

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA,
INFORMÁTICA Y MECÁNICA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELÉCTRICA**



TESIS:

**“OPERACIÓN DE LA SUB – ESTACIÓN DE QUENCORO
CUSCO ANTE EL CRECIMIENTO DE LA DEMANDA EN EL
PERIODO 2018 AL 2024”**

Presentado por:

Br. CRISTHIAN WILLY QUILLAMA CANAL
Br. JAVIER IVAN SAIRITUPA ORTIZ

Para optar título profesional de Ingeniero
Electricista

Asesor: Ing. Edgar Zacarias Alarcón Valdivia

CUSCO-PERÚ

2022

PRESENTACIÓN

Señor:

Decano de la Facultad de Ingeniería Eléctrica, Electrónica, Informática y Mecánica, señores miembros que pertenecen a la comisión de dictamen para el presente trabajo de tesis.

En cumplimiento del Reglamento de Grados y Títulos Vigente de la facultad de Ingeniería Eléctrica, Electrónica, Informática y Mecánica, para optar al Título Profesional de Ingeniero Electricista, pongo a vuestra consideración el presente trabajo de investigación intitulado, **“OPERACIÓN DE LA SUB – ESTACIÓN DE QUENCORO – CUSCO ANTE EL CRECIMIENTO DE LA DEMANDA EN EL PERIODO 2018 AL 2024”**, el presente estudio tiene por finalidad desarrollar el estudio de operación de la sub-estación Quencoro ante el crecimiento de la demanda en el período 2018-2024.

Debido al crecimiento de la demanda, según estudios realizados por la empresa concesionaria de energía eléctrica Electro Sur Este, con relación a la proyección de la demanda, se observa que existe el riesgo inminente en cuanto a la confiabilidad y operación normal del sistema eléctrico debido a la concentración de la densidad de carga en los distritos de San Sebastián, San Jerónimo y Wanchaq de la ciudad del Cusco, dado que el sistema actual no estará en capacidad de cubrir la demanda proyectada al 2024, por lo que en el presente estudio proponemos la alternativa de solución para superar el posible colapso del sistema eléctrico de la ciudad del Cusco, ante el crecimiento de la población y por consiguiente de la demanda de energía eléctrica.

Atentamente:

Br. Cristhian Willy Quillama Canal

Br. Javier Iván Sairitupa Ortiz

DEDICATORIA

A mi familia principalmente a mis padres Edith Canal Lovaton y Elías Quillama Polo que siempre me están brindando el apoyo moral para salir adelante y vencer todos esos obstáculos que nos pone la vida, agradecerles por sus consejos y estar siempre ahí cuando uno los necesita. A mis queridos abuelos que los quiero mucho, a mis tíos por siempre darme ánimo y entusiasmo.

Cristhian Willy

A mi familia principalmente a mis padres Asencio Sairitupa Nina y Delia Ortiz Zapata que guiaron mi camino, brindando el apoyo moral para salir adelante y vencer todos esos obstáculos que nos pone la vida, agradecerles por sus enseñanzas, por su motivación y por el ejemplo que me demostró para ser mejores personas.

Javier Ivan

AGRADECIMIENTO

Agradecer a Dios por darnos la vida y las fuerzas necesarias para que no me rinda y poder cumplir con todos mis objetivos, por estar siempre ahí acompañándome en todo momento ya que sin su ayuda nunca hubiera podido resolver y encontrar las salidas a todos los problemas que se presentan.

Agradecer a nuestros amigos más cercanos por estar siempre ahí dando aliento y entusiasmo para poder culminar con nuestra tesis

A los Docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Eléctrica por sembrarnos sus grandes enseñanzas, en especial a nuestro asesor de tesis, Ing. Edgar Zacarias Alarcón Valdivia, por ser el adalid en la elaboración de esta tesis.

Cristhian Willy

Javier Iván

INTRODUCCIÓN

En la presente tesis se estudia la operación de la sub estación de Quencoro ante el crecimiento de la demanda en el periodo comprendido 2018 – 2024, esta sub estación se encuentra en el ámbito geográfico de la ciudad del cusco y el estudio está limitado en los distritos de San Jerónimo, San Sebastián y Wanchaq de la ciudad del Cusco.

En este estudio mostramos los siguientes capítulos:

En el primer capítulo desarrollamos los aspectos generales como la ubicación geográfica, el planteamiento y formulación del problema, objetivos generales y específicos, alcances y limitaciones, metodología y tipo de investigación.

En el capítulo II se desarrolla los fundamentos teóricos, conceptos generales de flujo de potencia, topología y operación de un sistema eléctrico, sistemas de distribución y utilización, potencia eléctrica, etc.

En el capítulo III se desarrolla el diagnóstico actual de las condiciones de operación de la sub estación de transformación de Quencoro, así como su característica de esta sub estación y el crecimiento y proyección de demanda de potencia al año 2024.

En el capítulo IV se desarrolla la inserción de una nueva SET que está ubicada en el parque industrial y se evaluará diferentes alternativas de solución de donde se elegirá la alternativa más adecuada.

En el capítulo V se desarrolla la alternativa más adecuada para el presente estudio, atribuyendo al sistema evaluando su comportamiento de las variables eléctricas.

RESUMEN

La presente tesis consiste en desarrollar el estudio de operación de la sub-estación Quencoro ante el crecimiento de la demanda en el periodo 2018-2024 Cusco.

El actual crecimiento de la demanda en la ciudad de Cusco, ha exigido la expansión de las subestaciones, pero en forma radial generando problemas en la confiabilidad del sistema a esto se suma el crecimiento de la demanda eléctrica, de tal manera que se hace necesario conocer hasta que momento el sistema puede soportarla.

El estudio realizado es una investigación científica con enfoque cuantitativo porque es secuencial y probatorio del tipo descriptivo causal por que se pretende explicar la operación de mencionado sistema eléctrico perteneciente a la subestación Quencoro del Cusco.

Se diagnostica la operación actual en el escenario de estiaje de la subestación Quencoro haciendo un análisis de flujo de potencia en el software de simulación DIGSILENT PowerFactory 15.1. Que nos muestra diferentes resultados haciendo que sea necesario buscar alternativas de solución para la normal operación del sistema eléctrico.

Planteamos diferentes alternativas de solución y se analiza la operación del sistema eléctrico con la alternativa seleccionada para la operación de la subestación Quencoro ante el crecimiento de la demanda que nos muestra resultados favorables que hacen que el sistema eléctrico de la ciudad del Cusco sea más seguro, aumente su capacidad de soporte y expiación de cargas eléctricas futuras y opere de manera confiable y además se demuestre que sea técnicamente viable

ABSTRACT

This thesis consists of developing the operation study of the Quencoro substation in view of the growth of demand in the period 2018-2024 Cusco.

The current growth in demand in the city of Cusco has required the expansion of substations, but radially generating problems in the reliability of the system to this is added the growth of electricity demand, in such a way that it is necessary to know until when the system can support it.

The study carried out is a scientific investigation with a quantitative approach because it is sequential and evidential of the causal descriptive type because it is intended to explain the operation of the mentioned electrical system belonging to the Quencoro substation in Cusco.

The current operation is diagnosed in different scenarios both in flood and in low water of the Quencoro substation by performing a power flow analysis in the DIgSILENT PowerFactory simulation software. That shows us different results making it necessary to find alternative solutions for the normal operation of the electrical system.

We propose different solution alternatives and the operation of the electrical system is analyzed with the alternative selected for the operation of the Quencoro substation in view of the growth in demand that shows us favorable results that make the electrical system of the city of Cusco safer, increase your ability to withstand and expiate future electrical charges and operate reliably and further demonstrate that it is technically feasible

GLOSARIO

AMT	Alimentador de Media Tensión
MT	Media Tensión
AT	Alta Tensión
SET	Subestación de Transformación
ELSE	Electro Sur Este
CNE	Código Nacional de Electricidad
QU	Alimentadores de la Subestación de Quencoro
SED	Subestación de Distribución
OSINERGMIN	Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería
SEIN	Sistema Eléctrico Interconectado Nacional
COES	Comité de Operación Económica del Sistema Interconectado Nacional
DAC	Dentro del Área de Concesión
NTCSE	Norma Técnica de Calidad de los Servicios Eléctricos
SAIFI	Sistem Average Interruption Frequency Index
SAIDI	Sistem Average Interruption Duration Index
CITT	Centro de Investigación y Transferencia de Tecnología
DGE	Dirección General de Electricidad
IEC	International Electrotechnical Commission
ANEEL	Agencia Nacional de Energía Eléctrica
SID	Sistema Integrado de Distribución
ONAN	Aceite Natural Aire Natural
ONAF	Aceite Natural Aire Forzado

ÍNDICE GENERAL

PRESENTACIÓN.....	i
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
INTRODUCCIÓN.....	iv
RESUMEN	v
ABSTRACT.....	vi
GLOSARIO	vii
ÍNDICE GENERAL	viii
ÍNDICE FIGURAS.....	xv
ÍNDICE DE TABLAS.....	xvii
1 CAPÍTULO I: ASPECTOS GENERALES.....	1
1.1 Ámbito geográfico.....	1
1.2 El problema.....	2
1.2.1 Planteamiento del problema.....	2
1.3 Formulación del problema.....	8
1.3.1 Problema principal	8
1.3.2 Problemas específicos	8
1.4 Objetivos.....	8

1.4.1	Objetivo general.....	8
1.4.2	Objetivos específicos.....	8
1.5	Hipótesis y variables.....	9
1.5.1	Hipótesis general.....	9
1.5.2	Hipótesis específicas.....	9
1.6	Operacionalización de variables.....	9
1.7	Justificación del estudio.....	10
1.8	Alcances y limitaciones.....	11
1.8.1	Alcances.....	11
1.8.2	Limitaciones.....	11
1.9	Metodología.....	11
1.9.1	Características de la investigación.....	11
1.9.2	Población y muestra.....	12
1.9.3	Técnicas para la recolección de datos.....	12
1.9.4	Técnica de análisis de datos.....	13
1.9.5	Herramientas y procesamiento de datos.....	13
2	CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....	14
2.1	Introducción.....	14
2.2	Antecedentes.....	15
2.3	Sistema eléctrico.....	15

2.3.1	Topología de un sistema eléctrico.....	17
2.3.2	Sistema de transmisión.....	19
2.3.3	Subsistema de transmisión	19
2.3.4	Subsistema de subtransmisión.....	19
2.3.5	Sistema de distribución	19
2.3.6	Operación de un sistema eléctrico.....	22
2.3.7	Flujo de potencia	22
2.3.8	Potencia eléctrica.....	24
2.3.9	Parámetros eléctricos.....	27
2.3.10	Variables eléctricas.....	32
2.3.11	La carga eléctrica del sistema de distribución	35
2.3.12	Límites de operación en los sistemas de distribución.....	37
2.3.13	Escenarios de simulación.....	39
2.4	Fundamentos de cálculo eléctrico.....	40
2.4.1	Flujo de potencia utilidad y aplicación	40
2.4.2	Cálculo del cable subterráneo	41
2.4.3	Cálculo para la selección de pararrayos	43
2.4.4	Cálculo para la cadena de aisladores.....	43
2.4.5	Coordinación de aislamiento.....	44

3	CAPÍTULO III: OPERACIÓN ACTUAL Y SU PROYECCIÓN AL 2024 DE LA SUBESTACIÓN QUENCORO FRENTE A LA DEMANDA.....	45
3.1	Introducción.....	45
3.2	Ubicación del sistema eléctrico de la subestación Quencoro.....	45
3.2.1	Ubicación geográfica.....	45
3.2.2	Ubicación eléctrica.....	46
3.2.3	Caracterización de la subestación Quencoro.....	46
3.2.4	Numero de SED, longitud de líneas y número de clientes de la subestación	51
3.2.5	Número total de clientes por alimentador de la subestación de Quencoro	54
3.2.6	Modelo eléctrico de la subestación Quencoro en el software de DIgSILENT ...	55
3.3	Diagnóstico actual de las condiciones de operación de la subestación de Quencoro.	56
3.3.1	Demanda máxima de potencia actual.....	56
3.3.2	Análisis de los resultados de simulación de flujo de potencia en DIgSILENT ..	56
3.4	Condiciones de operación de la subestación de Quencoro al 2024.....	61
3.4.1	Demanda de potencia histórica	61
3.4.2	Crecimiento y proyección de demanda de potencia al año 2024	61
3.4.3	Resultados de flujo de potencia en el año 2024	67
3.5	Conclusión del diagnóstico.....	67
4	CAPÍTULO IV: ANÁLISIS DE LAS ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN	69
4.1	Introducción.....	69

4.2	Primera alternativa de solución, ampliación de la subestación de Quencoro e incorporación de la subestación Parque Industrial según el perfil aprobado por ELSE.....	70
4.2.1	Alcances	70
4.2.2	Justificación.....	70
4.2.3	Selección de transferencia de carga	70
4.2.4	Operación de la subestación Quencoro con la alternativa de solución N°1	75
4.2.5	Ventajas.....	78
4.2.6	Desventajas.....	78
4.2.7	Conclusiones de la alternativa N°1	79
4.3	Segunda alternativa de solución, ampliación de la subestación de Quencoro e incorporación de la subestación Parque Industrial con distribución de los alimentadores.....	79
4.3.1	Alcances	79
4.3.2	Justificación.....	79
4.3.3	Análisis de la transferencia de carga	79
4.3.4	Operación de la subestación Quencoro con la alternativa de solución N°2.....	80
4.3.5	Ventajas.....	84
4.3.6	Desventajas.....	85
4.3.7	Conclusiones de la alternativa N°2	85
4.4	Tercera alternativa de solución, ampliación de la subestación de Quencoro e incorporación de un nuevo transformador.	85

4.4.1	Alcances	85
4.4.2	Justificación.....	85
4.4.3	Incorporación del nuevo transformador en la subestación de Quencoro	85
4.4.4	Operación de la subestación Quencoro con la alternativa de solución N°3.....	86
4.4.5	Ventajas.....	87
4.4.6	Desventajas.....	87
4.4.7	Conclusiones de la alternativa N°3	88
4.4.8	Conclusiones generales del presente capítulo	88
5	CAPÍTULO V: DESARROLLO DE LA MEJOR ALTERNATIVA DE SOLUCIÓN.....	90
5.1	Introducción.....	90
5.2	Alcances de la alternativa N°2	91
5.3	Ampliación de la subestación Quencoro en la barra de 138 kV.....	93
5.4	Línea de transmisión 138 Kv Quencoro – Parque Industrial.....	93
5.4.1	Ubicación del trazo de línea 138 kV Quencoro – Parque Industrial.....	93
5.4.2	Material de la línea de transmisión	95
5.4.3	Características técnicas	95
5.5	Subestación de transformación Parque Industrial	95
5.5.1	Nueva subestación Parque Industrial 138/10.5 kV	96
5.5.2	Componentes principales y datos técnicos.....	96
5.5.3	Flujo de potencia	97

5.5.4	Datos de placa de los transformadores de potencia T-47; T-80.....	99
5.5.5	Análisis actual de flujo de potencia de la sub estación Quencoro	99
5.6	Análisis y simulación del flujo de potencia con alternativa de solución seleccionada	100
5.6.1	Distribución de la transferencia de carga de los alimentadores de SET Quencoro a la nueva SET Parque Industrial para el año 2024	100
5.6.2	Análisis del flujo de potencia en el año 2024 en condiciones de estiaje.....	105
5.7	CONCLUSIONES Y SUGERENCIAS	106
5.7.1	Conclusiones	106
5.7.2	Sugerencias.....	107
	BIBLIOGRAFÍA	108

ÍNDICE FIGURAS

Figura 1-1 Ámbito geográfico de la zona de estudio.....	2
Figura 1-2 Máximas demandas de la subestación Quencoro del 2015 al 2024.....	5
Figura 1-3 Diagrama unifilar actual de la subestación Quencoro	7
Figura 2-1 Representación de un sistema eléctrico	16
Figura 2-2 Sistema radial.....	17
Figura 2-3 Sistema anillo.....	18
Figura 2-4 Sistema red.....	18
Figura 2-5 Triangulo de potencia.....	26
Figura 2-6 Campo magnético de un conductor solido.....	29
Figura 2-7 Sección transversal de una línea trifásica con espaciamiento asimétrico	31
Figura 2-8 Representación en π nominal para línea de longitud media.....	34
Figura 3-1 Diagrama unifilar de interconexión de la subestación Quencoro (Anexo3.1).....	48
Figura 3-2 Topología de distribución de la subestación de Quencoro	50
Figura 3-3 Cantidad de subestaciones de la subestación Quencoro	52
Figura 3-4 Cantidad de subestaciones según su potencia	53
Figura 3-5 Número de usuarios de los alimentadores de la subestación Quencoro	55
Figura 3-6 Cargabilidad de los transformadores de la subestación Quencoro al periodo 2018 ..	58
Figura 3-7 Diagrama de la subestación Quencoro en el periodo 2018.....	60
Figura 3-8 Resultados de flujo de potencia en el año 2024.....	67

Tabla 3-13 Resultados del flujo de potencia de la subestación Quencoro en el año 2018 y 2024	68
Figura 4-1 Área de influencia de centros de transformación (SET).....	71
Figura 4-2 Método de las mediatrices.....	72
Figura 4-3 Transferencia de carga	74
Figura 4-4 Diagrama unifilar y flujo de potencia con ingreso de la propuesta actual	76
Figura 4-5 Diagrama unifilar y flujo de potencia con la propuesta de solución en el año 2024 .	77
Figura 4-6 Alimentadores a transferir a la nueva subestación.....	80
Figura 4-7 Alimentador Quencoro 2 (QU-02).....	81
Figura 4-8 Alimentador de Quencoro 02 y 03 (QU-02 y QU-03)	82
Figura 4-9 Alimentador Quencoro 06 (QU-06) carga a transferir para el alimentador PI-02	83
Figura 4-10 Incorporación de la nueva subestación Parque Industrial en el periodo actual	84
Figura 4-11 Implementación del nuevo transformador en la subestación Quencoro en el año 2024	87
Figura 5-1 Diagrama unifilar de la subestación Quencoro y Parque Industrial.....	92
Figura 5-2 Conexión de la subestación Quencoro con la subestación nueva Parque Industrial..	94
Figura 5-3 Diagrama unifilar de la subestación Quencoro en el año 2018.....	98
Figura 5-4 Transferencia de carga del alimentador QU-02 a la subestación parque industrial PI- 01	100
Figura 5-5 Lugar de apertura del alimentador QU-02	101

Figura 5-6 Transferencia de carga del alimentador QU-03 a la SE Parque Industrial	102
Figura 5-7 Lugar de apertura del recloser del alimentador QU-03.....	103
Figura 5-8 Transferencia de carga del alimentador QU-06 a la SE Parque Industrial PI-02	103
Figura 5-9 Lugar de apertura del seccionador del alimentador QU-06	104
Figura 5-10 Flujo de potencia en el periodo 2024	105

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1 Clasificación de los alimentadores en media tensión según los subsistemas eléctricos del Cusco.....	3
Tabla 1-2 Resumen de la máxima demanda de la subestación Quencoro en el periodo 2015 al 2018.	4
Tabla 1-3 Balance de oferta y demanda máxima de la ciudad de Cusco de la subestación Quencoro.....	6
Tabla 1-4 Variable dependiente	9
Tabla 1-5 variable independiente.....	10
Tabla 2-1 Características de los conductores.....	21
Tabla 2-2 Caída de tensión.....	41
Tabla 2-3 Cálculos de caída de tensión.....	42
Tabla 3-1 Datos de placa del transformador 1	49
Tabla 3-2 Datos de placa del transformador 2	50

Tabla 3-3 Número de subestaciones, longitud de línea y usuarios por alimentador.....	51
Tabla 3-4 Cantidad de subestaciones según su potencia.....	53
Tabla 3-5 Número de usuarios de la subestación Quencoro.....	54
Tabla 3-6 Cargabilidad de los transformadores de la subestación Quencoro	57
Tabla 3-7 Resultados de flujo de potencia del transformador de potencia	59
Tabla 3-8 resultados de flujo de potencia de los alimentadores	60
Tabla 3-9 Tasa de crecimiento lineal	62
Tabla 3-10 Tasa de crecimiento compuesto.....	64
Tabla 3-11 Tasa de crecimiento exponencial.....	65
Tabla 3-12 Proyección de demanda del 2018 al 2024	66
Tabla 4-1 Cargabilidad de los transformadores con el ingreso de la propuesta	76
Tabla 4-2 Resultado del flujo de potencia de los transformadores en el periodo 2024 con la alternativa de solución N°1	78
Tabla 4-3 datos del nuevo transformador de potencia	86
Tabla 4-4 Conclusiones de las alternativas planteadas	89
Tabla 5-1 Resultados del flujo de potencia en el año 2024 con la alternativa de solución.....	105
Tabla 5-2 Resultados del flujo de potencia con la potencia proyectada de todos los alimentadores	106

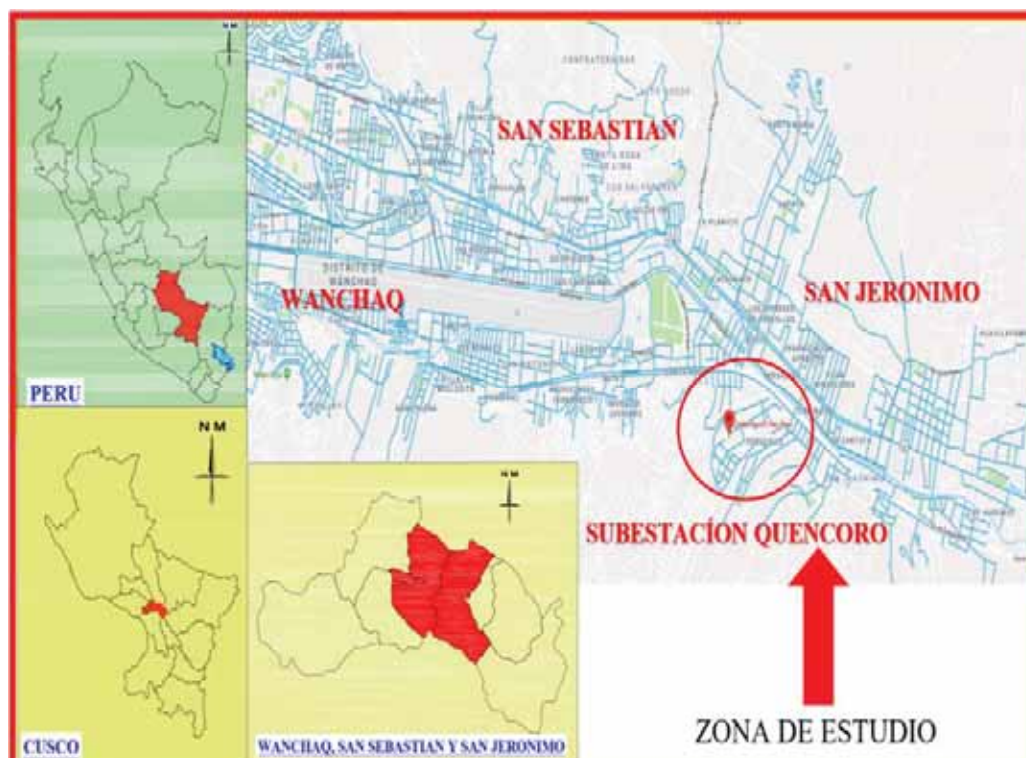
1 CAPÍTULO I: ASPECTOS GENERALES

1.1 Ámbito geográfico

El presente estudio de investigación tiene como área de influencia los distritos de, **SAN JERÓNIMO, SAN SEBASTIÁN y WANCHAQ**, de la provincia y departamento de Cusco, que está dentro del área de concesión de Electro Sur Este S.A.A. la subestación Quencoro se encuentra en el distrito de San Jerónimo.

Figura 1-1

Ámbito geográfico de la zona de estudio



Fuente: elaboración propia con datos oficina del SID Electro Sur Este S.A.A.

1.2 El problema

1.2.1 Planteamiento del problema.

El actual crecimiento de la demanda en la ciudad de Cusco, ha exigido la expansión de las subestaciones, en forma radial, generando problemas en la confiabilidad del sistema a esto se suma el crecimiento de la demanda eléctrica, de tal manera que se hace necesario conocer hasta que momento el sistema puede soportarla.

Tabla 1-1

Clasificación de los alimentadores en media tensión según los subsistemas eléctricos del Cusco

SET	ALIMENTADORES EN MEDIA TENSIÓN
DOLOR ESPATA (54.4 MVA)	DO01, DO02, DO03, DO04, DO05, DO06, DO07, DO08, DO09
QUENCORO (29.5 MVA)	QU01, QU02, QU03, QU04, QU05, QU06, QU07

Fuente: División de operaciones de Electro Sur Este S.A.A.

La SET Dolorespata posee nueve alimentadores de media tensión (AMT) en 10.5 kV. Y la SET Quencoro posee seis (AMT) en 10.5 KV y un (AMT) en 22.9 KV (QU05). En esta SET se realizará el análisis para dicho estudio. Debido al crecimiento de la demanda y a la densidad de carga concentrada en los distritos de San Sebastián, San Jerónimo y Wanchaq. Provoca deficiencias de operación, como cargabilidad del sistema, ocasionando variaciones muy sensibles de tensión en los puntos críticos del sistema y que los transformadores ya están llegando a su máximo límite de operación.

Nuestra concesionaria está limitando a las nuevas industrias a trabajar con cargas menores a su diseño porque las dimensiones de sus líneas y sus transformadores ya se están sobrecargando y esto frena nuestro desarrollo, también ya se ve en un futuro muy cercano la incorporación de zonas de carga para vehículos eléctricos que influirán en la sobrecarga del sistema eléctrico de la ciudad del Cusco.

La deficiencia de operación del sistema mencionado se debe principalmente al inevitable crecimiento de la demanda, ya que actualmente se encuentra con mayores cargas el sistema eléctrico de la ciudad del Cusco, se observa que el crecimiento ha sido sostenible durante los

últimos cuatro años como se muestra en la siguiente Tabla 1-2, y también se ve un resumen en el Anexo 1.1

Tabla 1-2

Resumen de la máxima demanda de la subestación Quencoro en el periodo 2015 al 2018.

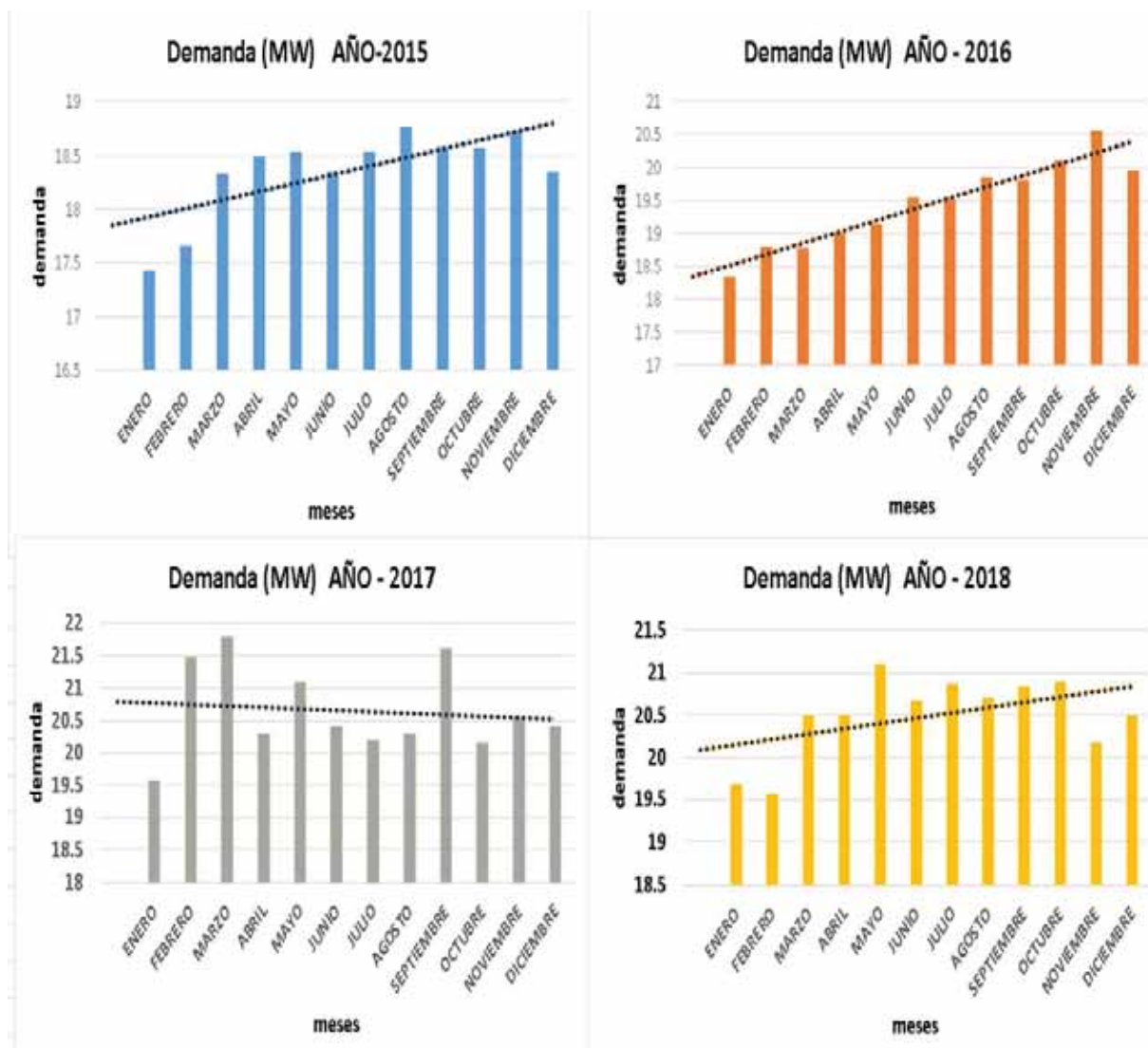
Máxima Demanda (MW) desde el año 2015 hasta 2018				
Meses	Año-2015	Año-2016	Año-2017	Año-2018
Enero	17.43	18.34	19.56	19.68
Febrero	17.67	18.80	21.47	19.56
Marzo	18.33	18.79	21.79	20.49
Abril	18.49	19.01	20.30	20.49
Mayo	18.53	19.15	21.10	21.09
Junio	18.35	19.55	20.41	20.68
Julio	18.53	19.51	20.19	20.87
Agosto	18.77	19.85	20.30	20.71
Setiembre	18.59	19.83	21.61	20.84
Octubre	18.57	20.11	20.16	20.90
Noviembre	18.71	20.55	20.55	20.19
Diciembre	18.35	19.95	20.41	20.49

Fuente: División de operaciones de Electro Sur Este S.A.A.

En la tabla 1-2, podemos observar las máximas demandas desde el año 2015 hasta el año 2018 que este resumen da inicio a nuestra investigación de tesis que se ira analizando en los siguientes capítulos.

Figura 1-2

Máximas demandas de la subestación Quencoro del 2015 al 2024



Fuente: elaboración propia

En la figura 1-2 podemos observar cómo va creciendo la demanda en cada año y cada mes, hoy en día se ve que va incrementando las cargas muy rápidamente, ya que el mercado se está industrializando y tecnificando. Aclarando que en el año 2017 se presenta un decrecimiento de la demanda por que la carga de Real Plaza paso a ser cliente de un nuevo proveedor.

