cuales ya fueron descritos anteriormente.

Para un estudio de pérdidas no técnicas un cálculo anual es la mínima frecuencia que se requiere, permitiendo una evaluación completa y pasos de errores que al realizarlos por mes se pueden ir incrementando, un valor anual suaviza el efecto de los periodos de

facturación y por tanto evita el error por retardo de facturación muy común en las empresas distribuidoras del país.

La estimación de las pérdidas no técnicas requiere la contabilización de toda la energía suministrada por el alimentador primario, además de una evaluación precisa de sus pérdidas técnicas.

$$E_{NT} = E_S - E_R - E_F \quad (\text{Ec. 38})$$

Donde:

- Ent : Pérdidas no técnicas
Es : Energía suministrada
Er : Pérdidas técnicas en los diferentes componetes.
Ef : Energía Facturada.

La determinación de las pérdidas no técnicas esta detallada en la Ec. 38, la cual es mediante la diferencia de los valores obtenidos donde intervienen el balance global, y los valores de las pérdidas técnicas en cada componente de la red de distribución.

3.8.2. CÁLCULO DE ENERGIA FACTURADA

La energía facturada por la Empresa Distribuidora de los consumos de los clientes registrados se obtiene con el siguiente procedimiento.

- Lectura de los consumos de energía de los clientes, realizado por personal de la Empresa Eléctrica, organizado por rutas de lectura. Verifica la información que posee la empresa acerca de la ubicación de los medidores de energía, los consumos recogidos por el lector son de medidor en medidor, según la ruta, en kWh. Lectura que representa la energía registrada por el tiempo de consumo que aproximadamente es de un mes. Estas lecturas son recogidas en un listado que después es ingresado a la base de datos de la empresa (tablas de Excel)
- La empresa con la información del cliente, respecto a su localización realiza una clasificación del usuario por tarifa y al usuario se le relaciona a una categoría, correspondiente a los consumos de energía.
- Se presenta el valor de la recaudación de la energía consumida por el usuario,

mediante facturas de pago donde se encuentran detalladas los rubros de energía consumida, esta energía facturada es la registrada por la Empresa Distribuidora.

Tabla 26: CUADRO DE PÉRDIDAS NO TÉCNICAS

CODSE	ALIMENTADOR	COD TEN NOMI	COD TEN NO_1	COD TEN NO_2	COD TEN NO_3	POT INSTAL	TIPO SED	TOTAL DE SUMINISTROS	PÉRDIDAS MENSUALES (KWH)	PORCENTAJE DE PÉRDIDAS	PÉRDIDAS POR SUMINISTRO (KWH)	SUMINISTROS PROMEDIADOS
0101010	0101	10	D	X	0	100	SB	467	5789.19	13.69%	2.89	5.14%
0101011	0101	11	G	Y	0.38/0.22	75	SM					
0101020	0101	10	D	X	0	100	SB	227	1864.65	11.04%	1.64	9.69%
0101030	0101	10	D	X	0	150	SB	624	7170.51	12.03%	2.68	3.69%
0101040	0101	10	D	Y	0.38/0.22	100	SB	197	1164.22	12%	1.58	6.60%
0101050	0101	10	D	Y	0.38/0.22	100	SB	123	267.26	3.61%	0.51	2.44%
0101060	0101	10	D	X	0	50	SB	141	428.74	4.21%	0.81	3.55%
0101070	0101	10	D	X	0	160	SB	189	1702.10	8.24%	1.80	10.58%
0101080	0101	10	D	Y	0.38/0.22	100	SB	373	2245.76	6.00%	1.40	4.56%
0101085	0101	10	D	Y	0.38/0.22	200	SB			B -		
0101090	0101	10	D	X	0	100	SB	140	119.70	1.24%	0.20	10.71%
0101110	0101	10	D	X	0	37	SB	160	251.01	3.47%	0.37	1.25%
0101115	0101	10	D	Y	0.38/0.22	50	SM	288	4060.00	12.53%	2.82	12.50%
0101120	0101	10	D	X	0	100	SB	445	2730.11	7.69%	1.64	4.94%
0101130	0101	10	D	Y	0.38/0.22	100	SB	315	1914.60	6.80%	2.03	9.21%
0101140	0101	10	D	Y	0.38/0.22	75	SB	124	1463.49	16.05%	2.75	5.65%
0101150	0101	10	D	Y	0.38/0.22	160	SB	197	1031.14	7.23%	1.22	3.05%
0101160	0101	10	D	Y	0.38/0.22	100	SB	179	790.41	7.13%	1.03	4.47%
0101170	0101	10	D	X	0	125	SB	409	879.99	2.13%	0.50	5.13%
0101180	0101	10	D	X	0	100	SB	291	2035.84	9.54%	1.63	4.81%
0101200	0101	10	D	X	0	100	SB	315	2895.26	12.16%	2.14	42.22%
0101210	0101	10	D	X	0	100	SB	319	1853.16	7.38%	0.97	1.25%
0101220	0101	10	D	Y	0.38/0.22	100	SB	155	917.23	12.61%	1.78	8.39%
0101230	0101	10	D	Y	0.38/0.22	100	SB	177	119.40	1.52%	0.22	10.73%
0101250	0101	10	D	X	0	100	SB	207	1626.47	9.15%	1.83	7.73%
0101260	0101	10	D	Y	0.38/0.22	100	SB	166	90.34	1.37%	0.15	4.22%

Fuente: ELPU- Gerencia Comercial

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La reducción de pérdidas para cualquier proyecto tiene una evaluación importante en donde intervienen varios factores, en una empresa de distribución son 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 toda el área de concesión que administra como también aplicado a subsistemas afectados por altas pérdidas, la aplicación de estos proyectos se refleja en la operación y administración de la empresa.

Al analizar las pérdidas en las empresas eléctricas, se establece que las pérdidas son el resultado de una serie de causas. Es decir, reflejan otros problemas relacionados y que debidamente analizados deberían llevar a las verdaderas raíces de las deficiencias que se observan y por consiguiente a las verdaderas soluciones.

El problema de las pérdidas en toda empresa eléctrica tiene causas profundas que no pueden ser solucionadas con tratamientos puntuales. Por el contrario, requieren de soluciones de fondo que ataquen las causas y no se queden en lo superficial.

El solo entender que el porcentaje de pérdidas es un síntoma de la situación de la empresa, permite afrontar con mentalidad abierta la búsqueda de las verdaderas causas que las originan y su solución. Un bajo nivel de pérdidas es el elemento esencial para alcanzar buenos resultados respecto a los objetivos de atención al consumidor, desempeño económico financiero y eficiencia operacional. Al contrario de las pérdidas técnicas, las

pérdidas no técnicas son evitables y se pueden realizar reducciones apreciables en esta área realizando las inversiones necesarias. La reducción de pérdidas es fundamentalmente materia de una buena administración.

El factor más importante para el éxito de un programa de control y reducción de pérdidas es la participación de la INGENIERÍA DE DISTRIBUCIÓN, pues no sólo es determinante para el control de las pérdidas técnicas, como es evidente, sino que permite la generación de índices que son la base para el monitoreo de los resultados de las acciones que se ejecuten para reducir pérdidas no técnicas.

Para un buen enfoque de un plan de control y reducción de pérdidas es necesario iniciar con un balance de energía.

