

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA ELECTRÓNICA Y SISTEMAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA



**“ESTUDIO Y ANÁLISIS DE UNA METODOLOGÍA PARA LA ESTIMACIÓN
DE PÉRDIDAS TÉCNICAS EN REDES DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA
ELÉCTRICA EN LA REGIÓN DE PUNO 2017”**

TESIS

PRESENTADO POR:

RUDY PARICAHUA PACORI

GILBERT WILMAN FERNÁNDEZ HUANCA

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 Y ANÁLISIS DE UNA METODOLOGÍA PARA LA ESTIMACIÓN
DE PÉRDIDAS TÉCNICAS EN REDES DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA
ELÉCTRICA EN LA REGIÓN DE PUNO 2017”**

TESIS PRESENTADA POR:

RUDY PARICAHUA PACORI
GILBERT WILMAN FERNÁNDEZ HUANCA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

FECHA DE SUSTENTACIÓN: 14-12-2017

APROBADA POR EL JURADO CONFORMADO POR:



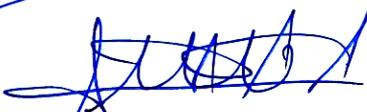
PRESIDENTE

: 
M.Sc. JUAN RENZO ILLACUTIPA MAMANI

PRIMER MIEMBRO

: 
M.Sc. JOSÉ ANTONIO VARGAS MARÓN

SEGUNDO MIEMBRO

: 
M.Sc. MARCOS JOSÉ VILLANUEVA CORNEJO

DIRECTOR DE TESIS

: 
M.Sc. ARMANDO TITO CRUZ CABRERA

Área : Electricidad

Tema : Reducción de Perdidas Eléctricas

Puno - Perú
2017

DEDICATORIA

A Dios y a mis padres que fueron el pilar fundamental que me sostiene el apoyo incondicional y el consejo sabio y oportuno a ellos dedico cada día el esfuerzo para lograr lo hoy soy y ofrezco. A mis maestros que, con sus conocimientos, ayuda oportuna y desinteresada contribuyeron a la finalización de este trabajo.

Rudy Parichua Pacori

Dedico este proyecto de tesis a Dios y a mis padres Víctor y Silvia. A Dios porque ha estado conmigo a cada paso que doy, cuidándome y dándome fortaleza para continuar, a mis padres, quienes a lo largo de mi vida han velado por mi bienestar y educación siendo mi apoyo en todo momento. Depositando su entera confianza en cada reto que se me presentaba sin dudar ni un solo momento en mi inteligencia y capacidad. Es por ellos que soy lo que soy ahora. Los amos con mi vida.

Gilbert Wilman Fernández Huanca

AGRADECIMIENTO

Expresar mi agradecimiento a todos los que estuvieron vinculados de alguna manera a este proyecto; a las empresas que me proporcionaron las facilidades necesarias para completar la investigación. Desde luego, llego al final de este proyecto gracias a Dios; al invaluable apoyo e inspiración que generaron mis padres, mis hijos: CRISTHIAN Y BRIHANA; mis hermanos; a mis maestros quienes siempre me han enseñado. A todos mi mayor reconocimiento y gratitud.

Rudy Paricahua Pacori

En primer lugar, a Dios por haberme guiado por el camino de la felicidad hasta ahora; en segundo lugar, a cada uno de los que son parte de mi familia a mi PADRE Víctor Fernández, mi MADRE Silvia Huanca; a mis hermanos y a mis sobrinos; por siempre haberme dado su fuerza y apoyo incondicional que me han ayudado y llevado hasta donde estoy ahora. A la casa de Estudio y catedráticos que nos formaron para ser buenos profesionales. Por último, a mi compañero de tesis porque en esta armonía grupal lo hemos logrado y a nuestro director de tesis quién nos ayudó en todo momento.

Gilbert Wilman Fernández Huanca

INDICE GENERAL

ÍNDICE DE TABLAS	9
ÍNDICE DE ANEXOS.....	10
RESUMEN	11
ABSTRACT	12
CAPÍTULO I.....	13
INTRODUCCIÓN	13
1.1. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	16
1.1.1. PROBLEMA GENERAL	16
1.1.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS.....	16
1.2. OBJETIVOS.....	16
1.2.1. OBJETIVO GENERAL	16
1.2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	16
1.3. HIPÓTESIS.....	17
1.3.1. HIPÓTESIS GENERAL	17
1.3.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS	17
CAPÍTULO II.....	18
REVISIÓN DE LITERATURA	18
2.1. MARCO TEÓRICO.....	18
2.1.1. LA ENERGÍA ELÉCTRICA EN EL PERÚ.....	18
2.1.2. TIPO DE GENERACIÓN	18
2.1.3. LA ENERGÍA ELÉCTRICA Y LA ECONOMÍA.....	19
2.1.4. LA ENERGÍA ELÉCTRICA Y EL MEDIO AMBIENTE	20
2.1.5. IMPORTANCIA DEL ESTUDIO DE LA CALIDAD DE ENERGÍA ELÉCTRICA.	21
2.1.6. ENERGÍA NO SUMINISTRADA	21
2.1.7. EL COSTO SOCIAL DE LA ELECTRICIDAD.....	22
2.1.8. PÉRDIDA DE ENERGÍA ELÉCTRICA.....	22
2.1.9. PÉRDIDAS DE ENERGÍA Y POTENCIA.....	23
2.1.10. CALIDAD DEL SUMINISTRO.....	23
2.1.11. EL ORIGEN DE LA MALA CALIDAD DE ENERGÍA ELÉCTRICA.	25
2.1.12. CLIENTES	26
2.1.13. EFECTOS CAUSADOS DE LA MALA CALIDAD DE ENERGÍA ELÉCTRICA.	27
2.1.14. COSTOS DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO.....	28
2.1.15. COMPENSACIÓN POR ENERGÍA	29
2.2. CLASIFICACIÓN DE PÉRDIDAS TÉCNICAS	29
2.3. CLASIFICACIÓN DE PÉRDIDAS NO TÉCNICAS.....	32
CAPÍTULO III.....	34

MATERIALES Y MÉTODOS	34
3.1. MÉTODO Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....	35
3.2. TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	35
3.3. TÉCNICAS DE ANÁLISIS.....	36
3.4. CONTENIDO MANIFIESTO	37
3.5. CAPACIDAD DE GENERALIZACIÓN	37
3.6. COBERTURA A BENEFICIAR	37
CAPÍTULO IV	39
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	39
4.1. CÁLCULO DE PÉRDIDAS TÉCNICAS.....	39
4.1.1. CONSIDERACIONES PARA LA RED DE DISTRIBUCIÓN PRIMARIA:	39
4.1.2. CONSIDERACIONES PARA LA RED DE DISTRIBUCIÓN SECUNDARIA:	40
4.2. PÉRDIDAS EN TRANSMISIÓN	41
4.2.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	41
4.2.2. METODOLOGÍA Y CRITERIOS DE EVALUACIÓN	42
4.3. BREVE DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE TRANSMISIÓN DE ELPU43	
4.4. RESULTADOS DEL DIAGNÓSTICO EN TRANSMISIÓN.....	44
4.5. PÉRDIDAS TÉCNICAS EN MEDIA TENSIÓN	46
4.5.1. OBJETIVO.....	47
4.5.2. METODOLOGÍA Y CRITERIOS DE EVALUACIÓN	47
4.5.3. RESUMEN DEL PROYECTO "OPORTUNIDAD DE REDUCCIÓN DE PÉRDIDAS EN LÍNEAS DE MEDIA TENSIÓN"	52
4.6. PÉRDIDAS EN TRANSFORMADORES MT/BT.....	61
4.6.1. OBJETIVO.....	61
4.6.2. METODOLOGÍA Y CRITERIOS DE EVALUACIÓN	62
4.6.3. BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS TRANSFORMADORES MT/BT ..	63
4.6.4. RESULTADOS DEL DIAGNÓSTICO EN TRANSFORMADORES MT/BT.....	63
4.6.5. RESUMEN DEL PROYECTO "OPORTUNIDAD DE REDUCCIÓN DE PÉRDIDAS EN TRANSFORMADORES MT/BT".....	64
4.7. PÉRDIDAS EN TRANSFORMADORES MT/BT.....	66
4.7.1. OBJETIVO.....	66
4.7.2. METODOLOGÍA Y CRITERIOS DE EVALUACIÓN	66
4.7.3. RESULTADOS DEL DIAGNÓSTICO EN REDES BT Y ACOMETIDAS.....	67
4.8. PÉRDIDAS EN MEDIDORES	68
4.8.1. INTRODUCCIÓN.....	68
4.8.2. METODOLOGÍA Y CRITERIOS DE EVALUACIÓN	69
4.8.3. BREVE DESCRIPCIÓN DEL PARQUE DE MEDIDORES	69

4.8.4. ANTIGÜEDAD DEL PARQUE DE MEDIDORES.....	70
4.8.5. RESULTADOS DEL DIAGNÓSTICO DEL PARQUE DE MEDIDORES.....	70
4.8.6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES SOBRE EL PARQUE DE MEDIDORES.....	71
4.9. PÉRDIDAS EN CLIENTES MAYORES.....	71
4.9.1. OBJETIVO.....	71
4.9.2. METODOLOGÍA Y CRITERIOS DE EVALUACIÓN.....	71
4.9.3. RESULTADOS DEL DIAGNÓSTICO EN CLIENTES MAYORES ...	72
4.9.4. RESUMEN DEL PROYECTO "OPORTUNIDAD DE REDUCCIÓN DE PÉRDIDAS EN CLIENTES MAYORES".....	73
4.9.5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES PARA LA CARTERA DE CLIENTES MAYORES.....	74
4.10. PÉRDIDAS EN REDES DE BAJA TENSIÓN Y ACOMETIDAS.....	75
4.10.1. INTRODUCCIÓN.....	75
4.10.2. OBJETIVO.....	75
4.10.3. METODOLOGÍA Y CRITERIOS DE EVALUACIÓN.....	75
CONCLUSIONES.....	78
RECOMENDACIONES.....	79
REFERENCIAS.....	80
ANEXOS.....	82

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N°3.1: Mapa de Ubicación de la SED de Juliaca	37
Figura N°3.2: Mapa de Ubicación de la SED de Puno	38
Figura N°3.3: Mapa de Ubicación de la SED de Azángaro	38
Figura N°4.4: Mapa de Ubicación de Electro Puno	43
Figura N°4.5: Diagrama de Carga del Día de Máxima Demanda de ELPU	45

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N°3.1 : Longitud, latitud y altitud de las SEDs	38
Tabla N°4.2: Líneas de Transmisión	44
Tabla N°4.3: Pérdidas de Energía en Transmisión de ELPU – junio 2017	46
Tabla N°4.4: Método de Cálculo de Pérdidas Técnicas En Líneas MT	49
Tabla N°4.5: Alimentadores críticos que tienen pérdidas de energía mayores a los estándares	52
Tabla N°4.6: Transformadores de las SEDs de ELPU por factor de Utilización	64
Tabla N°4.7: Lista de transformadores de FU 1%-3% a ser reemplazados	65
Tabla N°4.8: Lista de transformadores de FU 13%-25% a ser reemplazados	65
Tabla N° 4.9: Parámetros Sistema Redes BT	67
Tabla N°4.10: Conductores Eléctricos Puno – Juliaca	67
Tabla N°4.11: Resultados del Flujo de Carga	68
Tabla N°4.12: Cartera de clientes mayores ELPU-2017	72
Tabla N°4.13: Número de clientes mayores que requieren modificar su F.M. ..	73
Tabla N°4.14: Resultados del Flujo de Carga	76

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexos A TIPO DE CONDUCTOR: CABLE NYY	83
Anexos B CARACTERISTICAS TECNICAS DE LOS TRANSFORMADORES MONOFASICOS FABRICADOS POR ABB	86
Anexos C CARACTERISTICAS TECNICAS DE LOS TRANSFORMADORES TRIFASICOS SERIE 15 KV FABRICADOS POR ABB	87

RESUMEN

En el presente trabajo de investigación se realiza el estudio de pérdidas de Media Tensión y Baja Tensión de la empresa Electro Puno en proyectos de inversión, que cuentan con un diagnóstico, para proponer la solución y valorización de la inversión requerida incluyendo la evaluación económica y financiera de cada uno de los proyectos tomando en cuenta la reducción de pérdidas planteados en una evaluación conjunta de todos los proyectos. También se desarrolla un Plan de Sostenimiento del nivel de pérdidas, en base a las conclusiones y recomendaciones de cada proyecto en los que se realiza el estudio, con la finalidad de que se difunda esta información entre todo el personal de las empresas dedicadas a este campo. También se elabora un estudio de los conocimientos y experiencia aplicando todas las buenas prácticas en el desarrollo de los proyectos, como parte de un plan de trabajo de la empresa Electro Puno requiere contar con un estudio para la discriminación de las pérdidas de energía técnicas en todo el ámbito de su concesión.

Palabras Clave: Metodología, pérdidas técnicas, energía eléctrica, resistencia, tensión.

ABSTRACT

In the present work of investigation is realized the study of losses of Medium Tension and Low Tension of the company Electro Puno in projects of investment, that count on a diagnosis, to propose the solution and valuation of the required investment including the economic and financial evaluation of each of the projects taking into account the reduction of losses proposed in a joint evaluation of all the projects. A Sustainability Plan for the level of losses is also developed, based on the conclusions and recommendations of each project in which the study is carried out, with the purpose of disseminating this information among all the personnel of the companies dedicated to this field. A study is also made of the knowledge and experience applying all the good practices in the development of the projects, as part of a work plan of the company Electro Puno requires to have a study for the discrimination of the technical energy losses in all the scope of your concession.

Key words: Methodology, technical losses, electrical energy, resistance, tension.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

En el transcurso de los años en nuestro país y en el mundo entero la electricidad se ha vuelto no solo un lujo, sino una necesidad para poder desarrollarse y aumentar el nivel y la calidad de vida de la población. Hoy en día el consumo de la energía eléctrica es utilizado en mayor medida por equipos de iluminación, refrigeración y aires acondicionados en edificaciones, esto debido a la comodidad y satisfacción de las personas en sus lugares de trabajo y también al clima tan cambiante de nuestro país como la región de puno. En la industria se utiliza principalmente en motores y equipos electromecánicos. También la electricidad se ve afectada por el aumento de dispositivos de control electrónicos, como computadoras, impresores, variadores de frecuencia, etc. Este tipo de dispositivos son delicados ya que con pequeñas variaciones en sus niveles permisibles de voltaje, corriente o frecuencia. Se ven afectados en gran medida, volviéndose menos eficientes y su vida útil disminuye; en casos extremos se presentan daños irreparables. Es por esto que surge la necesidad de estudiar una metodología para la

estimación de pérdidas en redes de distribución de energía eléctrica en la región de puno. Para este caso se estudiarán las redes de distribución de energía eléctrica que están instaladas en la ciudad de puno por lo cual se analizará las pérdidas producidas en dichos sistemas de distribución de esta manera se presentarán alternativas favorables para poder evitar las pérdidas en las redes de distribución y así evitar las perdidas en el suministro eléctrico. El estudio y análisis nos ayudará en estimar las pérdidas y tener un mayor manejo en las redes de distribución de la región de puno. De este modo se verían beneficiados toda la población por la mejora de la distribución de la energía eléctrica que es consumida por la población de puno.