Tabla 1-3*Balance de oferta y demanda máxima de la ciudad de Cusco de la subestación Quencoro*

Año	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Oferta existente de la subestación Quencoro en MVA	24.50	24.50	24.50	24.50	24.50	24.50	24.50
Potencia total instalada en MW	22.05	22.05	22.05	22.05	22.05	22.05	22.05
Demanda máxima en MW	20.50	20.95	21.81	22.71	23.65	24.62	25.64
Balance de oferta y demanda máxima en MW	1.55	1.10	0.24	-0.66	-1.60	-2.57	-3.59

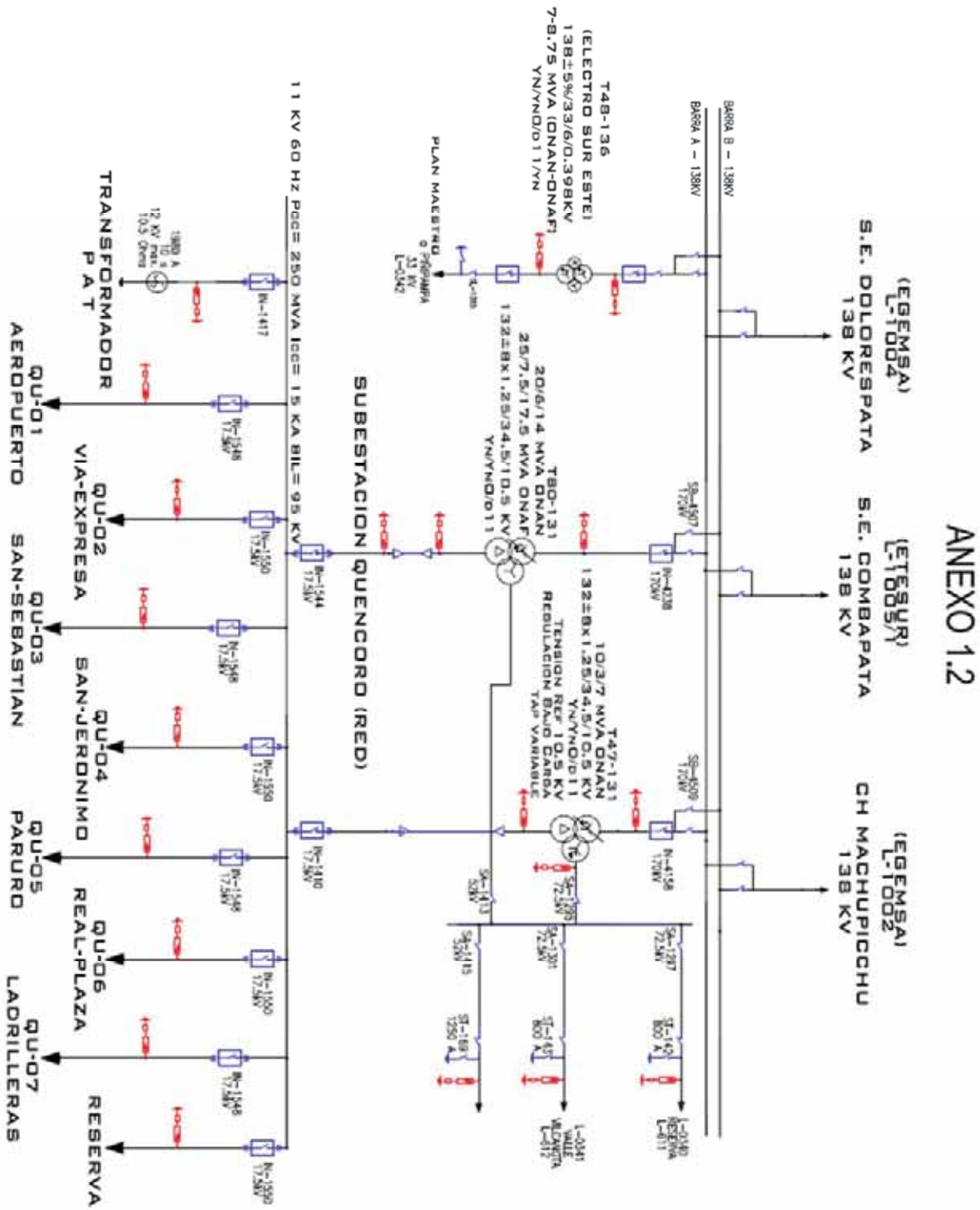
Fuente: Elaboración propia

Como se observa en la tabla 1-3 de crecimiento de la demanda en estos últimos años fue una tasa de 4.12% anual, (dato obtenido del centro de control de ELSE) esto nos da a conocer que en los próximos años el crecimiento de la demanda ira incrementando permanentemente. Y se determinó hasta el año 2024 que la demanda máxima será de -3.59 MW eso quiere decir que la subestación Quencoro no estará en la capacidad de satisfacer a los usuarios.

Se muestra el diagrama unifilar de la subestación Quencoro con sus respectivos transformadores y alimentadores de distribución que lo podemos ver en la figura 1.3, también mostraremos en el **Anexo N°1.2**

Figura 1-3

Diagrama unifilar actual de la subestación Quencoro



Fuente: División de operaciones de Electro Sur Este S.A.A.

1.3 Formulación del problema

1.3.1 Problema principal

¿Cómo será la operación en la subestación Quencoro – Cusco frente al crecimiento en la demanda en el periodo 2018 – 2024 si se considera una alternativa de solución?

1.3.2 Problemas específicos

- a) ¿Cómo es la operación actual de la subestación Quencoro – Cusco frente a la demanda y su proyección al 2024?
- b) ¿Qué alternativas se puede proponer para mejorar la operación actual de la subestación Quencoro frente al crecimiento de la demanda?
- c) ¿Cómo será la operación de la SE de Quencoro con la alternativa seleccionada?

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

Desarrollar el estudio de operación de la sub-estación Quencoro frente al crecimiento de la demanda en el periodo 2018-2024 Cusco.

1.4.2 Objetivos específicos

- a) Analizar la operación actual del sistema eléctrico de la sub-estación Quencoro frente a la demanda y su proyección al 2024.
- b) Plantear diferentes alternativas de solución para la operación de la sub-estación Quencoro ante el crecimiento de la demanda.
- c) Analizar la operación de la sub-estación Quencoro frente al crecimiento de la demanda con la alternativa de solución.

1.5 Hipótesis y variables

1.5.1 Hipótesis general

El estudio da una alternativa para mejorar la operación de la subestación Quencoro ante el crecimiento de la demanda. Mejorará y garantizará la operación de la subestación Quencoro en el periodo 2018-2024.

1.5.2 Hipótesis específicas

- El diagnóstico de la operación actual del sistema eléctrico de la sub-estación Quencoro – Cusco frente a la demanda, revela las deficiencias de operación actual y a futuro al 2024.
- Analizadas las alternativas de solución permiten determinar aquella que garantice la operatividad de la SE ante el crecimiento de la demanda de la sub-estación de Quencoro.
- Analizada la alternativa seleccionada en la sub-estación de Quencoro frente al crecimiento de la demanda se demuestra viable en el periodo 2018-2024.

1.6 Operacionalización de variables

Tabla 1-4

Variable dependiente

Variable dependiente	Dimensiones	Indicadores	Unidades
X. operación de la subestación	Características de	Potencia	kW
	operación de la	Tensión	V
	subestación	Impedancia	Ω
	Configuración de operación	Diagrama de la red	Ω

Fuente: elaboración propia.

Tabla 1-5*variable independiente*

Variable independiente	Dimensiones	Indicadores	Unidades
Y. crecimiento de la	Demanda	Consumo de energía	kW.h
demanda	Cargabilidad	Caída de tensión	% Δ V

Fuente: elaboración propia

1.7 Justificación del estudio

El crecimiento de la demanda afecta al sistema eléctrico haciendo que ocurran incidencias de operación, esto trae consigo desagradables consecuencias para los usuarios, por ejemplo, suspensión de diversas actividades por interrupciones de energía eléctrica, limitación de carga para las industrias las cuales no se desarrollan al 100%.

El crecimiento inminente de la demanda de acuerdo a estudios de la proyección de la demanda realizada por el concesionario (ELSE), muestra que existe un riesgo en la operación normal del sistema eléctrico de la ciudad de Cusco, debido a que el sistema actual no estará en la capacidad de cubrir la demanda proyectada al año 2024. Para lo cual se planteará una alternativa de solución.

Con el crecimiento de la población la demanda de energía eléctrica aumenta y esta si no es abastecida genera problemas sociales y económicos muy desagradables, sociales como el estancamiento del desarrollo industrial generando el menor requerimiento de mano de obra en estas y en algunos casos a despidos forzosos. Las empresas privadas y estatales se limitarán en su producción que generan pérdidas económicas muy grandes, ya que en un mercado que no existe la suficiente oferta de energía eléctrica no existe el desarrollo industrial.

1.8 Alcances y limitaciones

1.8.1 Alcances

- El estudio se realizó en MT de la subestación Quencoro-Cusco. Se analizó la operación actual. Asimismo, incluye el análisis de las diferentes alternativas en estado estable no incluye estudios transitorios.
- El estudio no considera armónicos para dicho análisis.
- El estudio solo está enfocado en los distritos de San Jerónimo, San Sebastián y Wanchaq de la ciudad del Cusco
- El presente estudio propone una alternativa de solución para la operación en el periodo 2018 – 2024, ante el crecimiento de la demanda de la sub-estación Quencoro.

1.8.2 Limitaciones

- El estudio comprende aspectos estrictamente técnicos, puesto que las soluciones a dicho problema pasan por un tema pre operativo.
- El estudio no considera armónicos para dicho análisis.
- El presente trabajo es una propuesta de solución que no necesariamente sea aplicada en la concesionaria Electro Sur Este.
- Se trabaja con datos de ELSE y COES

1.9 Metodología

1.9.1 Características de la investigación

1.9.1.1 Tipo de enfoque de investigación

El estudio para el mejoramiento de la operación en estado estacionario del sistema eléctrico de la ciudad de Cusco es una investigación científica con **enfoque cuantitativo**.

“Usa la recolección de datos para probar hipótesis con base en la medición numérica y el análisis estadístico, para establecer patrones de comportamiento y probar teorías” (Hernández, Fernández, & Baptista, 2014, p. 4). Por qué se explicará la operación del sistema eléctrico para mejorar la calidad de todos los usuarios del presente estudio.

1.9.1.2 Tipo de alcance en la investigación

El tipo de alcance es **descriptivo**, describe tendencias de un grupo o población, también es **correlacional** porque asocian variables mediante un patrón predecibles para un grupo o población (Hernández, Fernández, & Baptista, 2014, págs. 92,93).

1.9.1.3 Diseño de investigación

El diseño de la investigación a utilizar es el experimental “experimento situación de control en la cual se manipula, de manera intencional, una o más variables independientes (causas) para analizar las consecuencias de tal manipulación sobre una o más variables dependientes (efectos)” (Hernández, Fernández, & Baptista, 2014, p. 130).

1.9.2 Población y muestra

La población en el presente trabajo de investigación está conformada por el sistema eléctrico Cusco.

La muestra está conformada por el perfil de tensiones y comportamiento de la demanda registrados actualmente en el sistema eléctrico de la ciudad de Cusco dentro de los distritos de San Sebastián, San Jerónimo y Wanchaq.

1.9.3 Técnicas para la recolección de datos

En el presente trabajo para obtener una muestra de datos fue variable, porque se recopiló datos del Centro de Control, como la base de datos de todos los equipos utilizados en el estudio, para correr el flujo de potencia, lectura del consumo de energía de cada 15 minutos y de la oficina del

SIG se recolecto las características y el metrado del presente estudio de Electro Sur Este S.A.A.

La información que obtuvimos fue muy necesario aplicar las técnicas de recolección de datos.

- El análisis
- Simulación
- Observación
- La entrevista

1.9.4 Técnica de análisis de datos

- Técnica estadística
 - Media aritmética
 - Valores máximos
- Muestra de datos
 - Tablas
 - Gráficos
 - Simulaciones

1.9.5 Herramientas y procesamiento de datos

- DIgSILENT Power Factory 15.1.7
- Office 2016 (Word, Excel, Power Point)
- AutoCAD versión 2019
- Argis versión 9.3 (Sistema de Información Georreferenciado)
- Interpretación de los datos obtenidos mediante el análisis y la simulación del sistema sur este del SEIN.

Ver **Anexo 1.2** matriz de consistencia

2 **CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO**

2.1 Introducción

En este capítulo se desarrollará toda la teoría básica, para tener una perspectiva que nos permita desarrollar el estudio realizado, es necesario conocer la base teórica de aspectos técnicos de la ingeniería eléctrica.

Para realizar el estudio de operación de la subestación de Quencoro del sistema eléctrico debemos considerar, los parámetros de la red. En la cual intervienen las variables en su operación, la máxima demanda de la subestación, limite térmico de la línea, topología de la red eléctrica y la calidad de suministro y calidad de producto.

El objetivo principal es, desarrollar el estudio de la operación de la subestación Quencoro ante el crecimiento de la demanda en el periodo 2018 – 2024 el mismo que incluirá conceptos teóricos de compensación de potencia reactiva y sus métodos, niveles de tensión normalizados en el Perú y el crecimiento de la demanda.

2.2 Antecedentes

- ✓ “ESTUDIO PARA EL MEJORAMIENTO DE LA OPERACIÓN EN ESTADO ESTACIONARIO DEL SISTEMA ELÉCTRICO RURAL CHUMBIVILCAS” (Portillo Loayza, 2015) tesis de pregrado de la Universidad nacional de San Antonio Abad del Cusco. Donde plantea en mejorar la operación con la implementación de una línea de transmisión más no la implementación de una subestación eléctrica.
- ✓ “ESTUDIO DE LA CARGABILIDAD EN LAS REDES DEL AMT QU04 CON LA INCORPORACIÓN DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS EN LA CIUDAD DEL CUSCO PROYECTADO DESDE EL AÑO 2018 AL 2022” (Vera Lopez & Puma Polanco, 2019)

donde su objetivo es determinar la cargabilidad en el alimentador AMT QU04 por la incorporación de vehículos eléctricos. Tras la incorporación de vehículos eléctricos la demanda de potencia ocasionado por recarga de baterías, hará que las redes eléctricas operen en estado de sobrecarga.

tesis de pregrado de la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco. Donde hay podemos ver parte de nuestra investigación que solo se ve la cargabilidad ante la adquisición de vehículos eléctricos de un solo alimentador y que ya va presentar problemas para el 2022. Pero con nuestra propuesta estaría en condiciones óptimas de operación.

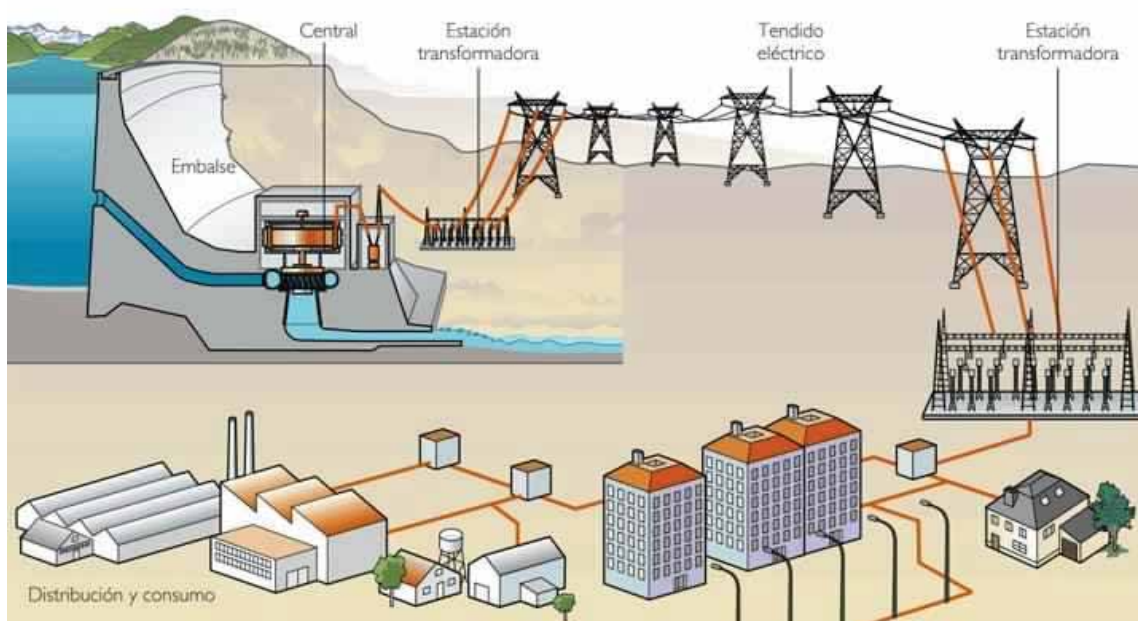
2.3 Sistema eléctrico

“El sistema eléctrico de potencia es un conjunto de elementos que tiene como fin generar, transformar, distribuir y consumir energía eléctrica confiable y de calidad al menor costo posible” (David, 2012, p. 1).

Como se observa en la figura 2-1, el sistema eléctrico de potencia está compuesta por plantas generadoras (generación) cuya función es producir energía eléctrica, redes de transmisión y de distribución por donde se transporta la energía generada a todo los puntos de consumo y hoy en día el suministro de energía tiene que tener continuidad de servicio, regulación de tensión, y control de la frecuencia que nuestras normas de calidad ya lo estandarizaron.

Figura 2-1

Representación de un sistema eléctrico



Fuente: (Wikipedia 2019)

En el Perú tenemos el Sistema Eléctrico Interconectado Nacional el que se encarga de ver todo el sistema eléctrico, donde opera en coordinación con el Comité de Operaciones Económicas del Sistema – COES. Las aplicaciones de normas son fiscalizadas, supervisadas, reguladas por el Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería – OSINERGMIN.

El estudio solo comprenderá el sistema de distribución para el cual obviaremos el desarrollo de los sistemas de generación en el cual se dará énfasis en el sistema de transmisión y el sistema de distribución.

2.3.1 Topología de un sistema eléctrico

Un sistema eléctrico se puede clasificar en tres tipos.

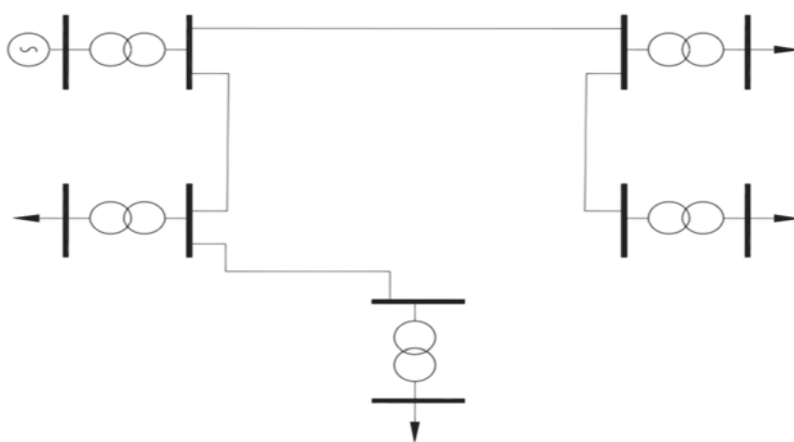
2.3.1.1 Sistema radial

“En un sistema radial las cargas tienen una sola alimentación, de manera que una falla en la alimentación produce una interrupción en el suministro”. (David, 2012, p. 2)

Este sistema es lo más económico que existe en el sistema eléctrico y es menos confiable.

Figura 2-2

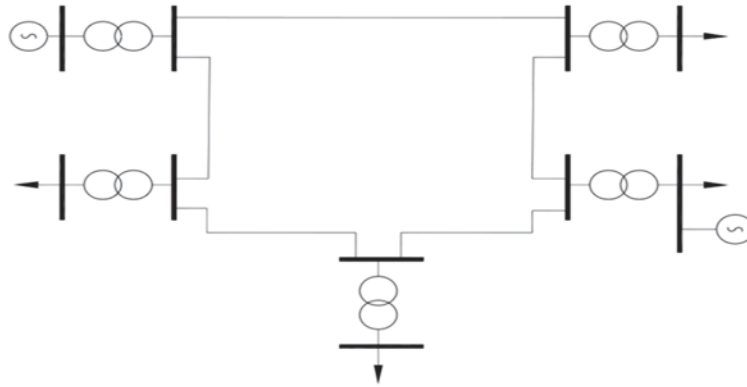
Sistema radial



Fuente: elaboración propia

2.3.1.2 Sistema anillo

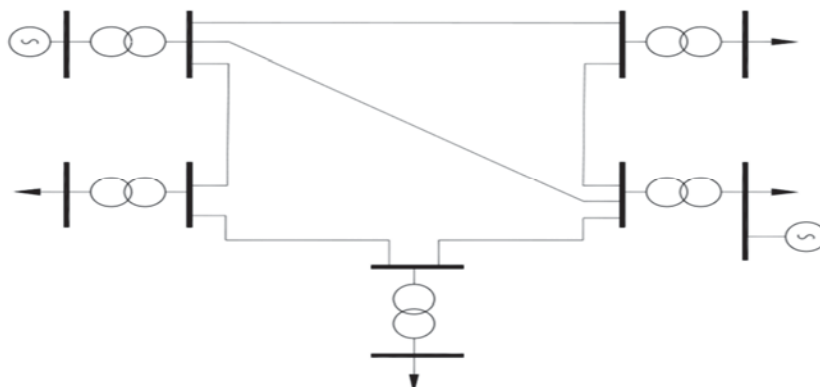
En un sistema de anillo se tiene más de dos alimentaciones donde podemos interrumpir cualquiera de ellos sin causar alguna interrupción de suministro. Este sistema es más caro pero mayor confiabilidad.

Figura 2-3*Sistema anillo*

Fuente: elaboración propia

2.3.1.3 Sistema red o malla

“Con este tipo de sistema se aumenta el número de interconexiones y en consecuencia la seguridad de servicio” (David, 2012, p. 3). Este sistema tiene mayor confiabilidad y mayor costo.

Figura 2-4*Sistema red*

Fuente: elaboración propia

2.3.2 Sistema de transmisión

“Es el conjunto de instalaciones para el transporte de energía eléctrica producida por el sistema de generación.” (RM.019-2002-EM/VME, 2002, p. 18)

2.3.3 Subsistema de transmisión

Es aquel destinado a transportar la energía eléctrica suministrada a altas tensiones por un sistema de generación, generalmente a grandes distancias, hasta su entrega a un subsistema de subtransmisión, sistema de distribución y/o a uno o más usuarios, abarca tanto las redes como las subestaciones intermedias y/o finales de transformación. (RM.019-2002-EM/VME, 2002, p. 18)

2.3.4 Subsistema de subtransmisión

Es aquel destinado a transportar la energía eléctrica suministrada por un sistema de generación y eventualmente un subsistema de transmisión a un sistema de distribución y/o a uno o más usuarios y abarca tanto las redes como las subestaciones intermedias y/o finales de transformación. (RM.019-2002-EM/VME, 2002, p. 18)

2.3.5 Sistema de distribución

Es aquel conjunto de instalaciones de entrega de energía eléctrica a los diferentes usuarios, comprende: (RM.019-2002-EM/VME, 2002, p. 19)

- Subsistema de distribución primaria
- Subsistema de distribución secundaria
- Instalaciones de alumbrado público
- Conexiones
- Punto de entrega

2.2.1.1. Subsistema de distribución primaria

Es aquel destinado a transportar la energía eléctrica producida por un sistema de generación, utilizando eventualmente un sistema de transmisión, y/o un subsistema de subtransmisión, a un subsistema de distribución secundaria, a las instalaciones de alumbrado público y/o a las conexiones para los usuarios, comprendiendo tanto las redes como las subestaciones intermediarias y/o finales de transformación. (RM.019-2002-EM/VME, 2002, p. 19)

- **Red de distribución primaria**

Conjunto de cables o conductores, sus elementos de instalación y sus accesorios, proyectado para operar a tensiones normalizadas de distribución primarias, que partiendo de un sistema de generación o de un sistema de transmisión, está destinado a alimentar/interconectar una o más subestaciones de distribución; abarca los terminales de salida desde el sistema alimentador hasta los de entrada a la subestación alimentada. (RM.019-2002-EM/VME, 2002, p. 19)

- **Soporte.** Es la estructura que sirve como apoyo, tendido del conductor. Podemos apreciar barras, poste, crucetas, aisladores, abrazaderas y etc.
- **Conductor.** Es un material en forma de alambre, cable o barra por donde es capaz conducir corriente eléctrica. En la zona de estudio veremos algunos conductores usados en la red de distribución primaria.

En la tabla 2-1 se muestra las características de los conductores de aleación de aluminio, conductor auto soportado de aluminio en media tensión y conductor subterráneo unipolar que van a ser utilizados por Electro Sur Este S.A.A. Donde uno puede obtener toda la información en la web correspondiente.

Tabla 2-1*Características de los conductores*

Conductor	Descripción	Tipo	Sección (mm²)					
AAAC	Conductor de aleación de	Aéreo	240	185	150	120	95	
	aluminio		70	50	35	25		
NA2XS2Y-S	Conductor auto soportado	Aéreo						
	de aluminio en MT	subterráneo	50	70	120			
Subterráneo	Conductor subterráneo unipolar	subterráneo	400	240	185	150	120	70 35

Fuente: Área de normas ELSE

- **Subestación.** “Parte de una red eléctrica, limitada a un área dada, incluyendo principalmente terminales de las líneas de transmisión o distribución, a paramenta (equipos de maniobra y control), edificaciones y transformadores. Una estación generalmente incluye dispositivos de seguridad y control.” (RM.019-2002-EM/VME, 2002, p. 23)

2.2.1.2. Sistema de utilización

“Es aquel constituido por el conjunto de instalaciones destinado a llevar energía eléctrica suministrada a cada usuario desde el punto de entrega hasta los diversos artefactos eléctricos en los que se produzcan su transformación en otras formas de energía.” (RM.019-2002-EM/VME, 2002, p. 19)

En la empresa ELSE los sistemas de utilización definen a los usos particulares como grifos, colegios, mercados, industrias y etc. Quienes son responsables de sus equipos después del punto de entrega (trafomix).

2.2.1.3. Subsistema de distribución secundaria

“Es aquel destinado a transportar la energía eléctrica suministrada normalmente a bajas tensiones, desde un sistema de generación, eventualmente a través de un sistema de transmisión y/o subsistema de distribución primaria, a las conexiones.” (RM.019-2002-EM/VME, 2002, p. 19)

2.3.6 Operación de un sistema eléctrico

La operación del sistema comprende las actividades necesarias para garantizar dicha seguridad y continuidad, así como la correcta coordinación entre el sistema de producción y la red de transporte, asegurando que la energía producida por los generadores sea transportada hasta las redes de distribución con las condiciones de calidad exigibles en aplicación de la normativa vigente. (RED ELÉCTRICA DE ESPAÑA, 2019)

Nuestro análisis para dicho estudio será en el estado de operación de redes en régimen permanente y para lo cual no se va considerar el comportamiento dinámico de operación.

2.3.7 Flujo de potencia

La solución de problemas relacionados con el análisis de sistemas eléctricos requiere como elemento de trabajo la computadora digital.

Un sistema eléctrico tiene como propósito fundamental satisfacer la demanda de potencia eléctrica requerida por los consumidores en forma continua y con calidad.

Dadas las condiciones de operación del sistema y de acuerdo a las inyecciones de potencia real y reactiva que representan la generación y carga, en los nodos de la red, es posible determinar las condiciones eléctricas en estado estable para analizar su comportamiento. Este estudio de estado estable de la red eléctrica es conocido como estudio de flujos de potencia.

Los estudios de flujos de potencia son de gran importancia en la planeación y en el diseño de la expansión futura de los sistemas eléctrico, así como también en la

determinación de mejores condiciones de operación de los sistemas existentes. La principal información que se obtiene de un estudio de flujos de potencia es la magnitud y el ángulo de fase del voltaje en cada nodo, así como la potencia real y la potencia reactiva que fluye en cada línea del sistema. (José Izquierdo Franco, 2002, pág. 2)

2.3.7.1 Flujo de carga

“Obtención de las condiciones de operación (tensiones, flujos de potencia) de una red eléctrica en función de su topología y los niveles de demanda y generación de potencia.” (Portillo Loayza, 2015, pág. 32)

2.3.7.2 Clasificación de barras

- **Barra de carga:** conocido como barra PQ, donde no hay generación ($P_g=0$, $Q_g=0$) y tenemos conocido la potencia activa y reactiva ser consumido por el sistema, como datos (P_g , Q_g) y las incógnitas son (V , Φ)
- **Barra de generación:** conocido como barra PV, en la barra de generación se especifica el voltaje constante y la potencia activa, como dato se tiene (P_d , Q_d) y las incógnitas son (Q_g , Φ)
- **Barra de referencia:** conocido como slack o swing bus en esta barra la cualidad muy importante es que puede entregar potencia activa y reactiva necesaria para balancear el sistema. En esta barra son conocidos el voltaje y el ángulo, como datos se tiene (P_d , Q_d) y la incógnita es (P_g , Q_g).

2.3.7.3 Transformador

Es un dispositivo que transforma la potencia eléctrica puede ser incrementando o disminuyendo. Es muy fundamental para el análisis de flujo.

2.3.7.4 Líneas

Es el medio de transporte para distribuir la energía eléctrica, el equivalente π representa a las líneas con parámetros como condensadores o inductores con conexión shunt, la cual representan una admitancia conectada entre los terminales de la línea y tierra.

2.3.7.5 Cargas

La carga es la concentración de consumo de la población ya puede ser que la energía eléctrica es transformada en diferentes formas de energía.

2.3.8 Potencia eléctrica

2.3.8.1 Potencia activa (P)

“Es la que aprovecha como potencia útil. También se llama potencia media, real o verdadera y es debido a los dispositivos resistivos y su unidad de medida es el watt.” (Portillo Loayza, 2015, pág. 19)

$$P = V \cdot I \cdot \cos \varphi \quad (\text{Ecuación 2-1})$$

Dónde:

P = potencia de consumo eléctrico, expresado en watt (W).

V = tensión nominal (V).

I = intensidad de la corriente que fluye por el circuito, en ampere (A).

$\cos \varphi$ = valor del factor de potencia.

2.3.8.2 Potencia reactiva (Q)

“Es la potencia que necesita las bobinas y los condensadores para generar campos magnéticos o eléctricos, no se transforma en trabajo efectivo, sino que fluctúa por la red entre el generador y los receptores y su unidad es volt-ampere reactivo.” (Portillo Loayza, 2015, pág. 19)

$$Q = V \cdot I \cdot \sin \varphi \quad (\text{Ecuación 2-2})$$

Dónde:

Q = potencia reactiva (VAR).

V = tensión nominal (V).

I = intensidad de la corriente que fluye por el circuito, en ampere (A).

φ = ángulo de factor de potencia (°)

2.3.8.3 Potencia aparente (S)

Es la potencia total consumida por la carga y es el producto de los valores eficaces de tensión e intensidad. Se obtiene como suma vectorial de las potencias activa y reactiva y representa la ocupación total de las instalaciones debida a la conexión del receptor y su unidad de medida es voltamperio (VA). (Portillo Loayza, 2015, pág. 20)

$$S = V.I \quad (\text{Ecuación 2-3})$$

$$S = P + jQ \quad (\text{Ecuación 2-4})$$

Dónde:

V = tensión nominal (V).

I = corriente (A).

P = potencia activa (W).

Q = potencia reactiva (VAR).

2.3.8.4 Factor de potencia

Los receptores eléctricos deben su utilidad a que transforman la energía eléctrica que absorben en otro tipo de energía como la motriz, la luminosa o la calorífica.