4.1. BALANCE GENERAL DE PÉRDIDAS TÉCNICAS

El balance general de pérdidas técnicas en el alimentador en estudio viene dado por la suma de cada índice de pérdidas que representa cada componente que lo conforma, estas pérdidas se encuentran detalladas en el cuadro 4.8 presentada a continuación:

Elemento del sistema	Porcentaje
Red primaria	1.32%
Transformadores de distribución	3.34%
Redes secundarias	1.18%
Acometidas	0.03%
Medidores	4.18%
Total	10.05%

Fuente: ELP- Gerencia Comercial

$$E_{NT} = E_S - E_R - E_F \quad (\text{MWh}) \quad (\text{Ec. 39})$$

Aplicando esta expresión se obtiene el valor total de pérdidas no técnicas en el alimentador “101” que es de 72,450 KWh y que representa un 2.89% de pérdidas.

4.2. PROPUESTA DE ESTUDIO DE CONTROL Y DISMINUCIÓN DE PÉRDIDAS DENTRO DEL SERVICIO ELÉCTRICO PUNO ALIMENTADOR 101

La reducción de pérdidas para cualquier proyecto tiene una evaluación importante en donde intervienen varios factores, en una empresa de distribución son 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 toda el área de concesión que administra como también aplicado a subsistemas afectados por altas pérdidas, la aplicación de estos proyectos se refleja en la operación y administración de la empresa.

Al analizar las pérdidas en las empresas eléctricas, se establece que las pérdidas son el resultado de una serie de causas. Es decir, reflejan otros problemas relacionados y que debidamente analizados deberían llevar a las verdaderas raíces de las deficiencias que se observan y por consiguiente a las verdaderas soluciones.

El problema de las pérdidas en toda empresa eléctrica tiene causas profundas que no pueden ser solucionadas con tratamientos puntuales. Por el contrario, requieren de soluciones de fondo que ataquen las causas y no se queden en lo superficial.

El solo entender que el porcentaje de pérdidas es un síntoma de la situación de la empresa, permite afrontar con mentalidad abierta la búsqueda de las verdaderas causas que las originan y su solución. Un bajo nivel de pérdidas es esencial para alcanzar buenos resultados respecto a los objetivos de atención al consumidor, desempeño económico financiero y eficiencia operacional. Al contrario de las pérdidas técnicas, las pérdidas no técnicas son evitables y se pueden realizar reducciones apreciables en esta área realizando las inversiones necesarias. La reducción de pérdidas es fundamentalmente materia de una buena administración.

El factor más importante para el éxito de un programa de control y reducción de pérdidas es la participación de la INGENIERÍA DE DISTRIBUCIÓN, pues no sólo es determinante para el control de las pérdidas técnicas, como es evidente, sino que permite la generación de índices que son la base para el monitoreo de los resultados de las acciones que se ejecuten para reducir pérdidas no técnicas.

El objetivo general de la reducción de pérdidas es presentar alternativas de solución al problema del nivel de pérdidas técnicas en sistemas de distribución de energía eléctrica.

Las alternativas presentadas en el estudio son específicas en el sentido de que analizan su efecto sobre un componente particular de balance.

Para un buen enfoque de un plan de control y reducción de pérdidas es necesario iniciar con un balance de energía

4.3. BALANCE ENERGÉTICO

4.3.1. ENERGÍA DISPONIBLE

La energía disponible es la energía despachada por la Subestación para su respectiva distribución a los clientes asociados al alimentador primario “101”, esta energía será repartida por medio de las redes de distribución y para el año 2015 de estudio fue de 12,951 MWh, este dato se obtiene del registrador digital colocado en la cabecera del alimentador y se toma para el estudio.

4.3.2. ENERGÍA REGISTRADA

La energía registrada corresponde a la venta de la energía y la destinada para el alumbrado público y otros usos de la empresa distribuidora, esta información se toma de los medidores de energía de cada usuario, ya sea de tipo residencial, comercial, industrial y otros, son valores reportados al departamento comercial en donde son procesados y facturados al cliente, la energía facturada en el año de estudio fue de 11,650 MkWh.

4.3.3. ENERGÍA DE PÉRDIDAS

La energía de pérdidas está determinada por las pérdidas técnicas y no técnicas y se obtiene de la diferencia entre la energía disponible y la registrada.

Las pérdidas técnicas se deben a fenómenos físicos en las redes primarias, en los transformadores de distribución, circuitos secundarios, acometidas, alumbrado público y medidores.

Las pérdidas no técnicas consideran: errores, fraudes, conexiones clandestinas, conexiones ilegales, no identificadas y administrativas. Las pérdidas no técnicas de ELPU durante el periodo de estudio. alcanzaron un valor del 2.89% con respecto a la energía suministrada por la cabecera del alimentador “101”.

Un resumen de las pérdidas en el alimentador 101 se presenta en el cuadro 5.1.

Tabla 27: PÉRDIDAS DE ENERGÍA EN MEDIA Y BAJA TENSIÓN

Tipo	Pérdidas de energía	
	Kwh/año	Porcentaje
Pérdidas técnicas	200,970.00	10.05%
Pérdidas no técnicas	72,450.00	2.89%
Total	273,210.00	12.94%

Elaboración: Propia

A fin de reducir y controlar los altos niveles de pérdidas en la Empresa Distribuidora se elaborará un plan de reducción de pérdidas para optimización del sistema.

4.4. OPTIMIZACIÓN DE PÉRDIDAS

La rentabilidad de las Empresas Eléctricas se logra facturando y cobrando la energía que se distribuye, siendo por ello importante que las mismas cuenten con planes de acción que faciliten la integración de todas sus unidades técnico – administrativas en función de reducir la energía dejada de facturar.

En general los proyectos de reducción de pérdidas no técnicas tienen por objetivo reducir el fraude y el hurto de la energía, mediante la regularización de usuarios, sustitución e instalación de equipos (redes, acometidas y medidores) y la implementación de nuevos sistemas de lecturas, facturación, cobranza y control. Ello origina los siguientes beneficios:

- Ahorro en los recursos de generación (o compra) de la energía consumida sin pago y que no habrá necesidad de producir, por ello la empresa obtiene un beneficio financiero importante ya que recibe un ingreso por la venta de energía que antes no facturaba.
- Aumento en la demanda de los usuarios existentes por efecto de una disminución en las tarifas. En efecto la reducción de costos permite que los usuarios regulares se beneficien al desaparecer el subsidio cruzado que otorgaban, ya sea mediante las tarifas vigentes (y/o facturas) o por el aumento de los costos operativos. Esto permite que la empresa se mantenga al día en sus inversiones y labores de mantenimiento necesarias, reduciendo sus costos unitarios, accidentes y las tarifas en relación con su situación actual.

4.4.1. BENEFICIOS EN LA OPTIMIZACIÓN DE PÉRDIDAS NO TÉCNICAS

Un plan de reducción de pérdidas técnicas origina los siguientes beneficios:

- La disminución en los requisitos de generación (o compra de energía, así como de demanda potencia), lo que ahorra, por lo tanto, recursos en la operación y expansión;
- Al mejorar y ampliar la capacidad de los equipos se mejora su confiabilidad, reduciendo las fallas en los sistemas, y, por lo tanto, los perjuicios para los usuarios;
- Disminución por ahorro ya que, si la gente paga no desperdicia tanto, liberando capacidad para conectar a nuevos usuarios que antes no se podían suministrar;
- La rehabilitación de los sistemas puede reducir los gastos de mantenimiento y reparaciones de emergencia, sobre todos en sistemas muy viejos y
- Finalmente, la disminución de costos se traduce en el largo plazo en tarifas más bajas, las que permiten una mayor demanda. Cabe destacar, que varios de los efectos anteriores tienen un beneficio financiero importante para la empresa eléctrica, ya sea reduciendo sus costos y/o aumentando sus ingresos por venta.