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 a pérdidas técnicas producidas por causas inherentes a la naturaleza del negocio eléctrico desde el proceso productivo de la energía, transporte, transmisión y distribución; así mismo existen perdidas extraordinarias de energía sufridas por la empresa ELPU ocasionadas por terceras personas.

Los sistemas eléctricos dentro de la infraestructura básica de los pueblos constituyen un elemento fundamental para impulsar el desarrollo y crecimiento económico de la región que atienden. Es por esa razón que en el Perú desde la década de los noventa se inició, mediante señales tarifarias un fuerte impulso para detener y remontar las deficiencias operativas y administrativas de tal modo que nos permita un mejor desempeño en las labores de control de

pérdidas de energía. Era común en todas las empresas distribuidoras del Perú tener altos niveles de pérdidas.

En los últimos años, las distribuidoras eléctricas vienen siendo sometidas a muchas exigencias dentro de una difícil coyuntura financiera. Los grandes retos como el control de pérdidas de energía, la recuperación de la cartera morosa, el mejoramiento de la calidad servicio, la reducción de costos operativos y las inversiones para atender el crecimiento del mercado son las principales metas que se deben superar en estos tiempos para garantizar el suministro de electricidad en el futuro inmediato.

El siguiente proyecto se estructura de la siguiente manera:

Capítulo I.- En el siguiente capítulo se realiza una breve descripción de la realidad del problema, formulación del proyecto, justificación y formulación del objetivo general de las pérdidas técnicas en redes de distribución de energía eléctrica en la región de puno.

Capítulo II.- En este capítulo se realiza la revisión literaria de la energía eléctrica en el Perú, las pérdidas de energía y potencia, el origen y efectos causados de la mala calidad de energía eléctrica y la clasificación de pérdidas técnicas y no técnicas en redes de distribución de energía eléctrica en la región de puno.

Capítulo III.- Se desarrolla en este capítulo el tipo y diseño de la investigación el cual fue descriptivo, como también la técnica e instrumentos utilizados siendo estos bibliográficos para luego comparar los resultados de los cálculos efectuados de las pérdidas en redes de distribución de energía eléctrica en la región de puno.

Capítulo IV.- Se realiza el análisis, interpretación y discusión de los resultados obtenidos al final de los cálculos efectuados de las pérdidas en las redes de distribución eléctrica en las SEDs de Juliaca, Puno, Pomata, Ananea y Azángaro

Capítulo V y VI. - Por último, se desarrolla las conclusiones y sugerencias en las pérdidas de redes de distribución eléctrica de nuestra región Puno

1.1. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.1.1. PROBLEMA GENERAL

¿En qué medida el estudio y análisis de una metodología permitirá la estimación de las pérdidas técnicas en redes de distribución de energía eléctrica en la región de Puno?

1.1.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS

a) ¿En qué medida el estudio de una metodología permitirá la estimación de las pérdidas técnicas en redes de distribución de energía?

b) ¿En qué medida el análisis de una metodología permitirá la determinación de las pérdidas técnicas en redes de distribución de energía eléctrica en la región de Puno?

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. OBJETIVO GENERAL

Estudiar y analizar una metodología que permita la estimación de las pérdidas técnicas en redes de distribución de energía eléctrica en la región de Puno.

1.2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

a) Estudiar una metodología que permita la estimación de las pérdidas técnicas en redes de distribución de energía.

- b) Analizar una metodología que permita la determinación de las pérdidas técnicas en redes de distribución de energía eléctrica en la región de Puno.

1.3. HIPÓTESIS

1.3.1. HIPÓTESIS GENERAL

El estudio y análisis de una metodología, permitirá la estimación de las pérdidas técnicas en redes de distribución de energía eléctrica en la región de Puno.

1.3.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS

- a) El estudio de una metodología permitirá la estimación de las pérdidas técnicas en redes de distribución de energía.
- b) El análisis de una metodología permitirá la determinación de las pérdidas técnicas en redes de distribución de energía eléctrica en la región de Puno.

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. MARCO TEÓRICO

2.1.1. LA ENERGÍA ELÉCTRICA EN EL PERÚ

El sector eléctrico tiene como finalidad la satisfacción de las necesidades energéticas de la población. La historia de la electricidad en el Perú presentada en *Luz del Progreso*, publicación del Ministerio de Energía y Minas (2010), refleja justamente eso la creciente demanda energética de la población y sus usos, que inicialmente eran de iluminación, a usos térmicos, de fuerza motriz, electrónicos e incluso como materia prima en sistemas de producción. (BALLOU, 2004)

2.1.2. TIPO DE GENERACIÓN

La capacidad actual de generación eléctrica en nuestro país se divide entre las fuentes térmicas e hidráulicas. Las primeras generan electricidad en centrales termoeléctricas a través de la energía calorífica resultante de la combustión de gas natural, carbón o diésel. Estos combustibles convierten el agua de una

caldera en vapor a altas temperaturas y lo conduce hacia unas turbinas para hacerlas girar. Un generador transforma la energía cinética producida por el vapor de agua en electricidad.

Las centrales hidráulicas aprovechan las caídas de agua de las presas, las cuales retienen el agua y permiten su paso constante, para mover unas turbinas que rotan accionadas por el Flujo de la misma. De esta forma son accionados los generadores eléctricos y se produce la electricidad. (MINAS, 2010)

2.1.3. LA ENERGÍA ELÉCTRICA Y LA ECONOMÍA

El crecimiento económico, traducido como el crecimiento del PBI en nuestro país, implica un mayor consumo de energía. Asimismo, este comprende el desarrollo de nuevas economías en ámbitos geográficos más amplios, lo que lleva a la descentralización de la energía para atender nuevas y mayores demandas energéticas.

La electricidad se encuentra presente en los tres sectores económicos conocidos como: primario, secundario y terciario, siendo la diferencia entre estos el tipo de actividad económica que realizan. (CLARK, 1980)

Mientras el sector primario se dedica a la obtención de productos directamente de la naturaleza, el sector secundario transforma materia prima en productos terminados o en proceso, y el terciario realiza la prestación de servicios, como lo son las comunicaciones, los servicios financieros e incluso de transporte como el tren eléctrico de Lima inaugurado en el año 2012. Por ello, la electricidad es un bien básico de nuestra economía, su suministro y precio

afectan tanto a industrias proveedoras como industrias que requieren de su abastecimiento. (CLARK, 1980)

La energía eléctrica es usada intensivamente en economías en vías de desarrollo al ser considerada una energía barata, y constituye un factor de costo directo o indirecto dentro del costo total de producción. Su accesibilidad alienta a la creación de nuevas empresas de bajos capitales iniciales, como Mypes y Pymes, lo que se traduce en una mayor oferta de productos y servicios para atender la demanda de la población, y una mayor recaudación para el aparato estatal. La electricidad es usada entonces intensivamente en todas las áreas productivas y, por esto, ha de estar disponible en cantidad, calidad y precio adecuado al cliente final. (BALLOU, 2004)

2.1.4. LA ENERGÍA ELÉCTRICA Y EL MEDIO AMBIENTE

Las actividades eléctricas como la generación, transmisión, distribución y el consumo mismo por parte de los clientes, generan impactos ambientales considerables. La quema de combustibles fósiles para la producción eléctrica, la modificación de ecosistemas para construcción de presas y centrales eléctricas, la instalación de torres de tensión y el tendido de redes para el transporte de la electricidad y el impacto del consumo de energía son algunos de ellos.

Entre las actividades eléctricas señaladas la que produce mayores impactos es la generación, en especial cuando la operación de la misma depende de combustibles fósiles. La energía eléctrica es una energía poco nociva para el medio ambiente pero la construcción de centrales eléctricas y sus operaciones son las que generan el mayor impacto. Aparte de las emisiones propias de la

quema de combustible en las centrales eléctricas, existe el ruido que producen las mismas y también, algunos residuos sólidos.

La transmisión y distribución de la energía eléctrica tienen impactos. Estos tienen alcance sobre la fauna de aves, la generación de campos electromagnéticos, además de otros de orden visual, como, por ejemplo, el impacto estético de las redes de tensión sobre patrimonios naturales, históricos y culturales. (Zapata, 2010)

2.1.5. IMPORTANCIA DEL ESTUDIO DE LA CALIDAD DE ENERGÍA ELÉCTRICA.

El estudio de la calidad de la energía eléctrica es el primer y más importante paso para identificar y solucionar problemas del sistema de potencia. Los problemas eléctricos pueden dañar el comportamiento del equipo y reducir su confiabilidad, disminuir la productividad y la rentabilidad e incluso puede poner en peligro la seguridad del personal si permanecen sin corregirse. (Sauce Martinez, 2008)

2.1.6. ENERGÍA NO SUMINISTRADA

Como se mencionó, los costos generados de la falta de calidad para los clientes por interrupciones en el suministro pueden ser directos o indirectos. Asimismo, los problemas de valorar económicamente los costos indirectos y la variedad de tipos de clientes complejizan la determinación del costo por falta de calidad en el suministro. Lo que se aplica en la actualidad, es un índice conocido como la energía no suministrada (ENS) la cual mide el grado de pérdidas económicas o de incomodidad del cliente. La ENS es un índice aplicado también en otros países de la región como Argentina, Chile y

Colombia, y en Europa en Inglaterra, Gales y España. En un inicio consideraba solo el valor de precio de venta de energía eléctrica a los usuarios. Sin embargo, esta concepción de energía eléctrica no vendida por las distribuidoras fue cambiando e incluyendo otros aspectos, como el costo generado a los clientes obtenido mediante encuestas. (Politécnica, 2012)

2.1.7. EL COSTO SOCIAL DE LA ELECTRICIDAD

Los costos sociales generados por la interrupción del suministro eléctrico pueden ser de dos tipos: costos directos o costos indirectos. Los primeros son consecuencia inmediata de la falta de energía eléctrica, como, por ejemplo, los daños en equipos, deterioro en alimentos, paro en cadenas de producción, etc. Los costos indirectos representan consecuencias derivadas de la falta de suministro eléctrico, tales como robos, saqueos y accidentes. (Politécnica, 2012)

2.1.8. PÉRDIDA DE ENERGÍA ELÉCTRICA

En los distintos componentes de la red eléctrica se producen, en condiciones normales de funcionamiento, pérdidas técnicas. La economía de la red eléctrica está ligada a su dimensionamiento y a su operación y en particular a la pérdida que en ella se produce.

Las pérdidas a nivel nacional representan un serio problema que se refleja en diferencias operativas de las empresas distribuidoras, las que ocasiona mayores costos internos que producen un serio impacto sobre las tarifas eléctricas y sobre la economía de la empresa. (Romero, 2010)

2.1.9. PÉRDIDAS DE ENERGÍA Y POTENCIA

Las pérdidas de energía en el país se ubican en un orden del 7.6% ((OSINERGMIN), 2011). Entre las pérdidas podemos diferenciar dos tipos, las pérdidas conocidas como técnicas son aquellas resultantes de las condiciones propias de las instalaciones. Son pérdidas naturales del uso de las redes y de la carga de las mismas, así como de la circulación por las redes de distribución. El otro tipo de pérdidas de potencia y energía son las no técnicas, entre las cuales figuran el robo o hurto de energía (sin sistemas de medición), fraude (manipulación del equipo de medición) o por la propia administración, por ejemplo, mantener en campo medidores obsoletos, falla en la medición o el algún proceso administrativo relacionado. (RUIZ, 2008)

2.1.10. CALIDAD DEL SUMINISTRO

En un monopolio regulado como el del sector eléctrico donde los precios son controlados mediante tarifas, las empresas distribuidoras de electricidad buscan maximizar sus beneficios. Las redes de distribución eléctrica son el medio por el cual estas empresas.

logran colocar y vender la energía al usuario final. La calidad del suministro en la distribución representa la continuidad del servicio eléctrico, por la cual el cliente no ve deteriorada su calidad de vida o afectados sus niveles de producción según sea el caso, ni las distribuidoras afectados sus beneficios.

En las empresas distribuidoras existe una clara relación entre los niveles de inversión que pueda realizar y la calidad del servicio que les pueda brindar a sus clientes. Es decir, si una empresa detiene sus inversiones y el mantenimiento de redes y equipos estaría disminuyendo progresivamente la

calidad del suministro eléctrico. Las empresas que realizan esta actividad deben buscar el punto óptimo entre sus costos y la calidad del servicio que desean brindar.

a) La calidad del producto: considera principal la tensión, frecuencia y perturbaciones eléctricas.

b) La calidad del suministro: considera las interrupciones en el sistema eléctrico.

c) La calidad comercial: considera la atención al cliente, la facturación y registro, y la medición del consumo.

d) Alumbrado público: responsabilidad de la empresa concesionaria en nuestro país. Considera los niveles de iluminación de acuerdo a la zona. (DAMMERT, 2010)

La calidad de suministro está referida a la existencia o no de tensión en un punto de entrega. Cuando la tensión desaparece en el punto de entrega, se dice que hay una interrupción del suministro. Un aspecto importante de la calidad de suministro es la forma de medirla, para lo cual se utilizan indicadores. No existe un indicador que sea capaz de medir la calidad de suministro total. Es necesario medir una característica de interés con un indicador asociado, lo cual conlleva a la existencia de multitud de indicadores. Dependiendo de la utilización que se quiera hacer del indicador, se puede calcular en modo histórico o predictivo. En modo histórico, los indicadores se determinan a partir de registros de incidencias y/o a partir de información del funcionamiento del sistema eléctrico, permitiendo evaluar la calidad de suministro proporcionada y realizar análisis comparativos y de tendencias. En

modo predictivo, se determinan los valores medios y/o máximos esperados, a través de modelos de confiabilidad aplicados al sistema eléctrico, permitiendo identificar zonas que requieren mejora de la calidad de suministro, realizar análisis de expansión del sistema eléctrico y evaluar el impacto de inversiones.

La información necesaria comprende datos de confiabilidad de los componentes, topología del sistema eléctrico, así como cantidad de clientes y su demanda. (Collantes Veliz, 2010)

2.1.11. EL ORIGEN DE LA MALA CALIDAD DE ENERGÍA ELÉCTRICA.

La medición en algunos casos es alterada a las lecturas erróneas en los contadores electrónicos por la aparición de armónicos en la red del sistema; respecto al proceso se presentan pérdida de sincronismo en los equipos al variar la frecuencia fundamental y la calidad del servicio eléctrico afectada por la pérdida de información al a ver cambios bruscos de la tensión del sistema. (Santana Chiriboga, 2013)

Aunque los equipos electrónicos demandan de una energía eficaz, que tiene como cualidad el trabajo en pulsaciones la cual se caracteriza en no tener la forma de onda sinusoidal de voltaje. Estos sofisticados equipos necesitan de un módulo electrónico que se encarga de convertir la corriente alterna en corriente directa. Estos dispositivos tienen efectos secundarios que son los que ocasionan la mala calidad de energía. (Santana Chiriboga, 2013)

2.1.12. CLIENTES

En baja tensión los clientes se encuentran segmentados de la siguiente forma:

A. Residenciales

El sector residencial está compuesto por unidades familiares, son considerados el usuario final del servicio de energía eléctrica y representan aproximadamente el 77% de las ventas anuales de energía de la compañía (ver Anexo N° 01). Los usos más comunes de la energía eléctrica en este sector son para la cocción de alimentos (microondas o cocinas eléctricas), calentamiento del agua (termas eléctricas), aire acondicionado y ventiladores, artefactos electrodomésticos (refrigeradoras, televisores, etc.) e iluminación.