La mayoría de los receptores eléctricos son de tipo resistivo o inductivo. Las cargas inductivas, como los motores o los tubos fluorescentes, aportan a la instalación una reactancia inductiva no deseable, ya que conlleva una potencia reactiva que no se

transforma en energía útil y que obliga a que los conductores soporten mayores intensidades. (Portillo Loayza, 2015, pág. 21)

Se denomina factor de potencia a la relación que existe entre la potencia activa y la potencia aparente:

$$\text{Factor de potencia} = P/S \quad (\text{Ecuación 2-5})$$

Dónde:

- potencia activa suministrada absorbida por el circuito o dispositivo (W) = P
- potencia aparente del circuito o dispositivo (VA). = S

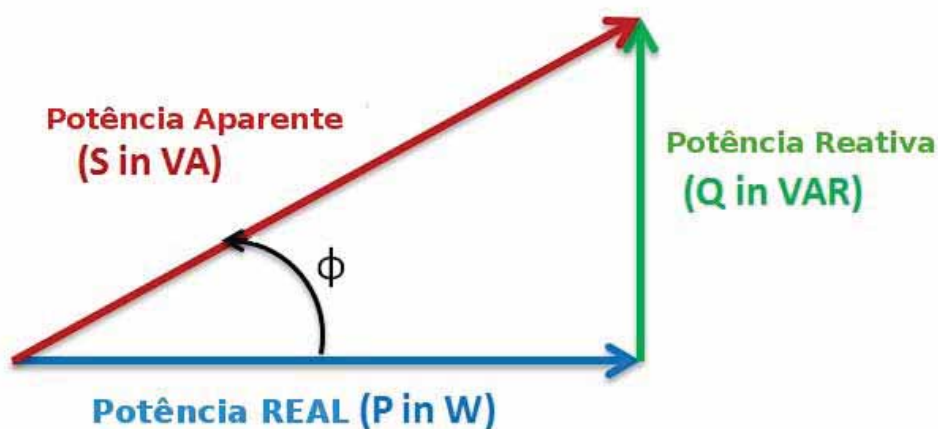
2.3.8.5 Triángulo de potencia

El triángulo de potencias es la mejor forma de ver y comprender de forma gráfica la cual se relacionan las potencias activa, reactiva y aparente.

En la siguiente figura se muestra el triángulo de potencia al cual se hace mención:

Figura 2-5

Triangulo de potencia



Fuente: Wikipedia 2019

2.3.9 Parámetros eléctricos

2.3.9.1 Resistencia eléctrica

“Se denomina resistencia a la propiedad que posee un material para oponerse a la circulación de corriente eléctrica por él.” (CITT, 2019)

$$R = \rho \cdot \frac{L}{S} \quad (\text{Ecuación 2-6})$$

Dónde:

L = longitud (m).

S = sección (mm²).

ρ = resistividad ($\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$).

La ecuación 2.6, solamente es válida para corriente directa corriente alterna existe un fenómeno llamado efecto peculiar o efecto piel. El efecto piel se presenta por que los filamentos o elementos de corriente variable en puntos diferentes de la sección transversal de un conductor no encuentran componentes iguales de inductancia, pero el filamento central o axial encuentra la inductancia máxima y en general la inductancia ofrecida a otros filamentos de corriente disminuye conforme la distancia del filamento.

Resultando un mínimo en la superficie o periferia del conductor. Esto a su vez, tiende a producir densidades desiguales de corriente sobre la sección transversal en su conjunto de manera que la densidad es mínima en el eje y máxima en la periferia.

Tal distribución de la densidad de la corriente produce un incremento en la resistencia efectiva y una disminución de la inductancia interna efectiva, la primera es de mayor importancia práctica que la segunda, por lo tanto, la resistencia en corriente alterna es mayor que en corriente directa. A frecuencias a las cuales se transmite potencia el efecto piel es un efecto significativo en conductores largos. (CITT, 2019).

2.3.9.2 Inductancia

- **Inductancia interna y externa de un conductor**

“La inductancia es con mucho el parámetro de línea más dominante desde el punto de vista del ingeniero de sistemas de potencia, pues es la reactancia inductiva que limita la capacidad de transmisión de una línea.” (Kothari & Nagraht, 2008). “Y se calcula como enlaces de flujo por ampere. Si la permeabilidad μ es constante, la corriente sinusoidal produce flujos que varían sinusoidalmente en fase con la corriente” (Grainger & Stevenson, 1994). Entonces, la inductancia está dada por:

$$L = \frac{\lambda}{I} [H] \quad (\text{Ecuación 2-7})$$

Dónde:

L : Inductancia [H]

λ : Acoplamiento de flujo magnético [Wb/m]

I : Corriente [A]

“Las líneas de flujo son concéntricas al conductor. Y para obtener un valor aproximado de la inductancia de una línea de transmisión, es necesario considerar el flujo dentro y fuera de cada conductor” (Grainger & Stevenson, 1994).

“La inductancia interna L_{int} por unidad de longitud del conductor debido al flujo enlazado total λ_{int} en el interior del conductor es”: (Ducan & Sarma, 2004)

$$L_{int} = \frac{\lambda_{int}}{I} = \frac{\mu_0}{8\pi} = \frac{l}{2} \times 10^{-7} H/m \quad (\text{Ecuación 2-8})$$

Donde:

L_{int} : Inductancia interna [H/m]

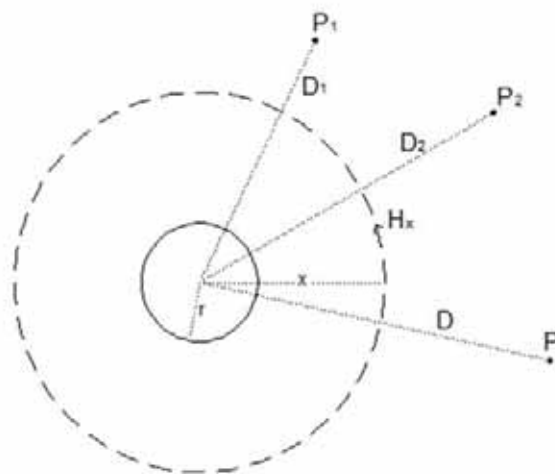
λ_{int} : Flujo enlazado total interno [Wb/m]

μ_0 : Permeabilidad en el aire

En la siguiente figura se muestra dos puntos P_1 y P_2 a distancias D_1 y D_2 de un conductor que lleva una corriente de I Amperes. Como el conductor está lejos de la trayectoria de retorno de la corriente, el campo magnético externo al conductor consta de círculos concéntricos alrededor del conductor y, por lo tanto, todo el flujo entre P_1 y P_2 se alinea dentro de las superficies cilíndricas concéntricas que pasan por P_1 y P_2 . (Kothari & Nagraht, 2008)

Figura 2-6

Campo magnético de un conductor solido



fuelle: dibujo de Ayma C.A.

$\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \frac{H}{m}$: permeabilidad en el aire

Por lo tanto, los vínculos totales del conductor debidos al flujo entre los puntos P_1 y P_2 son:

$$\lambda_{12} = 2 \times 10^{-7} I \ln\left(\frac{D_2}{D_1}\right) \text{ Wb} - \text{v/m} \quad (\text{Ecuación 2-9})$$

Y la inductancia del conductor aportada por el flujo magnético entre los puntos P_1 y P_2 es entonces.

$$L_{12} = \frac{\lambda_{12}}{I} = 2 \times 10^{-7} \ln\left(\frac{D_2}{D_1}\right) \text{ H/m} \quad (\text{Ecuación 2-10})$$

El flujo total que enlaza al conductor hasta el punto externo P, a la distancia D es la suma del flujo enlazado interno y el flujo enlazado externo desde $D_1=r$ hasta $D_2=D$, entonces:

$$\lambda_p = 2 \times 10^{-7} I \ln\left(\frac{D}{r'}\right) \text{ Wb} - \text{v/m} \quad (\text{Ecuación 2-11})$$

Donde:

r = Radio del conductor

$r' = 0.7788r = \text{RMG}$

Asimismo, la inductancia total L_p debida tanto al flujo enlazado interno como al externo hasta la distancia D es:

$$L_p = \frac{\lambda_p}{I} = 2 \times 10^{-7} \ln\left(\frac{D}{r'}\right) \text{ H/m} \quad (\text{Ecuación 2-12})$$

2.3.9.3 Capacitancia

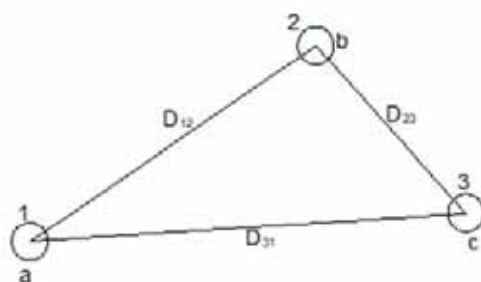
La capacitancia y la conductancia constituyen juntas la admitancia en derivación de una línea de transmisión. La conductancia es el resultado de la fuga sobre la superficie de los aisladores y es de orden de magnitud despreciable. Cuando se aplica un voltaje alterno a la línea, la capacitancia de esta produce un adelanto en la corriente sinusoidal llamada corriente de carga, que se genera incluso cuando el circuito de la línea está abierto en el extremo distante. Como la capacitancia de la línea es proporcional a su longitud, la

corriente de carga es despreciable para líneas con longitud menor de 100 km. Para líneas más largas, la capacitancia adquiere una importancia mayor y se tiene que tomar en cuenta.

(Kothari & Nagraht, 2008)

Figura 2-7

Sección transversal de una línea trifásica con espaciamiento asimétrico



Fuente: dibujo de Ayma C. A.

El campo eléctrico cerca de la superficie de un conductor trenzado no es el mismo que el de uno cilíndrico sólido. No obstante, es usual, al calcular la capacitancia de la línea, reemplazar un conductor trenzado por un cilíndrico sólido de conducción perfecta cuyo radio sea igual al radio exterior de este conductor trenzado. El error resultante en la capacitancia es pequeño ya que sólo resulta afectado el campo eléctrico cerca de las superficies de los conductores. (Ducan & Sarma, 2004)

La dimensional de la capacitancia de línea a neutro (C_n) es de microfaradios por kilómetro ($\mu\text{F} / \text{km}$), y está dada por.

$$C_n = \frac{q_a}{V_{an}} = \frac{2\pi k}{\ln\left(\frac{D_{eq}}{r}\right)} \quad (\text{Ecuación 2-13})$$

Donde:

C_n = Capacitancia de línea a neutro

q_a = Carga del conductor a

V_{an} = Tensión del conductor a a neutro

D_{eq} = Es la distancia equivalente entre centros de conductores de cada una de las fases.

k = Es la permitividad del espacio libre que en unidades SI es $k_0 = 8.85 \times 10^{-12}$ F/m. Y la permitividad relativa para el aire es $k_r = \frac{k}{k_0} = 1$.

r = es el radio medio geométrico del conductor.

La corriente de carga de la línea para una línea trifásica en forma de fasor es: (Kothari & Nagraht, 2008)

$$I_a(\text{carga de línea}) = j\omega C_n V_{an} \quad \text{A/km} \quad (\text{Ecuación 2-14})$$

2.3.10 Variables eléctricas

2.3.10.1 Tensión

La tensión eléctrica o diferencia de potencial es una magnitud física que cuantifica la diferencia de potencial eléctrico entre dos puntos. También se puede definir como trabajo por unidad de carga ejercido por el campo eléctrico sobre una partícula cargada para moverla entre dos posiciones determinadas. (Wikipedia, 2019)

A continuación, definiremos tensión nominal y nivel de tensión utilizado en el estudio.

- **Tensión nominal**

La tensión nominal es una magnitud característica en base a la que se dimensionan los medios de servicio en lo referente a la tensión a la frecuencia de la red. Frente a esto la tensión de servicio es la tensión aplicada a la red. (Norma DGE RM091, 2002)

- **Nivel de tensión**

A. Media tensión (abreviatura: M.T.): “Cualquier conjunto de niveles de tensión comprendidos entre la alta tensión y la baja tensión.” (Norma DGE RM091, 2002)

Los límites son $1 \text{ kV} < U \leq 35 \text{ kV}$, siendo U la Tensión Nominal.

Las tensiones normalizadas IEC son:

- **10.5 kV**
- 20.0 kV
- 22.9kV
- 33kV
- 22.9/13.2 kV
- 33/19 kV

B. Alta tensión (abreviatura: A.T.): En un sentido general, conjunto de niveles de tensión que exceden la baja tensión.

En un sentido restringido, conjunto de niveles de tensión superior utilizado en los sistemas eléctricos para la transmisión masiva de electricidad. Con Límites comprendidos entre $35 \text{ kV} < U \leq 230 \text{ kV}$ (Norma DGE RM091, 2002)

Las tensiones normalizadas IEC son:

- 60kV
- **138kV**
- 220kV

2.3.10.2 Corriente

La corriente eléctrica es el flujo de carga eléctrica que recorre un material. Se debe al movimiento de las cargas de los electrones en el interior del mismo. Al caudal de corriente se denomina intensidad de corriente eléctrica. Su unidad de medida es (culombios por segundo $C/s = \text{amperio A}$). (Wikipedia, 2019)

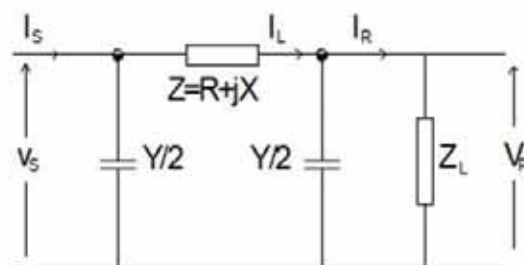
- **Representación en π nominal**

“En este método, la capacitancia total de la línea se divide en dos partes iguales que se centran en los extremos de transmisión y recepción, lo cual da por resultado la representación en π nominal” (Kothari & Nagraht, 2008).

como se muestra en la figura N.º 2.8.

Figura 2-8

Representación en π nominal para línea de longitud media



Fuente: Kotari, pág. 138

De la figura N.º 2.8, se tiene:

$$I_S = I_R + \frac{1}{2}V_R Y + \frac{1}{2}V_S Y$$

$$V_S = V_R + \left(I_R + \frac{1}{2}V_R Y\right)Z = V_R \left(1 + \frac{1}{2}YZ\right) + I_R Z$$

$$I_S = I_R + \frac{1}{2}V_R Y + \frac{1}{2}Y \left[V_R \left(1 + \frac{1}{2}YZ\right) + I_R Z\right]$$

$$= V_R Y \left(1 + \frac{1}{4}YZ\right) + I_R \left(1 + \frac{1}{2}YZ\right)$$

Finalmente se llega a

$$\begin{bmatrix} V_S \\ I_S \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} (1 + \frac{1}{2}YZ) & Z \\ Y(1 + \frac{1}{4}YZ) & (1 + \frac{1}{2}YZ) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_R \\ I_R \end{bmatrix} \quad (\text{Ecuación 2-15})$$

2.3.11 La carga eléctrica del sistema de distribución

La carga eléctrica es una característica del sistema de distribución, donde energía eléctrica es transformada a una energía aprovechable, ejemplo: energía mecánica, térmica, lumínica, y otros. La carga eléctrica es muy fundamental en un sistema de distribución que complementa la operación ya sea técnica y económica.

2.3.11.1 Factores aplicados a la carga

- **Carga instalada**

Suma de las potencias nominales de los equipos eléctricos instalados en la unidad consumidora, en condiciones de entrar en funcionamiento. (ANEEL, 2010)

- **Demanda**

Es la intensidad de corriente, o potencia eléctrica, relativa a un intervalo de tiempo específico, que absorbe su carga para funcionar. Ese lapso se denomina intervalo de demanda, y su indicación es obligatoria a efecto de interpretar un determinado valor de demanda. (Espina, 2017)

- **Demanda máxima**

“Carga máxima que se suministra a un circuito eléctrico en un periodo de tiempo determinado.”
(Kika, 2019)

- **Factor de utilización**

“El factor de utilización en un sistema de distribución es la relación entre la demanda máxima y la carga total conectada. Será muy útil para aplicar a nuestro estudio” (Portillo Loayza, 2015).

$$Fu = \frac{\text{carga máxima}}{\text{capacidad nominal}} \quad (\text{Ecuación 2-16})$$

2.3.11.2 Tipos de carga

Clasifica la carga de un sistema de distribución en tres principales categorías que son: por sensibilidad respecto a la interrupción, por tipo de usuario y por tipo de tarifa contratado. En caso del estudio solo se considera la clasificación por tipo de usuario debido a que la carga se caracteriza en base a la energía consumida por los usuarios siguientes. (Juarez, 1995)

- **Residencial (cliente menor)**

Los clientes residenciales son los hogares privados que consumen energía principalmente para calefaccionar, refrigerar e iluminar ambientes, calentar agua, cocinar, refrigerar productos, y lavar secar ropa. (Alicante, 2018)

- **Comercial (cliente menor)**

El cliente comercial utiliza energía eléctrica en baja tensión y a una potencia mediana los suministros son normalmente trifásicos, se considera talleres, los hoteles, aserraderos y otros, donde el punto final de transformación de energía son hornos, motores, y otros de mediana potencia. (Portillo Loayza, 2015)

- **Industrial (cliente mayor)**

El cliente industrial también conocido como cliente mayor utiliza energía eléctrica en grandes potencias y su entrega puede hacerse efectivo en redes de media tensión, se consideran pequeñas fábricas, grifos, colegios, mercados, chancadoras, mineras el punto final de utilización de energía son motores, hornos, y otros a nivel industrial. (Portillo Loayza, 2015)

2.3.12 Límites de operación en los sistemas de distribución

En el Perú tenemos una norma que nos indica los límites de operación que es la “Norma Técnica de Calidad de los Servicios Eléctricos (NTCSE)”.

La empresa de distribución eléctrica Electro Sur Este S.A.A. tienen indicadores de calidad internos que afecta su economía, planificación y buen servicio a sus usuarios. Por ello se considera en el estudio las variables demanda, cargabilidad, niveles de tensión y sobrecarga del transformador para la operación de los sistemas eléctricos. (Portillo Loayza, 2015)

2.3.12.1 Variación de tensión

Según la NTCSE nos indica la tolerancia para la variación de tensión que “está en título quinto contempla la calidad de producto y en el numeral 5.1.2. Establece la tolerancia admitida sobre la tensión nominal de los puntos de entrega, en todas las etapas y todos los niveles de tensión.” (NTCSE, 2010, pág. 12)

- **En el sector típico Urbano es de $\pm 5\%$**

Si supera la variación de tensión admitida se considera tensión de mala calidad, en un tiempo superior al cinco por ciento del periodo de medición.

2.3.12.2 Cargabilidad

“La cargabilidad es la cantidad máxima de potencia eléctrica que se puede enviar a través de una o de un conjunto de líneas, manteniendo las condiciones operativas del sistema” (Taday, 2016, p. 38).

- **Cargabilidad de transformadores**

La cargabilidad de los transformadores de distribución está relacionada bajo dos aspectos, uno desde el punto de vista térmico y otro por lo económico. El criterio de cargabilidad térmica está ligado con las características dieléctricas de los aislantes, pérdida de vida útil, etc. El segundo aspecto está asociado con parámetros económicos (inversión y pérdidas) que inciden en la selección de los transformadores, dependiendo de la carga, aspectos que son tratados ampliamente en modelos de manejo de carga en transformadores.

(Freire, 2012, pág. 30)

- **Criterio para determinar la cargabilidad de los transformadores**

Para determinar la cargabilidad o sobrecarga de los transformadores se emplea el criterio utilizado por OSINERGMIN en el informe técnico “Evaluación de la utilización de la capacidad de las instalaciones del SEIN” del año 2018. Que es:

$$\text{Factor de Utilización} = \frac{\text{máxima carga registrada (kVA)}}{\text{capacidad nominal (kVA)}} \quad (\text{Ecuación 2-17})$$

Se consideró tres grados de cargabilidad (factor de utilización en %)

- Cargabilidad normal, operación de transformador fuera de sobrecarga **0%-75%**.
- Cargabilidad de advertencia, operación de transformador próximo a sobrecarga **75%-100%**.
- Cargabilidad alto, operación de transformador en sobrecarga donde es **>100%**.

- **Cargabilidad de conductores**

El dimensionamiento del conductor se realiza en la etapa de diseño y su control durante el período de vida útil del mismo, en estas dos etapas es importante considerar sus condiciones de cargabilidad, con el fin de obtener condiciones adecuadas de operación dentro de parámetros técnico económicos razonables. (Rivera, 2013, pág. 50).

- **Criterio para determinar la cargabilidad en redes de MT.**

Para determinar la cargabilidad o sobrecarga de las redes de MT. Se emplea el criterio utilizado por OSINERGMIN en el informe técnico “Evaluación de la utilización de la capacidad de las instalaciones del SEIN” del año 2018. Que es:

$$Factor\ de\ Utilización = \frac{m\acute{a}xima\ carga\ registrada\ (kVA)}{capacidad\ nominal\ (kVA)} \quad (\text{Ecuación 2-18})$$

En el estudio se considera tres grados de cargabilidad en intervalos que son:

- Cargabilidad normal, operación del conductor fuera de sobrecarga **0%-75%**.
- Cargabilidad de advertencia, operación del conductor próximo a sobrecarga **75%-100%**.
- Cargabilidad alto, operación del conductor en sobrecarga donde es **>100%**.

2.3.13 Escenarios de simulación

2.3.13.1 Periodo de avenida

“Período donde en forma cíclica se producen las precipitaciones pluviométricas con cierta regularidad, las que permiten almacenar los reservorios del sistema de generación hidráulica que mayormente se produce entre los meses de noviembre y mayo del siguiente año” (CNE, 2011).

2.3.13.2 Periodo de estiaje

Periodo donde en forma cíclica se registra una disminución de precipitaciones pluviométricas y que origina la reducción de los caudales naturales que, para fines de operación del sistema hidráulico del Sistema Interconectado Nacional, es posible complementarlos con un programa de descarga de reservorios. (CNE, 2011).

Para el trabajo de investigación y para la simulación del flujo de potencia se realizó en este periodo de estiaje.

2.4 Fundamentos de cálculo eléctrico

2.4.1 Flujo de potencia utilidad y aplicación

el flujo de potencia es muy útil donde podemos analizar, investigar, proponer muchos estudios como, por ejemplo:

- ✓ realizar un plan de expansión que es una propuesta de nuestra investigación por el crecimiento de la demanda. Donde podemos prever un problema
- ✓ Equilibrar la demanda con la generación, ya que la población está en crecimiento, desarrollo que va necesitar de energía para desarrollar diferentes proyectos.
- ✓ Dar energía confiable y económico a nuestra población para su desarrollo y mejora de su calidad de vida.
- ✓ Llevar la energía de calidad y seguro a nuestro usuario final con mínimas perdidas.

El flujo de potencia es muy importante para el análisis de los temas mencionados.

2.4.1.1 Método utilizado para el software como DIGSILENT

El método utilizado en PowerFactory según el manual de usuario correspondiente para determinar las ecuaciones nodales de las redes a ser analizadas es el método de **NEWTON RAPHSON** la cual es utilizada para la resolución de ecuaciones no lineales.

2.4.2 Cálculo del cable subterráneo

Para determinar el cálculo del cable subterráneo se puede determinar con la caída de tensión. De acuerdo con el Código Nacional de Electricidad el nivel de caída de tensión en el punto más desfavorable de la red no deberá superar el 5% de la tensión nominal del sistema. En este sentido el nivel de tensión mínimo aceptable será el que se indica en el siguiente cuadro.

Tabla 2-2

Caída de tensión

Tensión Nominal del Sistema	138	kV
Caída de tensión permisible	6,9	kV
Mínimo nivel de tensión aceptable en la red	131,1	kV

Fuente: elaboración propia según CNE

Los cálculos de caída de tensión se han efectuado considerando un factor de coincidencia de 0,7 y un factor de potencia igual a 0,9 para la carga.

La caída de tensión se determina utilizando la siguiente relación:

$$\Delta V\% = (PL/(10V_L^2)) * (R + X_1 \text{tg}\phi)$$

$$\Delta V\% = K_1 PL \quad ; \quad K_1 = (R + X_1 \text{tg}\phi)/(10V_L^2)$$

Donde:

L = Longitud del tramo de línea en km

P = Potencia en kVA

R = Resistencia de operación del conductor en Ω /km

X1 = Reactancia Inductiva en Ω /km

\emptyset = Angulo de factor de potencia

K1 = Factor de caída de tensión

V_L = Tensión entre fases en kV

Los resultados del cálculo se muestran a continuación:

Tabla 2-3

Cálculos de caída de tensión

Sección mm ²	R(40°C) Ω /km	X(3 \emptyset) Ω /km	Cos \emptyset	Tensión (V)	K1	Potencia (W)	L (km)	Caída de Tensión (%)
185	0.106	0.714	0.9	138	2.4E-06	54000	5.3	0.7544
240	0.081	0.62	0.9	138	2.0E-06	54000	5.3	0.6366
300	0.064	0.522	0.9	138	1.7E-06	54000	5.3	0.5290

Fuente: Elaboración propia

2.4.2.1 Cálculo de capacidad de transporte en régimen permanente

La Línea Subterránea 138 kV se proyecta sobre el criterio de transmitir una potencia final de 60 MVA a la tensión nominal de 138 kV, lo que equivale a una corriente de 279 A y estará condicionada por la profundidad del cable necesaria para salvar los diferentes cruzamientos a lo largo del trazo.

Con la finalidad de obtener la máxima transferencia de potencia y tener un óptimo dimensionamiento térmico del cable para la Línea Subterránea 138 kV se deberá tener en cuenta la evacuación de calor producido en el conductor de cobre, la misma que es función de la construcción propia del cable y del tipo del medio en el que se encuentra instalado.

El método de cálculo a emplear se basa en la Norma Internacional IEC 60287, “Calculation of the Continuous Current Rating of Cables (100% Load Factor)”.

2.4.3 Cálculo para la selección de pararrayos

Para el presente cálculo se desarrollará un procedimiento para determinar los parámetros que nos va permitir seleccionar adecuadamente los pararrayos para la presente investigación los ensayos de funcionamiento es según la norma IEC 60099-4. Donde podemos apreciar el cálculo en el

Anexo 2.1

- ✓ Cálculo de la máxima tensión de operación continua. (U_c)
- ✓ Cálculo de la sobre tensión temporal. (TOV)
- ✓ Cálculo de la tensión nominal del pararrayos. (U_r)

2.4.4 Cálculo para la cadena de aisladores

Para determinar el tipo de cadena de aisladores se emplea el siguiente procedimiento aplicando las normas IEC, IEEE y ANSI donde determinaremos para un nivel de tensión de 138 kV basado en las condiciones ambientales y las características del sistema eléctrico. Donde podemos ver un cálculo previo en el **Anexo 2.2**

- ✓ Determinamos el aislamiento necesario por contaminación ambiental donde calculamos la línea de fuga.
- ✓ Determinamos el aislamiento necesario de sobretensión a frecuencia industrial donde calculamos la sobretensión a frecuencia industrial en seco.
- ✓ Determinamos el aislamiento necesario por sobretensiones atmosféricas donde calculamos las sobretensiones atmosféricas.

2.4.5 *Coordinación de aislamiento*

La coordinación de aislamiento es muy importante para el equipamiento de la subestación donde tenemos las recomendaciones de la norma IEC 60071-1 y IEC 60071-2. donde se ve detallada mente en el **Anexo 2.3**

- ✓ Determinación de sobretensiones representativas
 - Sobretensión temporal
 - Sobretensión de frente lento
- ✓ Determinación de las tensiones de coordinación
 - Sobretensiones temporales
 - Sobretensiones de frente lento
 - Sobretensiones de frente rápido
- ✓ Determinación de las tensiones soportadas requeridas
 - Factor de seguridad
 - Factor de corrección atmosférico
 - Tensiones de soportabilidad requeridos
 - Convertir a tensiones de soportabilidad normalizados
 - Conversión a tensión soportada tipo rayo

3 CAPÍTULO III: OPERACIÓN ACTUAL Y SU PROYECCIÓN AL 2024 DE LA SUBESTACIÓN QUENCORO FRENTE A LA DEMANDA.

3.1 Introducción

En el presente capítulo se determina la operación actual de la subestación Quencoro en estado estacionario, no se tomará en consideración los fenómenos transitorios en el sistema. Para lo cual el capítulo se divide en dos partes: En la primera parte realizaremos la ubicación y descripción de la subestación Quencoro, y en la segunda parte se analizará la condición operativa actual al año 2018.

3.2 Ubicación del sistema eléctrico de la subestación Quencoro

3.2.1 Ubicación geográfica

De acuerdo a la ubicación geográfica el sistema eléctrico de la subestación Quencoro, se encuentra ubicado en el distrito de San Jerónimo, provincia y departamento de Cusco. Inició su operación en el año 1984. en la actualidad es operado por Red de Energía del Perú - REP. (ver figura 1.1)

3.2.2 *Ubicación eléctrica*

El sistema eléctrico de la subestación Quencoro se encuentra ubicado al Sur Este del SEIN. La subestación de transmisión está conectada con la subestación Dolorespata, correspondiente a la línea (L-1004), por otro lado, con la subestación Combapata (L-1050), y la subestación Cachimayo y Machupichu mediante la línea (L_1002), siendo el nivel de tensión de la línea de transmisión de 138kV. De la subestación de distribución de Quencoro salen dos líneas de distribución, la primera va a huario, Oropesa y plan Maestro en un nivel de tensión de 33 kV, la segunda abastece a la ciudad de Cusco a un nivel de tensión de 10.5 kV en media tensión a través de sus siete alimentadores.

3.2.3 *Caracterización de la subestación Quencoro*

La infraestructura eléctrica existente de la subestación Quencoro, en lo concerniente a la subestación de distribución (no se toma en consideración la línea de transmisión), se desarrollará el modelamiento correspondiente para la simulación en DIgSILENT Power Factory.