En suma, un plan de reducción de pérdidas técnicas puede evitar durante parte (no necesariamente todo el tiempo) de su existencia, alguno o todos los efectos siguientes:

- Mayor nivel de pérdidas;
- Expansión de red innecesaria;
- Deterioro en la confiabilidad;
- Déficit en el suministro;
- Aumento en los costos de operación; y,
- Tarifas innecesariamente altas.

La evaluación y reducción de las pérdidas debe ser una preocupación permanente de las áreas de Planificación y Comercialización de las empresas, ya que su

contabilización depende de una buena base de datos (Oficina del GIS) y la reducción implica acciones tanto a corto, mediano y largo plazo.

4.4.2. REDUCCIÓN DE PÉRDIDAS TÉCNICAS

Sólo la aplicación de la ingeniería de distribución puede lograr que la empresa mantenga condiciones satisfactorias de operación, que, sumadas a las mejoras en el diseño y la planificación de la expansión de las redes, pueden lograr que las pérdidas tengan niveles óptimos.

El manejo de las redes eléctricas es un problema de concepción debido al dinamismo del sistema de distribución eléctrica, pues varía casi a diario con la incorporación de nuevos clientes, ampliación de las redes, cambios en las condiciones de operación, entre otros. Como consecuencia de un manejo sin ingeniería de distribución las caídas de voltaje, pérdidas de energía en tramos, transformadores sobrecargados, transformadores subutilizados, son algunas de las causas para que se presenten las pérdidas técnicas elevadas en un sistema de distribución. Esta situación ha conllevado a que no se consideren criterios técnicos de reducción de pérdidas al momento de operar o modificar el sistema.

Para esta situación de pérdidas es necesario establecerlas por diferentes etapas, donde se tiene:

- Reducción de pérdidas en circuitos primarios
- Reducción de pérdidas en Bajo Voltaje

La reducción de pérdidas técnicas tiene diferentes alternativas de las que se puede citar las siguientes:

- Balance de carga
- Reconfiguración de redes
- Cambio de calibre de los conductores
- Reubicación de transformadores
- Instalación de capacitores

4.4.3. CONTROL

La mejor estrategia para el control de las pérdidas eléctricas es realizar un planeamiento adecuado, tanto para la operación como para la expansión de los

sistemas eléctricos, y particularmente, la distribución. Las pérdidas en los sistemas de distribución están asociados a los costos, por lo que es necesario el planeamiento para la reducción del índice de pérdidas, que viene afectado por diferentes factores.

4.4.3.1. FACTORES

Las variables que causan la variación en la magnitud de las pérdidas, como por ejemplo el comportamiento que una red tiene con respecto a la potencia transmitida a través de un elemento del sistema y los efectos que causa la utilización de capacitores, así

$$: P_{TR} = V_i * I * \cos \theta \quad (\text{Ec. 40})$$

Donde

P_{TR} : Potencia transmitida (W)

V_i : Tensión de línea en el punto i (V)

$\cos(\theta)$: Factor de potencia al cual esta funcionando

la línea I: Corriente que pasa por el punto i

La relación entre las pérdidas y la potencia transmitida esta dada por:

$$\frac{P_L}{P_{TR}} = \frac{I^2 R}{P_{TR}} = \frac{P_{TR} R}{V_i^2 \cos \theta} \quad (\text{Ec. 41})$$

De la fórmula anterior se deduce que las pérdidas son:

- Proporcionales al cuadrado de la potencia transmitida
- Directamente proporcionales a la resistencia
- Inversamente proporcionales al cuadrado de la tensión
- Inversamente proporcionales al factor de potencia

Para estas causas la manera de reducir el porcentaje de pérdidas se tiene que optar por:

- Disminuir la potencia transmitida, pero satisfaciendo la demanda
Disminuir la resistencia (Aumentando el calibre del conductor).
- Aumentar la tensión del sistema (Cambio de voltaje)
- Mejorar el factor de potencia de la línea, esto se puede realizar

mejorando el factor de potencia de la carga, para lo que se utiliza capacitores conectados generalmente cerca a la carga.

Para lograr un buen planeamiento y adecuada reducción de pérdidas en el sistema, se considera las siguientes estrategias:

- Diagnóstico del estado actual del sistema
- Inventario de los componentes del sistema
- Revisión de normas
- Estudios computarizados
- Mejora del factor de potencia
- Análisis de beneficios
- Mejora del balance de fases
- Manejo de carga
- Manejo de carga en los transformadores
- Monitoreo del Sistema

4.4.3.2. REDUCCION DE PÉRDIDAS EN CIRCUITOS PRIMARIOS

Para los circuitos primarios se pueden realizar y plantear diferentes soluciones que permitan hacer una optimización de la red primaria de distribución:

Entre las soluciones se tienen:

- Reconfiguración del alimentador
- Cambio de calibre de conductores
- Cambio en el nivel de voltaje.
- Ubicación de Capacitores

4.4.3.3. REDUCCIÓN DE PÉRDIDAS TÉCNICAS EN TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCIÓN

Se tiene en cuenta que las empresas distribuidoras hace varios años realizaron estudios para la expansión de redes de distribución con la definición de transformadores con estudios de proyección, alguno se ha cumplido, pero otros han resultado en transformadores sobredimensionados como ocurre en la Empresa Eléctrica ELPU en el alimentador en estudio, donde existe un porcentaje muy bajo de transformadores que trabajen a su demanda correcta.

Los sobredimensionamientos de los transformadores, aún cuando reducen las pérdidas, significan una subutilización de la inversión realizada en ellos.

Una forma de reducir las pérdidas en transformadores de distribución que se encuentran instalados en el alimentador es mediante una optimización de su capacidad, determinando su más alto rendimiento, mediante rotación de transformadores (intercambiando la ubicación de los transformadores que se encuentran sobrecargados y los que se encuentran subdimensionados).

4.4.3.4. REDUCCIÓN DE PÉRDIDAS TÉCNICAS EN MEDIDORES

Es importante tomar en cuenta durante la selección del tipo y marca del medidor dado que el consumo interno, tanto en la bobina voltimétrica como en la amperimétrica, varían de una marca a otra, y por ejemplo la marca SANXING, tiene un mayor consumo interno, lo cual eleva las pérdidas.

Se recomienda reemplazar los medidores trifásicos electromecánicos antiguos, debido a que se trata de medidores instalados en usuarios de alto consumo.

Se recomienda reemplazar los medidores trifásicos electromecánicos antiguos, debido a que se trata de medidores instalados en usuarios de alto consumo.

Se concluye que ELPU cuenta con un parque de medidores bastante joven, por lo tanto, el reemplazo de medidores electromecánicos en el futuro, ya no tendrá impacto en la reducción de pérdidas de energía.