B. Comerciales

El sector comercial considera actividades de servicios, comerciales y de actividad pública. Entre las más demandantes de energía tenemos al comercio al por mayor y menor, administración pública y defensa, transporte y comunicaciones, intermediación financiera entre otros. El requerimiento energético de las actividades antes mencionadas está ligada al nivel de actividad económica de esa rama desarrolle. Asimismo, aparte del factor económico, otro aspecto que puede influenciar en las necesidades de energéticas de un sector es la política que este aplicando el Estado en la promoción y desarrollo del sector influyendo en la evolución del mismo.

C. Industriales

En este sector se encuentran por ejemplo la industria manufacturera, las producciones de caucho y plástico, y la fabricación de productos textiles como los mayores demandantes de energía eléctrica. El consumo energético dependerá de la rama industrial en la que el negocio se desempeña o del tipo de producto que fabrique. La tecnología que se emplee, el nivel de cantidad que se produzca, el tipo de proceso productivo y el régimen de producción determinarán el nivel de energía-intensivo de la industria y sus necesidades eléctricas. (BALLOU, 2004)

2.1.13. EFECTOS CAUSADOS DE LA MALA CALIDAD DE ENERGÍA ELÉCTRICA.

A. Efectos técnicos

- Pérdidas de capacidad en líneas de distribución de energía.
- Sobrecarga de transformadores.
- Sobrecarga de conductores.
- Caídas de tensión.
- Descalificación de los transformadores.
- Pérdidas por efecto Joule en líneas y Máquinas.
- Pérdidas magnéticas en Máquinas eléctricas.

B. Efectos económicos

Costes visibles:

- Mayor consumo eléctrico.
- Puntas de consumo eléctrico.
- Recargo o pago de energía reactiva.

Costes ocultos:

- Pérdidas de distribución.
- Pérdidas de potencia y energía (por efecto Joule y magnéticas).
- Ampliación de instalaciones.
- Paradas de procesos productivos.

Todos estos fenómenos pueden encontrarse en mayor o menor proporción en función de la propia instalación y de las cargas conectadas. (Serra, 2009).

2.1.14. COSTOS DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

Los costos de operación y mantenimiento corresponden a los costos necesarios para ofrecer el suministro de energía eléctrica con la calidad adecuada. Entre ellos tenemos los mantenimientos de las redes y las remuneraciones del personal técnico y administrativo, propio y de terceros.

Los costos de operación y mantenimiento varían entre las empresas distribuidoras debido a la densidad poblacional o características del servicio que poseen sus respectivas áreas de concesión. Ello debido a que el costo promedio en una zona rural será mayor que en la zona urbana por la distancia

entre los clientes y un menor consumo de kvh por usuario. Por lo tanto, los costos de operación y mantenimiento guardarán relación con la concentración poblacional y los niveles de consumo de energía eléctrica. (DAMMERT, 2010)

2.1.15. COMPENSACIÓN POR ENERGÍA

$$\text{Monto}_{acomp} = (CR - CE_{cliente}) * E_{comp} \quad \dots \text{(Ecu...Cap. 2.1)}$$

Dónde:

Monto a comp = Monto en S/. a compensar

CR = Costo de Racionamiento vigente a la fecha de la interrupción.

CE cliente = Tarifa por energía vigente a la fecha de interrupción

E comp= Energía a compensar

Las compensaciones mensuales por interrupciones imprevistas tienen tres variables: el coste de racionamiento (el cual es un costo fijo que es actualizado por el ente regulador cada seis meses), la tarifa eléctrica del cliente (en baja tensión la tarifa mayoritaria es la BT5), y la energía a compensar (que es el consumo promedio al año anterior de la Interrupción). La LCE define el costo de racionamiento como el costo promedio incurrido por los clientes al no disponer de energía eléctrica, y tener que obtenerla de fuentes alternativas. (LA COMPAÑÍA, 2012)

Recupero de energía por pérdidas comerciales se denomina al Importe que la concesionaria está autorizada a cobrar al usuario por consumos no facturados oportunamente el cual puede ser dada por varias situaciones de pérdida. ((OSINERGMIN), 2011).

2.2. CLASIFICACIÓN DE PÉRDIDAS TÉCNICAS

A) FENÓMENO FÍSICO QUE LA ORIGINA. Según el fenómeno físico que la origina las pérdidas técnicas de energía, se pueden agrupar en las siguientes:

a) Pérdidas por Efecto Joule. Son las pérdidas que se presentan en los conductores, debido al paso de la corriente eléctrica, siendo su magnitud proporcional al cuadrado de la misma y variando este valor según la longitud y sección de conductor, estas pérdidas se manifiestan en forma de calor, que por convección son liberadas al exterior. El calentamiento en los conductores fue uno de los primeros fenómenos eléctricos conocidos; J.P. JOULE (1819-1885), estudió la medida de la temperatura en motores eléctricos, lo que permitió hacia 1840 encontrar la ley que rige la producción de calor debido al paso de una corriente eléctrica a través de un conductor, la ley de Joule como también se conoce, establece que la cantidad de calor (energía), es directamente proporcional a la resistencia (R) del conductor y al cuadrado de la intensidad de corriente (I) que lo atraviesa.

$$P_{er} = R \cdot I^2 \quad \dots \text{(Ec... Cap 2.2)}$$

Este fenómeno puede ser explicado a partir del mecanismo de conducción de los electrones por un medio, la energía disipada en los choques internos aumenta la agitación térmica del material, lo que da lugar a un incremento de temperatura y a la consiguiente producción de calor.

b) Pérdidas por Corrientes Parásitas (Corrientes de Foucault). La variación del flujo magnético en el interior de las chapas que forman el núcleo del transformador produce una fuerza electromotriz que provoca

una corriente en el interior de las chapas; Esta circulación de corriente provoca pérdidas, que a la vez se traduce en calor dentro del transformador. Estas pérdidas tienen una variación pequeña frente a variaciones de tensión y corriente, dependen de la tensión nominal y del material del cual está constituido el núcleo del transformador.

c) Pérdidas por Histéresis Magnética. Los materiales ferromagnéticos presentan una estructura molecular que se puede considerar como pequeños imanes, cuando el material es sometido a un campo magnético variable, estos imanes tienden a alinearse con el campo magnético, este proceso de alineamiento provoca pérdidas que se traducen en calor.

d) Pérdidas por Efecto Corona. Se conoce por efecto corona a los fenómenos producidos por la ionización del aire que rodea a un conductor cargado, esto se produce por el resultado de la acumulación de cargas en las regiones puntiagudas del conductor y la creación de campos eléctricos muy intensos que tienen la capacidad de producir la ruptura dieléctrica del aire en las inmediaciones. El conductor, cuando está sometido a un fuerte efecto corona, presenta una luminosidad y una crepitación constante, fenómenos que se traducen en pérdidas, que es función del nivel de tensión, del diámetro de los conductores, de la distancia entre ellos y de las condiciones climáticas.

B) POR SU ORIGEN EN LA RED. Según el equipo y proceso del sistema donde se origina, corresponde las siguientes:

a) Pérdidas en Líneas de Transmisión. Las pérdidas de potencia activa en las líneas de transmisión están asociadas con el campo eléctrico que

viaja por la superficie del conductor y dependen principalmente de los voltajes en los extremos y de los parámetros eléctricos de la línea de transmisión. En cuanto a los parámetros eléctricos, las líneas de transmisión se modelan suficientemente detalladas con tres parámetros que son: resistencia, reactancia y susceptancia. Similarmente, en cuanto a las pérdidas, estas no son otra cosa que la magnitud de la corriente elevada al cuadrado, multiplicado por la resistencia total de la línea.

b) Pérdidas en Transformadores. Son las pérdidas que se presentan en los equipos de transformación de tensión, se logran distinguir dos componentes: Pérdidas en el cobre: Estas pérdidas son causadas por efecto Joule debido al paso de la corriente por los arrollamientos del transformador, estas pérdidas dependen directamente del nivel de carga del transformador. Pérdidas en el hierro: Estas pérdidas son debidas a corrientes parásitas (corrientes de Foucault) y a la Histéresis Magnética.

c) Pérdidas en Medidores. Son las pérdidas que se presentan en los medidores electromecánicos de los usuarios finales que no son contabilizados por estos, estas pérdidas se presentan en forma de calor. Adicional a esto se encuentran factores que incrementan el valor de las pérdidas como son: armónicos, desbalance entre fases de los conductores, puntos de empalme de conexión, entre otros. Factores que afectaran el resultado final de las pérdidas de energía según el nivel de tensión.

2.3. CLASIFICACIÓN DE PÉRDIDAS NO TÉCNICAS

Desde un punto de vista esto no constituye una pérdida real para la economía, dado que la energía que no se factura es utilizada por los usuarios para alguna

actividad que económicamente se integra en el ámbito general. Para la empresa distribuidora de energía eléctrica, representa una pérdida económica y financiera ya que solo recibe parte o ninguna retribución por el valor de la energía que está suministrando. Estas pérdidas pueden tener varias fuentes de origen, y podemos agruparlas de la siguiente manera:

A) PÉRDIDAS NO TÉCNICAS POR ROBO O HURTO.

Corresponde a la energía que es ilegalmente utilizada, pudiendo ser por conexiones clandestinas y / o instalaciones provisionales no registradas.

B) PÉRDIDAS NO TÉCNICAS POR FRAUDE.

Corresponde a aquellos casos en los cuales pese a tener una conexión formal, los usuarios manipulan los medidores con el fin de lograr que los consumos registrados sean menores a los reales.

C) PÉRDIDAS NO TÉCNICAS POR ADMINISTRACIÓN.

Estas pérdidas corresponden a la energía no registrada por problemas de gestión administrativa de la empresa, pudiendo ser:

- Errores por defecto en la medición de los consumos.
- Errores en proceso de la toma de lectura de la medición.
- Inadecuada información que produce errores y demoras en la facturación.

D) PÉRDIDAS NO TÉCNICAS POR FUGAS A TIERRA.

Son las pérdidas producidas por las fugas de corriente a tierra, debido al deterioro del aislamiento de cables subterráneos.

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

La metodología utilizada en la presente investigación se ha enfocado en el cumplimiento de los objetivos como parte principal en el proceso de investigación científica, con la finalidad de que nos permita predecir, explicar y describir los fenómenos, en tal sentido la metodología se orientó para el cumplimiento de los siguientes objetivos:

- a)** Estudiar y analizar una metodología que permita la estimación de las pérdidas técnicas en redes de distribución de energía eléctrica en la región de Puno.
- b)** Estudiar una metodología que permita la estimación de las pérdidas técnicas en redes de distribución de energía.
- c)** Analizar una metodología que permita la determinación de las pérdidas técnicas en redes de distribución de energía eléctrica en la región de Puno.

3.1. MÉTODO Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

- a) **Método.** - El método de investigación en cada objetivo es del tipo descriptivo. La toma de datos es del tipo Correlacional propuesto por Hernández Sampieri en Metodología de la Investigación.

En ese sentido el presente proyecto, es una investigación del tipo descriptiva, por ser flexible permite sujetarse a esquemas de razonamiento lógico, es decir permite hacer análisis sistemático del problema, con el propósito de describir, explicar sus causas y efectos, entender su naturaleza y factores constituyentes o predecir su ocurrencia. Los datos de interés son recogidos en forma directa por el propio investigador.

- b) **Diseño.** - Es el plan o estrategia que se desarrollará para obtener la información que requiere la investigación. Se aplicó el método descriptivo, ya que se recolectaron datos en un solo momento, en un tiempo único. Su propósito es describir variables, y analizar su incidencia e interrelación en un momento dado. Es como tomar una fotografía de algo que sucede.

3.2. TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

La recolección de los datos fue dada a partir de un estudio bibliográfico detenido en documentación teórica y conceptual referente al tema, así mismo se recolectaron datos en un solo momento, en un tiempo único. Cuyo propósito fue el de describir variables y analizar su incidencia e interrelación en un momento dado.

3.3. TÉCNICAS DE ANÁLISIS.

Una vez recolectada la información a partir del estudio bibliográfico y recolección de datos in situ, se creó una base de datos con la que se procedió a efectuar el análisis de los mismos mediante comparación de resultados de los cálculos efectuados.

Para finalmente efectuar el análisis basado en las características que Pérez (2002), indica que se repiten con mayor frecuencia en su definición del análisis de contenido:

a) **Objetividad.** - Supone el empleo de procedimientos de análisis que puedan ser reproducidos por otros investigadores, de modo que los resultados obtenidos sean susceptibles de verificación. Por lo tanto, las unidades de mensaje que han sido fragmentadas, las categorías que sirven para clasificar las escalas, etc., deben definirse con claridad y precisión para que, a partir de los criterios indicados, los investigadores puedan realizar la misma investigación.

b) **Sistematicidad.** - Es una cualidad del análisis de contenido por la que la inclusión o exclusión de determinadas categorías se hace de acuerdo con unas reglas y criterios previamente establecidos. Su finalidad es la de impedir cualquier selección arbitraria que pudiera retener solamente aquellos elementos que estuvieran de acuerdo con la tesis del investigador. La fidelidad a esta regla especialmente importante cuando el análisis de contenido se utiliza para verificar hipótesis.

3.4. CONTENIDO MANIFIESTO

Implica que se puedan cifrar numéricamente los resultados del análisis. Todo mensaje está considerado como una secuencia de datos aislables, susceptibles de ser ordenados por categorías y tratados de manera estadística.

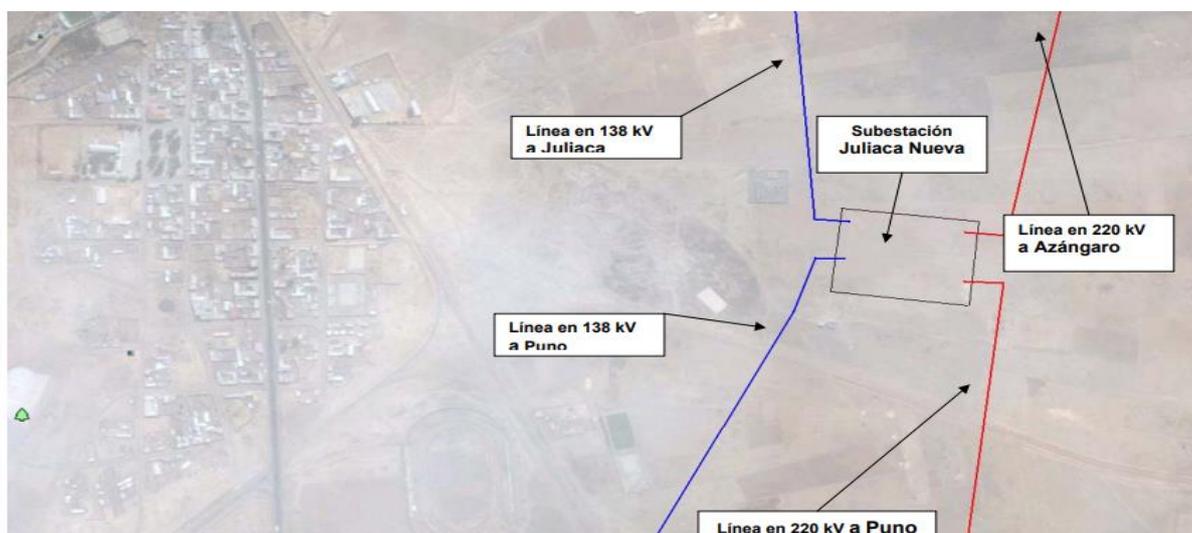
3.5. CAPACIDAD DE GENERALIZACIÓN

El análisis de contenido no se limita al recuento de frecuencias y tabulación de datos cualitativos, sino que lleva a cabo estos procesos en vista a la prueba de hipótesis, para extraer conclusiones de cara a una investigación. De ahí la importancia de llevar a cabo un proceso inferencial que culmine con una generalización.