3.2.3.1 **Componentes principales de la sub-estación Quencoro y datos técnicos.**

✓ **Interruptor de potencia en 138 kV**

Tensión nominal	170 kV
Intensidad nominal	1000 A
Capacidad de interrupción	31.5 kA

✓ **Pararrayos en 138 kV**

Tensión nominal de la red	138 kV
Tensión nominal del pararrayos	120 kV
Corriente de descarga	10 KA

✓ **Pararrayos en 10.5 kV**

Tensión nominal de la red 10.5 kV

Tensión nominal del pararrayos 12 kV

Corriente de descarga 10 KA

✓ **Interruptor general de los alimentadores**

Tensión nominal 17.5 kV

Intensidad nominal 1250 A

Capacidad de interrupción 31.5 kA

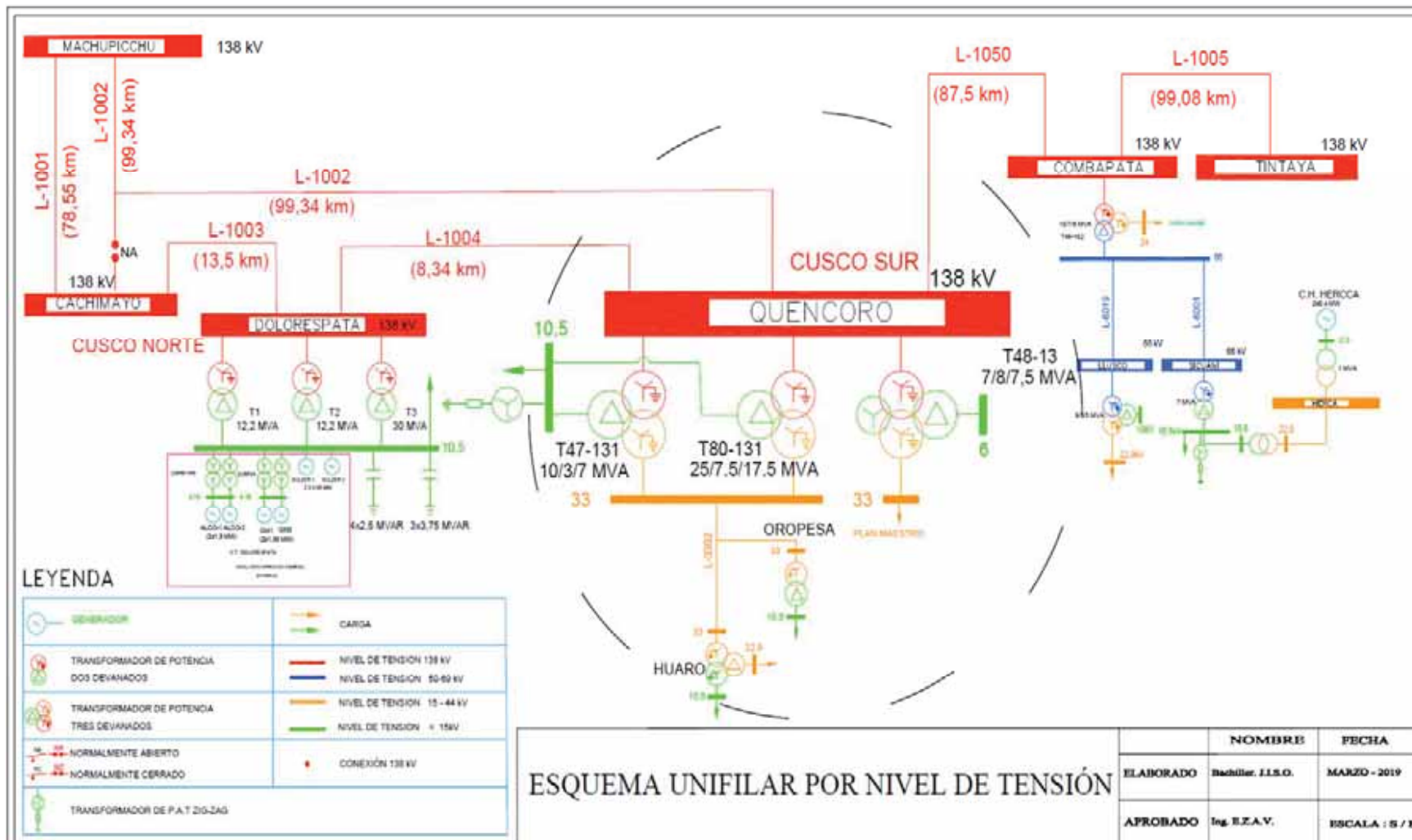
✓ **Interruptor en los alimentadores**

Tensión nominal 17.5 kV

Intensidad nominal 630 A

Figura 3-1

Diagrama unifilar de interconexión de la subestación Quencoro (Anexo3.1)



Fuente: COES

La subestación Quencoro inicio su operación en 1984 , y actualmente la operación de la misma está a cargo de la empresa Red de Energía del Perú – REP, está compuesta por dos transformadores de potencia de tres devanados, de las cuales dos devanados alimentan la barra de 10.5 kV que suministra 24.5 MVA de potencia, para los 07 alimentadores que se distribuye en la ciudad de Cusco, y el devanado restante se encuentra conectado a la barra de 33 kV y, suministra una potencia de 10.5 MVA la misma que alimenta a las subestaciones de Huaró y Oropesa. Como podemos apreciar los datos técnicos en las tablas 3.1 y 3.2 que han sido instalados en dicha subestación. Ver fotos en Anexos 3.2

Tabla 3-1

Datos de placa del transformador 1

Transformador de Potencia (SIEMENS)			
NUMERO DE FASES		3	
GRUPO DE CONEXIÓN		YNynOd11	
FRECUENCIA		60Hz	
ELEVACIÓN TEMP. ACEITE MAX.		60°C	
ELEVACIÓN TEMP. PROMEDIO		65°C	
DEVANADOS			
POTENCIA MÁXIMA MVA		TENSIÓN NOMINAL EN VACÍO (kV)	
ONAN	ONAF		
20	25	132(+8x1.25%)	
6	7.5	34.5	
14	17.5	10.5	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3-2*Datos de placa del transformador 2*

Transformador de Potencia (ALSTHOM)	
NUMERO DE FASES	3
GRUPO DE CONEXIÓN	YNynOd11
FRECUENCIA	60Hz
POTENCIA MÁXIMA MVA	TENSIÓN NOMINAL EN VACÍO (kV)
ONAN 10/3/7	132(+8x1.25%) /34.5/10.5

Fuente: Elaboración propia

En la figura 3.2 se aprecia la topología de distribución de la subestación Quencoro con los circuitos de los 7 alimentadores que están distribuidos en la ciudad de Cusco, en el presente trabajo de investigación nos enfocaremos solo, en los distritos de San Sebastián San Jerónimo y Wanchaq.

Figura 3-2*Topología de distribución de la subestación de Quencoro*

Fuente: SID-ELSE

3.2.4 *Numero de SED, longitud de líneas y número de clientes de la subestación*

En la tabla 3.3 hacemos un resumen de todos los alimentadores de la subestación de Quencoro, donde se toma en consideración la longitud de cada alimentador y la cantidad de numero de subestaciones de distribución por alimentador, datos que son de fundamentales para el desarrollo del presente estudio, y que serán utilizados en la simulación del flujo de potencias con el software DIgSILENT Power Factory.

Tabla 3-3

Número de subestaciones, longitud de línea y usuarios por alimentador

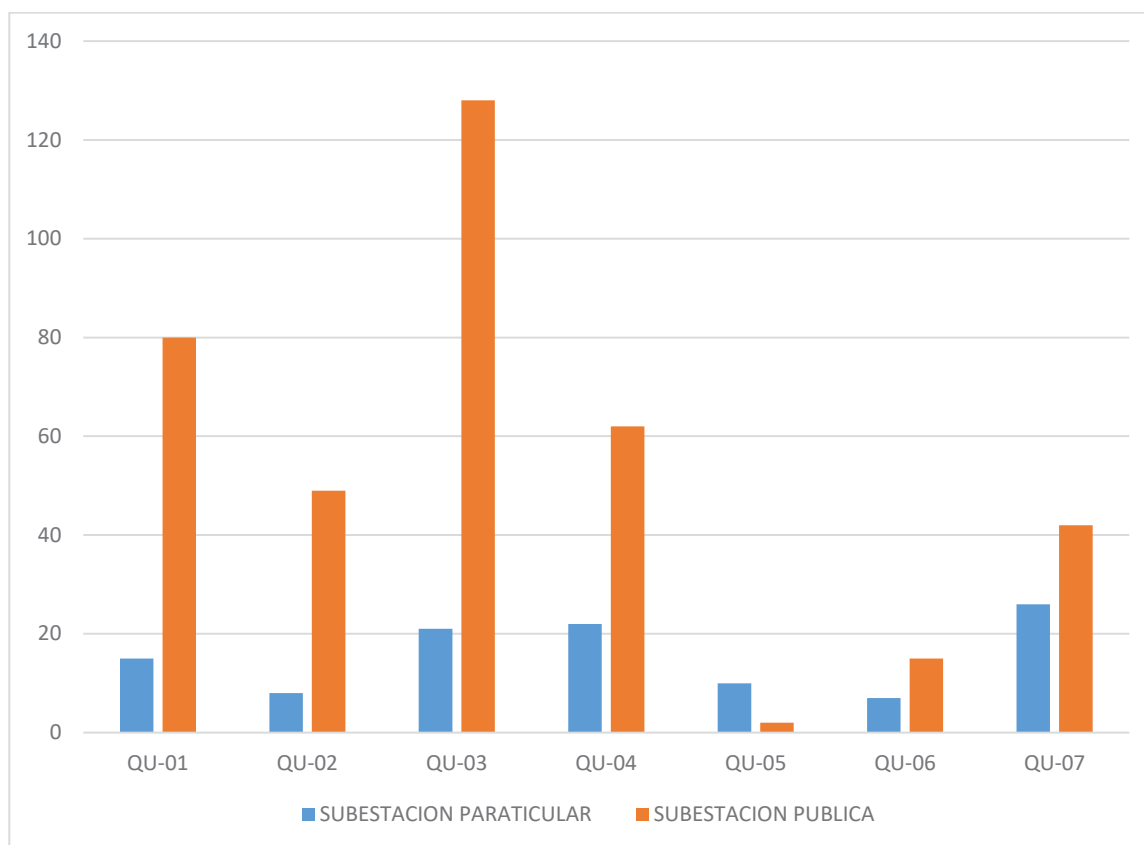
Alimentador	N.º de SED		Longitud (Km)
	Particular	Publico	
QU 01	15	136	30.52
QU 02	08	47	12.50
QU 03	21	131	54.79
QU 04	22	65	27.78
QU 05	00	07	7
QU 06	7	48	11.50
QU 07	26	59	32.08

Fuente: elaboración propia

En la figura 3-3 se muestra un cuadro de todas las subestaciones de distribución ya sea particular y publico de la subestación Quencoro

Figura 3-3

Cantidad de subestaciones de la subestación Quencoro



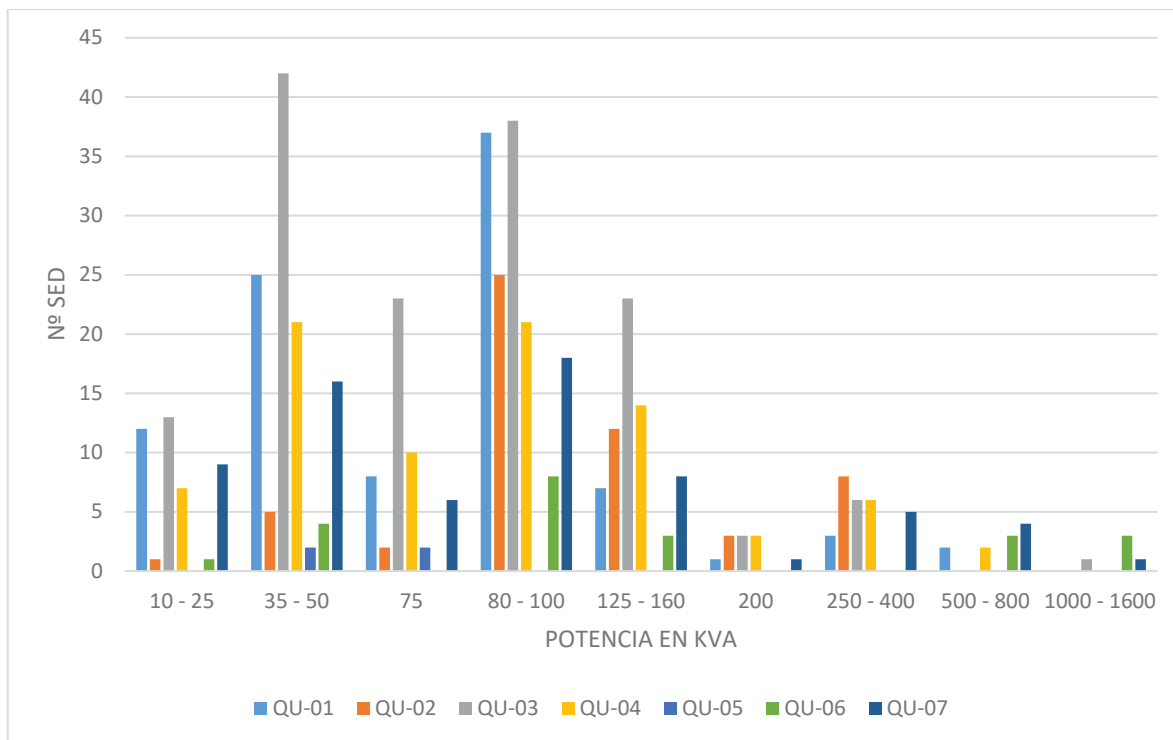
Fuente: elaboración propia

En la tabla 3-4 es posible afirmar que las potencias aparentes de los transformadores utilizados en los diferentes alimentadores, de la subestación de Quencoro, son de 10 -1600 KVA, como también se puede observar en la figura 3-4, que dichos transformadores se encuentran instalados en los alimentadores QU-01, QU-02, QU-03, QU-04, QU-05, QU-06 y QU-07.

Tabla 3-4*Cantidad de subestaciones según su potencia*

POTENCIA (KVA)	10	15	25	35	37.5	50	75	80	85
N.º SED	6	9	28	1	3	111	51	14	1
POTENCIA (KVA)	100	125	150	160	200	250	320	400	500
N.º SED	132	5	1	61	11	19	5	4	6
POTENCIA (KVA)	630	640	800	1000	1250	1600	TOTAL		
N.º SED	2	1	2	3	1	1	478		

Fuente: elaboración propia con datos de ELSE.

Figura 3-4*Cantidad de subestaciones según su potencia*

Fuente: elaboración propia

En la figura 3-4 se observa un resumen de los transformadores instalados en la subestación de Quencoro en los siete alimentadores según a su potencia instalada en campo.

3.2.5 *Número total de clientes por alimentador de la subestación de Quencoro*

La subestación Quencoro en la zona de estudio considerada, tiene 59180 usuarios los mismos que están distribuidos entre los siete alimentadores, como se puede observar en la tabla 3-5.

Tabla 3-5

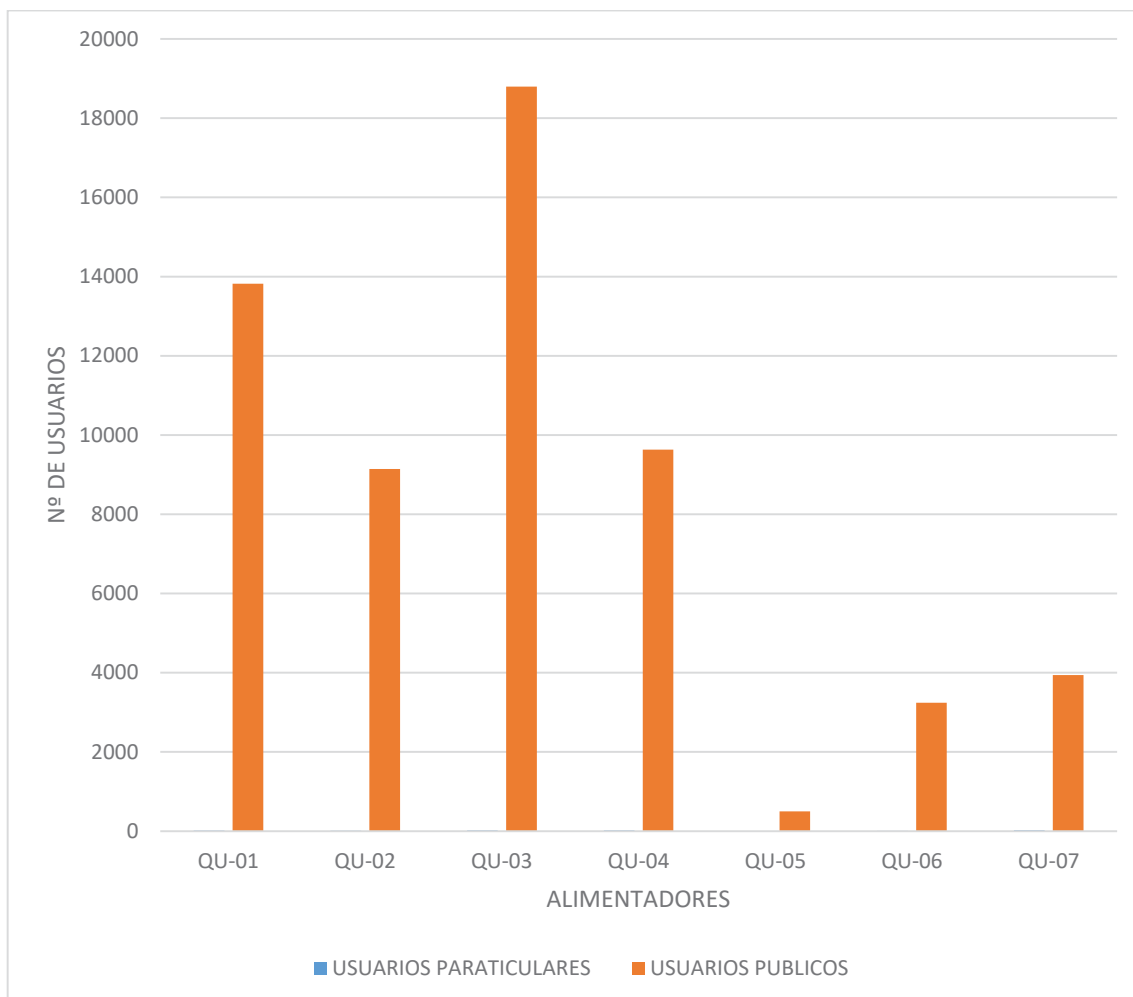
Número de usuarios de la subestación Quencoro

ALIMENTADOR	N.º USUARIOS PARTICULARES	N.º USUARIOS PÚBLICOS
QU - 01	15	13821
QU - 02	8	9145
QU - 03	21	18799
QU - 04	22	9634
QU - 05	0	500
QU - 06	7	3241
QU - 07	26	3941

Fuente: elaboración propia con datos del SID-ELSE

Figura 3-5

Número de usuarios de los alimentadores de la subestación Quencoro



Fuente: elaboración propia

3.2.6 Modelo eléctrico de la subestación Quencoro en el software de DIgSILENT

La subestación Quencoro cuenta con una base de datos la misma que fue recopilada en la empresa Electro Sur Este S.A.A. Donde se utiliza el software de simulación DIgSILENT Power Factory en el ANEXO 3.1, se puede apreciar el sistema eléctrico de la subestación, y de sus siete alimentadores a partir del cual se realizará el flujo de potencia para el análisis de los resultados.

3.3 Diagnóstico actual de las condiciones de operación de la subestación de Quencoro

El diagnóstico actual de las condiciones de operación de la subestación Quencoro, se realizará para los siete alimentadores considerados en el presente estudio, considerando la totalidad de datos de cada alimentador, datos obtenidos al año 2018, que se encuentra dentro del periodo actual de estudio, base de datos fue recopilada a través de la empresa Electro Sur Este, y que serán utilizados para la simulación de flujo de potencia en el software DIgSILENT Power Factory.

El diagnóstico actual se realizará considerando las tres demandas de potencia existentes, pero para realizar el análisis en el presente trabajo de investigación solamente se tendrá en consideración la demanda de la **potencia punta** (o máxima demanda).

- **Potencia punta:** también conocida como la máxima demanda, que es registrada por un analizador de redes. En un periodo de horas de punta que está comprendido entre la 18:00 y 00.00 horas.

3.3.1 Demanda máxima de potencia actual

La demanda máxima de potencia ya se mencionó en el capítulo I, en la tabla 1.2 los datos exhibidos son demandas de clientes menores y mayores, obtenidos de los registros de Gerencia de Operaciones de la División de Calidad de ELSE.

3.3.2 Análisis de los resultados de simulación de flujo de potencia en DIgSILENT

Se verificará los resultados de la simulación de flujo de potencia, de todos los alimentadores de la subestación de Quencoro, en DIgSILENT Power Factory versión 15.1.

3.3.2.1 Resultados en subestaciones de distribución

Se verificará el estado actual de operación en cada alimentador con sus respectivas subestaciones de distribución, en el cual analizaremos, la sobrecarga de los transformadores y caídas de tensión en las subestaciones, el análisis es solo en estado estacionario.

Tabla 3-6*Cargabilidad de los transformadores de la subestación Quencoro*

CARGABILIDAD (%)	QU01		QU02		QU03		QU04	
	N° SED	%	SED	%	SED	%	SED	%
0-75	103	68%	43	78%	126	83%	53	61%
75-100	25	17%	8	15%	14	9%	11	13%
>100	23	15%	4	7%	12	8%	23	26%

CARGABILIDAD (%)	QU05		QU06		QU07	
	N° SED	%	SED	%	SED	%
0-75	11	100%	39	71%	63	74%
75-100		0%	4	7%	13	15%
>100		0%	12	22%	9	11%

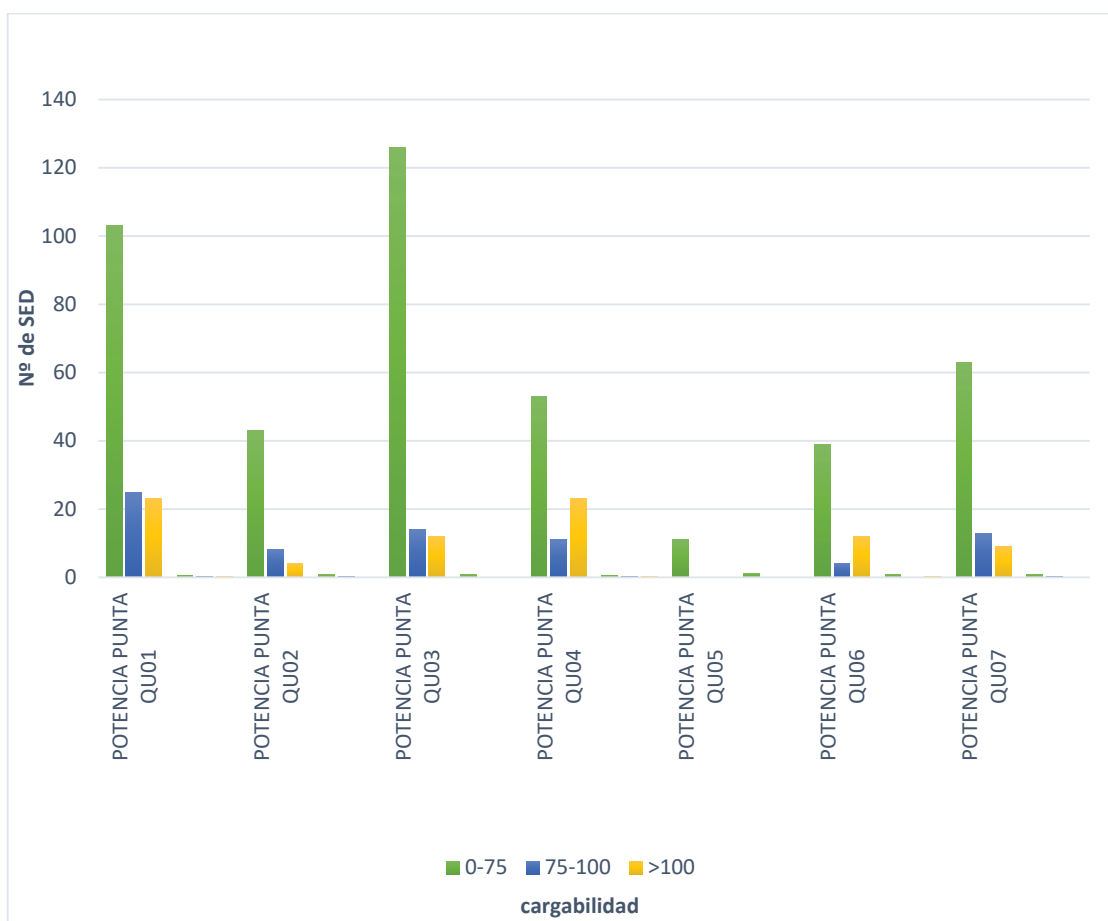
Fuente: elaboración propia con datos de división de operaciones de ELSE

De la definición de los grados de cargabilidad; se afirma que hay tres intervalos de cargabilidad, el primer intervalo es de 0%-75% significa que está en su capacidad nominal donde la operación se encuentra en el estado normal. El segundo intervalo esta 75%-100% indica que su capacidad nominal está próxima a sobrecargarse. Y el tercer intervalo que es mayor al 100% significa que su

capacidad nominal, está sobrecargado (Osinermin, 2018). En la tabla 3.6 se observa el resumen de todo el transformador de la subestación de Quencoro donde podemos ver la cantidad de transformadores que están operando en su capacidad nominal, próximo a sobrecargarse y sobrecargado este porcentaje de cargabilidad es solo en potencia punta.

Figura 3-6

Cargabilidad de los transformadores de la subestación Quencoro al periodo 2018



Fuente: Elaboración propia

En la figura 3.6 podemos observar claramente, que la barra de color verde representa a los transformadores con cargabilidad normal, la barra de color azul los transformadores que están

próximos a sobrecargarse y la barra de color amarillo nos muestra a los transformadores ya sobrecargados para el periodo 2018.

3.3.2.2 Resultados de flujo de potencia de la subestación Quencoro en el periodo 2018.

Tabla 3-7

Resultados de flujo de potencia del transformador de potencia

TRANSFORMADOR	Transformador 1 (T80-131)	Transformador 2 (T37-131)
POTENCIA (MW)	13.59	6.93
CARGABILIDAD (%)	79.40	104.86

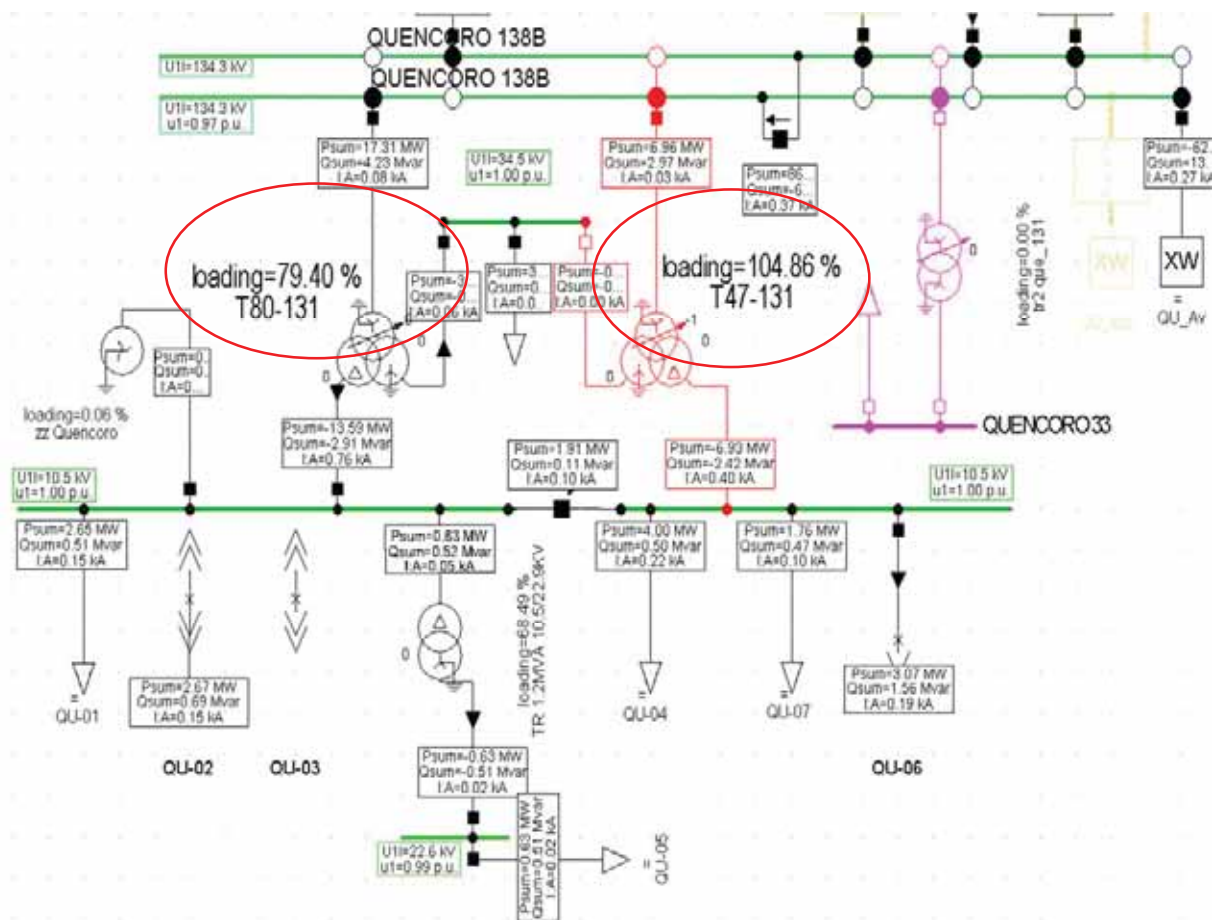
Fuente: elaboración propia (base de datos ELSE)

La tabla 3.7 muestra el resultado de flujo de potencia corrido en DIGSILENT donde resaltamos la potencia y cargabilidad de cada transformador, donde podemos observar que el transformador uno está operando en el intervalo de (75-100) %, lo que nos muestra que el transformador está próximo a sobrecargarse, y el transformador 2 ya se encuentra sobrecargado. Donde la potencia nominal del transformador 1 es de 25 MVA donde 1 de los devanados tiene una potencia de 7.5 MVA y segundo devanado tiene 17.5MVA, y el segundo transformador tiene una potencia de 10 MVA de 3 y 7 MVA distribuidos en los devanados.

En la figura 3.7 se muestra los resultados de flujo de potencia en el periodo 2018, donde nos muestra el transformador N°1 una cargabilidad de 79.4 % está próximo a sobrecargarse, y el transformador 2 una cargabilidad de 104.86 % que ya está sobrecargado.

Figura 3-7

Diagrama de la subestación Quencoro en el periodo 2018



Fuente: elaboración propia con datos del centro de control ELSE.

Tabla 3-8

resultados de flujo de potencia de los alimentadores

ALIMENTADOR	QU-01	QU-02	QU-03	QU-04	QU-05	QU-06	QU-07
POTENCIA (MW)	2.65	2.67	5.73	4	0.63	1.76	3.07

Fuente: elaboración propia (base de datos ELSE)

La tabla 3.8 muestra el resultado de flujo de potencia corrido en DIGSILENT donde nos muestra las potencias de cada alimentador.

3.4 Condiciones de operación de la subestación de Quencoro al 2024.

3.4.1 Demanda de potencia histórica

El historial de la demanda corresponde a los datos obtenidos de la empresa Electro Sur Este S.A.A. correspondiente a los últimos 4 años del 2015 al 2018. Los datos históricos obtenidos son lecturas realizadas cada 15 minutos, datos que fueron mostrados en la tabla 1-2 como un resumen general de cada año, donde se puede observar la demanda de cada transformador datos que son de fundamental importancia para realizar el cálculo de proyección de la demanda.

3.4.2 Crecimiento y proyección de demanda de potencia al año 2024

Para el análisis de la proyección de la demanda de potencia utilizaremos las potencias históricas de los años anteriores, donde podemos ver un resumen en el **Anexo N°3.2** para ello tomaremos en consideración el método de la tasa de crecimiento aritmético, tasa crecimiento geométrico y tasa de crecimiento exponencial, cuyas ecuaciones serán obtenidas de la revista electrónica CIDE digital Vol. 2 N°1, abril 2011 de Arnaldo Torres Degro

a. Tasa de crecimiento aritmético

Es la más simple de los métodos expuestos, la misma que es conocida también como tasa de crecimiento lineal. (Torres Degro, 2011, pág. 5)

$$r = \frac{p^{t+n} - p^t}{a(p^t)} \quad \text{(Ecuación 3-1)}$$

Donde:

tasa de crecimiento anual aritmético	r
población al momento actual (demanda consumida)	p^{t+n}
Población al momento inicial o población base o población inicial	p^t
La amplitud o distancia en tiempo entre las dos poblaciones de referencia	a

En la tabla 3-9 se muestra el resultado de tasa de crecimiento lineal correspondiente a los años: 2015, 2016, 2017 y 2018, determinada mediante la ecuación anterior, así como la tasa promedio de crecimiento lineal correspondiente a los cuatro años considerados en el presente estudio.