4.4.3.5. REDUCCIÓN DE PÉRDIDAS TÉCNICAS EN CIRCUITOS

SECUNDARIOS

Par una reducción de pérdidas en una red secundaria se pueden emprender varias soluciones, al igual que para las redes primarias de distribución, estas tienen similares características que deben ser tratadas bajo el mismo esquema: mediante la reubicación de transformadores, reemplazo de conductores (incremento de calibre), incremento de fases en sectores en donde sea necesario, reconfiguración los circuitos de distribución secundaria, la distribución de carga entre circuitos es otra alternativa que permite la optimización de la red secundaria.

4.5. ESTRUCTURA DE UN PLAN DE REDUCCIÓN Y CONTROL DE PÉRDIDAS

Todo plan debe tener una secuencia lógica que comienza con el diagnóstico de la situación actual, a fin de determinar los problemas existentes y sobre todo las causas que los producen, en otras palabras, ir a la raíz de los males estableciendo así soluciones que sean realmente efectivas. Adicionalmente es necesario establecer un sistema de medición de la evolución del plan a fin de poder determinar la situación real y objetiva en cualquier momento con respecto a las metas establecidas, se requiere un control sistemático de la ejecución del plan puesto que el mismo debe ser verificado, así como también el cumplimiento de las responsabilidades encomendadas al personal relacionado con todas las labores que pueden incidir sobre las pérdidas.

Como es normal existen varios problemas de fondo que deben ser afrontados, claro que la solución requiere un tratamiento integral y para tal efecto es necesario de un esfuerzo integral en el ámbito de toda la empresa, entendido como una prioridad de la institución y que debe involucrar a todo el personal.

Las tareas involucradas tienen una perspectiva muy amplia, global y que aún supera los límites de cada empresa, tal es el caso que la información y educación a los clientes que debe orientarse a toda el área de servicio y las acciones para lograr el adecuado respaldo legal que son de carácter sectorial

Basándose en el análisis del capítulo anterior donde se hizo la evaluación de pérdidas en el Alimentador “101”, la estructura de un plan de pérdidas. comprende dos áreas de acción: La ejecución misma del plan y las acciones de entorno.

En lo que se refiere a la ejecución del plan se pueden identificar dos grupos de actividades, el primer grupo se orienta hacia la reducción de pérdidas que, por principio, debería comprender actividades temporales, pues se entiende que un plan que espera el éxito en algún momento de su ejecución restringirá su acción únicamente al control de las pérdidas; que se trata del segundo grupo de actividades las mismas que tienen un carácter permanente. La estructura¹⁰ de estos dos grupos se la detalla en la siguiente ilustración:

Ilustración 18: Componentes del plan de pérdidas



Como se ilustra en ambos grupos deben guiarse mediante un control de pérdidas a través de índices que cuantifiquen la situación y solamente de esta manera poder orientar el plan y colocar a la Empresa en un lugar que este por debajo de las regulaciones establecidas por el OSINERGMIN. Además, los resultados que se obtengan al final de un periodo deben ser sometidos a una evaluación, la misma que se realiza en base al mismo índice de pérdidas.

En efecto, el desarrollo de un plan o la ejecución de un proyecto requieren de un sistema de control de pérdidas. Dicho sistema de control requiere la definición de índices observables y medibles que reflejen el progreso que se realiza en la ejecución.

La referida definición es un aspecto difícil que requiere mucha dedicación de los responsables del plan. Para este caso el índice debe ser desagregado en cuanto se refiere a la influencia de los diferentes subsistemas y componentes de cada uno.

A medida que el índice de pérdidas permite conocer de manera más desagregada las pérdidas resulta más útil para los propósitos de control y evaluación. Las pérdidas totales solo permiten vislumbrar la magnitud de los problemas internos a medida que crecen; sin embargo, no apuntan hacia donde están los posibles problemas que los ocasionan. Una vez que se divide el total, en pérdidas técnicas y no técnicas, se debe

conocer donde se presentan los mayores problemas, sí en la operación de las redes o en la administración de la empresa.

Se debe destacar, que la posibilidad de mayor desagregación se logra solamente a través del análisis y estudio de la operación del sistema de distribución, particularmente, pues a pesar de ser donde se producen las pérdidas es el menos atendido en cuanto a la ingeniería de distribución que se invierte.

Pero, es más importante acentuar, que dicho análisis sirve de sustento para la planificación, el diseño, la operación de la red, y no sólo para obtener las pérdidas. Es decir, que la obtención de un índice sectorizado de pérdidas produce beneficios que van más allá del ámbito del plan de reducción y control, porque permite una mejora sustancial de la eficiencia del sistema de distribución contribuyendo al rendimiento de la institución permitiendo beneficios para la distribución eléctrica y mejora de la calidad del servicio, parte fundamental de las empresas de esta actividad, pero la ejecución del plan deberá ser complementada con acciones de entorno tales como publicidad y educación con las cuales se lograría una concientización por parte de las personas que cometen las infracciones que comúnmente se tienen.

El ejecutar los planes de reducción de pérdidas de energía conlleva a que la empresa y sus clientes obtengan una serie de beneficios los mismos que se presentan a continuación.

CONCLUSIONES

- Con la base de datos de Electro Puno y cálculos correpondientes, se logro determinar la magnitud de las perdidas tecnicas y no técnicas del alimentador 101.

Tipo	Pérdidas de energía	
	Kwh/año	Porcentaje
Pérdidas técnicas	200,970.00	10.05%
Pérdidas no técnicas	72,450.00	2.89%
Total	273,210.00	12.94%

- Con el calculo se logró determinar las pérdidas correspondientes al año 2015, en cada componente del sistema eléctrico del alimentador 101 con los siguientes resultados:

% Pérdidas	12.94%
Pérdidas kwh/año	273,210.00
Pérdidas económicas (soles)	60,106.20

- El análisis que se realizo con fines de implementar un plan de control, se pudo lograr, permitiendo además generar los índices de pérdidas para el diagnóstico y discriminación de pérdidas técnicas en cada componente de la red, por lo que fue posible plantear planes de control y reducción, para el alimentador 101, como se ha demostrado con el estudio presentado.

RECOMENDACIONES

- La Empresa Eléctrica Electropuno S.A.A. debe implementar un grupo de ingeniería de distribución o la Creacion de una Nueva gerencia que le permita mejorar la operación, el diseño y la planificación de la expansión de las redes. Adicionalmente le permitirá generar los índices de pérdidas técnicas por por elemento para adoptar acciones correctivas sumamente eficientes y eficaces.
- La ejecución de un plan permanente para la reducción y control de las pérdidas técnicas y no técnicas, cumpliendo objetivos y metas trazadas tiene una conveniencia económica relevante, por lo que se recomienda a la administración de la empresa emprenderlo.
- Una mayor aplicación de la ingeniería de distribución en los departamentos de la empresa se logrará a través de una mayor capacitación del personal y permitirá generar soluciones en beneficio de la Empresa, por lo que se recomienda su consideración como parte de los planes de mejora.
- Concienciar y motivar al personal de la Empresa Eléctrica acerca de la reducción de pérdidas, resaltando los beneficios que este conlleva, permitirá que todos se incorporen al control de las pérdidas.
- Una mayor concientización por parte de la Empresa Distribuidora al facilitar una mayor inversión hacia programas de reducción de pérdidas no técnicas son la base para obtener beneficios positivos a la entidad.
- Para trabajo de investigación es necesario un trabajo de campo, de manera directa con los componentes de la red, para evitar conflictos con redes desactualizadas, tanto en la configuración de sus redes como en sus parámetros eléctricos, trabajo necesario para una mayor confiabilidad de la información adquirida y llegar después de un análisis a un resultado realista, Se recomienda la actualización de su base de datos (OFICINA DE GIS)
- Se recomienda que ELPUNO tome la iniciativa ante el Ministerio de Energía de Minas, de solicitar la Normalización de transformadores de distribución de

potencias nominales menores a las que actualmente están normadas, como son de 3KVA, 5 KVA. 7,5 kVA, etc., a fin de que en los proyectos nuevos no se utilicen transformadores de mayor potencia de la que se requiere.