3.6. COBERTURA A BENEFICIAR

Como resultado de todo lo expuesto anteriormente, el presente trabajo de investigación, garantizará el punto de partida de nuevas investigaciones, que ayudarán a la creación de diferentes propuestas que facilitarán la prevención y disminución de las pérdidas técnicas en sistemas eléctricos en la región de Puno.

Figura N°3.1: Mapa de Ubicación de la SED de Juliaca



Fuente: Google Maps

Figura N°3.2: Mapa de Ubicación de la SED de Puno



Fuente: Google Maps

Figura N°3.3: Mapa de Ubicación de la SED de Azángaro



Fuente: Google Maps

Tabla N°3.1 : Longitud, latitud y altitud de las SEDs

	JULIACA	PUNO	AZANGARO
LONGITUD	70°07'59" O	70°01'11" O	70°11'46" O
LATITUD	15°30'00" S	15°50'31" S	14°54'30" S
ALTITUD	3834 m	3825 m	3868 m

Fuente: Google Maps

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. CÁLCULO DE PÉRDIDAS TÉCNICAS

Para el cálculo de las pérdidas técnicas se tomaron en cuenta las siguientes consideraciones de acuerdo al tipo de red.

4.1.1. CONSIDERACIONES PARA LA RED DE DISTRIBUCIÓN PRIMARIA:

- a) Se efectuó flujos de carga a los 42 alimentadores existentes en media tensión.
- b) En el modelamiento de las redes de distribución en media tensión se consideró las características especiales de los sistemas de distribución tales como redes y cargas desbalanceadas y sistemas MRT.
- c) Se utilizaron los registros de potencia activa y reactiva de los medidores totalizadores de cada punto de compra y de los alimentadores para la determinación de la máxima demanda y el factor de carga y el factor de pérdidas.
- d) Se contemplará el 100% de los registros de potencia activa y reactiva de los suministros alimentados en media tensión (subestaciones de distribución particulares).

4.1.2. CONSIDERACIONES PARA LA RED DE DISTRIBUCIÓN SECUNDARIA:

- a) Se ha procedido a correr los flujos de carga al 100% de las redes secundarias que están contempladas en el GIS y que cuentan con la información técnica requerida.
- b) Las pérdidas de potencia en las redes de baja tensión se han determinado por SED mediante flujos de carga.
- c) En el modelamiento de las redes de distribución se han considerado las características especiales de los sistemas de distribución tales como redes y cargas desbalanceadas, habiéndose realizado el cálculo de las pérdidas de energía utilizando los factores de pérdidas.
- d) En el período de los balances de energía por subestación se ha considerado la variación en los consumos de acuerdo a días típicos en el mes como consumos en los fines de semana o feriados.
- e) Con las mediciones entregadas por ELPY y la recopilación de información de campo se elaboró el balance de energía, a fin de determinar los niveles de pérdidas en transmisión y en distribución.

Finalmente se presenta las conclusiones derivadas del estudio realizado, donde se hará un resumen de los resultados del estudio y de los proyectos de mitigación para la reducción y control de pérdidas. Así como las recomendaciones que permitan mantener a futuro los niveles de pérdidas de energía eléctrica.

El proyecto de tesis se ha ejecutado a nivel de expediente técnico para la discriminación de Pérdidas de Energía Eléctrica a nivel de Concesión, con los siguientes objetivos:

a) Aplicar la metodología propuesta para diagnosticar o en otras palabras identificar y desagregar en toda la concesión de ELPUN las Pérdidas Técnicas por:

- Niveles de tensión,
- Subestaciones eléctricas de transformación (SET),
- Línea de transmisión,
- Alimentador de media tensión,
- Sectores típicos y
- Sistemas eléctricos.

b) Desarrollar un plan de mitigación que incluya una cartera de proyectos de inversión que permitan reducir los índices de pérdidas a un valor que se encuentre por debajo de los niveles reconocidos por la regulación eléctrica y/o hasta los niveles que sea rentable su reducción.

c) Desarrollar un Plan de Sostenimiento en base a las conclusiones y recomendaciones que permita mantener los niveles de pérdidas de energía eléctrica alcanzados después de la ejecución del proyecto.

4.2. PÉRDIDAS EN TRANSMISIÓN

4.2.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Evaluar las condiciones operativas del sistema de transmisión.
- Determinar las pérdidas en transmisión por su origen.
- Identificar y evaluar proyectos de reducción de pérdidas de energía en transmisión

4.2.2. METODOLOGÍA Y CRITERIOS DE EVALUACIÓN

A. Metodología

La metodología comprende el diagnóstico de la infraestructura del sistema de transmisión, seguido de la identificación de proyectos de reducción de pérdidas de energía y finalmente la evaluación técnica y económica.

B. Criterios de Evaluación

- a) 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.
- b) Las tolerancias admitidas de los niveles de tensión de operación son los establecidos por la Norma Técnica de Calidad de Servicios Eléctricos (NTCSE).
- c) Se considera el mes de junio del 2015 como período de evaluación del Sistema de Transmisión de ELP. U.
- d) La propuesta de compensación reactiva se realizará mediante banco de condensadores del tipo fijo y automático, así mismo se realizará en máxima demanda y en mínima demanda de los sistemas eléctricos, a fin de evitar las sobretensiones.
- e) La propuesta de incorporación de nuevas líneas y nuevas SET en el sistema de transmisión de ELP. U. están basados en los resultados de la evaluación de pérdidas y caída de tensión.

4.3. BREVE DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE TRANSMISIÓN DE ELPU

Dentro del área de concesión de ELPU existen 04 subestaciones de potencia de propiedad de terceros (SET Puno, SET Juliaca, SET Azángaro y SET Ayaviri), con las cuales abastece el 95% de su demanda; estas subestaciones a su vez se interconectan al SEIN a través de dos líneas de transmisión que son Ayaviri–Tintaya en 138 kV y Puno–Moquegua en 220 kV; tal como se muestra en la Figura N°4.4.

Figura N°4.4: Mapa de Ubicación de Electro Puno



Fuente: Electro Puno

El sistema de transmisión de ELPU está conformado por 7 líneas de 60 kV, haciendo un total de 350.72 Km; tal como se indica en la tabla N°4.2. Las líneas de transmisión con códigos L- 0639 y L-6002 tienen una antigüedad de 30 años. La línea de transmisión Juliaca-Bellavista esta se encuentra en

servicio solo el tramo desde la SET Juliaca hasta la SET Cemento Sur (8 Km), para atender la demanda del cliente Libre Cemento Sur.

Tabla N°4.2: Líneas de Transmisión

ítem	Código	Barra Inicio	Barra Fin	Puesta en Servicio	Tensión (kV)	Longitud (Km)	Situación
1	L-0639	Puno	Bellavista	1985	60	2.95	En servicio
2	L-0638	Puno	Pomata	1996	60	103.50	En servicio
3	L-6002	Juliaca	Bellavista	1985	60	37.50	Servicio Parcial
4	L-6004	Azángaro	Antauta	1997	60	83.80	En servicio
5	L-6024	Azángaro	Putina	2011	60	39.85	En servicio
6	L-6025	Putina	Ananea	2011	60	49.38	En servicio
7	L-6026	Putina	Huancané	2011	60	33.74	En servicio
Longitud Total de las Líneas de Transmisión				350.72			

Fuente: ELPU

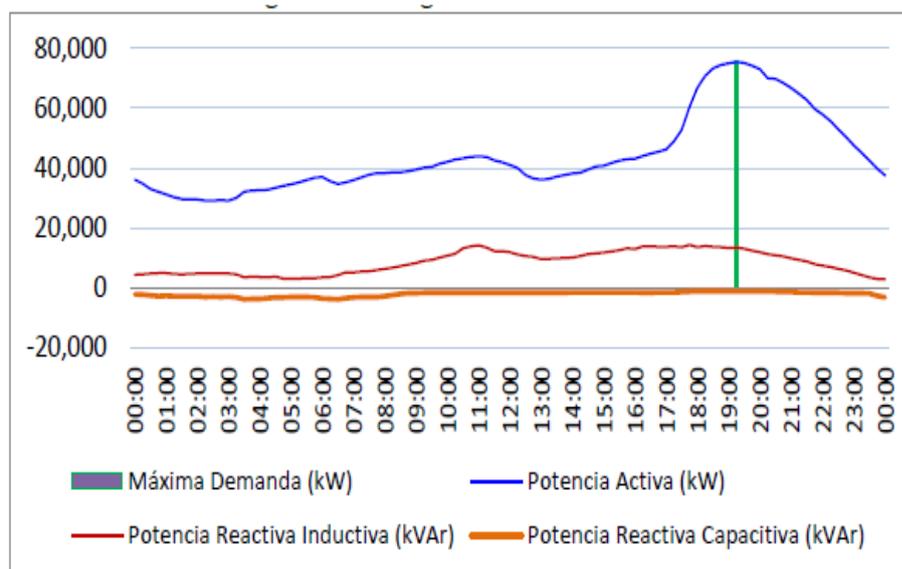
Además, ELPU para atender la demanda dentro de su concesión cuenta con 7 subestaciones de potencia con transformadores de dos y tres devanados, haciendo un total de 60.75 MVA en refrigeración natural (ONAN).

El transformador de 5.5 MVA de la subestación Bellavista tiene una antigüedad de 39 años, lo cual requeriría cambiar a fin de garantizar el suministro de energía a la ciudad de Puno y disminuir las pérdidas de energía. Respecto a los transformadores de las subestaciones Pomata e llave estarían alcanzando su tiempo de vida útil.

4.4. RESULTADOS DEL DIAGNÓSTICO EN TRANSMISIÓN

A. Máxima Demanda y Consumo de energía Reactiva

La máxima demanda de ELPU es 75.56 MW sucedido a las a 19:15 horas del 16 de junio del 2017; tal como se muestra en la figura N°4.5.

Figura N°4.5: Diagrama de Carga del Día de Máxima Demanda de ELPU

Elaboración: Propia.

En el mes de junio del 2017 la energía reactiva inductiva que ingreso al sistema eléctrico de ELPU representa el 17% del total de la energía activa que se compró, siendo Juliaca 10 kV y Ayaviri 10 kV los puntos de compra donde existe un exceso de consumo de energía reactiva superior al 30%; También se registró ingreso de energía capacitiva al sistema interconectado en un total del 6% respecto a la energía que se compró.

En el mes de junio del 2017 Electro Puno perdió en transmisión 409.045 MWh, el cual representa el 3.25% de la energía que se compró en 60 kV; así mismo del total de las pérdidas en transmisión, el 78.36% se pierde en transporte y el 21.64 se pierde en transformación.

Tabla N°4.3: Pérdidas de Energía en Transmisión de ELPU – junio 2017

Ítem	Descripción	Puno-Bellavista-Ilave-Pomata	Azángaro- Antauta-Huancané- Ananea	Total ELPU (MWh)	Distribución de las Pérdidas (%)
1	Pérdidas en Líneas de 60 kV	142.225	178.323	320.548	78.36%
1.1	Pérdidas Por Efecto Joule	125.098	116.458	241.555	59.05%
1.2	Pérdidas por Efecto Corona	17.128	61.865	78.993	19.31%
2	Pérdidas en Transformación	55.565	32.932	88.497	21.64%
2.1	Pérdidas por Efecto Joule	24.245	12.340	36.585	8.94%
2.2	Pérdidas por Histéresis	31.320	20.592	51.912	12.69%
3	Total Pérdidas en Transmisión	197.790	211.255	409.045	100.00%
4	% Total pérdidas respecto a la Compra en 60 kV	1.57%	1.68%	3.25%	
4.1	% Pérdidas en líneas de 60 kV	1.13%	1.42%	2.55%	
4.2	% Pérdidas en Transformación	0.44%	0.26%	0.70%	

Elaboración: Propia

4.5. PÉRDIDAS TÉCNICAS EN MEDIA TENSIÓN

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 a nivel concesión, en la que el Consultor ha enfocado 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 diagnóstico general del sistema de media tensión en toda la Concesión de ELPU a través de un

trabajo de campo minucioso, luego se procedió a determinar los niveles de pérdidas y caídas de tensión con apoyo de un moderno software que considera todas las variables necesarias para obtener los resultados con bastante precisión.

Con los resultados obtenidos se ha analizado la reducción de pérdidas bajo dos escenarios, en un escenario se planteó el proyecto con la modificación de la configuración con traslados de cargas entre alimentadores críticos con los que tienen mayor capacidad asimismo evaluando la factibilidad de realizar los cambios en un corto plazo, el otro escenario B evaluado es la instalación de 2 SETs dentro de los sistemas de Puno y Juliaca, con los cuales se logra reducir las pérdidas a niveles estándar pero con mayores inversiones que la del escenario A.

4.5.1. OBJETIVO

El objetivo de la presente sección, es determinar las pérdidas técnicas del sistema de media tensión en toda la Concesión de ELPU y la identificación de proyectos para la reducción de pérdidas hasta alcanzar los estándares reconocidos por la entidad reguladora, en el corto, mediano y largo plazo.

4.5.2. METODOLOGÍA Y CRITERIOS DE EVALUACIÓN

A. Metodología aplicada

El origen de las pérdidas básicamente se debe a tres aspectos: efecto Joule, Histéresis y Hurto de energía. El método para su estimación se elige por la calidad y cantidad de información que se requiere en cada caso.

El cálculo de las pérdidas técnicas tanto de potencia como de energía en los sistemas eléctricos es un problema complejo por las siguientes razones:

- La magnitud de los sistemas en los cuales hay una gran diversidad de elementos.
- La cantidad de información que se debe manejar.
- La incertidumbre, falta parcial o carencia de información.
- La naturaleza variable de la carga, tanto en el sistema eléctrico como en cada elemento que lo compone.

B. Alimentadores primarios

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 de cada 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, que permite una interconexión entre la base de datos de la infraestructura eléctrica de redes de distribución y la base de datos comercial, obteniéndose 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 cinco componentes, para los cuales se ha realizado los cálculos que se indican en la tabla N°4.4.

Tabla N°4.4: 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%

Elaboración: Propia

Es importante destacar que el cálculo del flujo de carga se ha realizado para 42 alimentadores los cuales son el 100% del total, éstos se encuentran distribuidos en las zonas urbanas y rurales de toda la concesión de ELPY y la topología ha sido actualizada Dic -2016 se han recorrido los alimentadores físicamente para asegurar que la información de campo se refleje en el GIS

C. Acciones realizadas para la determinación de las pérdidas técnicas en media tensión.

En el presente trabajo de investigación, para desarrollar con la calidad adecuada los cálculos y la determinación de las pérdidas y caídas de tensión en el sistema de media tensión, se tuvo que realizar las siguientes acciones:

- 1) Completar la información de la base de datos de los sistemas geo referenciados – GIS, ya que la empresa proporciono una información muy desactualizada.
- 2) Actualizar la información comercial, ya que estas no contaban con la relación cliente/transformador en la totalidad de las SED de la Concesión del ELPY.