Tabla 3-9

Tasa de crecimiento lineal

	Demanda			
	AÑO-2015	AÑO - 2016	AÑO - 2017	AÑO - 2018
tasa de crecimiento lineal	5.28%	8.82%	4.33%	4.10%
tasa de crecimiento lineal de los 4 años		4.39%		

Fuente: elaboración propia

b. Tasa de crecimiento geométrico

También conocido como interés compuesto, tasa que supone un crecimiento porcentual constante en el tiempo. A diferencia del modelo anterior, dicha tasa mantiene constante el porcentaje de crecimiento por unidad de tiempo, y puede ser utilizado también para períodos largos. La ecuación para el cálculo de la tasa de crecimiento poblacional será la que utilizaremos para el análisis de proyección de la demanda, la misma que viene dada por:

$$r = \left(\frac{P^{t+n}}{P^t}\right)^{1/a} - 1 \quad \text{(Ecuación 3-2)}$$

Donde:

- r tasa de crecimiento anual geométrico
- P^{t+n} población al momento actual
- P^t Población al momento inicial o población base o población inicial
- a La amplitud o distancia en tiempo entre las dos poblaciones de referencia. (Torres Degro, 2011, pág. 8)

En la tabla 3-10 se muestra los resultados y aplicación de la tasa de crecimiento compuesto y, como puede observarse, la tasa obtenida es muy pequeña para periodos cortos, y para periodos largos los resultados son más óptimos. Por lo tanto, utilizaremos esta tasa de crecimiento para el análisis de la proyección de la demanda. Se tiene todo los datos requeridos según a la fórmula para después ser remplazado y así obtener el resultado de 4.12 %.

Tabla 3-10

Tasa de crecimiento compuesto

MESES	Demanda (MW) de los años			
	2015	2016	2017	2018
Enero	17.43	18.34	19.56	19.68
Febrero	17.67	18.80	21.47	19.56
Marzo	18.33	18.79	21.79	20.49
Abril	18.49	19.01	20.30	20.49
Mayo	18.53	19.15	21.10	21.09
Junio	18.35	19.55	20.41	20.68
Julio	18.53	19.51	20.19	20.87
Agosto	18.77	19.85	20.30	20.71
Setiembre	18.59	19.83	21.61	20.84
Octubre	18.57	20.11	20.16	20.90
Noviembre	18.71	20.55	20.55	20.19
Diciembre	18.35	19.95	20.41	20.49
población al momento actual			P^{t+n}	20.49
población al momento inicial			P^t	17.43
amplitud			a	4 años
tasa de crecimiento anual geométrico			$r = \left(\frac{P^{t+n}}{P^t}\right)^{1/a} - 1$	4.12%

Fuente: elaboración propia

c. Tasa de crecimiento exponencial

Se produce de forma continua el crecimiento y no en cada unidad de tiempo.

$$r = \frac{\ln P^{t+n} - \ln P^t}{a} \quad (\text{Ecuación 3-3})$$

Donde:

- r Tasa de crecimiento anual geométrico
- P^{t+n} Población al momento actual
- P^t Población al momento inicial o población base o población inicial
- a La amplitud o distancia en tiempo entre las dos poblaciones de referencia. (Torres Degro, 2011, pág. 8)

En la tabla 3-11 se observa que la tasa de crecimiento exponencial que es muy continua y, se asemeja a la tasa de crecimiento lineal. Estos valores son obtenidos de los datos históricos del 2015 al 2018.

Tabla 3-11

Tasa de crecimiento exponencial

	Demanda			
	AÑO-2015	AÑO - 2016	AÑO - 2017	AÑO - 2018
tasa de crecimiento exponencial	5.15%	8.45%	4.24%	4.01%
tasa de crecimiento exponencial de los 4 años	4.04%			

Fuente: elaboración propia

En la tabla 3.12 se observa la proyección de la demanda a partir del año 2018 hasta el 2024, donde se aprecia que para el 2024 tendremos un déficit de 3.67 MW con una tasa de crecimiento del 4.12%, dicha tasa se determina utilizando la ecuación de **la tasa de crecimiento geométrico**, este método es seleccionado por que es muy favorable para estudios de periodos largos. Con estos resultados que nos muestra que los transformadores de la subestación de Quencoro se encerrarán sobrecargados.

Tabla 3-12

Proyección de demanda del 2018 al 2024

MESES	Demanda (MW) de los años						
	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
ENERO	19.68	20.01	20.84	21.70	22.59	23.52	24.49
FEBRERO	19.56	20.27	21.11	21.98	22.88	23.83	24.81
MARZO	20.49	21.00	21.87	22.77	23.71	24.69	25.71
ABRIL	20.49	20.86	21.72	22.61	23.55	24.52	25.53
MAYO	21.09	21.38	22.26	23.18	24.13	25.13	26.17
JUNIO	20.68	21.05	21.91	22.82	23.76	24.74	25.76
JULIO	20.87	21.16	22.03	22.94	23.89	24.87	25.90
AGOSTO	20.71	21.15	22.02	22.93	23.87	24.86	25.88
SEPTIEMBRE	20.84	21.38	22.26	23.18	24.13	25.13	26.17
OCTUBRE	20.90	21.26	22.13	23.05	24.00	24.99	26.02
NOVIEMBRE	20.19	20.92	21.78	22.68	23.62	24.59	25.61
DICIEMBRE	20.49	20.98	21.84	22.74	23.68	24.66	25.67
DEMANDA POR AÑOS (MW)	20.50	20.95	21.81	22.71	23.65	24.63	25.64
OFERTA(MVA)	24.5	24.5	24.5	24.5	24.5	24.5	24.5
OFERTA(MW)	22.05	22.05	22.05	22.05	22.05	22.05	22.05
DIFERENCIA DE OFERTA Y DEMANDA (MW)	1.55	1.10	0.24	-0.66	-1.60	-2.58	-3.59

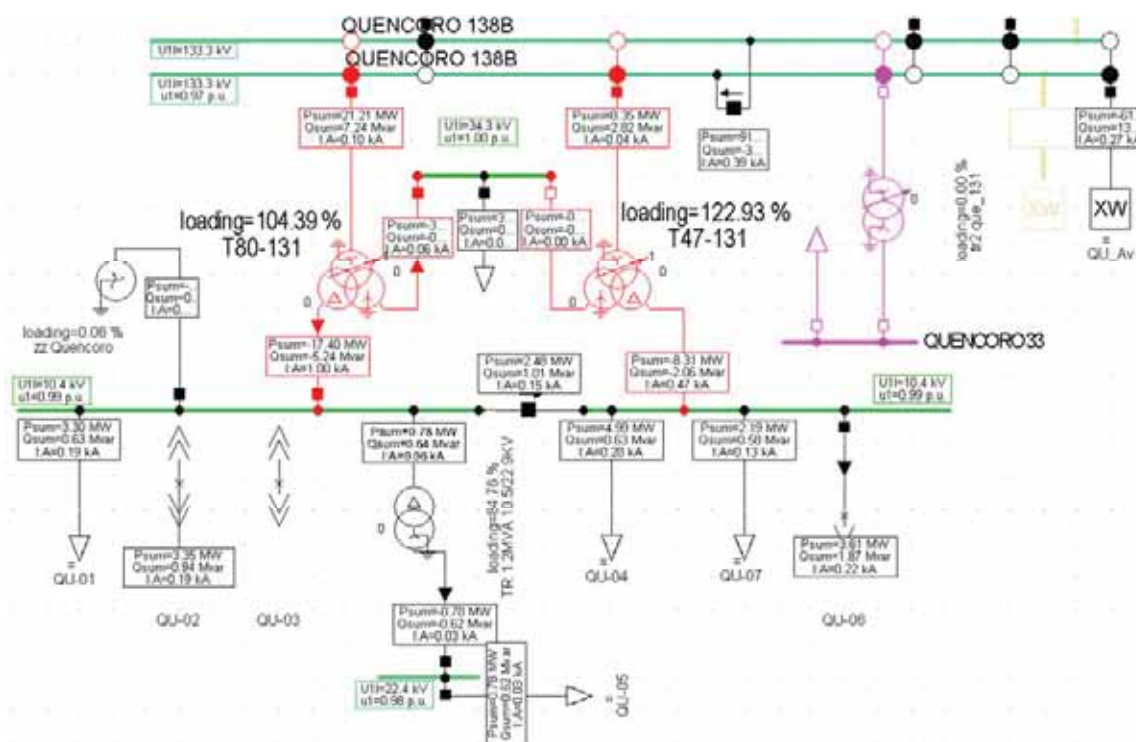
Fuente: elaboración propia

3.4.3 Resultados de flujo de potencia en el año 2024

En la figura 3.8 se muestra el flujo de potencia en el año 2024 con la demanda proyectada para dicho año y cómo podemos observar el transformador 1 tiene una cargabilidad de 104.39% y vemos que ya está sobrecargado, y el transformador 2 tiene una cargabilidad de 122.93% y de igual forma está sobrecargado.

Figura 3-8

Resultados de flujo de potencia en el año 2024



Fuente: elaboración propia con datos del centro de control ELSE.

3.5 Conclusión del diagnóstico

En conclusión, podemos ver el aumento de la carga eléctrica del año 2018 y que para el año último del periodo 2024 la subestación de Quencoro presentara problemas de cargabilidad.

Los resultados según el análisis que se han hecho en el periodo 2018 al 2024 de flujo de potencia se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 3-13

Resultados del flujo de potencia de la subestación Quencoro en el año 2018 y 2024

SET QUENCORO		
TRANSFORMADORES	T-80	T-47
AÑO	NIVEL DE CARGABILIDAD %	
2018	79.4	104.86
2024	104.39	122.93

Fuente: elaboración propia

La tabla 3.13 muestra los resultados de la cargabilidad de los transformadores de potencia de la SET Quencoro al final del periodo 2024, el transformador T-80 excede en un 4% y el transformador T-47 excede en un 23% al 100% estos resultados nos muestran el problema de sobrecarga si no se toma decisiones para resolver el problema de dicha SET tendrá consecuencia de subdesarrollo para nuestra ciudad.

4 CAPÍTULO IV: ANÁLISIS DE LAS ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN

4.1 Introducción

En presente capitulo se desarrollará tres alternativas de solución, la alternativa uno tiene muchas ventajas no solo para el crecimiento de la demanda sino también para todo el sistema eléctrico que será más confiable, robusto y seguro debido a la incorporación de la subestación en anillo del Parque Industrial. La segunda alternativa de solución es muy similar a la primera alternativa, la diferencia es que, los alimentadores tienen que conectarse inmediatamente, esto como resultado del análisis mediante el software Power Factory DIgSILENT para dicha transferencia de carga. Y la tercera alternativa de solución es la más rápida pero no es la más eficiente, que por el momento solucionara el problema del sistema eléctrico, pero no garantiza la confiabilidad del sistema, tampoco es robusto y menos seguro, dado que no garantizara la rentabilidad en el largo plazo.

4.2 Primera alternativa de solución, ampliación de la subestación de Quencoro e incorporación de la subestación Parque Industrial según el perfil aprobado por ELSE.

4.2.1 Alcances

Dicha ampliación de la SET de Quencoro se hará mediante una línea de transmisión de 138 kV que comprenderá la subestación Quencoro y el Parque Industrial, también se tendrá una nueva subestación en el Parque industrial que permitirá a los distritos de San Sebastián Wanchaq y San Jerónimo incrementar el nivel de confiabilidad no solo en las demandas proyectadas satisfechas sino también en la eficiente operación del sistema de transmisión.

4.2.2 Justificación

De la proyección del crecimiento de la demanda en la ciudad de Cusco, obtenidas en las tablas anteriores, se pudo observar que la subestación de Quencoro estará llegando a su capacidad máxima de operación para el año 2024, donde también puede apreciarse que los transformadores se encontrarán sobrecargados, en el presente estudio analizaremos de qué manera mejorará la operación del sistema con la incorporación de la nueva subestación Parque Industrial.

4.2.3 Selección de transferencia de carga

Para determinar la transferencia de carga, en primer lugar, se tiene que tomar en consideración la ubicación de la subestación Parque Industrial, para luego proceder a introducir el concepto de área de influencia de una SET de acuerdo al método de las mediatrices.

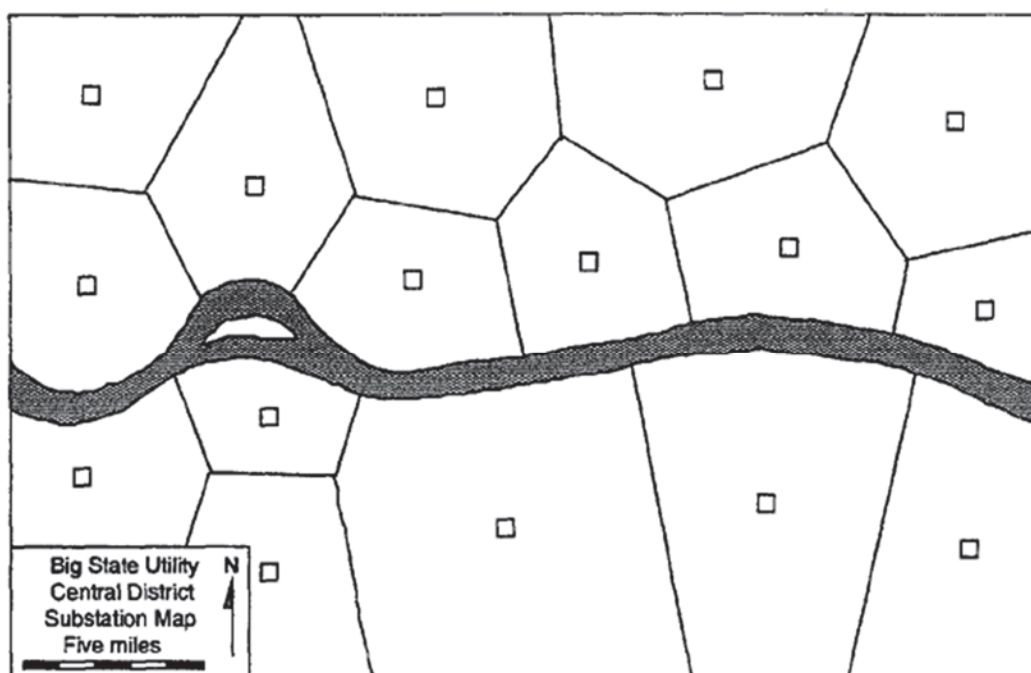
El área de influencia de una SET es aquella región imaginaria o teórica donde se puede desarrollar la expansión de las redes de distribución (alimentadores MT, subestaciones de distribución y circuitos de BT).

Considerando un área o sistema eléctrico con características uniformes de demanda en toda su extensión, se entiende que existe un criterio de planeamiento que señala el desarrollo de las SET a partir de la selección de una misma capacidad óptima (MVA). Esto último debe entenderse como un principio de normalización que la mayoría de empresas eléctricas ejecutan en sus planes de desarrollo de sus redes eléctricas.

Según lo anterior, el área de influencia de cualquier SET está definida solamente por establecer regiones delimitadas en forma equidistante a sus SET adyacentes. En la Figura 4.1 se muestran áreas de influencia de SET a lo largo de un río o condición geográfica diversa.

Figura 4-1

Área de influencia de centros de transformación (SET)



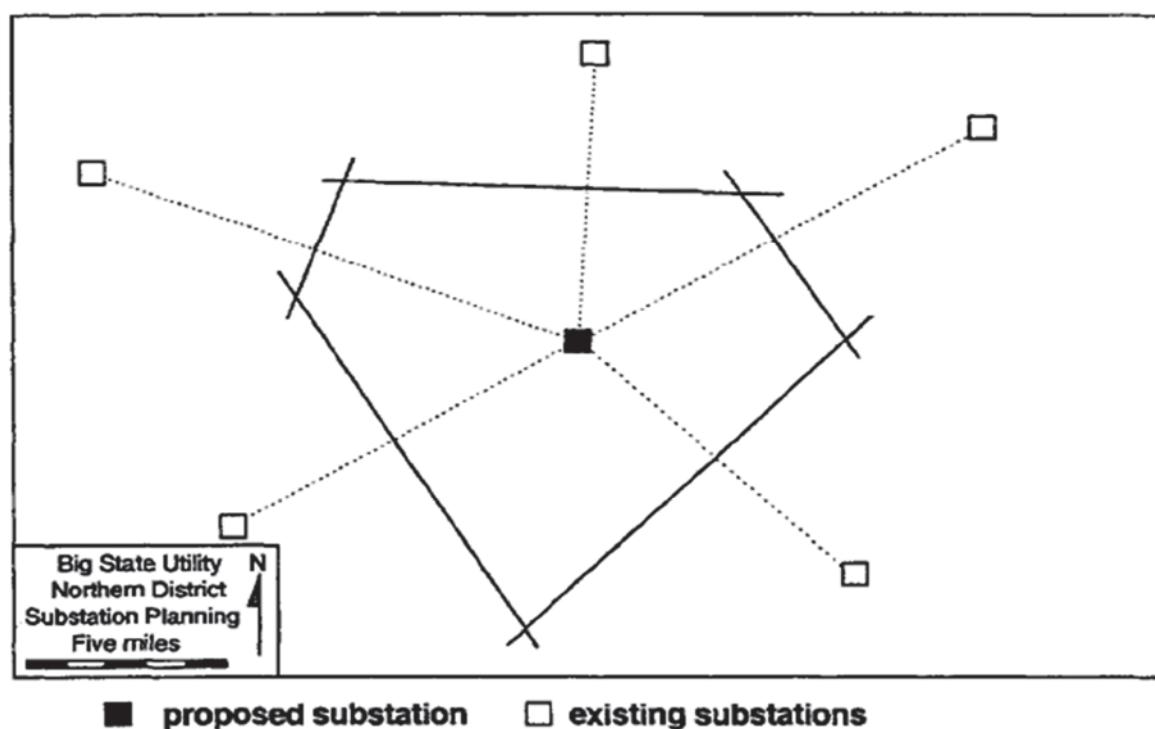
Fuente: Power Distribution Planning Reference Book - H. Lee Willis

El área de influencia de una SET es determinada por el método de las mediatrices. Una mediatriz es aquella línea ubicada en el medio y a su vez perpendicular a la línea que une la SET propuesta, de la cual se quiere determinar su área de influencia, y una SET existente adyacente.

En este caso el área de influencia de una SET resulta en la región delimitada a partir de las mediatrices construidas entre la SET propuesta y las otras existentes adyacentes. En la siguiente figura se muestra la determinación del área de influencia de una SET propuesta mediante el método de las mediatrices.

Figura 4-2

Método de las mediatrices



Fuente: Power Distribution Planning Reference Book - H. Lee Willis

Después de ubicar la subestación se tendrá que realizar la instalación, donde mencionaremos las principales características que se tendrá que tomar en consideración, una ampliación en la

subestación de Quencoro tiene un sistema doble barra con bahía de acoplamiento. Se ampliará el sistema de barras, lo necesario para la implementación de una nueva bahía de línea. Será implementada con equipamiento compacto, del tipo GIS y AIS (equipo híbrido). Se plantea la implementación de una caseta de campo para albergar los tableros de control, protección, telecomunicaciones y servicios auxiliares.

La nueva subestación será de 138/10.5 kV constará de un sistema simple barra implementada con bahías GIS, cuyo transformador de potencia será de 25-30MVA, ONAN-ONAF 138±10x1.25%/10.5kV, Ynd5, y estará preparada para la instalación futura de un segundo transformador. El nivel de tensión será 10.5kV, estará equipada con celdas GIS con aislamiento en SF6 en configuración simple barra. Se implementará una sala de control para albergar los tableros de control, protección, telecomunicaciones, servicios auxiliares y las celdas GIS.

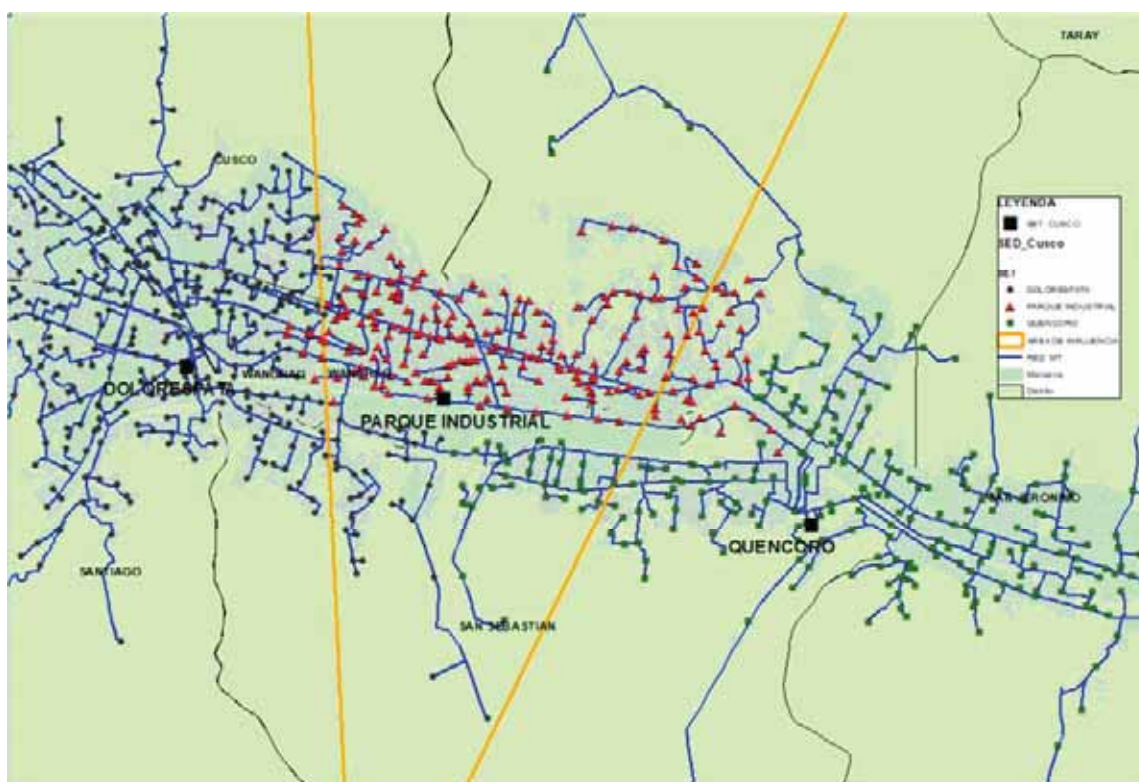
Para el diseño se determinarán los niveles de aislamiento interno y externo que definirán las características estándar del equipamiento de la subestación, según las normas IEC 60071-1 y IEC 60071-2. Los pararrayos serán seleccionados para tener parámetros de operación continua (MCOV) y temporal (TOV) mayores a las del sistema eléctrico. La máxima tensión fase-tierra durante falla se calcula considerando un factor de tierra (kt) igual a 1.3 (valor considerando para sistemas aterrados) y 1.7 (valor considerado para sistemas aislados). El diseño de la puesta a tierra en la SE Parque Industrial considera los lineamientos indicados en el CNE-Suministro y la IEEE 80; Debido a lo reducido del área de la subestación, se planteará el objetivo de cumplir con las tensiones de toque y paso durante una falla a tierra y un valor de GPR menor o igual a 10kV conforme lo indicado por IEEE Std. 367 -2012 (ítem 4.2). también se tendrá los servicios auxiliares en corriente alterna, se tendrá un sistema trifásico 380/220V provenientes de un breaker del tablero existente de REP en caso de la SE Quencoro, y para la SE Parque Industrial se tendrá

como suministro un transformador de servicios auxiliares conectado a las celdas de media tensión de la subestación. En corriente continua se tendrá una tensión de trabajo de 125V con suministro de un cargador rectificador y un banco de baterías.

La transferencia de carga se realizó aplicando el método de las mediatrices como podemos verificar en la figura 4.3, en la que se aprecia la distribución de las tres subestaciones de transmisión.

Figura 4-3

Transferencia de carga



Fuente: elaboración propia

4.2.4 Operación de la subestación Quencoro con la alternativa de solución N°1

4.2.4.1 Operación de la subestación Quencoro en el año 2018

En la figura 3.7 se verifica el flujo de potencia sin la alternativa de solución. En los dos transformadores de la subestación, se observa que en el transformador de 25 MVA tiene una cargabilidad de 79.4% que está próximo a sobrecargarse y el transformador de 10 MVA está cargada al 104.86%, que se encuentra sobrecargado donde se considera las cargas máximas, y como vemos ya está en advertencia al año 2018, problema que será resuelto mediante el análisis efectuado en el presente estudio, mediante la alternativa propuesta.

4.2.4.2 Operación de la subestación Quencoro en el año 2024 sin propuesta

Para el año 2024 se verifica en el flujo de potencia con la demanda proyectada, que los dos transformadores ya están sobrecargados y ya presenta los problemas por ende no se puede apreciar el crecimiento de una ciudad. Los datos obtenidos lo podemos ver en la figura 3.8.

4.2.4.3 Operación de la subestación Quencoro con propuesta

En la figura 4.4 se verifica el flujo de potencia con el ingreso de la propuesta, de la nueva subestación parque industrial, donde se puede verificar que la cargabilidad de los transformadores de las subestaciones está dentro del intervalo 0%-75%, o en estado de cargabilidad normal, y la operación de transformador se encuentra fuera de sobrecarga. Esto nos muestra que con la inserción de la nueva subestación Parque Industrial el problema queda solucionado. Y en la tabla 4.1 se muestra los resultados de cargabilidad de los transformadores.

Tabla 4-1

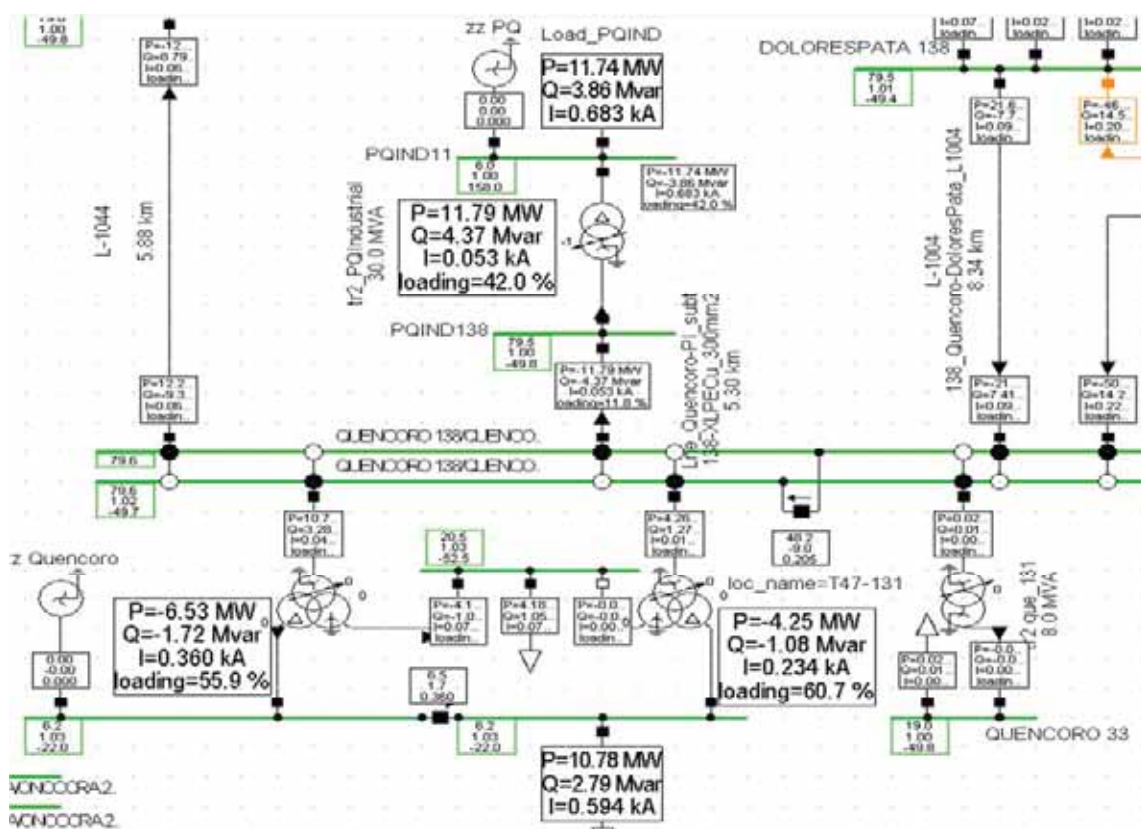
Cargabilidad de los transformadores con el ingreso de la propuesta

TRANSFORMADOR	Transformador 1 (T80-131)	Transformador 2 (T47-131)	Transformador 3 Parque Industrial
POTENCIA (MW)	6.53	4.25	11.74
CARGABILIDAD (%)	55.9	60.7	42

Fuente: elaboración propia

Figura 4-4

Diagrama unifilar y flujo de potencia con ingreso de la propuesta actual



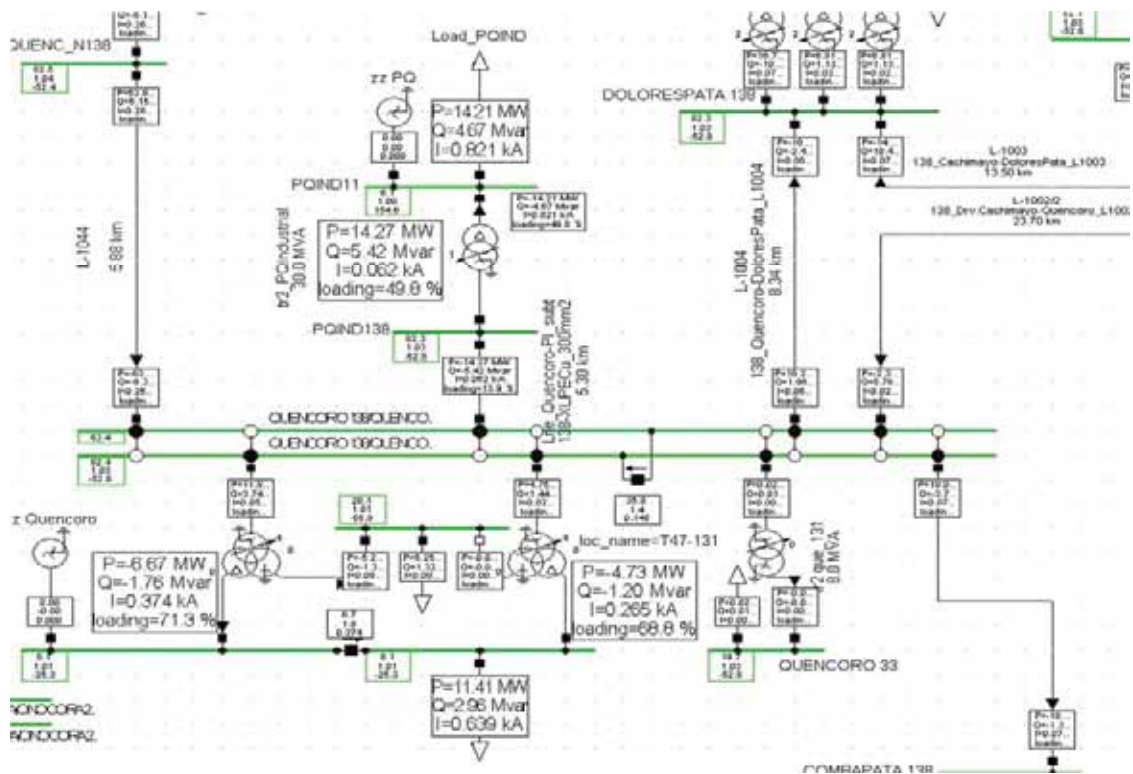
Fuente: elaboración propia con datos del COES

4.2.4.4 Operación de la subestación Quencoro con el ingreso de la propuesta en el año 2024

En la figura 4.5 se verifica el flujo de potencia con el ingreso de la propuesta en el año 2024, donde se puede verificar que la cargabilidad de los transformadores, de la subestación Parque Industrial esta con una cargabilidad de 49.8% y de la subestación de Quencoro están con una cargabilidad de 71.3% y 68.8 % respectivamente ambas subestaciones suman una carga de **25.64** (MW) resultado obtenido con los datos de estudio realizado en la proyección de demanda. Por lo tanto, está dentro del intervalo **0%-75%**: en estado de cargabilidad normal, y la operación de transformador fuera de sobrecarga. Como podemos apreciar en el 2024 no se tendrá ningún problema frente al crecimiento de la demanda.