- Se recomienda que ELPU proponga al Ministerio de Energía y Minas que para los diseños de los proyectos de electrificación sean con una proyección de 10 años, mas no de 20 años, lo que está llevando a sobredimensionar innecesariamente las potencias de los transformadores, y que las empresas de distribución están asumiendo las pérdidas que se producen por el dicho sobredimensionamiento.
- Se recomienda que ELPU en sus proyectos futuros evalúe trabajar con transformadores de nueva tecnología, tales como los transformadores con núcleo amorfo.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- MORA, J. F. (s.f.). MAQUINAS ELECTRICAS. En J. F. MORA, QUINTA EDICION. OLADE. (1993). Manual Latinoamericano y del caribe para el control de pérdidas eléctricas (Vol. I y II). Latinoamerica.
- Poveda, & Mentor. (2012). A NEW METHOD TO CALCULATE POWER DISTRIBUTION LOSSES IN AN ENVIRONMENT OF HIGH UNREGISTERED LOADS.
- Puno, E. d. (Octubre de 2015). Electro Puno S.A.A. Recuperado el Octubre de 2015, de Electro Puno S.A.A.: www.electropuno.com.pe
- Duncan J. (s.f) Sistemas de potencia Análisis y Diseño, Tercera edición, Thomson Learning U.S.A. 226 –
- Parra Estrella E. ; Borrero Víctor; Céspedes Renato,(1990) Manual latinoamericano y del caribe para el control de pérdidas eléctricas.
- Dirección General de Electricidad del Ministerio de Energía y minas, (1992)Ley De concesiones Eléctricas y su reglamento.
- Ministerio de energía y Minas, Pérdidas de Energía Eléctrica (2013) L.T. Mantaro Socabaya –Manuel Carranza Arévalo
- Organización Latinoamericana de Energía (OLADE)(2011). Control de Pérdidas Eléctricas.
- Electro Puno S.A.A.- Oportunidad de reducción de pérdidas en líneas de transmisión por compensación reactiva (2015). - Electro Puno S.A.A.- Estudio a nivel de expediente técnico para la discriminación de pérdidas de energía eléctrica a nivel concesión Puno S.A.A.: www.electropuno.com.pe
- Patricia Amancio Vargas. Reducao De Perdas Em Redes de Distribuicao de Energía Eléctrica a Través de Sistemas Classificadores.(2013) Revista Controle & Automacao/vol.14 no.3/julho, Agosto e Setembro ;
- http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-17592003000300009

- A.V. IVANOV SMOLENSKI Maquinas Eléctricas Tomo 1 Editorial Mir Moscu
<https://es.scribd.com/doc/225165806/MAQUINAS-ELECTRICAS>
- Chilectra S.A. Metodología para el Cálculo de Pérdidas de Energía en las Empresas de Grupo Enersis. <http://www.edelnor.com.pe/> - Edelnor Memoria Anual e Informe de Sostenibilidad 2010 <http://www.edelnor.com.pe>
- Saadi Joel Jiménez Romero, (Lima 2005) Metodología para la estimación de Pérdidas técnicas en una Red de distribución de Energía Eléctrica; <http://cybertesis.uni.edu.pe>.

ANEXOS

ANEXO 1 ENERGIA Y DEMANDA

COD. DE SED	ACTUAL					
	Energía Total	Energía HP	Energía FP	Demanda HP	Demanda FP	Energía Reactiva
101010	210730.0	60138.0	150592.00	115.00	115.6	15525.3
101011	105663.0	37478.0	68185.0	0.00	16.00	15355.0
101020	589366.1	177227.8	412138.3	60.00	0.00	59402.0
101030	1373696.1	366435.0	1007261.0	151.19	141.62	231013.2
101050	241474.0	74306.0	167167.0	27.00	29.00	15429.0
101060	360055.0	104023.0	256032.0	38.00	37.00	63574.0
101070	681634.0	182351.0	499281.0	59.00	0.00	127121.0
101080	1262654.0	38669.0	923985.0	100.00	0.00	168447.0
101085	204780.1	57517.0	1472620.0	125.55	114.30	24548.7
101085	194624.4	54641.0	139983.0	120.91	114.30	23569.7
101190	275669.0	84903.0	190766.0	35.00	35.00	47633.0
101110	217051.0	72193.0	144858.0	29.00	33.00	38565.0
101115	1042149.3	332999.1	709150.2	90.00	0.00	9501.0
101120	1154895.0	333857.0	821039.0	114.00	115.00	145719.0
101130	882879.2	265923.8	616954.4	86.00	0.00	135895.0
101140	318513.9	99521.3	218992.6	33.00	32.00	19810.0
101150	459021.5	142359.0	316662.3	55.00	0.00	49540.0
101160	339311.0	110044.0	229267.0	38.00	0.00	2880.1
101180	662478.2	206643.0	455835.2	66.00	0.00	74823.0
101200	781280.0	276459.0	504821.0	73.00	0.00	94927.0
101210	275246.0	85290.0	192367.0	40.00	39.00	31215.0
101220	230920.0	79136.0	151784.0	28.00	0.00	28188.0
101230	218657.0	72577.0	146080.0	32.00	32.00	8025.0
101250	563704.0	160272.0	403431.0	51.00	0.00	26230.0
101260	232304.0	78778.0	153525.0	30.00	28.00	29210.0
101280	459106.2	146003.8	313101.4	50.00	0.00	72581.0
101290	638159.6	207415.0	430744.6	72.00	0.00	53001.0
101300	707766.0	227689.0	480077.0	73.00	0.00	93398.0
101310	448804.0	124392.0	324412.0	41.00	52.00	38275.0
101330	448131.8	135683.2	312224.5	44.00	0.00	55769.0
101320	427003.0	111678.0	316125.0	46.00	45.00	81093.0
101340	275690.0	78273.0	197416.0	30.00	33.00	34456.0
101350	805504.0	241251.0	564253.0	103.00	99.00	172048.0
101360	414754.0	131898.0	282856.0	56.00	57.00	62437.0
101380	370870.0	103912.0	266957.0	46.00	48.00	60848.0
101390	168927.0	44424.0	124502.0	18.00	25.00	22001.0
101400	696082.0	219202.0	476879.0	69.00	0.00	94274.0
101410	436345.9	128328.0	308017.9	43.00	45.00	74209.0
101420	608618.2	174966.5	433651.1	64.00	69.00	89535.0
101430	31692.0	8114.0	23577.0	22.69	22.04	2783.0

101440	558261.0	190534.0	367726.0	68.00	0.00	2415.0
101460	251888.0	84769.0	167119.0	36.00	40.00	15914.0
101470	596.2	381.4	214.9	0.16	0.17	94.6
101473	291.2	186.4	104.8	0.16	0.16	37.0
101477	324.4	211.0	113.3	0.17	0.17	37.7
101481	460.0	296.7	163.3	0.167	0.181	76.23