3) Se determinó por otros medios las demandas de algunos Alimentadores ya que los medidores de éstas no arrojaban valores adecuadas a la demanda de envío.

D. Resultados del Diagnóstico en MT

a) Análisis de las pérdidas técnicas en MT

Del análisis de las pérdidas agrupadas por SET, las pérdidas energía totales están en el orden de 3,43% y una caída de tensión promedio de 7,39%, la SET que tiene valores altos es la de Juliaca con 5,46% y 16,8% de caída de tensión, esto se presenta como consecuencia que en ella se concentra la mayor cantidad de demanda de energía que llega al 35% del consumo total y en potencia bordea el 41% de la máxima demanda total.

Las SETs con más bajos valores de pérdidas de energía se encuentran llave con 1,82%, Bellavista con 1,63%, Antauta con 1,34%, Sandia con 1,24% y el más bajo es San Gabán con 0.9%.

Las pérdidas por **Sistemas Eléctricos** en media tensión se encuentra el sistema de Juliaca con el mayor valor que llega al 5,48% y el de menores valores los sistemas de Antauta y San Gabán con 1,34% y 0,9% respectivamente.

b) Diagnóstico de pérdidas en reguladores y elevadores de tensión.

En el diagnóstico de pérdidas para las redes de media tensión se ha considerado evaluar las pérdidas en estos equipos que son parte de sistema.

La operación de reguladores de tensión monofásicos en los alimentadores L5004 y L5005 de la SET Juliaca, por ser máquinas eléctricas, ocasionan

perdidas en las bobinas y en el núcleo, los cuales deben considerarse para la evaluación de las pérdidas en el sistema de MT.

Las pérdidas en los tres transformadores elevadores y reductores mencionados se encuentran en el orden de 10,80 MW.h/mes, alcanzando el 0,033% en relación a la energía de sistema de media tensión.

En resumen, las pérdidas en los reguladores, elevadores y reductores instalados en el sistema de media tensión de ELPU, es de 26,70 MW.h/mes, alcanzando el 0,083% en relación a la energía del sistema de media tensión.

c) 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 los alimentadores 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 0,17%.

d) Diagnóstico de pérdidas por nivel de tensión, longitud y energía transportada en Líneas MT

En el diagnóstico de pérdidas para las redes de Media Tensión, además de lo descrito anteriormente, se ha considerado evaluar también a través de los siguientes conceptos: Nivel de tensión, longitud de las líneas o redes y energía total transportada.

E. Alimentadores críticos

Los proyectos de reducción de pérdidas tanto para el corto plazo, mediano y largo plazo, estarán basados en la evaluación de los alimentadores que tienen mayores pérdidas técnicas y fuertes caídas de tensión, cuyo listado se muestra en la tabla N°4.5.

Tabla N°4.5: Alimentadores críticos que tienen pérdidas de energía mayores a los estándares

SET	Alimentador	Perdida de energía en la línea (MW.h) Críticos	% De caída de tensión
JULIACA	L5009	143,67	33,23
JULIACA	L5005	119,71	17,45
ANANEA	L3005	89,87	8,6
JULIACA	L5006	88,29	12,3
JULIACA	L5008	71,69	11,27
JULIACA	L5004	69,34	9,62
BELLAVISTA	L0105	63,95	11,96
ANANEA	L3004	58,42	7,65
AZANGARO	L8001	40,48	15,4
JULIACA	L5011	39,74	19,27
JULIACA	L5007	37,82	14,86
JULIACA	L5010A	34,07	5,26
JULIACA	L5010	25,59	21,49
HUANCANE	L4003	18,32	15,77

Elaboración: Propia

4.5.3. RESUMEN DEL PROYECTO "OPORTUNIDAD DE REDUCCIÓN DE PÉRDIDAS EN LÍNEAS DE MEDIA TENSIÓN"

Las oportunidades de reducción de pérdidas evaluados con el objetivo de alcanzar las pérdidas estándar reconocidas y vigentes por el organismo regulador, fueron realizadas bajo dos escenarios.

El **escenario A**, está centrado a realizar las reconfiguraciones de los alimentadores críticos, con los cuales no se alcanzó a reducir las pérdidas de

energía a niveles estándares, debido a las largas distancias que los alimentadores recorren para suministrar energía a las localidades alejadas, pero si se logra reducir pérdidas con bajas inversiones.

Las líneas MT en las cuáles se plantea implementar los proyectos por SET son las siguientes:

a) SET JULIACA

- GAP02-D1: Pasar carga del Alimentador 5011 Juliaca al alimentador 4001 Huancané.
- GAP02-D2: Implementación de línea L5007A 22,9 Kv Juliaca –Caracoto y desactivar SET Caracoto.
- GAP02-D3: Implementación de línea L5012 22,9 Kv para aliviar la carga de la L5009 SET JULIACA.

b) SET POMATA

- GAP02-D4: Pasar carga del Alimentador 2003 POMATA (Desaguadero-Kelluyo) al alimentador 2002 A ALA ALTURA DE Huacullado y Kelluyo.
- GAP02-D5: Pasar carga del Alim. 2003 al 2004 a la altura de Pomata
- GAP02-D6: Implementación de la Línea 2005 POMATA para dividir la carga del alimentador 2002, con una nueva línea de doble terna de la SET POMATA hasta Yunguyo.

c) SET ANANEA

- GAP02-D7: Abrir la interconexión 8002 / 3001 pasando Quilcapunco y evitar el flujo bidireccional a la SET Ananea. Dejar la carga de Quilcapunco al alimentador 3001 y dejar la carga que recibe la SET ANANEA en 22.9Kv a la línea de 60kv para reducir las pérdidas en MT.

d) SET AZANGARO

- GAP02-D8: Alimentador 8002, cortar a la altura de Santa Cruz de Mijani.
- GAP02-D9: Se procedió a realizar las siguientes acciones:
- Ramal Arapa: Cortar a la altura de San Juan de Salinas Asillo Yarajuchupa y cerrar a la altura de Alto Mellipunco con Cuycalani y abrir en Mipuchi.
- Pasar la carga de la 8001 a 8002 cerrar a la altura de San Miguel Central con Alto Huaracani.

El escenario B, consiste en la implementación de 2 Nuevas SET, una en Juliaca y otra en Puno, las acciones que se ejecutaran con la implementación de las mencionadas SETs se describen a continuación, se lograra reducir las pérdidas de energía en el sistema de media tensión a 1,45%.

A. Proyecto GAP02-D1: SET MARAVILLAS

Los resultados del diagnóstico muestran que los alimentadores de la SET Juliaca tienen exceso de caída de tensión y pérdidas técnicas en la línea por la cual se determinó la implementación de la menciona SET, que tendrá como codificación SET 51.

B. Ubicación de la SET MARAVILLAS

La nueva SET estará ubicada en el Provincia de Juliaca (coordenadas UTM: 378356.79 m E, 8290799.93 m S).

Con esta SET se busca aliviar la carga de los alimentadores de la SET Juliaca, esta Nueva SET contara con 6 alimentadores en los niveles de tensión de 10 KV (02) y 22,9 kV (04).

C. Alimentadores de la SET MARAVILLAS.

a) Alimentador 5101 (22.9kV):

Este nuevo alimentador aliviara divide la carga que se encuentran en los alimentadores 5009 y 5010 principalmente la carga que se dirige a la zona rural de Juliaca.

Se determinó realizar las siguientes acciones:

- Cortar al alimentador 5009 en el punto "A" donde se encuentra el elevador de tensión 10/22.9 kV (El transformador elevador se elimina) (479176.546 m E; 8186231.428 m S).
- Cortar este alimentador en el punto "B" Provincia de San Román, Distrito de Juliaca (373382.05 m E; 8287230.85 m S).
- Implementar un puente de conexión de 0,76 km a través del rio Maravillas con un conductor de aluminio de 120 mm² para poder conectar parte de la 5009 con parte de la 5010 siendo ambas líneas en 22.9 kV.
- El nuevo alimentador 5101 cubrirá los distritos de Paratia, Lampa y Vilavila.
- Cambiar el conductor en zona norte de la troncal del nuevo alimentador 5101 con Aluminio desnudo de 120 mm² en 20 km desde la salida de la SET Maravillas hasta llegar a la localidad de Nicasio.
- La implementación de este alimentador será solo cambio de calibre es decir se aprovechará las estructuras existentes.

b) Alimentador 5102 (10kV)

Este nuevo alimentador aliviara parte de la carga que se encuentra en los alimentadores 5009 y 5004 ya que estas se encuentran con una alta densidad de carga.

Se determinó realizar los siguientes cambios:

- Cortar al alimentador 5009 en el punto "A" en el Distrito de Juliaca en la coordenada UTM (381007.00 m E; 8289441.00 m S).
- Cortar al alimentador 5009 en el punto "B", en el Distrito de Juliaca (381053.33 m E; 8289449.25 m S) corte en paralelo al corte "A".
- Cortar al alimentador 5004 en el punto "C", en el Distrito de Juliaca (379386.00 m E; 8287727.00 m S).
- Cortar al alimentador 5004 en el punto "D", en el Distrito de Juliaca (379120.00 m E; 8288207.00 m S).
- Cortar al alimentador 5004 en el punto "E", en el Distrito de Juliaca (378748.00 m E; 8288204.00 m S)
- Implementación de los puentes de conexión 1,2 y 3 con un conductor de aluminio de 120mm² para poder conectar parte de la 5009 y 5004 con la parte del nuevo alimentador 5102, la implementación de los puentes es de 0.68 km.
- Cambio a conductor de aluminio de 120mm² desde la Av. Circunvalación hasta la intersección de la Av. el triunfo con José Riva Agüero con una longitud de 1.53 km.
- Cambio a conductor de aluminio de 120mm² en una de los ramales desde la Av. Circunvalación hasta la intersección de Ramón Gutiérrez Paz con Accomarca con una longitud de 0.75Km.

- La implementación de este alimentador será solo cambio de calibre es decir se aprovechará las estructuras existentes

Se tomó la medida de cambio de conductores de ciertos tramos debido a que estos eran convenientes para este tipo de carga.

De acuerdo al mapa de densidad de carga del alimentador 5004 de la SET JULIACA se determinó que dos ramales de gran densidad de carga fueran traspasados al nuevo alimentador 5102 que parte de la nueva SET MARAVILLAS.

c) Alimentador 5103 (10 kV)

Este nuevo alimentador aliviara parte de la carga de los alimentadores 5008 y 5004 ya que estas se encuentran con una alta densidad de carga.

Se determinó realizar los siguientes cambios:

- Cortar al alimentador 5004 en el punto "A" en el Distrito de Juliaca en la coordenada UTM (377981.00 m E; 8288934.00 m S).
- Cortar al alimentador 5004 en el punto "B", en el Distrito de Juliaca (377476.15 m E; 8289490.87 m S).
- Este nuevo alimentador aliviara parte de la carga que se encuentra en los alimentadores 5009 y 5004 ya que estas se encuentran con una alta densidad de carga.
- Se determinó realizar los siguientes cambios:
- Cortar al alimentador 5009 en el punto "A" en el Distrito de Juliaca en la coordenada UTM (381007.00 m E; 8289441.00 m S).
- Cortar al alimentador 5009 en el punto "B", en el Distrito de Juliaca (381053.33 m E; 8289449.25 m S) corte en paralelo al corte "A".

- Cortar al alimentador 5004 en el punto “C”, en el Distrito de Juliaca (379386.00 m E; 8287727.00 m S”.
- Cortar al alimentador 5004 en el punto “D”, en el Distrito de Juliaca (379120.00 m E; 8288207.00 m S).
- Cortar al alimentador 5004 en el punto “E”, en el Distrito de Juliaca (378748.00 m E; 8288204.00 m S)
- Implementación de los puentes de conexión 1,2 y 3 con un conductor de aluminio de 120mm² para poder conectar parte de la 5009 y 5004 con la parte del nuevo alimentador 5102, la implementación de los puentes es de 0.68 km.
- Cambio a conductor de aluminio de 120mm² desde la Av. Circunvalación hasta la intersección de la Av. el triunfo con José Riva Agüero con una longitud de 1.53 km.
- Cambio a conductor de aluminio de 120mm² en una de los ramales desde la Av. Circunvalación hasta la intersección de Ramón Gutiérrez Paz con Accomarca con una longitud de 0.75Km.

La implementación de este alimentador será solo cambio de calibre es decir se aprovechará las estructuras existentes. Se tomó la medida de cambio de conductores de ciertos tramos debido a que estos eran convenientes para este tipo de carga.

De acuerdo al mapa de densidad de carga del alimentador 5004 de la SET JULIACA se determinó que dos ramales de gran densidad de carga fueran traspasados al nuevo alimentador 5102 que parte de la nueva SET MARAVILLAS.

d) Alimentador 5103 (10 kV)

- Este nuevo alimentador aliviara parte de la carga de los alimentadores 5008 y 5004 ya que estas se encuentran con una alta densidad de carga.
- Se determinó realizar los siguientes cambios:
- Cortar al alimentador 5004 en el punto "A" en el Distrito de Juliaca en la coordenada UTM (377981.00 m E; 8288934.00 m S).
- Cortar al alimentador 5004 en el punto "B", en el Distrito de Juliaca (377476.15 m E; 8289490.87 m S).

e) Alimentador 5104 (10kV)

- Este nuevo alimentador aliviara parte de la carga en los alimentadores 5004 y 5005 ya que estas se encuentran con una alta densidad de carga.
- Se determinó realizar los siguientes cambios:
- Cortar al alimentador 5004 en el punto "A" en el Distrito de Juliaca en la coordenada UTM (377476.00 m E; 8289490.00 m S).
- Cortar al alimentador 5005 en el punto "B", en el Distrito de Juliaca (376607.00 m E; 8287505.00 m S)
- Cortar al alimentador 5004 en el punto "C", en el Distrito de Juliaca (375479.00 m E; 8287442.00 m S).
- Implementación de un tramo de conexión para conectar parte del alimentador 5004 y 5005 al nuevo alimentador 5104 de 0,4 km.
- Implementación de una nueva troncal de 5 km con un conductor de aluminio de 120mm² por la carretera interoceánica hasta llegar a la intersección con la Av. Emiliano Cano.