Figura 4-5

Diagrama unifilar y flujo de potencia con la propuesta de solución en el año 2024



Fuente: elaboración propia con datos del COES.

Tabla 4-2

Resultado del flujo de potencia de los transformadores en el periodo 2024 con la alternativa de solución N°1

TRANSFORMADOR	Transformador 1 (T80-131)	Transformador 2 (T47-131)	Transformador 3 Parque Industrial
POTENCIA (MW)	6.67	4.73	14.21
CARGABILIDAD (%)	71.3	68.8	49.8

Fuente: elaboración propia

En la tabla 4-2 se muestra los resultados de cargabilidad de los transformadores para el periodo 2024, que se pueden apreciar que los transformadores están operando en su estado normal.

4.2.5 Ventajas

- Cubrirá al 100% la demanda energética actual.
- Generará más proyectos en sistemas de utilización y se ampliarán las industrias debido a que la oferta de la demanda crecerá y cubrirá la demanda requerida por los usuarios.
- Sistema eléctrico más robusto.
- Disminución de sobrecarga en el transformador de la SET de Quencoro
- Incremento de la capacidad de carga del sistema eléctrico
- Reducción de las caídas de tensión
- Solución a largo plazo

4.2.6 Desventajas

- Falta de implementación para la conexión de los alimentadores que cubrirán la demanda

- La no conexión con la subestación Dolorespata, que a su vez vendría a ser la alternativa más adecuada para lograr la robustez del sistema.
- Alto costo inicial
- Considerar las cargas solo dentro de la mediatriz

4.2.7 Conclusiones de la alternativa N°1

En conclusión, se ve que la alternativa N° 1 da solución al problema que se tiene para el periodo 2024 ya que el transformador T-80 se encuentra con una cargabilidad del 71.3% y el transformador T-47 se encuentra con una cargabilidad del 68.8% mostrando resultados satisfactorios que los podemos observar en la tabla 4-2

4.3 Segunda alternativa de solución, ampliación de la subestación de Quencoro e incorporación de la subestación Parque Industrial con distribución de los alimentadores.

4.3.1 Alcances

Se realizará la ampliación de la SET de Quencoro para lograr la conexión mediante una línea de transmisión de 138 kV con la nueva subestación Parque Industrial, que beneficiará a los distritos de San Sebastián Wánchaq y San Jerónimo con la conexión inmediata de los alimentadores.

4.3.2 Justificación

De análisis de datos de la proyección de la demanda se observó que la subestación de Quencoro al 2024 se encontrará sobrecargada y, con esta alternativa de solución se mejorará la cargabilidad y se implementará inmediatamente la transferencia de carga con los nuevos alimentadores.

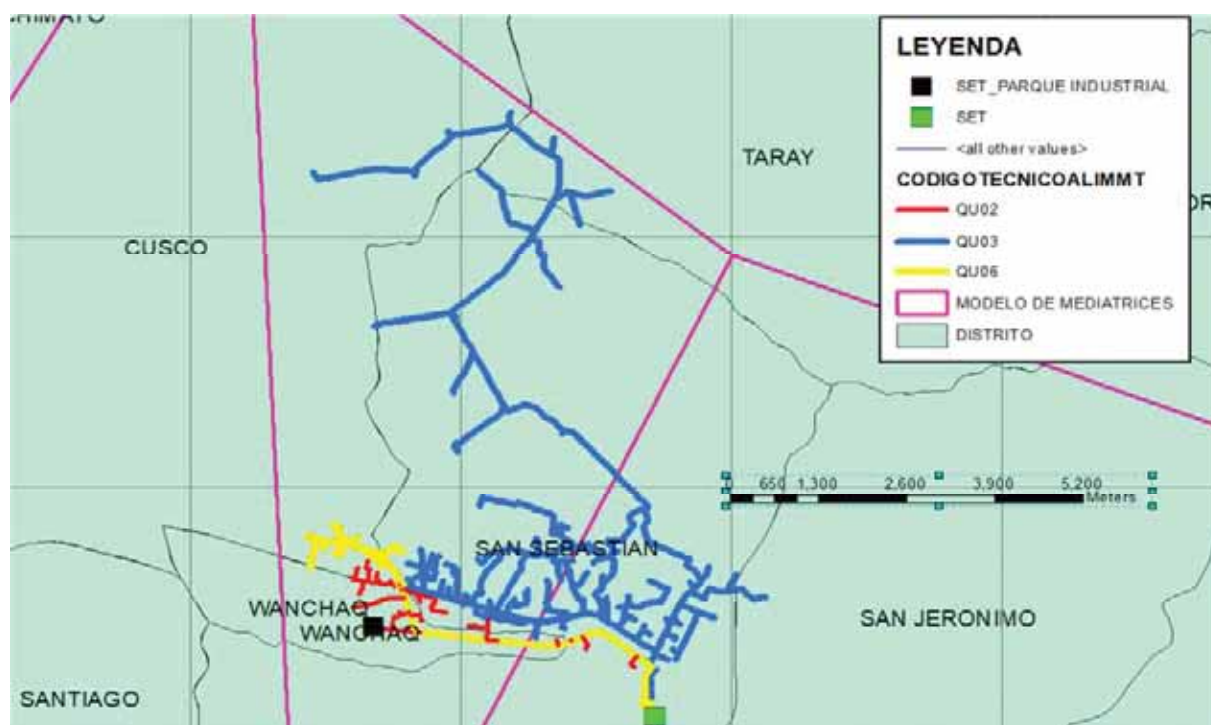
4.3.3 Análisis de la transferencia de carga

Para determinar el análisis de transferencia de carga, consideraremos la ampliación de la barra de la subestación Quencoro, la nueva línea de transmisión y nueva subestación Parque Industrial según la alternativa uno. Para dicho análisis se utilizó el software Power Factory con datos

obtenido de la empresa concesionaria Electro Sur Este S.A.A. y como puede verificarse en la figura 4-6 los alimentadores a transferir para la nueva subestación se realizarán sin tomar en consideración el método de mediatrices. Se considera la transferencia para una conexión inmediata ya con las redes existentes y vemos que se requiere transferir tres alimentadores para la subestación Parque Industrial.

Figura 4-6

Alimentadores a transferir a la nueva subestación



(Fuente: elaboración propia con datos del SID-ELSE)

4.3.4 Operación de la subestación Quencoro con la alternativa de solución N°2

4.3.4.1 Operación de la subestación Quencoro con propuesta en el periodo actual

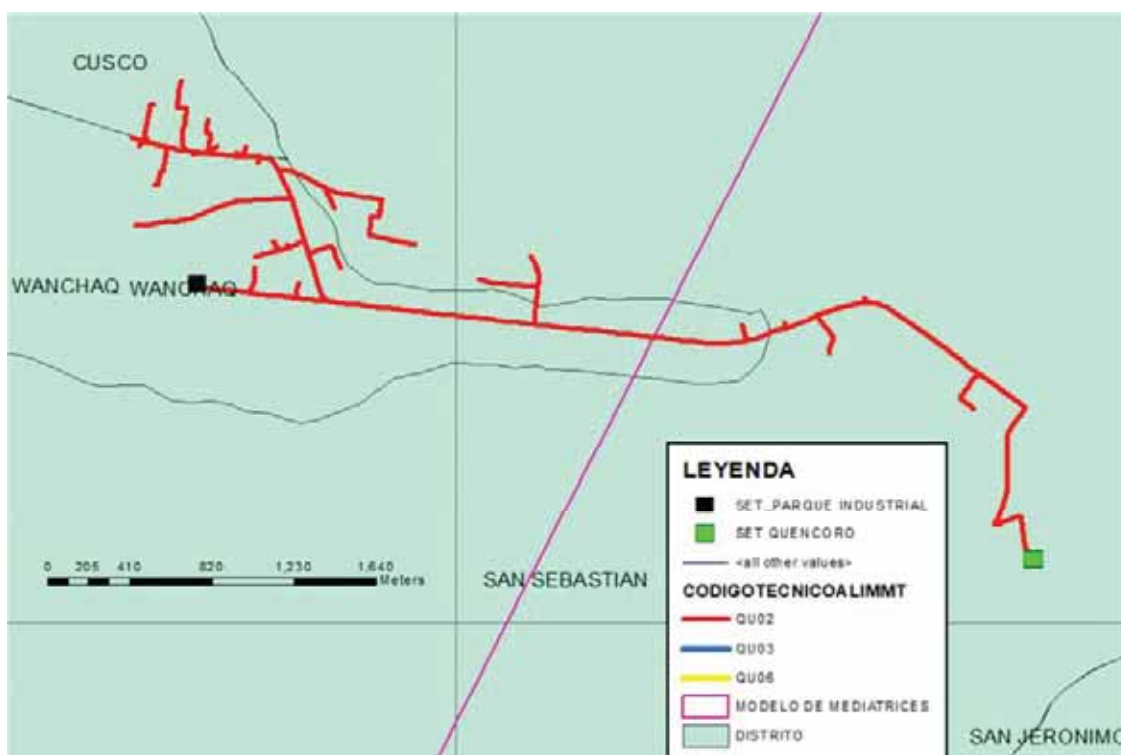
Para el análisis de transferencia de carga, se hizo la evaluación de los alimentadores, y producto de la misma se encontró que dichos alimentadores se encuentran aptos para conectarse

inmediatamente a la nueva subestación y la correspondiente puesta en funcionamiento. Así mismo, las redes eléctricas ya están instaladas, y de una evaluación previa se determinó que las redes se encuentran aptas para la conexión inmediata.

En la figura 4-7 se observa el alimentador QU-02 (Vía Expresa) que esta superpuesto con la nueva subestación Parque Industrial la cual se transferirá y se convertirá en el alimentador PI-01 (Vía Expresa)

Figura 4-7

Alimentador Quencoro 2 (QU-02)

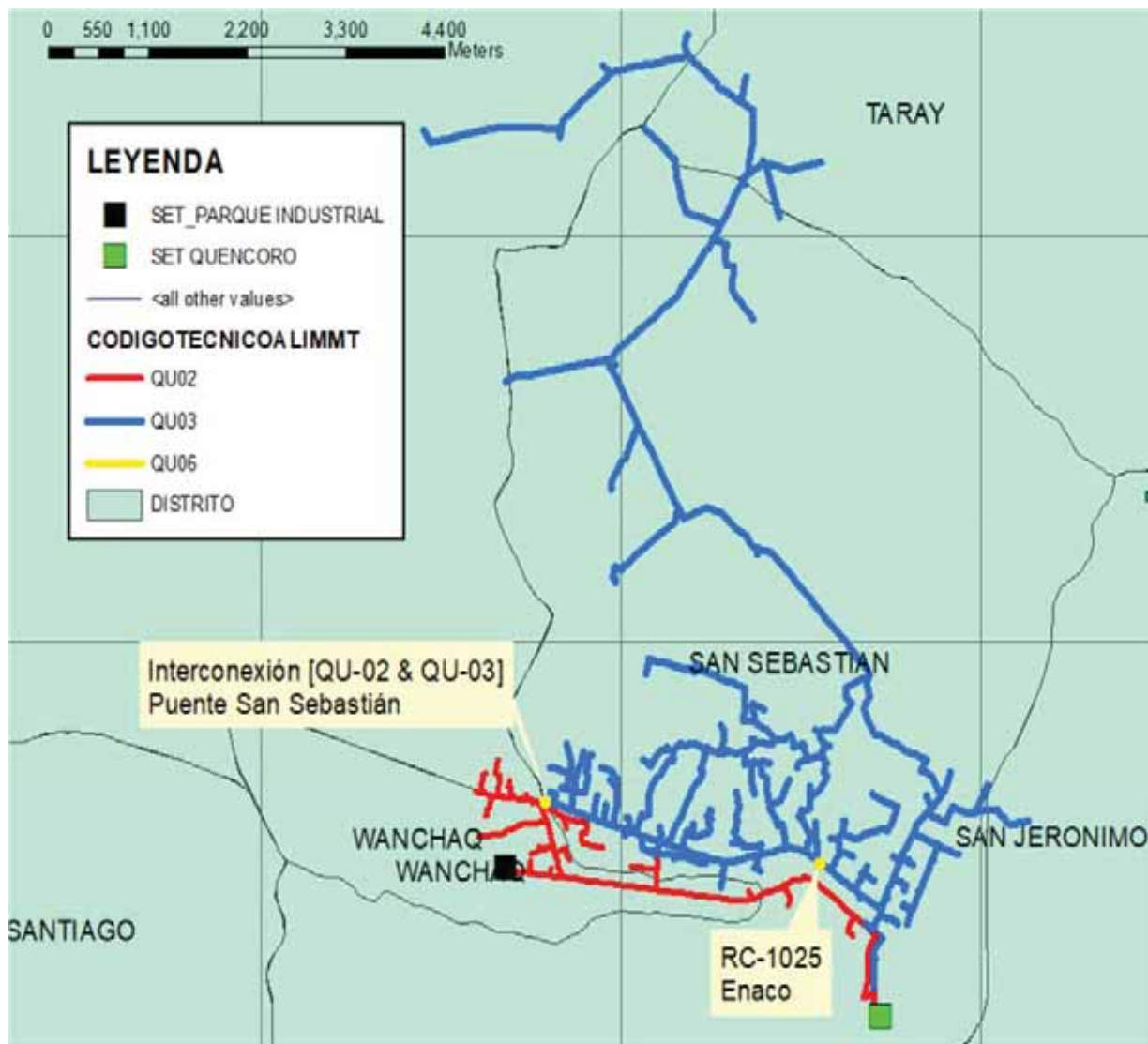


Fuente: elaboración propia con datos del SID-ELSE

En la figura 4-8 se observa que los alimentadores QU-02 y QU-03 (Vía Expresa-San Sebastián) se interconectara en el puente San Sebastián, el alimentador PI-01 abarcara una parte del alimentador QU-03 hasta el recloser 1025 que está ubicado por ENACO.

Figura 4-8

Alimentador de Quencoro 02 y 03 (QU-02 y QU-03)



Fuente: elaboración propia con datos SID-ELSE

En la figura 4.9 se observa que el alimentador QU-06 (Real Plaza), se interconectara con la nueva subestación Parque Industrial, para ello, se tiene que construir un tramo de 600 metros con conductor AAAC de $3 \times 85 \text{mm}^2$, en la figura 4.14 se observa de color morado el tramo que se tiene que incrementar para que entre en funcionamiento inmediato dando lugar a un nuevo alimentador PI-02

Figura 4-9

Alimentador Quencoro 06 (QU-06) carga a transferir para el alimentador PI-02



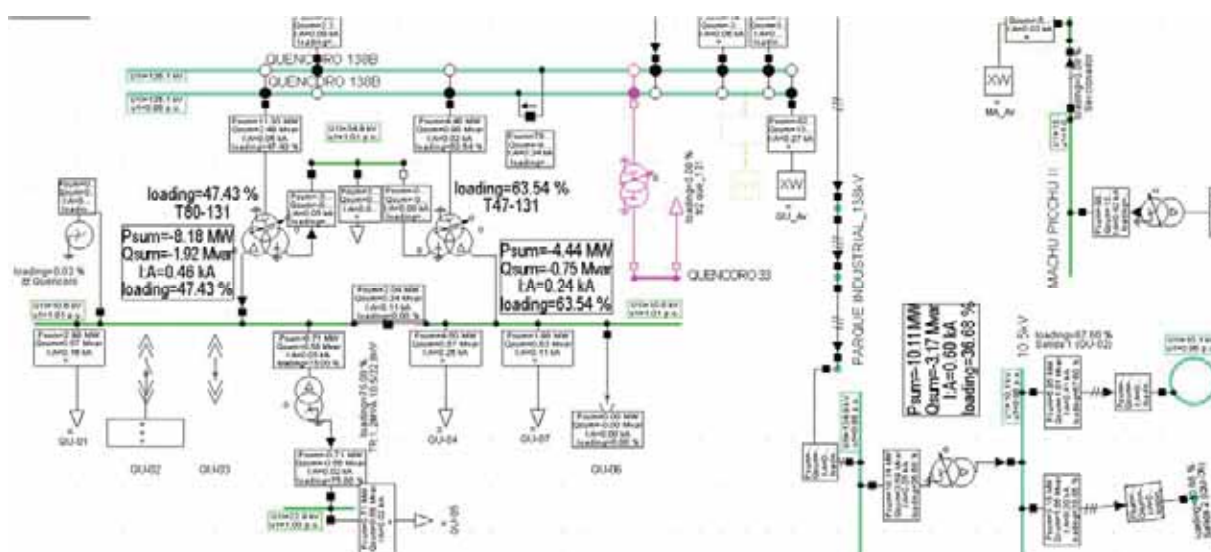
Fuente: elaboración propia con datos SID-ELSE

Una vez que se determine los alimentadores que serán transferidos a la nueva subestación Parque Industrial, realizaremos el flujo de potencia de la subestación Quencoro, y como puede observarse en la figura 4.10, como resultado del flujo de potencia el problema queda resuelto, así como también puede apreciarse que el transformador 1 tiene una cargabilidad 47.43 % y el transformador 2, una cargabilidad del 63.54 % y se encuentran a una cargabilidad normal y se verifica la incorporación de la nueva subestación Parque Industrial, con sus propios alimentadores donde el alimentador PI-01 comprende el alimentador QU-02 y un tramo del alimentador QU-03. El alimentador PI-02 comprende el alimentador QU-06 y con esa transferencia de carga la

subestación Parque Industrial operará con una cargabilidad del **36.68 %**, encontrándose en su operación normal, por lo cual, su operación será inmediata después de construirse la subestación. Este análisis se realiza en el periodo actual.

Figura 4-10

Incorporación de la nueva subestación Parque Industrial en el periodo actual



Fuente: elaboración propia con datos de División de Operaciones de Electro Sur Este S.A.A.

4.3.5 Ventajas

- Operación Inmediata
- Sistema más robusto
- Sistema más confiable
- Solución a corto plazo y para el año propuesto
- Cubrirá el 100% la demanda energética actual.
- Contribuirá a la ampliación de industrias
- Incorporación de industrias nuevas

4.3.6 Desventajas

- Proyección a corto plazo

4.3.7 Conclusiones de la alternativa N°2

En conclusión, se aprovecha las redes existentes para la interconexión inmediata de la subestación Parque Industrial. Esto se hará mediante la transferencia de carga de los alimentadores QU-2, QU-3 Y QU-6 de la SET Quencoro como muestra la figura 4-8, 4-9 correspondientemente hacia la nueva SET Parque Industrial, con esta alternativa el valor de la cargabilidad del transformador T-47 será 63.54% y del transformador T-80 será 47.43% dando solución al problema de cargabilidad de la SET Quencoro.

4.4 Tercera alternativa de solución, ampliación de la subestación de Quencoro e incorporación de un nuevo transformador.

4.4.1 Alcances

Se efectuará la ampliación de la SET de Quencoro en la barra de 138 KV, donde se incorporará una celda de salida, y se implementará con un nuevo transformador de las mismas características que el transformador 1 existente de 25MVA.

4.4.2 Justificación

Con la implementación del nuevo transformador se mejorará la cargabilidad de los transformadores existentes. Pero el crecimiento de la demanda será muy lento y las industrias seguirán con ciertas limitaciones.

4.4.3 Incorporación del nuevo transformador en la subestación de Quencoro

Para realizar un análisis más simple, se utilizará un transformador de las mismas características que el transformador existente de 25MVA, las mismas que pueden apreciarse en la Tabla 4-3.

Tabla 4-3*datos del nuevo transformador de potencia*

DATOS DEL NUEVO TRANSFORMADORES DE LA SUBESTACIÓN QUENCORO		
TRANSFORMADOR DE POTENCIA (SIEMENS)		
NUMERO DE FASES	3	
GRUPO DE CONEXIÓN	YNynOd11	
FRECUENCIA	60 Hz	
ELEVACIÓN TEMP. ACEITE MAX.	60°C	
ELEVACIÓN TEMP. PROMEDIO	65°C	
DEVANADOS		
POTENCIA MÁXIMA MVA	ONAN	ONAF
	20/6/14	25/7.5/17.5
TENSIÓN NOMINAL EN VACÍO (KV)	132(±8x1.25%) /34.5/10.5	

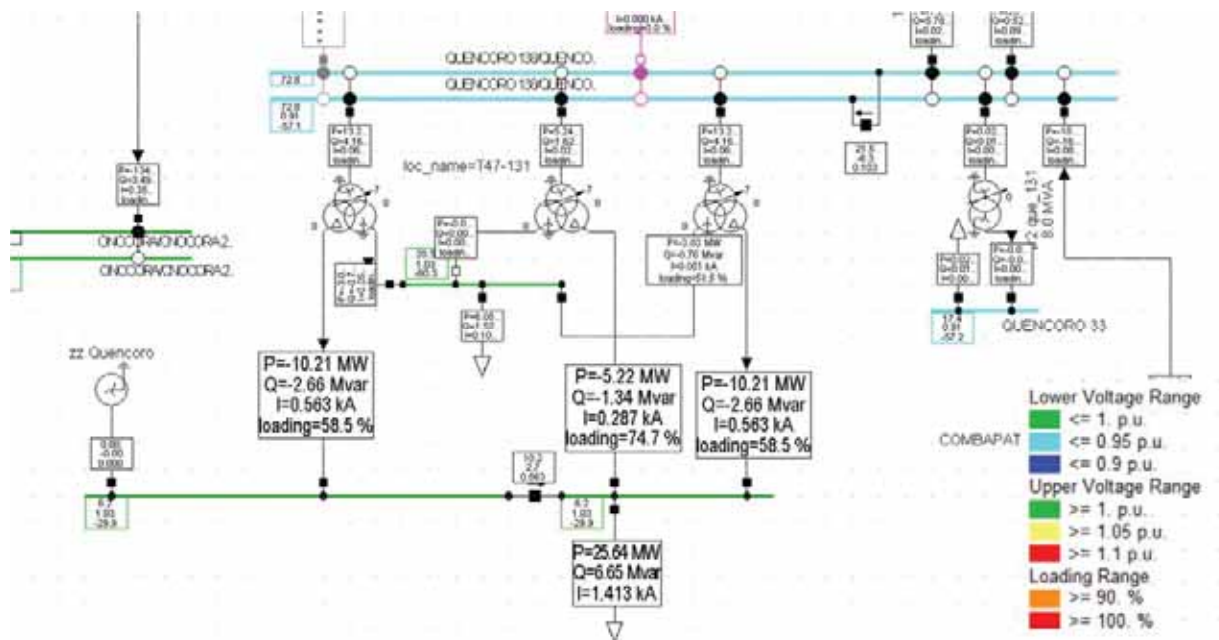
Fuente: Elaboración propia

4.4.4 Operación de la subestación Quencoro con la alternativa de solución N°3

En la figura 4.11 se muestra el flujo de potencia del año 2024 con la propuesta de solución en el que podemos apreciar que, como resultado del flujo de potencia el transformador 1 tiene una cargabilidad del 58.5 %, el transformador 2 tiene una cargabilidad del 74.7 % y el transformador nuevo tiene una cargabilidad del 58.5 % y, está dentro del intervalo de 0-75 en cargabilidad normal.

Figura 4-11

Implementación del nuevo transformador en la subestación Quencoro en el año 2024



Fuente: elaboración propia con datos de División de Operaciones de Electro Sur Este S.A.A.

4.4.5 Ventajas

- Solución a corto plazo
- Implementación inmediata

4.4.6 Desventajas

- Presentará problemas a largo plazo
- Problemas con transferencia de carga
- No presentará mejoras en la confiabilidad, dado que el sistema seguirá siendo radial

4.4.7 Conclusiones de la alternativa N°3

Esta solución es lo más rápido que se podría incorporar, pero no modifica al sistema eléctrico como las otras alternativas ya que solo consiste en la ampliación de la SET de Quencoro con un nuevo transformador dando una solución a corto plazo demostrado en la figura 4-11 que nos muestra al transformador T-80 con una cargabilidad de 58.5% y al T-47 con una cargabilidad de 74.7%, pero sin brindar una confiabilidad al sistema eléctrico ya que su configuración de la SET sigue siendo radial.

4.4.8 Conclusiones generales del presente capítulo

En este capítulo se presentaron tres alternativas de solución, la alternativa N°1 que nos brinda diferentes flexibilidades las cuales muestra un sistema más robusto, confiabilidad en la operación etc. La alternativa N°2 que es muy parecida a la alternativa numero 1 pero en esta nos da la flexibilidad de poder transferir la carga y así aligerar la cargabilidad de los alimentadores de la SET Quencoro y la alternativa N°3 que nos da la flexibilidad de una rápida solución a corto plazo, pero menos segura y confiable en un periodo más largo.

De estas alternativas tenemos que elegir a una, para más explicaciones se presenta la siguiente tabla que se muestra seguidamente.

Tabla 4-4*Conclusiones de las alternativas planteadas*

Ampliación de la subestación de Quencoro e incorporación de la subestación Parque Industrial según el perfil aprobado por ELSE.	Ampliación de la subestación de Quencoro e incorporación de la subestación Parque Industrial con distribución de los Alimentadores.	Ampliación de la subestación de Quencoro e incorporación de un nuevo transformador.
sistema eléctrico que será más confiable, robusto y seguro debido a la incorporación de la subestación en anillo del Parque Industrial	sistema eléctrico confiable, robusto y seguro con la incorporación de la nueva subestación Parque Industrial en anillo y alimentadores.	sistema eléctrico no confiable, no robusto debido a la configuración radial que posee
No considera alimentadores en media y baja tensión (Parque Industrial) que cubrirán la demanda	Considera alimentadores (Parque Industrial) en media y baja tensión que cubrirán la demanda	no cuenta con una incorporación de alimentadores
No se hizo el análisis para la configuración referencial de transferencia de carga	cuenta con una configuración de transferencia de carga según topología de la red eléctrica	No se considera la incorporación de alimentadores
Se determinó área de influencia mediante el método de las mediatrices y por tanto se logra apreciar el territorio que cubriría la demanda eléctrica la nueva SET Parque Industrial	los alimentadores a transferir para la nueva sub estación se realizarán sin tomar en cuenta el método de las mediatrices	presenta problemas con la transferencia de carga y no aplica el método de las mediatrices ya que solo es ampliación de SET

Fuente: Elaboración propia

5 CAPÍTULO V: DESARROLLO DE LA MEJOR ALTERNATIVA DE SOLUCIÓN

5.1 Introducción

Tras la comparación de las alternativas de solución en el capítulo anterior, en el presente capítulo se desarrolla la mejor alternativa de solución que será la más viable desde el punto de vista operativo, con estándares de confiabilidad, menores pérdidas técnicas de energía y calidad de servicio eléctrico emanado por la NTCSE. Esta consiste en la implementación de una nueva sub estación de transformación ubicada en el Parque Industrial de la ciudad del cusco, que será abastecida de la barra de Quencoro en niveles de 138 KV, esta sub estación contará con un transformador de potencia de 25-30 MVA (ONAN - ONAF). Además estará compuesto por dos alimentadores, necesarios para abastecer con suficiencia la demanda de energía eléctrica a la

ciudad del Cusco, esta será en niveles de 10.5 KV y, de esta manera el sistema eléctrico será más confiable generando menores interferencias eléctricas y pérdidas económicas, además se podrá atender futuras ampliaciones y nuevas cargas de energía, el análisis de este estudio es en estado estacionario en el periodo 2018 al 2024 y se analiza para el año 2024, años en los cuales la demanda de energía eléctrica crecerá y, si no se desarrolla la presente alternativas de solución la SET Quencoro quedaría sobrecargada.

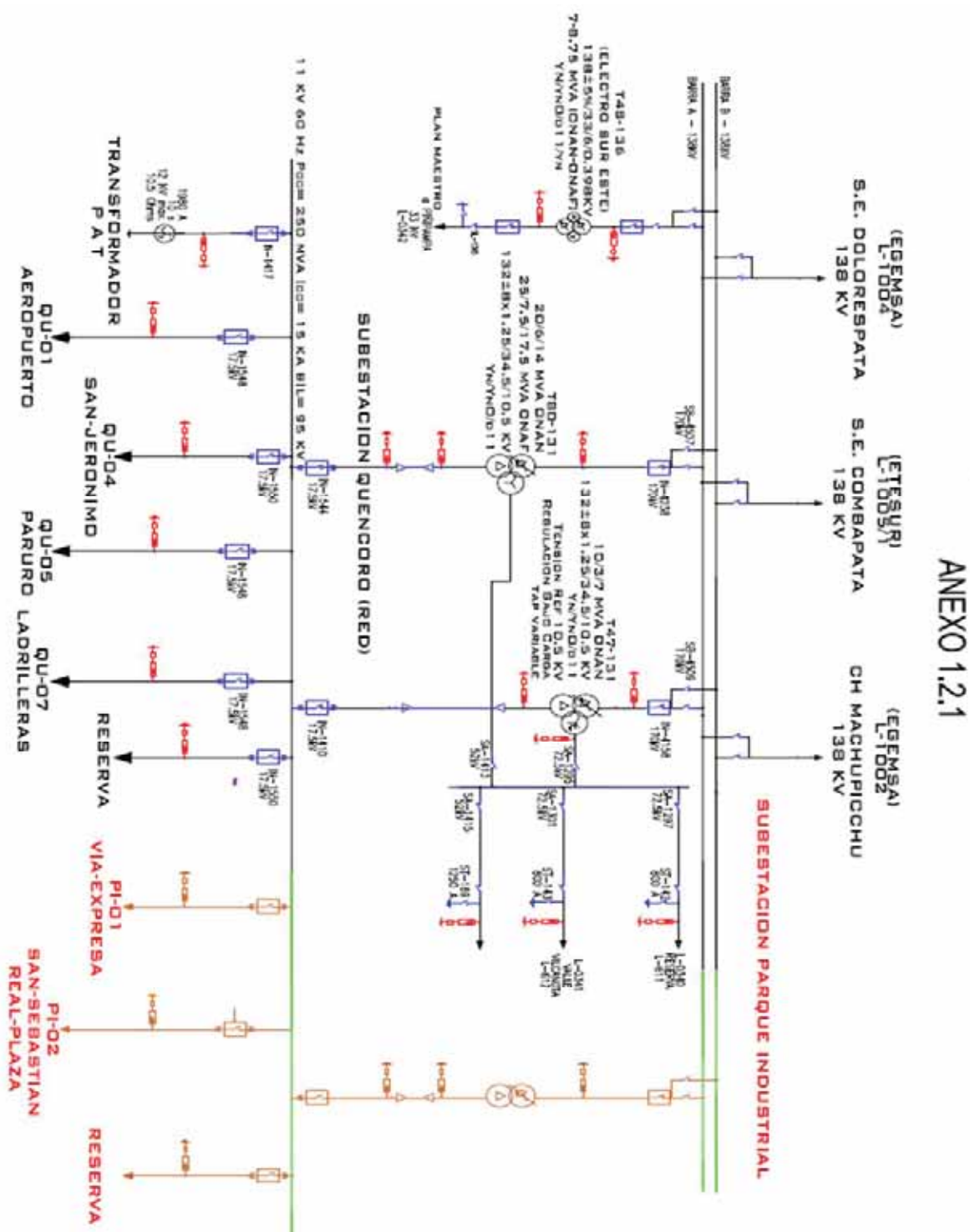
5.2 Alcances de la alternativa N°2

Para la construcción de la nueva sub estación de transformación PARQUE INDUSTRIAL se requiere:

- La ampliación de la SET QUENCORO en la barra de 138 KV
- Línea de transmisión 138 KV QUENCORO – PARQUE INDUSTRIAL
- La sub estación de transformación PARQUE INDUSTRIAL

Figura 5-1

Diagrama unifilar de la subestación Quencoro y Parque Industrial



Fuente: Elaboración propia con la base de datos ELSE.