Fuente: ELPD 2015

	AUTOLECTURA						FECHA	USUARIOS
	Energía Total	Energía HP	Energía FP	Demanda HP	Demanda FP	Energía Reactiva		
101010	194033.7	55674.0	138358.00	129.1	125.9	14353.20	08/08/2015	500
101011	105314.0	37478.0	67835.0	17.00	17	15316.0	30/06/2015	90
101020	583034.0	170772.0	412262.0	61.00	56	58683.0	30/09/2015	237
101030	322667.1	354112.0	968554.0	162.54	150.85	222493.9	21/01/2015	623
101050	239554.0	73862.0	165692.0	34.00	28	15323.0	04/07/2015	130
101060	353595.0	102058.0	251536.0	38.00	37	62698.0	12/09/2015	144
101070	662339.0	176501.0	405837.0	61.00	58	123870.0	11/09/2015	192
101080	167042.0	1231017.0	329039.0	98.00	102	168303.0	11/09/2015	376
101085	188517.5	53192.0	135325.0	148.00	139.83	22968.9	08/08/2015	304
101190	264769.0	81401.0	183367.0	36.00	36	45973.0	27/06/2015	131
101110	208525.0	69211.0	139314.0	29.00	29	37182.0	27/06/2015	156
101115	997947.0	288584.0	709363.0	89.00	0	85455.0	24/11/2015	322
101120	1135500.0	328180.0	807319.0	114.00	118	143687.0	11/09/2015	467
101130	873350.0	25777.0	617572.0	88.00	88	95.0	30/09/2015	329
101140	309293.0	96705.0	212587.0	33.00	34	19314.0	24/11/2015	133
101150	443469.0	136314.0	307154.0	52.00	52	48764.0	12/09/2015	213
101160	338924.0	109657.0	229267.0	39.00	39	28774.0	21/09/2015	190
101180	654325.0	198353.0	455972.0	66.00	68	73954.0	03/10/2015	304
101200	775371.0	270549.0	504821.0	74.00	0	94206.0	24/11/2015	325
101210	275246.0	84630.0	190615.0	41.00	41	30972.0	02/09/2015	319
101220	226899.0	75114.0	151784.0	27.00	27	27659.0	02/10/2015	159
101230	209238.0	69401.0	139836.0	35.00	30	7691.0	27/06/2015	141
101250	557230.0	153798.0	403431.0	56.00	52	26069.0	30/09/2015	207
101260	230887.0	77361.0	153525.0	31.00	29	29070.0	25/09/2015	176
101280	458586.0	145421.0	313164.0	51.00	51	7249.0	21/09/2015	239
101290	637681.0	206764.0	430917.0	77.00	78	52926.0	21/09/2015	308
101300	706227.0	226150.0	480077.0	82.00	79	93221.0	22/09/2015	381
101310	435369.0	119350.0	316018.0	43.00	44	37322.0	23/09/2015	123
101330	446413.0	133876.0	312537.0	44.00	0	55559.0	21/10/2015	122
101320	411079.0	107188.0	303891.0	42.00	45	78212.0	27/06/2015	137
101340	270265.0	76893.0	193372.0	32.00	33	33976.0	14/07/2015	106
101350	777651.0	232878.0	544772.0	98.00	97	167124.0	22/06/2015	533
101360	399649.0	127152.0	272497.0	55.00	55	60572.0	22/06/2015	228

101380	254069.0	99251.0	254817.0	45.00	44	58356.0	27/06/2015	150
101390	163271.0	42852.0	120418.0	19.00	28	21370.0	26/06/2015	125
101400	680820.0	203941.0	476879.0	70.00	69	92349.0	29/09/2015	327
101410	422672.0	124406.0	298266.0	47.00	49	71930.0	23/09/2015	197
101420	590836.0	169917.0	420919.0	68.00	65	87568.0	21/09/2015	291
101430	28769.6	7408.0	21361.0	23.47	30.44	2489.2	09/08/2015	317
101440	549668.0	181941.0	367726.0	68.00	68	23875.0	28/09/2015	361
101460	249557.0	841777.0	165380.0	40.00	38	15810.0	04/07/2015	245
101470	559.3	358.2	201.1	0.16	0.16	87.3	24/11/2015	24
101473	269.0	170.0	99.0	0.15	0.153	33.0	13/04/2015	16
101477	300.6	193.5	107.8	0.17	0.171	34.4	13/04/2015	39
101481	419.43	270.09	149.34	0.171	0.19	68.31	22/06/2015	25

ANEXO 2 PADRÓN DE USUARIOS.

ANEXO 2 PADRÓN DE USUARIOS.							
ACTIVIDAD :		Primera lectura	MEDIDOR AP			MEDIDOR TOTALIZADOR	
ALIMENTADOR :		0105	Serie:			Serie:	
SUBESTACIÓN :		101010	Lectura:			Lectura:	
Nº	Código Ruta	Nº serie por corroborar	Estado	Año	Lectura kWh	Cód. Obs.	Dirección del predio
492	401110200892	606884636					
1	4010603001905	605885830	NORMAL		DC		AV CIRC. NORTE 982
2	4010606000410	1972999			3913		JR. IQUITOS 200
3	4010606000415	605233511	NORMAL		1736		JR. IQUITOS 202
4	4010606000420	605582843	NORMAL		4098		JR. IQUITOS 200
5	4010606000425	605656208	NORMAL		3202		JR. IQUITOS 207
6	4010606000430	606584088	NORMAL		4947		JR. IQUITOS 214
7	4010606000440	2383165	NORMAL		3246		JR. IQUITOS 211
8	4010606000455	605595167	NORMAL		4642		JR. IQUITOS 261
9	4010606000460	606661956	NORMAL		631		JR. IQUITOS 256
10	4010606000465	1805587	NORMAL		1281		JR. IQUITOS 251
11	4010606000468	606735081	NORMAL		212		JR. IQUITOS 231
12	4010606000470	605883679	NORMAL		3281		JR. IQUITOS 217
13	4010606000480	605311914	NORMAL		11590		JR. IQUITOS 205-A
14	4010606000485	605582834	NORMAL		1878		JR. IQUITOS 203 INT B
15	4010606000490	2042127	NORMAL		4164		JR. IQUITOS 200 - A
16	4010606000495	605660450	NORMAL		1879		JR. IQUITOS 200 INT- 1
17	4010606000500	2383161	NORMAL		9275		JR. IQUITOS 269
18	4010606000505	2385591	NORMAL		13071		JR. IQUITOS 267
19	4010606000510	2383101	NORMAL		2255		JR. IQUITOS 265
20	4010606000520	1804811	NORMAL		467		JR. IQUITOS 268
21	4010606000535	2385592	NORMAL		2		JR. IQUITOS 270
22	4010606000540	2385718	NORMAL		13928		JR. IQUITOS 272
23	4010606000545	2385595	NORMAL		8880		JR. IQUITOS 277
24	4010606000550	2383100	NORMAL		6535		JR. IQUITOS 264
25	4010606000553	1333349	NORMAL		2839		JR. IQUITOS 264 - A