- Cambio de conductor a aluminio desnudo de 120mm² en el tramo de 1,76 Km desde la Av. Emiliano Cano hasta el tramo final de la nueva troncal que se encuentra en la Av. Aviación.

f) Alimentador 5105 (22,9 kV)

- Este nuevo alimentador aliviara parte de la carga del alimentador 5011 de la SET Juliaca ya que a condiciones iniciales las pérdidas técnicas y de caída de tensión son altas.
- Se determinó realizar los siguientes cambios:
- Cortar al alimentador 5011 en el punto “A” en el Distrito de Caracoto, Provincia de San Román en la coordenada UTM (383572.00 m E; 8290959.00 m S).
- Cortar al alimentador 5011 en el punto “B”, en el Distrito de Taraco (396437.00 m E; 8303692.00 m S).
- Cortar al alimentador 5011 en el punto “C”, en el Distrito de Samán (389479.00 m E; 8307041.00 m S).
- Implementación de un tramo de conexión de 4,57 km con un conductor de aluminio desnudo de 120 mm² paralelo al nuevo alimentador 5102 para conectar parte del alimentador de la 5011 con el alimentador 5105 de la nueva SET Maravillas.
- Implementación de un puente de conexión de 2,32 kilómetros con un conductor de aluminio de 70 mm² para poder evitar tramos de conexión con retorno en la 5011.

g) Alimentador 5106 (10kV)

- Este nuevo alimentador aliviara parte de la carga que se encuentra en el alimentador 5005 ya que esta se encuentra con una alta densidad de carga.
- Se determinó realizar los siguientes cambios:
- Cortar al alimentador 5005 en el punto “A”, en el Distrito de Juliaca (375479.00 m E; 8287442.00 m S).
- Cortar al alimentador 5005 en el punto “B”, en el Distrito de Juliaca (376607.00 m E; 8287505.00 m S).
- Eliminar el regulador de tensión en el alimentador 5005.
- Implementación de un tramo de 3,15 km por la AV. Puno hasta llegar a la intersección con la Av. Circunvalación con una terna de 120 mm² de aluminio desnudo.
- Cambio de conductor en un tramo de conexión de 3,17 km con un conductor de aluminio de 120 mm² desde la intersección de la Av. Puno con circunvalación hasta la Av. Nueva Zelanda.
- Cambio de conductor en un tramo de 2,22 km que se dirige por la Av. Nueva Zelanda hasta llegar a la Av. Santos Chocano con un conductor de aluminio desnudo de 70mm²

4.6. PÉRDIDAS EN TRANSFORMADORES MT/BT**4.6.1. OBJETIVO**

El objetivo de esta sección es determinar las pérdidas técnicas en los transformadores MT/BT en toda la Concesión de ELPUNO y la identificación de proyectos para la reducción de pérdidas hasta alcanzar los estándares reconocidos por la entidad reguladora, en el corto, mediano y largo plazo.

4.6.2. METODOLOGÍA Y CRITERIOS DE EVALUACIÓN

La metodología aplicada para la determinación de las pérdidas técnicas en los transformadores de distribución, se realizó mediante el análisis de flujo de potencia en el 100% de los transformadores de ELPU.

- Una vez observado los resultados de pérdidas por cada transformador para el mes de máxima demanda que fue en junio 2015.
- Se evaluó la carga de cada transformador de las sub estaciones (SEDs), tanto en potencia activa (kW), potencia reactiva (kVAR) y factor de potencia ($\cos\phi$), con dicha información se determinó el factor de utilización (FU).
- De este primer resultado se seleccionó la cantidad de sub estaciones que se encuentran operando en cada rango de factor de utilización (0-0,4; 0,4-0,75; 0,75-1 y los de mayor a 1).
- Se proyectó la carga para cinco años, con un crecimiento de 6,6% anual, vale decir del 2016 al 2020 y asumiendo que no se instalará compensación reactiva en baja tensión.
- Observando la situación del factor de utilización de los transformadores para el año 2020, se procedió a determinar la capacidad del transformador adecuado para la carga del 2020 de modo que opere de manera eficiente, con un factor de utilización cercana a la Unidad.
- Desde el punto de vista de reducción de pérdidas de energía:
- Una vez redimensionado las potencias de los transformadores, de acuerdo a la carga para el año 2020, se calculó las pérdidas de energía en el núcleo y en el bobinado de cada transformador para el escenario más óptimo de F.U.

- Después de acuerdo a la carga proyectada para los cinco años, se ha procedido a calcular las pérdidas para el mes de diciembre del 2020, para el caso de mayor demanda, en dos escenarios el primero “con proyecto” y el segundo “sin proyecto”.

Luego se calculó las pérdidas anuales desde el año 2016 hasta el año 2020 en ambos escenarios, y obteniéndose por diferencia el ahorro de pérdidas anuales.

- Finalmente se seleccionó los transformadores críticos aplicando el principio de Pareto, obteniéndose una relación de 76 transformadores críticos, los cuales han sido ordenados en función del volumen de ahorro de energía.

4.6.3. BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS TRANSFORMADORES MT/BT

El sistema eléctrico de distribución de ELPU, está compuesto por 4 094 sub estaciones de distribución (SED), de los cuales todas son de propiedad de la empresa (D).

4.6.4. RESULTADOS DEL DIAGNÓSTICO EN TRANSFORMADORES MT/BT

- Las pérdidas técnicas de energía obtenidas para los transformadores de las SEDs de propiedad de la empresa son de 644,96 MWh-mes lo cual representa el 3,56% de la energía distribuida en BT, para el mes de junio del 2015, los cuales están distribuidas según se muestra la Tabla N°4.6, por factor de utilización (FU).

Tabla N°4.6: Transformadores de las SEDs de ELPUNO por factor de Utilización

Factor de Utilización	Pérdidas técnicas (MWh)	Pérdidas en el hierro (MWh)	Pérdidas en el cobre (MWh)	Cantidad de Transformadores
$0 \leq FU \leq 0,4$	411,87	395,35	16,53	3046
$0,4 < FU \leq 0,75$	152,59	116,37	36,23	783
$0,75 < FU \leq 1$	61,98	33,94	28,04	221
$1 < FU$	18,51	7,46	11,05	44
Total	644,96	553,11	91,85	4094

Elaboración: Propia

Según la figura anterior, los transformadores tienen mayores pérdidas en los rangos de factor de utilización (FU), entre 0 a 0,4 y de 0,4 a 0,75 respectivamente, lo cual nos indica que no se encuentran dentro del rango de operación más eficiente del FU que es entre 0,75 a 1,00.

4.6.5. RESUMEN DEL PROYECTO "OPORTUNIDAD DE REDUCCIÓN DE PÉRDIDAS EN TRANSFORMADORES MT/BT"

Los criterios aplicados para que el proyecto sea rentable es buscar reducir las pérdidas con cambio por rotación de los transformadores en mayor cantidad posible y luego con cambio por nuevos los cuales se requiere de hacer inversiones en transformadores.

De un total de 76 transformadores críticos, que se determinó en el diagnóstico, se ha seleccionado 24 para ser reemplazados por otros de menor capacidad.

A. Cambio de transformadores con muy bajo FU por los de 3 KVA

Los costos de los transformadores de 3 KVA representa el principal elemento para que el proyecto de reemplazo de transformadores en un grupo de transformadores existentes sea rentable, porque reemplazaran a

transformadores de unos de mayor potencia los que se encuentran con un FU de 1% a 3%, la cual se muestra en la tabla N°4.7.

Tabla N°4.7: Lista de transformadores de FU 1%-3% a ser reemplazados

#	Centro	codigose	Futil 1	potencia (kVA)	Ptr 1 (kWh/mes)	potencia2 (kVA)	Futil 2	Ptr 2 (kWh/mes)
1	SANDIA	7501004	3%	80	309	3	87%	13
2	JULIACA	5010460	3%	75	245	3	63%	13
3	HUANCANE	5011595	2%	100	394	3	79%	13
4	ANANEA	3005010	2%	100	396	3	64%	13
5	SANDIA	7501260	2%	100	394	3	61%	13
6	AZANGARO	8001884	2%	100	393	3	61%	13
7	HUANCANE	5011961	2%	100	393	3	61%	13
8	ANTAUTA	9002592	2%	100	393	3	61%	13
9	ANANEA	7501357	1%	125	477	3	59%	13
10	ILAVE	1002066	1%	100	392	3	47%	13
11	ILAVE	1002234	1%	100	392	3	45%	13
12	ILAVE	1002261	1%	100	392	3	45%	13

Elaboración: Propia

B. Cambio de transformadores con bajo FU por los de 50-100 KVA

Los transformadores de mayor potencia nominal y con un FU entre 13-25% serán reemplazados por los de 50-100 KVA, este cambio logra cubrir la rentabilidad del proyecto, tal como se muestra en el Tabla N°4.8.

Tabla N°4.8: Lista de transformadores de FU 13%-25% a ser reemplazados

#	Centro	codigose	Futil 1	potencia (kVA)	Ptr 1 (kWh/mes)	potencia2 (kVA)	Futil 2	Ptr 2 (kWh/mes)
1	PUNO	103120	25%	315	1 149	100	80%	664
2	PUNO	103120	25%	315	1 149	100	80%	664
3	AZANGARO	8001001	21%	250	910	100	52%	535
4	JULIACA	5004180	21%	250	925	100	51%	557
5	PUNO	102020	21%	315	1 116	100	65%	612
6	PUNO	102020	21%	315	1 116	100	65%	612
7	PUNO	102020	21%	315	1 116	100	65%	612
8	PUNO	102020	21%	315	1 116	100	65%	612
9	PUNO	102020	21%	315	1 116	100	65%	612
10	AZANGARO	8001310	14%	160	580	50	46%	229
11	POMATA	2002591	19%	200	859	50	74%	436
12	POMATA	2002250	13%	220	860	50	57%	371

Elaboración: Propia

4.7. PÉRDIDAS EN TRANSFORMADORES MT/BT

4.7.1. OBJETIVO

Presentar y evaluar una cartera de proyectos, para reducir las pérdidas técnicas de energía, en función de los resultados del cálculo de pérdidas técnicas de energía en las redes de baja tensión; pertenecientes al área de concesión de la empresa eléctrica distribuidora ELECTROPUNO correspondiente al año 2017.

4.7.2. METODOLOGÍA Y CRITERIOS DE EVALUACIÓN

El diagnóstico de las pérdidas de energía en redes BT se ha elaborado mediante el análisis del resultado del flujo de carga en el 100% de las redes BT que figuran en el sistema GIS, información otorgada por la empresa distribuidora ELECTROPUNO; por otro lado, es importante mencionar que el flujo de carga se ha desarrollado en función a la energía facturada en el mes de JUNIO, ya que en este mes se presentó.

El flujo de carga analizado permite una interconexión entre la base de datos de la infraestructura eléctrica de redes de distribución (Sistema GIS) y la base de datos comercial (Fuente ELPUNO), obteniéndose la carga por usuario, circuito BT, SED, y alimentador.

La muestra analizada cuenta con **828 (11%)** SED's a DIC 2017, **1905 (20%)** Km de REDES BT y **130 927 (49%)** usuarios, tal como se muestra en la tabla N°4.8. Además, se muestra el porcentaje de participación de la muestra analizada respecto del 100% de información que posee ELECTROPUNO.

Se recomienda que ELPUNO en sus proyectos futuros evalúe trabajar con transformadores de nueva tecnología, tales como los transformadores con núcleo amorfo.

Tabla N° 4.9: Parámetros Sistema Redes BT

Item	Descripción	Cantidad Parcial	Cantidad Total	Participación %
1	Km Red	1 905	9 413 (*)	20%
2	Numero SED's	828	7 344	11%
3	Numero de Clientes	130 927	266 588	49%
4	Alimentadores	38	42	90%

Elaboración: Propia

Se ha identificado, en las redes de BT, la presencia de conductor de conductores eléctricos de pequeños calibres tales como 16mm² 25mm², en ciudades donde el volumen de consumo de energía es alto tales como PUNO y JULIACA respectivamente, tal como se muestra en la tabla N°4.10.

Tabla N°4.10: Conductores Eléctricos Puno – Juliaca

Sección mm ²	Puno	Sección mm ²	Juliaca
6	0,10%	6	0,36%
10	0,90%	10	2,54%
16	61,60%	16	38,33%
25	27,80%	25	49,14%
35	7,30%	35	8,76%
50	1,50%	50	0,74%
70	0,60%	70	0,10%
95	0,10%	95	---
120	0,20%	120	0,03%

Elaboración: Propia

4.7.3. RESULTADOS DEL DIAGNÓSTICO EN REDES BT Y ACOMETIDAS

El resultado de flujo de carga nos indica que las pérdidas de energía promedio en redes BT equivale a 1,47 % de la energía de ingreso en el sistema de BT y un volumen de pérdidas técnicas de energía en redes BT igual a 106,53 MW.h-mes, tal como se muestra en la tabla N°4.11.

Tabla N°4.11: Resultados del Flujo de Carga

Item	Descripción	Cantidad Parcial	Cantidad Total	Participación %
1	Km Red	1 905	9 413 (*)	20%
2	Numero SED's	828	7 344	11%
3	Numero de Clientes	130 927	266 588	49%
4	Alimentadores	38	42	90%

Elaboración: Propia

El análisis de los resultados del flujo de carga, permite disgregar las pérdidas técnicas de energía en redes BT por Unidad de Servicio, del cual se concluye que las unidades de servicio que poseen los mayores volúmenes de pérdidas técnicas de energía son Puno con 49,14 MW.h/mes y Juliaca con 35,31 MW.h/mes.

Por lo que las ciudades de **Puno** y **Juliaca** son para el presente proyecto, puntos principales, para el análisis técnico económico de los proyectos planteados por el consultor.

Los resultados pérdidas técnicas de energías en acometidas, no merece análisis alguno ya que se encuentran dentro de los valores estándares.

4.8. PÉRDIDAS EN MEDIDORES

4.8.1. INTRODUCCIÓN

Los medidores de energía utilizados en el sistema de distribución de ELPD, 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 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.

De acuerdo a la información proporcionada por ELPU a diciembre del 2015, se ha realizado el cálculo de las pérdidas técnicas en medidores monofásicos y trifásicos, tanto para medidores electrónicos como electromecánicos de todo el parque de medidores a nivel de toda la concesión de ELPU.

4.8.2. METODOLOGÍA Y CRITERIOS DE EVALUACIÓN

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

En casos donde no se obtuvo información técnica de los fabricantes de medidores; para calcular las pérdidas en éstos, se ha empleado 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, de la norma se ha tomado los valores de pérdidas para las bobinas de corriente y tensión, la norma referida corresponde a medidores de inducción.

4.8.3. BREVE DESCRIPCIÓN DEL PARQUE DE MEDIDORES

El análisis se ha realizado a partir de la información proporcionada por ELPU con un total de 266,588 registros válidos. Por otro lado, se observa que la cantidad de medidores electrónicos es del 95% y electromecánicos del 5%, lo que indica que ELPU cuenta casi con la totalidad de medidores electrónicos.

4.8.4. ANTIGÜEDAD DEL PARQUE DE MEDIDORES

Los medidores que se encuentran entre 20 y 30 años son 696 y representan el 0.26%, de los cuales en llave-Pomata se encuentran 520. Entre 11 y 20 años existen 8,141 que representan el 3.05% y medidores que están entre cero y 11 años son 257,283 que representan el 96%; lo que nos indica que ELPU tiene un parque de medidores renovado.

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.

4.8.5. RESULTADOS DEL DIAGNÓSTICO DEL PARQUE DE MEDIDORES

A. PÉRDIDAS TÉCNICAS EN MEDIDORES

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.

B. PÉRDIDAS NO TÉCNICAS EN MEDIDORES

Las pérdidas no técnicas son evitables en la medida en que se mantengan dentro del rango de precisión admisible y se evite la presencia de medidores con su registro, la falta de medición por carencia de medidor todavía existe en algunos casos, así como los errores de conexión y manipulación dolosa es posible evitarse tomando medidas técnicas anti hurto.

C. CÁLCULO DE LAS PÉRDIDAS TÉCNICAS

Las pérdidas de energía en medidores en ELPU, correspondiente al año 2017 es 5,566.26 MW.h/año.

4.8.6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES SOBRE EL PARQUE DE 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.

En el parque de medidores se observa la existencia de 1,164 medidores con más de 30 años de edad, por lo tanto, es necesario cambiarlos por medidores electrónicos eficientes, a fin de bajar las pérdidas.