5.3 Ampliación de la subestación Quencoro en la barra de 138 kV

La ampliación de la SET QUENCORO en el lado de 138 KV doble barra, será realizará con la implementación de una celda de salida en la línea de 138 KV, hacia la Subestación Eléctrica de Transformación PARQUE INDUSTRIAL. Donde mencionaremos el equipamiento principal necesaria a continuación.

- Equipo híbrido doble barra
- Pararrayos
- Terminales
- Pórticos de celosía

5.4 Línea de transmisión 138 Kv Quencoro – Parque Industrial

La línea de transmisión 138 kV, será en circuito simple, tendrá como punto de inicio en la SET Quencoro de propiedad de la Concesionaria REP, y finaliza en la nueva SET Parque Industrial.

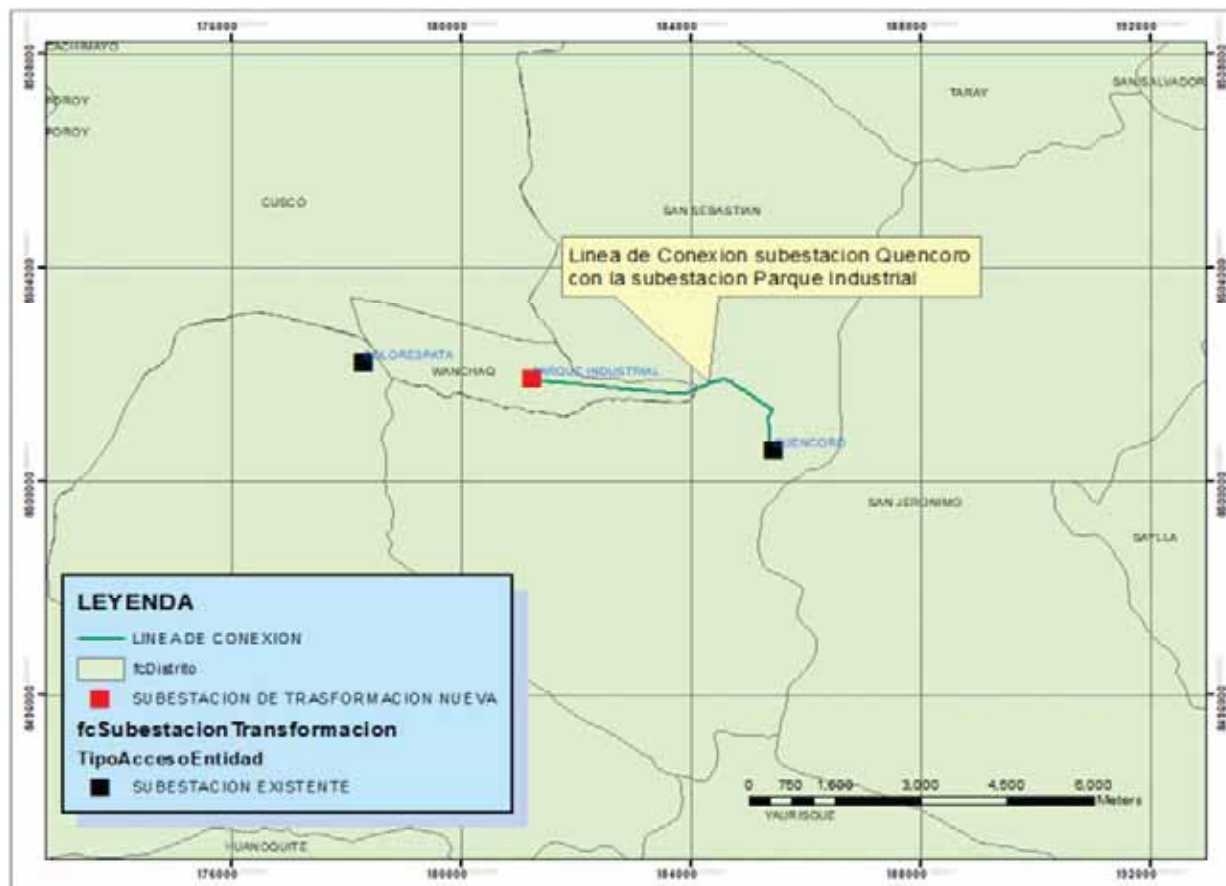
La línea de transmisión de 138 kV será subterránea; conformado por una terna con cables unipolares XLPE, de conductor de cobre

5.4.1 Ubicación del trazo de línea 138 kV Quencoro – Parque Industrial

A continuación, se muestra la ubicación geográfica del trazo de ruta de la línea en 138 kV de la subestación Quencoro hacia la nueva SET Parque Industrial, y podemos ver en la figura 5-2.

Figura 5-2

Conexión de la subestación Quencoro con la subestación nueva Parque Industrial



Fuente: Elaboración propia en ArcGIS con la base de datos ELSE.

Para la inserción de la nueva subestación Parque Industrial necesitamos la ampliación de la celda de la subestación de Quencoro en 138 Kv, sistema doble barra con bahía de acoplamiento para la inserción de la nueva línea, que tendrá una distancia de 5.3 km desde la subestación de Quencoro hasta la nueva subestación

5.4.2 *Material de la línea de transmisión*

El material del cable subterráneo será de cobre, dado que posee una conductividad de 39% mayor que el cable de aluminio, y también tiene mayor durabilidad en el tiempo. Con respecto al aislamiento usará XLPE, porque presenta menores pérdidas dieléctricas que el EPR.

5.4.3 *Características técnicas*

Para la transmisión de 138 KV la línea de transmisión contará con las siguientes características:

- Nivel de Tensión : 138 kV
- Frecuencia : 60 Hz
- Instalación : Subterránea en tuberías HDPE de 6" y en ductos de concreto
- Número de ternas : Una (1)
- Disposición de conductores : tresbolillo
- Longitud : 5,3 km (aproximadamente)
- Cable subterráneo : Cobre 300 mm², pantalla 150 mm², XLPE
- Fibra óptica : ADSS 36 hilos, instalado en tubería HDPE de 4"
- Distancia entre fases : 300 mm

5.5 **Subestación de transformación Parque Industrial**

La sub estación de transformación Parque Industrial, contará con un transformador de potencia de 25-30/25-30 MVA (ONAN-ONAF) de 138+/-13x1%/10.5 kV, y con regulación de tensión automática bajo carga en el lado secundario.

El transformador en el nivel de 138 kV tiene una celda de línea, equipado con una celda GIS (incluye; transformadores de tensión y corriente, seccionador de línea y tierra, interruptor de potencia), pararrayos y terminales.

En el nivel de 10,5 kV tiene implementado una celda de llegada (equipada con transformadores de corriente y tensión, seccionadores de barra y tierra, interruptor de potencia y pararrayos),

contara con tres celdas de salida de línea (alimentador 01, alimentador 02, alimentador 03 reserva), para el enlace con los alimentadores (equipados con seccionadores, interruptor de potencia, transformadores de corriente y pararrayos); y transformador de servicios auxiliares.

5.5.1 Nueva subestación Parque Industrial 138/10.5 kV

La Nueva SE Parque Industrial 138/10.5kV constará de un sistema simple barra implementada con bahías GIS.

Contará un transformador de potencia de 25-30MVA, ONAN-ONAF 138±10x1.25%/10.5kV, Ynd5, y estará preparada para la instalación futura de un segundo transformador.

En el nivel de 10.5kV estará equipada con celdas GIS con aislamiento en SF6, en configuración simple barra.

Como edificación proyectada, se plantea la implementación de una Sala de control para albergar los tableros de control, protección, telecomunicaciones, servicios auxiliares y las celdas GIS.

5.5.2 Componentes principales y datos técnicos

✓ **bahía híbrida compacta 170kV, 750kVp, 2000A, 31.5kA en 138kV compuesto por:**

- **Interruptor de potencia**

Tensión nominal	170 kV
-----------------	--------

Intensidad nominal	2000 A
--------------------	--------

Capacidad de interrupción	31kA
---------------------------	------

- **Seccionadores de barra**

Tensión nominal	170 kV
-----------------	--------

Intensidad nominal	2000 A
--------------------	--------

Capacidad de interrupción	31kA
---------------------------	------

- **Seccionadores de línea**

Tensión nominal	145 kV
Intensidad nominal	2000 A
Capacidad de interrupción	31kA

✓ **Pararrayos**

Tensión nominal de la red	145 kV
Tensión nominal del pararrayos	120kV
Corriente de descarga	10KA

✓ **bahía híbrida compacta 17.5kV, 95kVp, 4000A, 31.5kA en 10.5kV compuesto por:**

- **Interruptor de potencia**

Tensión nominal	17.5 kV
Intensidad nominal	2000 A
Capacidad de interrupción	31kA

- **Seccionador con cuchilla de puesta a tierra**

- **Pararrayos**

Tensión nominal de la red	12 kV
Tensión nominal del pararrayos	12.5 kV
Corriente de descarga	10KA

- **Transformador de corriente toroidal**

- **Detector de tensión monofásico**

5.5.3 *Flujo de potencia*

Para el cálculo de flujo de potencia se consideró los datos de SEIN, las fronteras que existen alrededor de la sub estación de Quencoro es decir las otras sub estaciones con las que esta

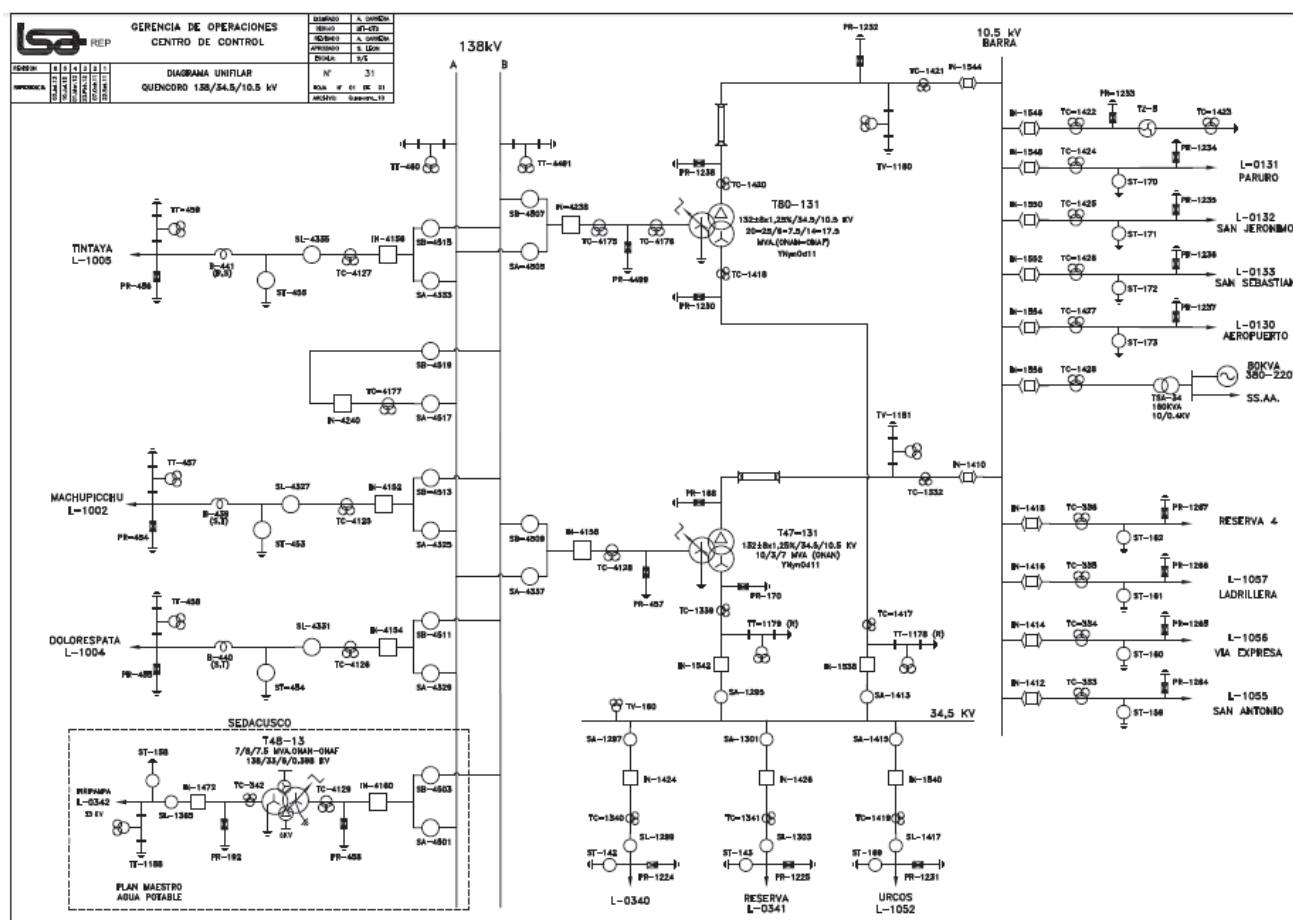
interconectada con el fin de que el cálculo sea más real y de esta manera no solo usar un circuito equivalente.

Los datos obtenidos para el cálculo del flujo de potencia son obtenidos de la base de datos del área de operación y mantenimiento de la empresa ELSE y para la proyección de estos en años futuros se utilizaron tendencias de crecimiento.

El cálculo de flujo de potencia se realiza en el programa DIGSILENT versión 15.1, en el escenario de estiaje en base al diagrama unifilar de la sub estación de Quencoro que se muestra en la figura 5.3

Figura 5-3

Diagrama unifilar de la subestación Quencoro en el año 2018



Fuente: centro de control de la sub estación de Quencoro

La figura nos muestra el diagrama unifilar de la sub estación de transmisión de Quencoro, sus dos transformadores de potencia con los que cuenta (T-47; T-80), y la distribución de sus alimentadores los cuales alimentan de energía eléctrica a diferentes zonas, las cuales son:

- L-0130 zona de Aeropuerto
- L-0131 zona de Paruro
- L-0132 zona de San Jerónimo
- L-0133 zona de San Sebastián
- L-1055 zona San Antonio
- L-1056 zona Vía Expresa
- L-1057 zona Ladrillera

5.5.4 Datos de placa de los transformadores de potencia T-47; T-80

Los datos recolectados y mostrados en las siguientes tablas no son más que las fotos de las placas de estos transformadores, las cuales se muestran en los anexos y también podemos ver en el capítulo tres las tablas 3-1 y 3-2.

5.5.5 Análisis actual de flujo de potencia de la sub estación Quencoro

Para el análisis de flujo de potencia en estado estacionario se utilizaron los datos del área de operación y mantenimiento de ELSE y el software DIGSILENT versión 15.1, este análisis de potencia se realizó con la demanda máxima en el periodo actual.

El análisis nos mostró datos de la potencia activa y reactiva correspondiente a la sub estación de transformación Quencoro, y su estado de cargabilidad, lo cual nos da una idea clara de cómo está operando dicha sub estación y el estado en el que se encuentra y, las acciones a poder tomar ante el crecimiento de la demanda ya que los resultados nos muestran de cómo a un futuro la sub

estación de Quencoro no lograra abastecer la creciente demanda de energía eléctrica. Como se pudo ver en capítulo 3.

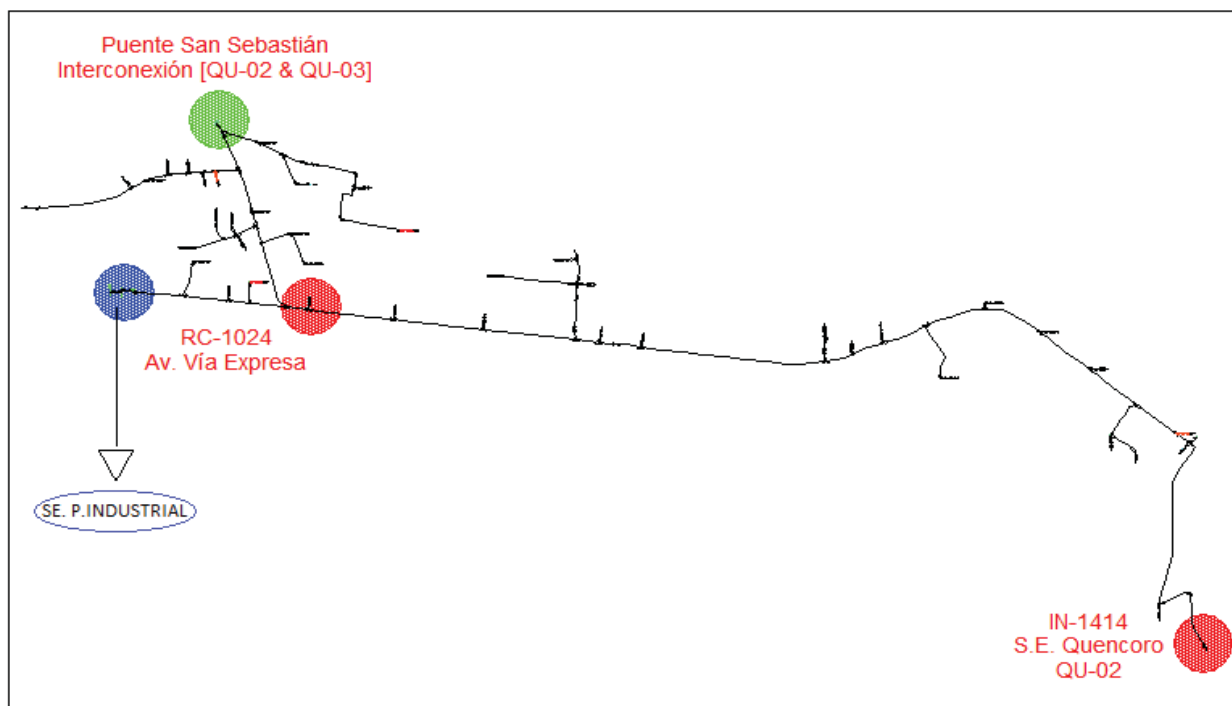
5.6 Análisis y simulación del flujo de potencia con alternativa de solución seleccionada

5.6.1 Distribución de la transferencia de carga de los alimentadores de SET Quencoro a la nueva SET Parque Industrial para el año 2024

La transferencia de carga eléctrica que hicimos en nuestro estudio se da con la finalidad de que liberemos de la mayor cantidad de esta y a la vez sea técnicamente viable a la subestación de Quencoro de acuerdo a la configuración de las redes existentes.

Figura 5-4

Transferencia de carga del alimentador QU-02 a la subestación parque industrial PI-01



Fuente: elaboración propia con datos de Operación y Mantenimiento ELSE

En la figura 5-4 observamos la distribución de las redes eléctricas del alimentador QU-02 y de qué manera se hará la transferencia de carga de la SE Quencoro a la SE Parque Industrial, también

observamos que las redes eléctricas están ubicadas de manera favorable para que ocurra esta transferencia

Figura 5-5

Lugar de apertura del alimentador QU-02

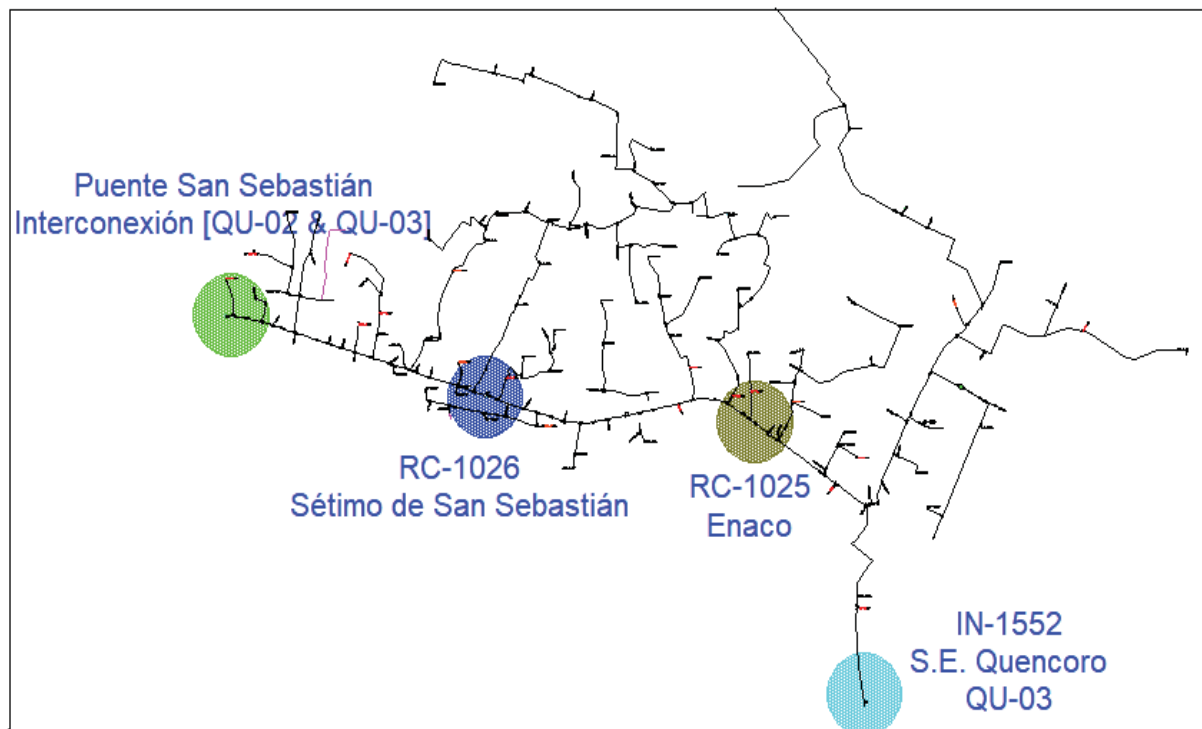


Fuente: elaboración propia con datos de Operación y Mantenimiento ELSE

la figura 5-5 nos muestra que seccionador se apertura para hacer la transferencia de carga, por la figura podemos apreciar que se está haciendo una transferencia de carga total del alimentador QU-02 para la nueva SE Parque Industrial.

Figura 5-6

Transferencia de carga del alimentador QU-03 a la SE Parque Industrial



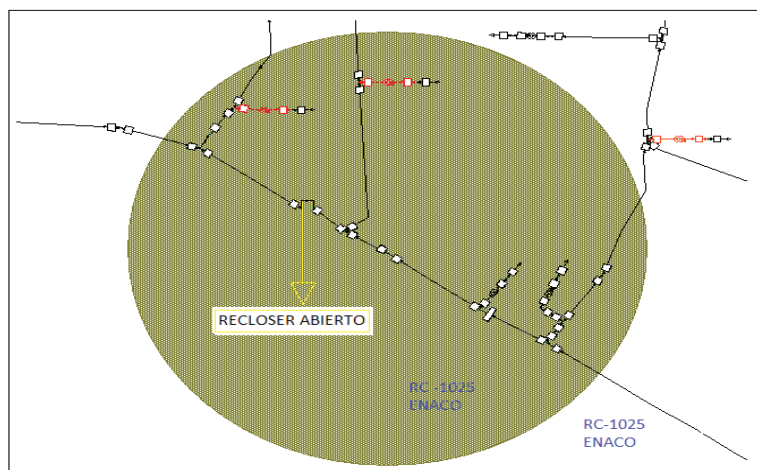
Fuente: elaboración propia con datos de Operación y Mantenimiento ELSE

En la figura 5.6 observamos la distribución de las redes eléctricas del alimentador QU-03 y de qué manera se hará la transferencia de carga de la SE Quencoro a la SE Parque Industrial, también observamos que las redes eléctricas están ubicadas de manera favorable para que ocurra esta transferencia.

La figura 5.7, muestra de manera objetiva que recloser se apertura para hacer la transferencia de carga, en dicha figura también podemos apreciar que se está haciendo una transferencia de carga parcial del alimentador QU-03 para la nueva SE Parque Industrial, para el alimentador PI-01.

Figura 5-7

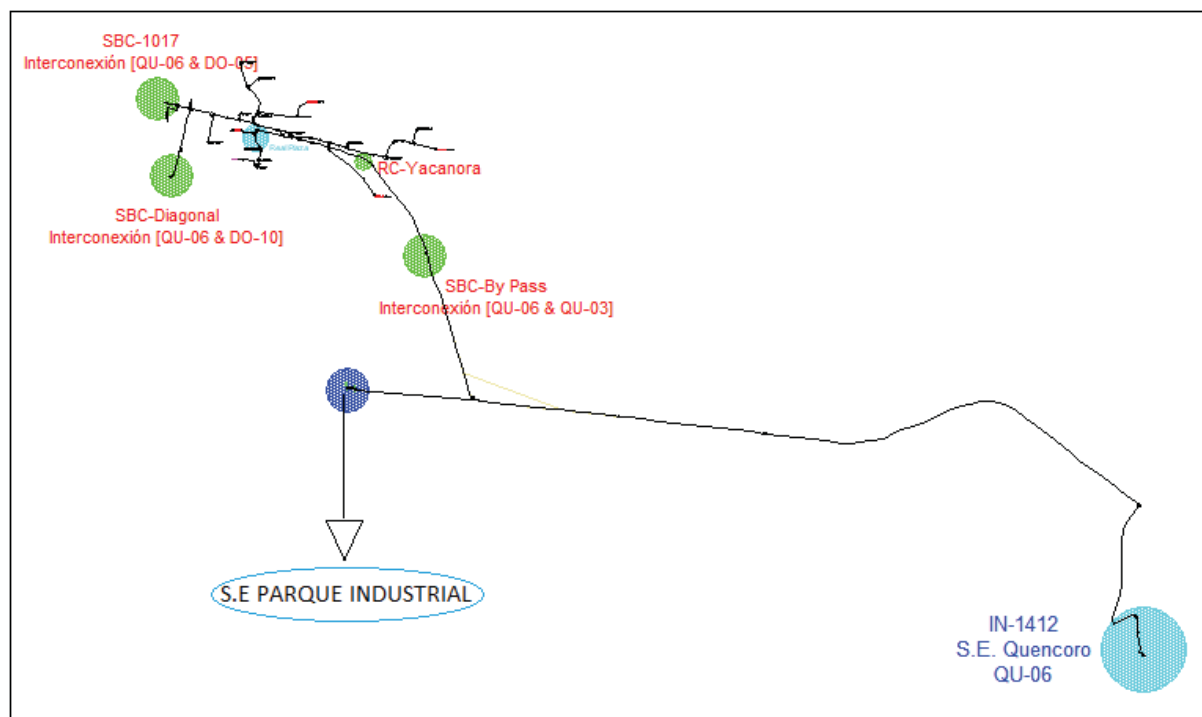
Lugar de apertura del recloser del alimentador QU-03



Fuente: elaboración propia con datos de Operación y Mantenimiento ELSE

Figura 5-8

Transferencia de carga del alimentador QU-06 a la SE Parque Industrial PI-02

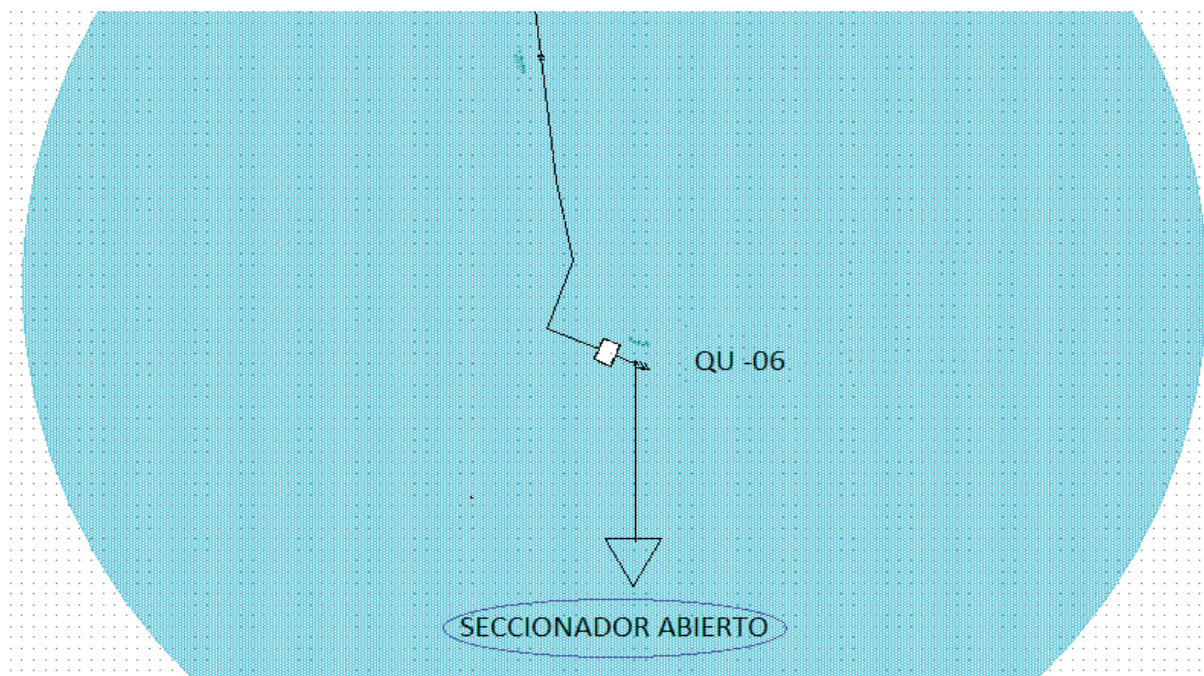


Fuente: elaboración propia con datos de Operación y Mantenimiento ELSE

En la figura 5.8 observamos la distribución de las redes eléctricas del alimentador QU-06, donde se transferirá todo el alimentador a la SE Parque Industrial, también observamos que las redes eléctricas están ubicadas de manera favorable para que ocurra esta transferencia, pero si tiene que hacer una ampliación de la línea primaria de unos 600 metros para su mejor operación.