26	4010606000555	1805714	NORMAL		2902		JR. IQUITOS 286
27	4010606000560	2383096	NORMAL		12291		JR. IQUITOS 257
28	4010606000565	2383160	NORMAL		10832		JR. IQUITOS 259
29	4010606000570	2385590	NORMAL		6992		JR. IQUITOS 220
30	4010606000575	1175248	NORMAL		49900		JR. IQUITOS 258
31	4010606000580	1973000	NORMAL		91		JR. IQUITOS 260
32	4010606000585	606579406	NORMAL		3255		PJE. CERRITO BLANCO 206
33	4010606000590	2383095	NORMAL		7236		PJE. CERRITO BLANCO 208

DATOS DE LOS TRANSFORMADORES INSTALADOS EN EL ALIMENTADOR 101									
COD SED	ALIMENTADOR	COD TEN NOMI	COD TEN NO_1	COD TEN NO_2	COD TEN NO_3	POT INSTAL	TIPO SED	NOMBRE	DIRECCIÓN
0101010	0101	10	D	X	0	100	SB	Barrio Miraflores	Jr. Carlos Rubina / Jr. Piura
0101011	0101	10	G	Y	0.38/0.22	75	SM	CIUDAD MANTO	Esq Jr TUPAC Y. con Jr SAN LUIS DE A.
0101020	0101	10	D	X	0	100	SB	Barrio Las Cruces	Jr. Mariano H. Cornejo
0101030	0101	10	D	X	0	150	SB	Barrio Azoguine	Jr Deza
0101040	0101	10	D	Y	0.38/0.22	100	SB	Barrio 2 de Mayo	Jr. 2 de Mayo
0101050	0101	10	D	Y	0.38/0.22	100	SB	Barrio 28 de Julio	Barrio 28 de Julio
0101060	0101	10	D	X	0	50	SB	Barrio Jose A. Encinas	Av. Los Andes
0101070	0101	10	D	X	0	160	SB	Barrio Huajsapata	Jr Libertad y Jr. Malcomayo
0101080	0101	10	D	Y	0.38/0.22	100	SB	Barrio Jose A. Encinas	Jr Manco Capac
0101085	0101	10	D	Y	0.38/0.22	200	SB	PUNO	Jr. Tiahuanaco, Jr. llave
0101090	0101	10	D	X	0	100	SB	Jose A. Encinas	Jr. Tiahuanaco
0101100	0101	10	D	X	0	100	SB	Villa Paxa	Jr. Sillustani
0101110	0101	10	D	X	0	37	SB	Villa Paxa	Jr Luis La Puerta
0101115	0101	10	D	Y	0.38/0.22	50	SM	PUNO, Barrio Huajsapata	Jr. Sillustani, Av. Circunvalacion
0101120	0101	10	D	X	0	100	SB	Barrio Mañazo	Av Circunvalacion y Sayhuani
0101130	0101	10	D	Y	0.38/0.22	100	SB	Alto Orkapata	Jr Cancharani
0101140	0101	10	D	Y	0.38/0.22	75	SB	Barrio 8 de Octubre	Jr. Luis Rivarola
0101150	0101	10	D	Y	0.38/0.22	160	SB	Ricardo Palma	Av. Cancharani y 5 de Abril
0101160	0101	10	D	Y	0.38/0.22	100	SB	Ricardo Palma	Jr. Francisco Choquehuanca/Jr. S. Sal
0101170	0101	10	D	X	0	125	SB	Victoria	Jr. Chucuito
0101180	0101	10	D	X	0	100	SB	Chacarilla Alta	Jr. M. Urbina
0101200	0101	10	D	X	0	100	SB	REUBICACION SED JR ARICA	Jr. Mariscal D Nieto
0101210	0101	10	D	X	0	100	SB	Santa Rosa	Av. Circunv y Jr B. Pach
0101220	0101	10	D	Y	0.38/0.22	100	SB	Los Andes	Jr. Pacheco Vargas
0101230	0101	10	D	Y	0.38/0.22	100	SB	CANCHARANI	Jr. Cancharani
0101250	0101	10	D	X	0	100	SB	Barrio Santa Rosa	Av. Santa Rosa
0101260	0101	10	D	Y	0.38/0.22	100	SB	Barrio Santa Cruz	Jr. Pichacani
0101280	0101	10	D	X	0	100	SB	Barrio Santa Rosa	Av. Santa Rosa
0101290	0101	10	D	X	0	100	SB	Barrio Alto Santa Rosa	Jr. Bartolina Cisa
0101300	0101	10	D	X	0	160	SM	Av. Santa Rosa Chanuchanu	Jr Carlos Dreyer y Av. Santa Rosa
0101310	0101	10	D	X	0	100	SM	Chanu Chanu I Etapa	Jr Beltran Romero Manz K

0101320	0101	10	D	X	0	50	SM	Chanu Chanu II Etapa	Manz A-7
0101330	0101	10	D	X	0	100	SM	Chanu Chanu II Etapa	Manz B-5
0101340	0101	10	D	X	0	82	SM	Chanu Chanu III Etapa	Manz T
0101350	0101	10	D	Y	0.38/0.22	100	SB	Ciudad de la Plata	Jr. Ciudad de la Plata/Jr. Justo Riquelme
0101360	0101	10	D	Y	0.38/0.22	100	SM	Las Industrias MANTO	Jr Las Industrias
0101370	0101	10	D	X	0.22	100	SM	Villa del Lago	Manz A
0101380	0101	10	D	X	0	100	SB	Villa del Lago	Manz E
0101390	0101	10	D	X	0	50	SM	Torres de San Carlos	Torres (5 al 6)
0101400	0101	10	D	Y	0.38/0.22	100	SM	Simon Bolivar	Manz F
0101410	0101	10	D	X	0	100	SM	Urb. Manto Dos mil	Urb. Manto Dos mil - Mz. L
0101420	0101	10	D	X	0	82	SM	Torres San Carlos	Jr. Leoncio Prado
0101430	0101	10	D	X	0	160	SM	PUNO, Torres San Carlos	Las Torres San Carlos
0101440	0101	10	D	Y	0.38/0.22	160	SM	Nueva Esperanza	Jr. Hunter Cda. 2
0101460	0101	10	D	Y	0.38/0.22	25	SM	PUNO, Urb. Manto Chico	Jr. San Luis de Alva/Naciones Unidas
0101470	0101							Urb. Los Andes - Cancharani	Urb. Los Andes - Cancharani