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

4.9. PÉRDIDAS EN CLIENTES MAYORES

4.9.1. OBJETIVO

Disminuir las pérdidas de energía en la cartera de los clientes mayores en media y baja tensión de ELPU mediante la aplicación de un proyecto de inversión que permitirá adoptar las medidas anti hurto más adecuadas, así como realizar los cambios y actualizaciones necesarias para sanear todas las conexiones de los grandes consumidores de ELPU.

4.9.2. METODOLOGÍA Y CRITERIOS DE EVALUACIÓN

El diagnóstico de los Clientes Mayores se ha realizado mediante análisis de los factores de medición, la comparación de la capacidad de corriente nominal de

los transformadores de medida con la corriente requerida por la carga atendida y la inspección visual de los sistemas de medición de los clientes mayores.

Las causas de las pérdidas no técnicas en la cartera de clientes mayores de ELPU son las siguientes:

- Error en el cálculo del factor de medición.
- Transformadores de corriente saturados.
- Falta de instalación de saneamiento de los sistemas de medición.

Se plantea también elevar a la cartera de clientes mayores a 635 usuarios comunes que tienen gran consumo, con la finalidad de mantener bajo estricto control más del 40% de la energía facturada de ELPU.

4.9.3. RESULTADOS DEL DIAGNÓSTICO EN CLIENTES MAYORES

Actualmente ELPU cuenta con 829 usuarios dentro de su cartera de clientes mayores, ver en la Tabla N°4.12, en las que según el diagnóstico se tiene 4 aspectos principales que originan pérdidas de energía.

Tabla N°4.12: Cartera de clientes mayores ELPU-2017

Sistema Eléctrico	N° de Usuarios	% Estructura	Consumo kW.h/año	Importe facturado S/. Año
JULIACA	197	23,76%	23 992 205,49	4 822 433,30
AZANGARO	164	19,78%	28 634 676,71	5 755 570,02
PUNO	140	16,89%	13 479 513,93	2 709 382,30
JULIACA RURAL	113	13,63%	24 386 585,67	4 901 703,72
ILAVE POMATA	85	10,25%	2 887 895,93	580 467,08
AZANGARO RURAL	43	5,19%	1 602 068,87	322 015,84
AYAVIRI	40	4,83%	1 158 528,83	232 864,29
PUNO BAJA DENSIDAD	28	3,38%	5 210 496,81	1 047 309,86
ANTAUTA	11	1,33%	4 178 922,20	839 963,36
SAN GABAN	8	0,97%	384 420,44	77 268,51
Total	829	100,00%	105 915 314,88	21 288 978,29

Elaboración: Propia

4.9.4. RESUMEN DEL PROYECTO "OPORTUNIDAD DE REDUCCIÓN DE PÉRDIDAS EN CLIENTES MAYORES"

El Proyecto de inversión para reducir y controlar las pérdidas de energía en clientes mayores, comprende básicamente las actividades que se deben iniciar en el plazo más corto posible para lograr las metas de reducción de pérdidas, el mismo que consiste en lo siguiente:

A. Corrección factor de multiplicación

ELPU no está aplicando en algunos casos dentro del factor de multiplicación el recargo por transformación a los clientes en MT con medición en BT que permita incorporar dentro del consumo del usuario las pérdidas del transformador.

Las pérdidas que se generan por este motivo son del orden de 622 MW.h/año que significa el 0,6% de la energía facturada a los clientes mayores.

Por lo que se optó en corregir y recalcular a los 496 clientes mayores en media tensión cuya medición es en baja tensión, los factores de medición. El resumen se muestra en la Tabla N°4.13.

Tabla N°4.13: Número de clientes mayores que requieren modificar su F.M

Tarifas	N° de usuarios	Consumo de Energía (kW.h/año)			Costo de Energía S/. año
		ELPU 2015	GAPEL 2015	Ganacia Energía 2015	
MT2	79	3 154 008,61	3 234 857,77	80 849,16	16 250,68
MT3	118	8 653 951,60	8 884 295,55	230 343,95	46 299,13
MT4	299	11 174 560,67	11 485 804,32	311 243,65	62 559,97
Total general	496	22 982 520,88	23 604 957,64	622 436,76	125 109,79

Elaboración: Propia

B. Cambio de CT saturados.

Consiste en el cambio de los transformadores de medida que están operando sobrecargados (saturación del núcleo) por otro CT de mayor capacidad, debido a que solo existe un registro parcial de la energía consumida.

En el presente caso, de las evaluaciones efectuadas se visualiza que los suministros requieren un cambio urgente de los transformadores de corriente.

Por lo tanto, se propone realizar el cambio de los CTs de los clientes que han superado la corriente nominal del CT a fin de reducir las pérdidas.

4.9.5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES PARA LA CARTERA DE CLIENTES MAYORES

Conclusiones

- a) El proyecto de cambio de los CT que se encuentran saturados es altamente rentable, porque se invertirá \$ 585,94 y se obtendrá un ahorro de S/. 320 968 /año.
- b) ELPU está perdiendo 622,44 MW.h/año equivalente a S/. 125 109 al año por no aplicar dentro del factor de multiplicación el recargo por transformación en aquellos clientes en MT con medición en BT.
- c) El proyecto nos dará un VAN de S/. 215 496,13 con un PAY BACK de 2 años y 6 meses y con un TIR de 21%.

Recomendaciones

- a) Se recomienda incorporar a la cartera de clientes mayores a aquellas que consumen más de 1000 kW.h/mes.
- b) Se recomienda ir cambiando gradualmente los transformadores de medida individuales por los trafomix a fin de tener un buen control en las mediciones a los clientes mayores.

4.10. PÉRDIDAS EN REDES DE BAJA TENSIÓN Y ACOMETIDAS

4.10.1. INTRODUCCIÓN

El presente estudio tiene como objeto proponer una cartera de proyectos, para reducir las pérdidas técnicas de energía en las redes de baja tensión, aplicando el criterio “A MAS SED’s MENOS REDES”, detallado en el proyecto “**Oportunidad de Reducción de Pérdidas en Redes de Baja Tensión**” del cual uno de los productos logrados fue la identificación de las SED’s críticas, con el modelamiento de redes de baja tensión.

Se hace un breve resumen de la metodología seguida para el cálculo de las pérdidas en redes de baja tensión. Cuyos resultados serán comparados en dos escenarios el primero **REDES BT SIN PROYECTO** y el segundo **REDES BT CON PROYECTO**, cuantificando la relación beneficio – costo, evaluando rentabilidad del proyecto propuesto.

4.10.2. OBJETIVO

Presentar y evaluar una cartera de proyectos, para reducir las pérdidas técnicas de energía, en función de los resultados del cálculo de pérdidas técnicas de energía en las redes de baja tensión; pertenecientes al área de concesión de la empresa eléctrica distribuidora ELECTROPUNO correspondiente al año 2015.

4.10.3. METODOLOGÍA Y CRITERIOS DE EVALUACIÓN

El diagnóstico de las pérdidas de energía en redes BT se ha elaborado mediante el análisis del resultado del flujo de carga en el 100% de las redes BT que figuran en el sistema GIS, información otorgada por la empresa distribuidora ELECTROPUNO; por otro lado, es importante mencionar que el

flujo de carga se ha desarrollado en función a la energía facturada en el mes de JUNIO, ya que en este mes se presentó.

La muestra analizada cuenta con **828 (11%)** SED's a DIC 2016, **1905 (20%)** Km de REDES BT y **130 927 (49%)** usuarios. Además, se muestra el porcentaje de participación de la muestra analizada respecto del 100% de información que posee ELECTROPUNO.

A. Resultados del Diagnóstico en Redes BT y Acometidas

El resultado de flujo de carga nos indica que las pérdidas de energía promedio en redes BT equivale a 1,47 % de la energía de ingreso en el sistema de BT y un volumen de pérdidas técnicas de energía en redes BT igual a 106,53 MW.h-mes.

Tabla N°4.14: Resultados del Flujo de Carga

Ítem	Descripción	Cantidad	Cantidad Porcentual
1	Energía Activa Total (MW.h)	7 249,32	100%
2	Pérdida de Energía en Redes BT (MW.h)	106,53	1,47%
3	Pérdida de Energía en Acometidas (MW.h)	2,46	0,03%
Total / Perdidas		109	1,5%

Elaboración: Propia

El análisis de los resultados del flujo de carga, permite disgregar las pérdidas técnicas de energía en redes BT por Unidad de Servicio, Sistema Eléctrico tal como se muestra en el cuadro N°14; del cual se concluye que las unidades de servicio que poseen los mayores volúmenes de pérdidas técnicas de energía son Puno con 49,14 MW.h/mes y Juliaca con 35,31 MW.h/mes.

Por lo que las ciudades de **Puno** y **Juliaca** son para el presente proyecto, puntos principales, para el análisis técnico económico de los proyectos planteados por el consultor.

Los resultados pérdidas técnicas de energías en acometidas, no merece análisis alguno ya que se encuentran dentro de los valores estándares.

B. Resumen del proyecto "Oportunidad de Reducción de Pérdidas en Redes de Baja Tensión"

El proyecto busca reducir las pérdidas técnicas de energías en las redes BT de ELECTROPUNO aplicando el criterio **"A MÁS SED's MENOS REDES"**, esto se logra agregando SED nuevas con la intención de reducir la carga de la SED existente que se encuentre en estado crítico, además de reducir la longitud de las redes.

El diagnóstico del resultado del flujo de carga de la muestra analizada, permite identificar 75 SED's críticas, a las cuales se les reducirá la carga que tienen asignada, proyectando la instalación de 36 nuevas SED's.

La distribución de las 75 SED's críticas en las unidades de servicio que posee ELECTROPUNO.

CONCLUSIONES

PRIMERO: Se logró estudiar y analizar metodologías que permitieron la estimación de las pérdidas técnicas en redes de distribución de energía eléctrica en la región de Puno.

SEGUNDO: Se logró determinar el origen de las pérdidas discriminándolas en técnicas y no técnicas, por niveles de tensión, sistemas eléctricos, sectores típicos, subestaciones, líneas y alimentadores MT.

TERCERO: Así mismo se logró determinar el nivel de pérdidas rentables en la que se propone una cartera de proyectos de inversión que permitirán reducir los índices de pérdidas por debajo de las pérdidas reconocidas por la regulación eléctrica, se indica también cual es el nivel rentable de la reducción de pérdidas en ELPU.

RECOMENDACIONES

PRIMERO: Se recomienda reemplazar de manera progresiva los conductores eléctricos de pequeño que se encuentran en las redes BT de ELECTROPUNO por conductores de un calibre mínimo de 35 mm². Especialmente donde la demanda de energía demandada es considerable respecto a la nominal del conductor existente. Con el fin de garantizar el suministro de energía en la Región Puno y disminuir las pérdidas de energía en transmisión.

SEGUNDO: Se recomienda actualizar la información técnica y geográfica que se encuentra en el SISTEMA GIS.

TERCERO: Se recomienda actualizar la infraestructura del sistema de distribución y la relación cliente transformador con la finalidad de precisar los resultados obtenidos en el presente proyecto.

REFERENCIAS

- AMANCIO VARGAS, Patricia. vol.14 no.3/julho, agosto e Setembro (2014); Reducao De Perdas Em Redes de Distribuicao de Energia Eléctrica a Través de Sistemas Classificadores. Revista Controle & Automacao/
http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103
- A.V. IVANOV SMOLENSKI Maquinas Eléctricas Tomo 1 Editorial Mir Moscú (2017)
<https://es.scribd.com/doc/225165806/MAQUINAS-ELECTRICAS>
- Carranza Arévalo, Manuel (2014) - Evaluación de Pérdidas de Transformadores.
ASEA BROWN BOVERI S.A.
- Chilectra S.A. (2015) Metodología para el Cálculo de Pérdidas de Energía en las Empresas de Grupo Enersis.
- Edelnor Memoria Anual e Informe de Sostenibilidad (2016)
<http://www.edelnor.com.pe>
- Electro Puno S.A.A. (2014)- Oportunidad de reducción de pérdidas en líneas de transmisión por compensación reactiva.
- Electro Puno S.A.A. (2015) - Estudio a nivel de expediente técnico para la discriminación de pérdidas de energía eléctrica a nivel concesión
- Fraile Mora, Jesús (2009) - Maquinas Eléctricas Quinta Edición

Ministerio de energía y minas dirección general de electricidad

Código Nacional de Electricidad Suministro (2015)

<http://www.osinerg.gob.pe/newweb/uploads/Publico/1.CNE%20S>

UMINISTRO.pdf

Ley De concesiones Eléctricas y su reglamento (2011).

Organización Latinoamericana de Energía (OLADE) (2016). Control de Pérdidas Eléctricas.

Parra Estrella E. ; Borrero Víctor; Céspedes Renato. (1990). Manual latinoamericano y del caribe para el control de pérdidas eléctricas

Pérdidas de Energía Eléctrica (2016) L.T. Mantaro Socabaya – Ministerio de energía y Minas.

Saadi Joel Jiménez Romero, (Lima 2015) Metodología para la estimación de Pérdidas técnicas en una Red de distribución de Energía Eléctrica; <http://cybertesis.uni.edu.pe>. <http://tesis.pucp.edu.pe>.

SUSANA UGARTE MOREIRA, (2016) Estimación de pérdidas en redes de bajatensión http://eie.ucr.ac.cr/uploads/file/proybach/pb2016/pb2012_022.pdf

ANEXOS

Anexo A: TIPO DE CONDUCTOR: CABLE NYY



Sección (mm ²)	Resistencia a 20°C (/km)	Diámetro Exterior (mm)	Peso (Kg/Km)
1x1,5	12,10	6,65	59
1x2,5	7,41	7,00	71
1x4	4,61	7,80	96
1x6	1,15	8,50	123
1x10	1,83	9,15	165
1x16	1,15	10,20	229
1x25	0,727	11,85	336
1x35	0,524	13,40	438
1x50	0,387	14,55	571
1x70	0,268	16,60	793
1x95	0,193	18,80	10.71
1x120	0,153	20,30	1.318
1x150	0,124	22,30	1.579
1x185	0,101	24,60	1.99
1x240	0,0775	27,40	2.531
1x300	0,062	30,10	3.157
2x1,5	12,10	9,80	141
2x2,5	7,41	10,60	175
2x4	4,61	12,25	247
2x6	3,08	13,70	320
2x10	1,83	15,50	440
2x16	1,15	17,30	599
2x25	0,727	20,80	895
2x35	0,524	23,00	1.152
3x1,5	12,10	10,25	162

Continua.....

3x2,5	7,41	11,10	204
3x4	4,61	12,95	291
3x6	3,08	14,40	384
3x10	1,83	16,40	538
3x16	1,15	18,30	748
3x25	0,727	22,05	1125
3x35	0,524	24,40	1463
4x1,5	12,10	11,00	189
4x2,5	7,41	11,95	242
4x4	4,61	14,00	350
4x6	3,08	15,65	464
4x10	1,83	17,80	658
4x16	1,15	20,00	925
4x25	0,727	24,15	1.4
4x35	0,524	26,80	1.829
4x50	0,387	30,90	2.449
4x70	0,268	34,90	3.804
4x95	0,193	40,05	5.179
4x120	0,153	44,55	5.769
5x1,5	12,10	11,80	218
5x2,5	7,41	12,85	282
5x4	4,61	15,15	411
5x6	3,08	17,05	549
5x10	1,83	19,40	784
5x16	1,15	21,85	1.11
5x25	0,727	26,50	1.685
5x35	0,524	29,70	2.223
5x50	0,387	33,80	2.769
5x70	0,268	39,60	4.174
5x150	0,124	57,50	8.934
7x1,5	12,10	13,05	269
7x2,5	7,41	13,40	310
12x1,5	12,10	15,30	400
12x2,5	7,41	16,05	507
19x1,5	12,10	18,00	573

Continua.....

DESCRIPCIÓN	APLICACIONES	CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	OTRAS CARACTERÍSTICAS:
<p>Los cables NYY son los indicados para el transporte y distribución de energía eléctrica en baja tensión. Recomendado para conexiones industriales, acometidas, distribución interna y conexiones en el exterior. Norma de referencia: DIN VDE 0276-603, DIN VDE 0276-627 e IEC 60502</p>	<p>Apropiados para las siguientes instalaciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Redes subterráneas para distribución en baja tensión • Redes de alimentación de instalaciones subterráneas para alumbrado exterior • Redes de distribución de energía eléctrica. Acometidas subterráneas • Instalaciones interiores o receptoras • Instalaciones en locales de características especiales 	<ul style="list-style-type: none"> • Conductor: Cobre electrolítico rígido (Clase I y II) según DIN VDE 0295, UNE-EN 60228, EN 60228 e IEC 60228 • Aislamiento: PVC tipo DIV4 según DIN VDE 0276 • Relleno: PVC • Cubierta: PVC tipo DMV5 según VDE 0276-603 • Tensión nominal: 0,6/1kV • Tensión de ensayo: 3.500V en C.A. • Temperatura máxima: 70 °C 	<ul style="list-style-type: none"> • Construido según la VDE 0276 • Colores según VDE 0293-308 y HD 308 S2 • No propagación de la llama según VDE 0482, UNE-EN60332, EN 60332 e IEC 60322 • Cubierta de PVC de reducida emisión de ácido clorhídrico (HCL) • Los cables NYY-J son fabricados con un conductor amarillo/verde • Los cables NYY-O son fabricados sin conductor amarillo/verde

ABB Anexo B: CARACTERISTICAS TECNICAS DE LOS TRANSFORMADORES MONOFASICOS FABRICADOS POR ABB

Anexos 2 CARACTERISTICAS TECNICAS DE LOS TRANSFORMADORES MONOFASICOS FABRICADOS POR ABB

CRITERIO	UNIDAD	5 kVA		10 kVA		15 kVA		25 kVA		37.5 kVA		50 kVA		75 kVA	
		1.3200/240-120		1.3200/240-120		1.3200/240-120		1.3200/240-120		1.3200/240-120		1.3200/240-120		1.3200/240-120	
Potencia Nominal	kVA	5		10		15		25		37.5		50		75	
Tipo		CONVENCIONAL		CONVENCIONAL		CONVENCIONAL		CONVENCIONAL		CONVENCIONAL		CONVENCIONAL		CONVENCIONAL	
Normas de fabricación y pruebas		ANSI / ICONTEC		ANSI / ICONTEC		ANSI / ICONTEC		ANSI / ICONTEC		ANSI / ICONTEC		ANSI / ICONTEC		ANSI / ICONTEC	
Medio refrigeración		ACEITE		ACEITE		ACEITE		ACEITE		ACEITE		ACEITE		ACEITE	
Voltaje primario	V	13200		13200		13200		13200		13200		13200		13200	
Voltaje secundario en vacío	V	240-120		240-120		240-120		240-120		240-120		240-120		240-120	
Numero de fases		1		1		1		1		1		1		1	
Materiales de los devanados AT / BT		Cu		Cu		Cu		Cu		Cu		Cu		Cu	
Frecuencia	Hz	60		60		60		60		60		60		60	
Grupo de conexión		60		60		60		60		60		60		60	
Nivel de aislamiento de los devanados de AT	kV	95		95		95		95		95		95		95	
Nivel de aislamiento de los devanados de BT	kV	30		30		30		30		30		30		30	
Tensión a placada de ensayo AT 3 60 Hz - 1 min	kV	34		34		34		34		34		34		34	
Tensión a placada de ensayo BT 3 60 Hz - 1 min	kV	10		10		10		10		10		10		10	
Numero de aisladores alta tensión	#	2		2		2		2		2		2		2	
Numero de aisladores baja tensión	#	3		3		3		3		3		3		3	
Aumento de temperatura planchado de los devana	°C	65		65		65		65		65		65		65	
Pérdidas															
Pérdidas Garantizadas a temperatura	W	30		50		70		100		130		160		210	
a. Pérdidas sin carga (Po) (W)	W	30		50		70		100		130		160		210	
b. Pérdidas con carga (Pcu) (W)	W	140		195		260		340		435		550		710	
c. Pérdidas totales (Pt) (W)	W	170		245		330		440		565		710		920	
d. Temperatura de referencia	°C	85		85		85		85		85		85		85	
e. Temperatura máxima (T°) (variación por nor	°C	300		300		300		300		300		300		300	
Alfabetización de núcleo	mism	<= 1000		<= 1000		<= 1000		<= 1000		<= 1000		<= 1000		<= 1000	
Características del núcleo															
a. Descripción (enrollado o apilado)		ENROLLADO		ENROLLADO		ENROLLADO		ENROLLADO		ENROLLADO		ENROLLADO		ENROLLADO	
b. Norma laminar magnética		ASTM A-34		ASTM A-34		ASTM A-34		ASTM A-34		ASTM A-34		ASTM A-34		ASTM A-34	
c. Espesor de la lamina magnética	mm	0.23		0.23		0.23		0.23		0.23		0.23		0.23	
d. Método de fijación del núcleo al tanque		TIPO U		TIPO U		TIPO U		TIPO U		TIPO U		TIPO U		TIPO U	
Commutador de derivación:															
a. Numero de posiciones:		5		5		5		5		5		5		5	
b. Distribución posiciones cambiador		+1 / -3 / 2.5 %		+1 / -3 / 2.5 %		+1 / -3 / 2.5 %		+1 / -3 / 2.5 %		+1 / -3 / 2.5 %		+1 / -3 / 2.5 %		+1 / -3 / 2.5 %	
c. Tipo de operación		SIN VOLTAJE		SIN VOLTAJE		SIN VOLTAJE		SIN VOLTAJE		SIN VOLTAJE		SIN VOLTAJE		SIN VOLTAJE	
Pintura															
a. Color de acabado		GRIS PERLA		GRIS PERLA		GRIS PERLA		GRIS PERLA		GRIS PERLA		GRIS PERLA		GRIS PERLA	
b. Método de pintura		ELECTROSTATICA		ELECTROSTATICA		ELECTROSTATICA		ELECTROSTATICA		ELECTROSTATICA		ELECTROSTATICA		ELECTROSTATICA	
c. Espesor pintura	Micras	65		65		65		65		65		65		65	
d. Referencia internacional pintura		RAL 7035		RAL 7035		RAL 7035		RAL 7035		RAL 7035		RAL 7035		RAL 7035	
Presentación tanque															
a. Tipo de tan que		CILINDRICO		CILINDRICO		CILINDRICO		CILINDRICO		CILINDRICO		CILINDRICO		CILINDRICO	
b. Material		ACERO ESTANDAR		ACERO ESTANDAR		ACERO ESTANDAR		ACERO ESTANDAR		ACERO ESTANDAR		ACERO ESTANDAR		ACERO ESTANDAR	
c. Dimensiones Monofásico (Diámetro * Altura)	Mm	550 x 900		600 x 900		600 x 950		650 x 1000		650 x 1100		900 x 1000		900 x 1000	
d. Dimensiones Trifásico (Ancho * Profundida	Mm	NA													
e. Peso neto estimado	Kg	120		130		160		190		250		280		330	
f. Método de presentación tanque		CONVENCIONAL / ANSI		CONVENCIONAL / ANSI		CONVENCIONAL / ANSI		CONVENCIONAL / ANSI		CONVENCIONAL / ANSI		CONVENCIONAL / ANSI		CONVENCIONAL / ANSI	
T. Tipo de tapa		AUTOVALVULA		AUTOVALVULA		AUTOVALVULA		AUTOVALVULA		AUTOVALVULA		AUTOVALVULA		AUTOVALVULA	
g. Sujeción parte activa		BRIDA		BRIDA		BRIDA		BRIDA		BRIDA		BRIDA		BRIDA	
Parámetros eléctricos															
a. Regulación % de carga y FP de	1.00	1.84		1.44		1.34		1.20		1.12		1.06		0.99	
b. Regulación al 100% de carga y FP de	0.90	2.68		2.44		2.22		2.28		2.22		2.17		2.12	
c. Regulación al 25% de carga y FP de	0.80	2.90		2.68		2.61		2.55		2.55		2.55		2.48	
d. Eficiencia al 100% de carga y FP de	0.980	97.0		97.38		97.56		97.64		97.71		97.72		97.77	
e. Eficiencia al 25% de carga y FP de	0.980	97.09		97.68		97.83		98.09		98.23		98.25		98.49	
f. Eficiencia al 100% de la carga y FP de	0.980	97.38		97.58		98.04		98.28		98.45		98.53		98.69	
g. Eficiencia al 25% de la carga y FP de	0.980	97.48		97.92		98.38		98.58		98.75		98.85		99.12	
h. Eficiencia al 100% de la carga y FP de	0.980	96.56		97.56		97.75		97.88		97.97		98.02		98.53	
Accesorios incluidos		1		1		1		1		1		1		1	
Commutador monofásico de 5 posiciones		1		1		1		1		1		1		1	

(*) Dimensiones y pesos estimados, los cuales se confirmaran con diseño detallado después de la orden



Anexo C: CARACTERISTICAS TECNICAS DE LOS TRANSFORMADORES TRIFASICOS SERIE 15 KV FABRICADOS POR ABB

Anexos 3 CARACTERISTICAS TECNICAS DE LOS TRANSFORMADORES TRIFASICOS SERIE 15 KV FABRICADOS POR ABB

(*) Dimensiones y pesos estimados, los cuales se confirmaran con diseño detallado después de la

CRITERIO	15 kVA 13200 V		30 kVA 13200 V		45 kVA 13200 V		75 kVA 13200 V		112.5 kVA 13200 V		150 kVA 13200 V		225 kVA 13200 V		300 kVA 13200 V	
	UNIDAD	220V/127	UNIDAD	220V/127	UNIDAD	220V/127	UNIDAD	220V/127	UNIDAD	220V/127	UNIDAD	220V/127	UNIDAD	220V/127	UNIDAD	220V/127
Potencia Nominal	kVA	15	30	45	75	112.5	150	225	300							
Diseño		30W	30W	30W	32W	32W	32W	32W	32W							
TIPO		TIPO POSTE														
Normas de fabricación y pruebas		ANSI / ICONTEC														
Medio refrigeración		ACEITE														
Voltaje primario	V	13200	13200	13200	13200	13200	13200	13200	13200							
Voltaje secundario en vacío	V	220V/127														
Numero de Fases		3	3	3	3	3	3	3	3							
Materiales de los devanados AT / BT		Cu														
Frecuencia	Hz	60	60	60	60	60	60	60	60							
Grupo de conexión		Dyn5														
Nivel de aislamiento de los devanados de AT	kV	95	95	95	95	95	95	95	95							
Nivel de aislamiento de los devanados de BT	kV	30	30	30	30	30	30	30	30							
Tensión aplicada de ensayo AT a 60 Hz - 1 min	kV	34	34	34	34	34	34	34	34							
Tensión aplicada de ensayo BT a 60 Hz - 1 min	kV	10	10	10	10	10	10	10	10							
Numero de aisladores alta tensión	#	3	3	3	3	3	3	3	3							
Numero de aisladores baja tensión	#	4	4	4	4	4	4	4	4							
Aumento de temperatura promedio de los devanados	°C	65	65	65	65	65	65	65	65							
Pérdidas Garantizadas e Impedancia																
a. Pérdidas sin carga (Po/NLL)	W	80	135	180	285	385	450	615	785							
b. Pérdidas con carga (Pcu/LL)**	W	310	515	710	1080	1540	1960	2890	3975							
c. Pérdidas Totales (PT)**	W	390	650	890	1365	1925	2410	3505	4440							
d. Temperatura de referencia	°C	85	85	85	85	85	85	85	85							
e. Impedancia máxima	%	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0							
f. Impedancia mínima	%	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0							
Altitud de operación	msnm	<= 1000	<= 1000	<= 1000	<= 1000	<= 1000	<= 1000	<= 1000	<= 1000							
Características del núcleo																
a. Descripción (entallado o apliado)		ENROLLADO														
b. Norma laminar magnética		ASTM A-34														
c. Espesor de la lámina magnética	mm	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23							
d. Método de lijado del núcleo al tanque		TIPO U														
Commutador de derivación:																
a. Numero de posiciones		5	5	5	5	5	5	5	5							
b. Distribución posiciones cambiador		+1/-3 *2.5 %	+1/-3 *2.5 %	+1/-3 *2.5 %	+1/-3 *2.5 %	+1/-3 *2.5 %	+1/-3 *2.5 %	+1/-3 *2.5 %	+1/-3 *2.5 %							
c. Tipo de operación		SIN VOLTAJE														
Pintura																
a. Color de acabado		GRIS PERLA														
b. Método de pintura		ELECTROSTATICA														
c. Espesor pintura	Micras	85	85	85	85	85	85	85	85							
d. Referencia internacional pintura		RAL 7035														
Presentación tanque																
a. Tipo de tanque		RECTANGULAR														
b. Material		ACERO ESTANDAR														
c. Dimensiones (Diámetro * Altura)	mm	750 x 700 x 850	850 x 700 x 850	1100 x 700 x 900	1150 x 700 x 900	1300 x 700 x 950	1450 x 1200 x 1200	1450 x 1200 x 1200	1450 x 1200 x 1200							
d. Peso neto estimado	kg	180	250	300	400	500	620	930	1200							
e. Método de presentación tanque		CONVENCIONAL / ANSI														
f. Tipo de tapa		ATORNILLADA														
g. Sujatación parte activa		BRIDA														
Parámetros eléctricos																
a. Regulación al 100% de carga y FP de	1.00	2.11	1.76	1.62	1.51	1.43	1.39	1.36	1.32							
b. Regulación al 100% de carga y FP de	0.90	2.83	2.73	2.66	2.67	2.67	2.65	2.65	2.67							
c. Regulación al 100% de carga y FP de	0.80	2.98	2.81	2.81	2.81	2.81	2.81	2.81	2.81							
d. Eficiencia al 125% de la carga y FP de	0.80	96.37	96.37	96.37	96.37	96.37	96.37	96.37	96.37							
e. Eficiencia al 100% de la carga y FP de	0.80	96.85	96.85	96.85	96.85	96.85	96.85	96.85	96.85							
f. Eficiencia al 75% de la carga y FP de	0.80	97.25	97.20	97.90	98.09	98.21	98.30	98.37	98.45							
g. Eficiencia al 50% de la carga y FP de	0.80	97.44	97.65	98.05	98.24	98.36	98.46	98.54	98.62							
h. Eficiencia al 25% de la carga y FP de	0.80	97.79	97.29	97.57	97.83	97.99	98.13	98.26	98.37							
Accesorios incluidos																
Valvula de sobrepresión sin contactos		1	1	1	1	1	1	1	1							
Indicador de Nivel de Aceite tipo visor		1	1	1	1	1	1	1	1							
Commutador trifásico de 5 posiciones		1	1	1	1	1	1	1	1							