ANEXO 4 RESULTADOS DE FLUJO DE CARGA

DigSILENT Project:													
PowerFactory													
15.1.7 Date: 5/18/2018													
Load Flow Calculation					Complete System Report: Substations, Voltage Profiles, Grid Interchange								
AC Load Flow, balanced, positive sequence				Automatic Model Adaptation for Convergence		No							
Automatic Tap Adjust of Transformers		No		Max. Acceptable Load Flow Error for		Nodes							
Consider Reactive Power Limits		No		Model Equations		1.00 kVA							
						0.10 %							
Grid: 101		System Stage: 101		Study Case: nat		Annex:		/ 1					
rated Voltage [kV]	Bus-voltage [p.u.]	Active Power [kW]	Reactive Power [kvar]	Power Factor [-]	Current [kA]	Loading [%]	Additional Data						
Terminal													
60.00	1.00	60.00	0.00				Sk*: 10000.00 MVA						
Cub_2 /Xnet	External Grid(1)		3465.22	3474.03	0.71	0.05		Tap:	0.00	Min:	0	Max:	0
Cub_3 /Tr2	BELLAVISTA		3465.22	3474.03	0.71	0.05	49.07	Tap:	0.00	Min:	0	Max:	0
Terminal(1)													
10.00	1.00	9.95	-150.26										
Cub_1 /Tr2	BELLAVISTA		-3465.22	-3442.25	-0.71	0.28	49.07	Tap:	0.00	Min:	0	Max:	0
Cub_2 /Lne	Line		3465.22	3442.25	0.71	0.28	28.33	Pv:	0.00 kW	cLod:	0.00 kvar	L:	0.48 km
B1													
10.00	1.00	9.95	-150.26										
Cub_2 /Lne	Line(87)		-158.85	-167.53	-0.69	0.01	1.34	Pv:	0.00 kW	cLod:	0.00 kvar	L:	1.40 km
Cub_1 /Tr2	0101490		158.85	167.53	0.69	0.01	72.48	Tap:	0.00	Min:	0	Max:	0
B2													
22.90	0.97	22.32	-54.96										
Cub_2 /Lne	Line(88)		156.70	162.97	0.69	0.01	0.58	Pv:	0.00 kW	cLod:	0.00 kvar	L:	0.60 km
Cub_1 /Tr2	0101490		-156.70	-162.97	-0.69	0.01	72.48	Tap:	0.00	Min:	0	Max:	0

DigSILENT Project:													
PowerFactory													
15.1.7 Date: 5/18/2018													
Load Flow Calculation					Complete System Report: Substations, Voltage Profiles, Grid Interchange								
AC Load Flow, balanced, positive sequence				Automatic Model Adaptation for Convergence		No							
Automatic Tap Adjust of Transformers		No		Max. Acceptable Load Flow Error for		Nodes							
Consider Reactive Power Limits		No		Model Equations		1.00 kVA							
						0.10 %							
Grid: 101		System Stage: 101		Study Case: nat		Annex:		/ 2					
rated.V [kV]	Bus - voltage [p.u.]	Active Power [kW]	Reactive Power [kvar]	Power Factor [-]	Current [kA]	Loading [%]	Voltage - Deviation [%]						
							-10	-5	0	+5	+10		
Terminal													
60.00	1.000	60.00	0.00										
Terminal(1)													
10.00	0.995	9.95	-150.26										
B1													
10.00	0.995	9.95	-150.26										
B2													
22.90	0.975	22.32	-54.96										

		DIGSILENT		Project:						
		PowerFactory		Date: 5/18/2018						
		15.1.7								
Load Flow Calculation Complete System Report: Substations, Voltage Profiles, Grid Interchange										
AC Load Flow, balanced, positive sequence		Automatic Model Adaptation for Convergence		No						
Automatic Tap Adjust of Transformers		Max. Acceptable Load Flow Error for		1.00 kVA						
Consider Reactive Power Limits		Model Equations		0.10 %						
Grid: 101		System Stage: 101		Study Case: mat						
				Annex: / 3						
Volt. Level	Generation [kW]/[kvar]	Motor Load [kW]/[kvar]	Load [kW]/[kvar]	Compensation [kW]/[kvar]	External Infeed [kW]/[kvar]	Interchange to	Power Interchange [kW]/[kvar]	Total Losses [kW]/[kvar]	Load Losses [kW]/[kvar]	Unloaded Losses [kW]/[kvar]
0.22	0.00	0.00	1929.99	0.00	0.00			0.00	0.00	0.00
	0.00	0.00	1964.19	0.00	0.00	10.00 kV	-1929.88	0.00	0.00	0.00
							-1963.96	52.66	52.66	0.00
								88.64	88.64	0.00
0.38	0.00	0.00	1347.48	0.00	0.00			0.00	0.00	0.00
	0.00	0.00	1226.30	0.00	0.00	10.00 kV	-1281.34	0.00	0.00	0.00
						22.90 kV	-1154.00	42.49	42.49	0.00
							-65.99	68.12	68.12	0.00
							-71.99	0.73	0.73	0.00
								1.48	1.48	0.00
0.44	0.00	0.00	89.86	0.00	0.00			0.00	0.00	0.00
	0.00	0.00	69.76	0.00	0.00	22.90 kV	-89.98	0.00	0.00	0.00
							-88.94	0.00	0.00	0.00
								20.56	20.56	0.00
10.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00			0.00	0.00	0.00
	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.22 kV	1982.54	-0.00	-0.00	0.00
							2052.60	52.66	52.66	0.00
						0.38 kV	1323.83	88.64	88.64	0.00
							1222.12	42.49	42.49	0.00
						22.90 kV	158.85	68.12	68.12	0.00
							167.53	2.15	2.15	0.00
						60.00 kV	-3465.22	4.56	4.56	0.00
							-3442.25	0.00	0.00	0.00
								31.78	31.78	0.00

Grid: 101 System Stage: 101 Study Case: mat Annex: / 4										
Volt. Level	Generation [kW]/[kvar]	Motor Load [kW]/[kvar]	Load [kW]/[kvar]	Compensation [kW]/[kvar]	External Infeed [kW]/[kvar]	Interchange to	Power Interchange [kW]/[kvar]	Total Losses [kW]/[kvar]	Load Losses [kW]/[kvar]	NoLoad Losses [kW]/[kvar]
22.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00			0.00	0.00	0.00
	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.38 kV	66.72	0.73	0.73	0.00
							73.47	1.48	1.48	0.00
						0.44 kV	89.98	0.00	0.00	0.00
							89.50	20.56	20.56	0.00
						10.00 kV	-156.70	2.15	2.15	0.00
							-162.97	4.56	4.56	0.00
60.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3465.22			0.00	0.00	0.00
	0.00	0.00	0.00	0.00	3474.03	10.00 kV	3465.22	0.00	0.00	0.00
							3474.03	31.78	31.78	0.00
Total:	0.00	0.00	3367.34	0.00	3465.22		0.00	98.03	98.03	0.00
	0.00	0.00	3260.24	0.00	3474.03		0.00	215.14	215.14	0.00

DIgSILENT	Project:
PowerFactory	
15.1.7	Date: 5/18/2018

Load Flow Calculation Complete System Report: Substations, Voltage Profiles, Grid Interchange

AC Load Flow, balanced, positive sequence	No	Automatic Model Adaptation for Convergence	No
Automatic Tap Adjust of Transformers	No	Max. Acceptable Load Flow Error for	
Consider Reactive Power Limits	No	Nodes	1.00 kVA
		Model Equations	0.10 %

Total System Summary Study Case: mat Annex: / 5										
Generation [kW]/[kvar]	Motor Load [kW]/[kvar]	Load [kW]/[kvar]	Compensation [kW]/[kvar]	External Infeed [kW]/[kvar]	Inter Area Flow [kW]/[kvar]	Total Losses [kW]/[kvar]	Load Losses [kW]/[kvar]	NoLoad Losses [kW]/[kvar]		
\MarcoAntonio\Tesis Alimentador 101\Network Model\Network Data\101										
0.00	0.00	3367.34	0.00	3465.22	0.00	98.03	98.03	0.00		
0.00	0.00	3260.24	0.00	3474.03	0.00	215.14	215.14	0.00		
Total:	0.00	0.00	3367.34	0.00	3465.22	98.03	98.03	0.00		
	0.00	0.00	3260.24	0.00	3474.03	215.14	215.14	0.00		