Figura 5-9

Lugar de apertura del seccionador del alimentador QU-06



Fuente: elaboración propia con datos de Operación y Mantenimiento ELSE

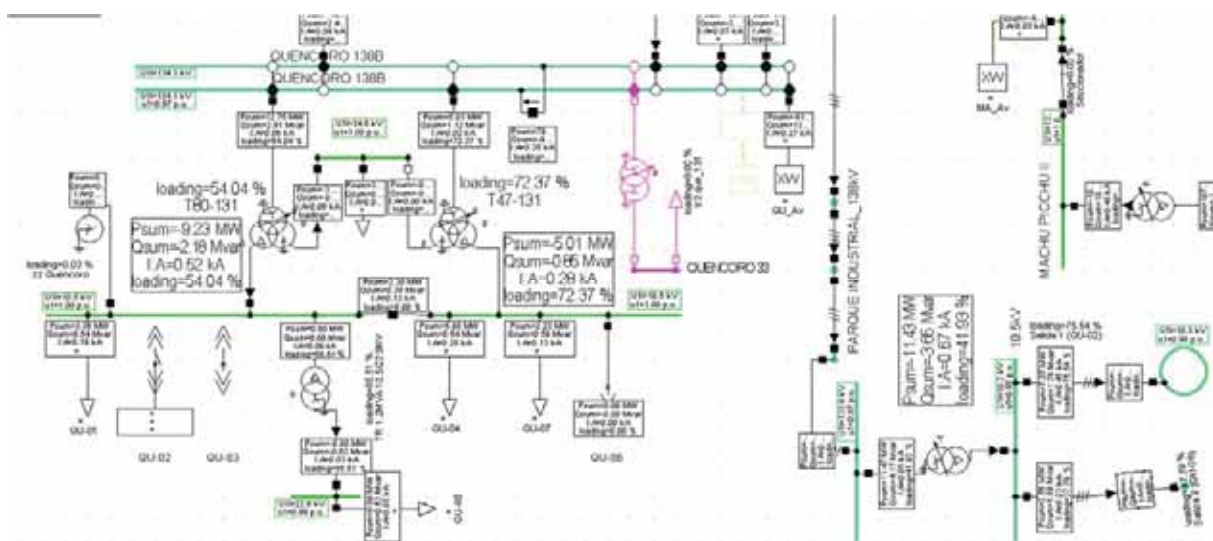
La figura 5-9 nos muestra que el seccionador se apertura para hacer la transferencia de carga, de la figura también se puede apreciar que se está haciendo una transferencia de carga total del alimentador QU-06 para la nueva SE Parque Industrial.

5.6.2 Análisis del flujo de potencia en el año 2024 en condiciones de estiaje

En análisis de flujo de potencia es realizado con nuestra proyección de demanda visto en la tabla 1.3 que para el 2024 tiene una proyección de 25.64 MW que se mostrara en la figura 5-10 los resultados.

Figura 5-10

Flujo de potencia en el periodo 2024



Fuente: Elaboración Propia

Tabla 5-1

Resultados del flujo de potencia en el año 2024 con la alternativa de solución

TRANSFORMADOR	Transformador 1 (T80-131)	Transformador 2 (T37-131)	Transformador 3 Parque Industrial
POTENCIA (MW)	9.23	5.01	11.43
CARGABILIDAD (%)	54.04	72.37	41.93

Fuente: elaboración propia

En la tabla 5.1 nos muestra los resultados del flujo de potencia de los tres transformadores como se ve están operando en estado normal.

Tabla 5-2

Resultados del flujo de potencia con la potencia proyectada de todos los alimentadores

ALIMENTADOR	QU-01	QU-02	QU-03	QU-04	QU-05	QU-06	QU-07	PI-01	PI-02
POTENCIA MW	3.36	0.00	2.68	5.08	0.80	0.00	2.33	3.56	7.85

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 5-2 mostramos las cargas transferidas de la subestación Quencoro a la SE Parque Industrial que se ve un total de 9 alimentadores de los cuales 2 alimentadores fueron transferidos completamente y el alimentador QU-03 transfiere un 70% de su carga se hizo la simulación del flujo para el año 2024

5.7 CONCLUSIONES Y SUGERENCIAS

5.7.1 Conclusiones

1. Se diagnosticó la operación actual del sistema eléctrico de la Subestación de Quencoro donde se halló la tasa de crecimiento para el año 2024 y nos muestra un crecimiento en la demanda eléctrica en un 4.12% anual demostrada en el CAP III, ocasionando un déficit de 3.59 MW.
2. Se plantearon tres alternativas de solución concluyendo que la más viable y a corto plazo es la alternativa N°2 por demostrarnos en la simulación de flujo de potencia que está operando en estado normal, además ser la solución más completa que consiste en la implementación de una nueva sub estación Parque Industrial donde se transferirá carga de tres alimentadores QU2, QU3, QU6 a la nueva subestación PI-01 y PI-02

3. Al desarrollar el estudio de la subestación Quencoro ante el crecimiento de la demanda en el periodo 2018-2024 verificamos la sobre carga de los transformadores excederá en un 5% de su capacidad normal para el T-80 y un 22% para el T-47 en el año 2024. Nuestra alternativa seleccionada da solución al problema como podemos ver la operación normal en los tres transformadores, transformador T-80 a una cargabilidad de 54.04%, transformador T-47 a una cargabilidad 72.37% y el transformador Parque Industrial 41.93 %.

5.7.2 Sugerencias

- Se sugiere hacer la transferencia de cargas eléctricas de acuerdo con nuestro estudio ya que por ubicación geográfica y topológica son las más técnicamente viables
- Se debe realizar la solución para el crecimiento de la demanda en el tiempo más corto posible, ya que se demuestra el alto crecimiento de esta y si no se hace nada traerá serias consecuencias para el desarrollo económico, social para la ciudad del CUSCO.

BIBLIOGRAFÍA

- 091-2002-EM/VME, R. (marzo de 2002). *Ministerio de Energía y Minas*. Obtenido de <http://www.minem.gob.pe/minem/archivos/file/electricidad/legislacion/rm091-2002-em-vme-TERMINOLOGIA.pdf>
- Alicante. (22 de febrero de 2018). *glosario empresas de servicios energéticos*. Obtenido de <https://glosarios.servidor-alicante.com/empresas-servicios-energeticos/cliente-residencial>
- ANEEL. (2010). *Agencia Nacional de Energía Eléctrica*. Obtenido de http://www.aneel.gov.br/busca?p_p_id=101&p_p_lifecycle=0&p_p_state=maximized&p_p_mode=view&_101_struts_action=%2Fasset_publisher%2Fview_content&_101_returnToFullPageURL=%2Fweb%2Fguest%2Fbusca&_101_assetEntryId=15044651&_101_type=content&_101_groupId=65683
- Bravo, C. (2015). En C. B. Vladimiro. CUSCO.
- Canal, V. (2015). cusco: docente de la UNSAAC.
- CITT. (2019). *Centro de investigación y transferencia de tecnología*. Obtenido de http://www.udb.edu.sv/udb_files/recursos_guias/eléctrica-ingenieria/disenio-de-lineas-de-transmision/2019/i/guia-2.pdf
- CNE. (2011). *código nacional de electricidad*. Obtenido de <http://spij.minjus.gob.pe/Graficos/Peru/2011/Mayo/05/RM-214-2011-MEM-DM.pdf>
- Corriente Alterna*. (s.f.). Obtenido de http://www.proyecto987.es/corriente_alterna_11.html
- David, C. (03 de 09 de 2012). *calidad de la energía en los sistemas eléctricos de potencia*. Obtenido de repositorio digital de la facultad de ingeniería UNAM: <http://132.248.52.100:8080/xmlui/handle/132.248.52.100/293>

Ducan, J., & Sarma, M. (2004). *Análisis y Diseño de Sistema de Potencia*. Thomson 3ra edición.

Espina, J. A. (30 de abril de 2017). *sector electricidad*. Obtenido de

<http://www.sectorelectricidad.com/17597/carga-demanda-y-energía-eléctrica-conceptos-fundamentales-para-la-distribución-de-electricidad/>

Grainger, J., & Stevenson, W. (1994). *Power System Analysis*. McGraw Hill.

Hernández, R. S., Fernández, C. C., & Baptista, P. L. (2014). *Metodología de la investigación*.

Mexico: MCGRAW-HILL.

Juarez, J. C. (1995). *sistemas de distribución de energía eléctrica*. Obtenido de

<https://core.ac.uk/download/pdf/48392416.pdf>

Kika. (2019). *diccionario de arquitectura y construcción*. Obtenido de

<http://www.parro.com.ar/definicion-de-demanda+m%E1xima>

Kothari, D., & Nagraht, I. (2008). *Sistemas Eléctricos de Potencia*. McGraw Hill.

MEM. (marzo de 2002). *Ministerio de Energía y Minas*. Obtenido de

<http://www.minem.gob.pe/minem/archivos/file/electricidad/legislacion/rm091-2002-em-vme-TERMINOLOGÍA.pdf>

Minas, M. d. (marzo de 2002). *SCRIBD*. Obtenido de

<http://www.minem.gob.pe/minem/archivos/file/electricidad/legislacion/rm091-2002-em-vme-TERMINOLOGÍA.pdf>

Norma DGERM091. (2002). *terminología en electricidad*.

NTCSE. (2010). *Norma Técnica de Calidad de los Servicios Eléctricos*.

Osinermin. (2018). *Instalaciones de Transmisión en Alerta Cuarto Trimestre 2017*. 88.

Obtenido de

<https://www.osinergmin.gob.pe/newweb/uploads/Publico/MapaSEIN/informes/criticos/transmision/20174T.pdf>

Portillo Loayza, J. C. (2015). *"ESTUDIO PARA EL MEJORAMIENTO DE LA OPERACIÓN EN ESTADO ESTACIONARIO DE OPERACIÓN EN ESTADO ESTACIONARIO DEL.*

Proyecto.es. (2019). *corriente alterna*. Obtenido de

http://www.proyecto987.es/corriente_alterna_0.html

RED ELÉCTRICA DE ESPAÑA. (16 de mayo de 2019). Obtenido de

<https://www.ree.es/es/actividades/operacion-del-sistema-eléctrico>

RM.019-2002-EM/VME. (marzo de 2002). *Ministerio de Energía y Minas*. Obtenido de

<http://www.minem.gob.pe/minem/archivos/file/electricidad/legislacion/rm091-2002-em-vme-TERMINOLOGÍA.pdf>

Taday, C. A. (Abril de 2016). *ANÁLISIS DE LA DEMANDA ELÉCTRICA*. Obtenido de

<http://repositorio.utc.edu.ec/browse?type=author&value=Taday+%C3%81lvarez%2C+Cesar+Augusto>

Torres Degro, A. (2011). Tasa de Crecimiento Poblacional.

Torres Degro, A. (2011). Tasa de Crecimiento Poblacional.

Vera Lopez, D. E., & Puma Polanco, G. D. (2019). *ESTUDIO DE LA CARGABILIDAD EN LAS REDES DEL AMT QU04 CON LA . cusco: UNSAAC.*

Vladimiro, C. B. (2015). flujo de potencia. En C. B. Vladimiro. Cusco.

Wikipedia. (2019). *tensión*. Obtenido de <https://es.m.wikipedia.org>

ANEXOS

ANEXO N°1.1

RESUMEN GENERAL DE MAXIMAS DEMANDAS EN KW

2015

	QU01	QU02	QU03	QU04	QU05	QU06	QU07
ENERO	2636.1536	4323.5317	4056.2598	3015.9282	559.78363	1896.825	2387.3953
FEBRERO	2635.6208	4299.458	4154.2412	3150.7756	577.84692	1948.1323	3045.2839
MARZO	2848.137	4566.5688	4354.9541	3226.7615	584.8493	1896.2255	2844.0576
ABRIL	2897.7957	4987.6367	4180.9849	4114.9937	593.31415	1861.5869	2134.7205
MAYO	2899.1611	4693.8921	3520.5405	4177.4404	601.68024	1898.9136	2310.3501
JUNIO	2965.3303	4653.3955	4009.5588	3954.3472	600.41968	1846.4991	3065.1748
JULIO	4533.8584	4446.208	3278.9529	598.08759	1845.4789	2388.7197	18533.674
AGOSTO	2916.5183	4680.104	4404.0601	3447.9858	595.73468	1895.0165	3512.7957
SEPTIEMBRE	2860.7212	4551.9238	4370.5835	3329.6772	597.03394	1931.6589	2602.3047
OCTUBRE	2989.0864	4576.6479	4242.9863	3547.5664	599.27185	1975.7255	2449.7805
NOVIEMBRE	2992.6877	4800.5962	4289.5801	3645.3926	595.7536	2018.2141	2540.2358
DICIEMBRE	2915.6653	4453.6494	4325.8311	3420.1953	585.0946	2058.8862	3397.5464

2016

	QU01	QU02	QU03	QU04	QU05	QU06	QU07
ENERO	2848.3359	4378.0903	4033.9778	3521.9036	583.59943	2030.5084	2574.1006
FEBRERO	5287.7412	3993.4497	4322.8438	606.08051	2047.2272	2325.3037	18798.791
MARZO	2973.9316	4591.2305	4005.2131	4226.3662	617.60699	2088.1982	2318.4202
ABRIL	3079.7803	4601.5884	4119.5713	3951.3352	626.70111	1981.4415	2510.7078
MAYO	3090.3423	4708.416	4139.5815	3880.7034	632.43207	1958.9883	2577.1338
JUNIO	3035.0579	4733.8047	4182.2451	4119.9282	635.02808	1823.0437	2508.0525
JULIO	4257.0425	4773.7344	6009.6831	4530.8364	628.89508	1835.8645	2623.3093
AGOSTO	4519.5225	4617.7236	5738.0645	5031.8281	630.04553	2571.8152	2792.3862
SEPTIEMBRE	4192.3818	4582.1162	4732.6597	3980.2522	630.18451	2580.8271	2882.968
OCTUBRE	4164.7817	4757.7109	4178.7163	4123.2695	617.33942	2626.2307	3126.8867
NOVIEMBRE	3187.5627	4759.7744	4204.7378	4065.2439	625.54932	2709.8335	2804.301
DICIEMBRE	3005.5879	4665.5801	4153.2036	4003.3711	614.76874	2656.7192	2820.2681

2017							
	QU01	QU02	QU03	QU04	QU05	QU06	QU07
ENERO	3388.1592	5339.6606	4183.4404	5049.4521	602.00562	2622.9014	2471.4841
FEBRERO	3721.1414	5012.0205	4195.0688	3892.1594	607.47296	4204.1885	2926.0693
MARZO	3835.5576	4606.5337	5056.2295	4003.9026	499.71704	4127.0732	3506.0369
ABRIL	3252.7166	4674.1768	4290.9849	3984.2407	629.68658	2590.6272	2666.7695
MAYO	3335.3562	4826.5205	4634.9346	3850.781	643.72595	2578.0059	2549.99
JUNIO	3238.6636	5632.5728	5287.4111	4023.1069	630.41803	2511.8872	3533.9575
JULIO	3292.447	4842.1216	4924.7993	3256.8589	614.74054	2500.7756	2760.6431
AGOSTO	3343.7661	4513.5972	4967.2788	3463.196	620.28113	2651.2766	2752.3271
SEPTIEMBRE	4761.0571	4365.9028	4952.4111	4250.5396	615.01825	2532.4263	2684.0649
OCTUBRE	3573.8069	4387.8125	5024.7466	3543.1772	616.00311	2569.6143	2773.0747
NOVIEMBRE	3474.8772	4529.6147	4947.5723	3547.0037	598.35626	2618.7595	2754.0486
DICIEMBRE	3374.6677	4600.6226	4869.8643	3514.0337	595.51508	2651.8604	2949.9922
2018							
	QU01	QU02	QU03	QU04	QU05	QU06	QU07
ENERO	3327.6057	4180.9058	5377.9751	3201.4116	639.57007	2523.6436	2824.2649
FEBRERO	3348.8428	5278.6318	5264.4116	3493.0276	637.15833	2534.9846	2825.0686
MARZO	3579.8782	4492.4058	4993.8994	4133.5347	642.97058	2412.0046	2719.9482
ABRIL	4172.6924	4506.2866	4936.2266	3589.853	649.37799	3282.792	2820.074
MAYO	3571.7017	4731.7632	5123.3491	3645.9856	616.66187	2373.0928	2762.7285
JUNIO	3642.5383	4839.3599	5126.7725	3711.4634	616.00415	2325.1062	2668.4951
JULIO	4967.8657	4717.6885	5028.4756	3469.4824	602.08356	2341.2825	2856.5747
AGOSTO	3945.7625	4843.4297	5060.2778	3654.0471	602.15692	2294.6252	2911.4131
SEPTIEMBRE	3474.1689	4843.0898	5039.8438	3641.9529	606.68402	3621.7888	3234.8284
OCTUBRE	2649.217	4763.5483	5102.5532	3680.6841	601.65887	2339.2351	3342.21
NOVIEMBRE	2609.5479	4880.7031	5025.3438	3629.0752	589.86346	4696.8198	3147.4353
DICIEMBRE	4411.5425	2003.4221	4905.5244	3568.6184	600.29889	4418.6523	3249.3926

ANEXO 1.1

Nº	CODIGO SED	DIRECCION	ALIMENTADOR	POTENCIA KVA
1	0010099	APV. MUNAY	QU01	25
2	0010101	AV. VELASCO ASTETE(Antes SAN JUDAS CHICO A)	QU01	50
3	0010101	AV. VELASCO ASTETE(Antes SAN JUDAS CHICO A)	QU01	50
4	0010122	COMUNIDAD TANCARPATA	QU01	100
5	0010122	COMUNIDAD TANCARPATA	QU01	100
6	0010123	ASOC. PATRON SAN SEBASTIAN	QU01	100
7	0010123	ASOC. PATRON SAN SEBASTIAN	QU01	100
8	0010134	UVIMA I	QU01	160
9	0010157	A.P.V. 7 DE FEBRERO	QU01	50
10	0010157	A.P.V. 7 DE FEBRERO	QU01	50
11	0010167	AV. VELASCO ASTETE II	QU01	75
12	0010167	AV. VELASCO ASTETE II	QU01	75
13	0010178	SURIHUAYLLA	QU01	100
14	0010178	SURIHUAYLLA	QU01	100
15	0010179	AV. VELASCO ASTETE I	QU01	160
16	0010179	AV. VELASCO ASTETE I	QU01	160
17	0010281	URB. VELASCO ASTETE I	QU01	100
18	0010281	URB. VELASCO ASTETE I	QU01	100
19	0010282	AV. VELASCO ASTETE(Antes URB. KENNEDY B)	QU01	160
20	0010282	AV. VELASCO ASTETE(Antes URB. KENNEDY B)	QU01	160
21	0010301	HILARIO MENDIVIL	QU01	250
22	0010301	HILARIO MENDIVIL	QU01	250
23	0010302	LOS ALAMOS	QU01	100
24	0010302	LOS ALAMOS	QU01	100
25	0010316	SAN LUIS I	QU01	50
26	0010316	SAN LUIS I	QU01	50
27	0010316	SAN LUIS I	QU01	100
28	0010317	VALLECITO TTIO	QU01	50
29	0010317	VALLECITO TTIO	QU01	50
30	0010392	URB. LAS JOYAS	QU01	50
31	0010392	URB. LAS JOYAS	QU01	50
32	0010393	LOS NOGALES I	QU01	100
33	0010393	LOS NOGALES I	QU01	100
34	0010393	LOS NOGALES I	QU01	100
35	0010395	LOS NOGALES III	QU01	100
36	0010395	LOS NOGALES III	QU01	100
37	0010395	LOS NOGALES III	QU01	100
38	0010415	FRANCISCO SISA C.N.V.T.A.5	QU01	100
39	0010416	TUPAC AMARU	QU01	100
40	0010416	TUPAC AMARU	QU01	100
41	0010436	AA.HH. VIRGEN DEL CARMEN	QU01	100
42	0010436	AA.HH. VIRGEN DEL CARMEN	QU01	100
43	0010437	URB. SAN ANTONIO I	QU01	100
44	0010437	URB. SAN ANTONIO I	QU01	100
45	0010438	A.V. FEDETRAC	QU01	100
46	0010438	A.V. FEDETRAC	QU01	100
47	0010439	AGUA BUENA	QU01	100
48	0010439	AGUA BUENA	QU01	100
49	0010449	UVIMA 4	QU01	100
50	0010449	UVIMA 4	QU01	100
51	0010505	COMUNIDAD MOLLERAY	QU01	25
52	0010505	COMUNIDAD MOLLERAY	QU01	25
53	0010506	COMUNIDAD WILCARPAY II	QU01	25
54	0010506	COMUNIDAD WILCARPAY II	QU01	25
55	0010530	FRANCISCO PALAO	QU01	100
56	0010530	FRANCISCO PALAO	QU01	50
57	0010684	A.P.V. UVIMA VII	QU01	50
58	0010692	A.P.V. PROCASA	QU01	160
59	0010692	A.P.V. PROCASA	QU01	160
60	0010745	SURIHUAYLLA 2	QU01	120
61	0010745	SURIHUAYLLA 2	QU01	120
62	0010747	VIA DE EVITAMIENTO	QU01	50
63	0010747	VIA DE EVITAMIENTO	QU01	50

Nº	CODIGO SED	DIRECCION	ALIMENTADOR	POTENCIA KVA
64	0010748	SURIHUAYLLA 4	QU01	100
65	0010748	SURIHUAYLLA 4	QU01	100
66	0010765	APV ACIAAS	QU01	50
67	0010765	APV ACIAAS	QU01	50
68	0010821	VILLA VICTORIA FERNANDEZ	QU01	75
69	0010885	APV LUCERINAS	QU01	50
70	0010885	APV LUCERINAS	QU01	50
71	0010889	APV. FEDETAC	QU01	200
72	0010890	CANTO GRANDE	QU01	25
73	0010890	CANTO GRANDE	QU01	25
74	0010897	APV. VILLA VICTORIA	QU01	50
75	0010897	APV. VILLA VICTORIA	QU01	50
76	0010900	LA MOLINA	QU01	75
77	0010900	LA MOLINA	QU01	75
78	0010925	A.P.V. PARAISO DE FATIMA	QU01	75
79	0010925	A.P.V. PARAISO DE FATIMA	QU01	75
80	0010926	A.P.V. PARAISO DE FATIMA	QU01	100
81	0010926	A.P.V. PARAISO DE FATIMA	QU01	100
82	0010942	APV. NACION KANA(Antes SAN SEBASTIAN)	QU01	100
83	0010942	APV. NACION KANA(Antes SAN SEBASTIAN)	QU01	100
84	0010943	APV. NACION KANA(Antes SAN SEBASTIAN)	QU01	100
85	0010943	APV. NACION KANA(Antes SAN SEBASTIAN)	QU01	100
86	0010947	URB SAN ANTONIO	QU01	100
87	0010947	URB SAN ANTONIO	QU01	100
88	0010957	APV. MONTERREY	QU01	50
89	0010957	APV. MONTERREY	QU01	50
90	0010958	APV. MONTERREY	QU01	50
91	0010958	APV. MONTERREY	QU01	50
92	0010959	APV. VILLA LOS ANDES	QU01	50
93	0010959	APV. VILLA LOS ANDES	QU01	50
94	0010977	SAN LUIS II	QU01	100
95	0010977	SAN LUIS II	QU01	100
96	0011029	APV. POSADA DEL INKA	QU01	50
97	0011029	APV. POSADA DEL INKA	QU01	50
98	0011033	APV. EXALTACION	QU01	25
99	0011033	APV. EXALTACION	QU01	25
100	0011034	APV. EL SATELITE	QU01	50
101	0011034	APV. EL SATELITE	QU01	50
102	0011038	APV JAVIER HERAUD	QU01	75
103	0011038	APV JAVIER HERAUD	QU01	75
104	0011101	AV. VELASCO ASTETE	QU01	50
105	0011101	AV. VELASCO ASTETE	QU01	50
106	0011116	CALLE ZURIMANA-TUPAC AMARU	QU01	25
107	0011116	CALLE ZURIMANA-TUPAC AMARU	QU01	25
108	0011117	AV SOLIDARIDAD	QU01	50
109	0011118	URB SAN ANTONIO	QU01	80
110	0011119	URB LOS NOGALES	QU01	100
111	0011119	URB LOS NOGALES	QU01	100
112	0011120	URB TUPAC AMRU	QU01	100
113	0011120	URB TUPAC AMRU	QU01	100
114	0011120	URB TUPAC AMRU	QU01	100
115	0011121	VIA DE EVITAMIENTO	QU01	50
116	0011121	VIA DE EVITAMIENTO	QU01	50
117	0011122	URB. SAN ANTONIO III	QU01	100
118	0011122	URB. SAN ANTONIO III	QU01	100
119	0011140	SAN SEBASTIAN	QU01	100
120	0011140	SAN SEBASTIAN	QU01	100
121	0011141	SAN SEBASTIAN	QU01	100
122	0011141	SAN SEBASTIAN	QU01	100
123	0011142	SAN SEBASTIAN	QU01	100
124	0011142	SAN SEBASTIAN	QU01	100
125	0011152	SAN ANTONIO	QU01	25
126	0011152	SAN ANTONIO	QU01	25
127	0011161	SAN SEBASTIAN	QU01	75

Nº	CODIGO SED	DIRECCION	ALIMENTADOR	POTENCIA KVA
128	0011161	SAN SEBASTIAN	QU01	75
129	0011188	COMUNIDAD MOLLERAY	QU01	50
130	0011188	COMUNIDAD MOLLERAY	QU01	50
131	0011217	VIA DE EVITAMIENTO	QU01	100
132	0011217	VIA DE EVITAMIENTO	QU01	100
133	0011218	VIA DE EVITAMIENTO	QU01	100
134	0011218	VIA DE EVITAMIENTO	QU01	100
135	0011219	VIA DE EVITAMIENTO	QU01	100
136	0011219	VIA DE EVITAMIENTO	QU01	100
137	0011220	VIA DE EVITAMIENTO	QU01	100
138	0011220	VIA DE EVITAMIENTO	QU01	100
139	0011221	VIA DE EVITAMIENTO	QU01	100
140	0011222	VIA DE EVITAMIENTO	QU01	100
141	0011222	VIA DE EVITAMIENTO	QU01	100
142	0011244	APV. SANTA EULALIA	QU01	25
143	0011244	APV. SANTA EULALIA	QU01	25
144	0011245	APV. VIRGEN DE BELEN II ETAPA	QU01	50
145	0011245	APV. VIRGEN DE BELEN II ETAPA	QU01	50
146	0011247	APV. SIETE CAJONES	QU01	50
147	0011247	APV. SIETE CAJONES	QU01	50
148	0011250	APV. HUIÑAY HUAYNA	QU01	50
149	0011250	APV. HUIÑAY HUAYNA	QU01	50
150	0011251	APV. HUIÑAY HUAYNA - B	QU01	50
151	0011297	SAN EUSEBIO	QU01	75
152	0010119	CONJ. HAB. CAHUIDE II	QU02	100
153	0010128	CALLE SUCRE I S.S.	QU02	250
154	0010146	CALLE CHIMA S.S.	QU02	100
155	0010166	CONJ. HAB. CAHUIDE I	QU02	80
156	0010166	CONJ. HAB. CAHUIDE I	QU02	80
157	0010168	VIA EXPRESA	QU02	100
158	0010168	VIA EXPRESA	QU02	100
159	0010250	HIPOLITO TUPAC AMARU V	QU02	80
160	0010250	HIPOLITO TUPAC AMARU V	QU02	80
161	0010254	VIA EXPRESA	QU02	100
162	0010254	VIA EXPRESA	QU02	100
163	0010255	VIA EXPRESA	QU02	80
164	0010255	VIA EXPRESA	QU02	80
165	0010256	AV. CUSCO I S.S.	QU02	250
166	0010257	VIA EXPRESA(Antes URB. 28 DE JULIO S.S.)	QU02	100
167	0010257	VIA EXPRESA(Antes URB. 28 DE JULIO S.S.)	QU02	100
168	0010297	URB. MARIATEGUI S.S.	QU02	160
169	0010305	VIA EXPRESA	QU02	80
170	0010305	VIA EXPRESA	QU02	80
171	0010305	VIA EXPRESA	QU02	80
172	0010358	INTERSEC. LAS AMERICAS - REP. DE ARGENTINA(Antes ZONA NO HABILITADA II)	QU02	250
173	0010358	INTERSEC. LAS AMERICAS - REP. DE ARGENTINA(Antes ZONA NO HABILITADA II)	QU02	250
174	0010359	LAS AMERICAS(Antes ZONA NO HABILITADA III)	QU02	100
175	0010360	URB. LOS SAUCES	QU02	100
176	0010418	URB. WISPAMPA II	QU02	100
177	0010419	URB. WISPAMPA I	QU02	160
178	0010463	VILLA MANANTIAL	QU02	100
179	0010499	PERIODISTAS MARCAVALLE	QU02	100
180	0010540	URB. GC. SANTA ROSA II	QU02	160
181	0010540	URB. GC. SANTA ROSA II	QU02	160
182	0010624	APROVICOP (APV LOS PINOS)	QU02	25
183	0010711	VIA EXPRESA(Antes ZONA NO HABITADA 4)	QU02	80
184	0010711	VIA EXPRESA(Antes ZONA NO HABITADA 4)	QU02	80
185	0010717	VIA EXPRESA	QU02	100
186	0010717	VIA EXPRESA	QU02	100
187	0010812	AV. CUSCO	QU02	75
188	0010952	QUISPIQUILLA GRANDE	QU02	100

Nº	CODIGO SED	DIRECCION	ALIMENTADOR	POTENCIA KVA
189	0010952	QUISPIQUILLA GRANDE	QU02	100
190	0010952	QUISPIQUILLA GRANDE	QU02	100
191	0011008	QUISPIQUILLA	QU02	160
192	0011008	QUISPIQUILLA	QU02	160
193	0011014	APV. VILLA RINCONADA	QU02	160
194	0011014	APV. VILLA RINCONADA	QU02	160
195	0011015	VIA EXPRESA	QU02	100
196	0011015	VIA EXPRESA	QU02	100
197	0011016	VIA EXPRESA	QU02	160
198	0011016	VIA EXPRESA	QU02	160
199	0011017	VIA EXPRESA	QU02	50
200	0011017	VIA EXPRESA	QU02	50
201	0011030	FEDETAC	QU02	50
202	0011084	AV.REPUBLICA DEL PERU	QU02	100
203	0011086	AV.TUPAC AMARU	QU02	160
204	0011128	AV CUSCO - 1 PARADERO SAN SEBASTIAN	QU02	100
205	0011191	URB. SANTA MONICA	QU02	200
206	0011311	PLAZA URB. TUPAC AMARU - SAN SEBASTIAN	QU02	250
207	0010002	FERNANDO TUPAC AMARU	QU03	100
208	0010004	URB. LA PLANICIE I	QU03	25
209	0010004	URB. LA PLANICIE I	QU03	25
210	0010058	URB. SAN JUAN	QU03	200
211	0010124	SAUCES DE LA PRADERA	QU03	100
212	0010126	TUYRUTUPA S.S	QU03	160
213	0010127	FLOR DE LA CANTUTA	QU03	100
214	0010129	ALFAPATA I S.S.	QU03	160
215	0010129	ALFAPATA I S.S.	QU03	160
216	0010143	URB. LA PLANICIE II	QU03	100
217	0010169	CALLE CAJAÑAN S.S.	QU03	160
218	0010251	LARAPA	QU03	400
219	0010251	LARAPA	QU03	400
220	0010253	CAMINO REAL S.S.	QU03	160
221	0010253	CAMINO REAL S.S.	QU03	160
222	0010258	LARAPA I	QU03	320
223	0010259	LARAPA II	QU03	250
224	0010283	URB. CACHIMAYO I	QU03	320
225	0010284	URB. SANTA MARIA	QU03	100
226	0010285	URB. SANTA MARIA II	QU03	80
227	0010286	URB. SANTA MARIA I	QU03	80
228	0010287	URB. SANTA ROSA I	QU03	100
229	0010288	AV. FRANCIA (NAC. UNIDAS)	QU03	160
230	0010289	JR. DINAMARCA (NAC. UNIDAS)	QU03	160
231	0010290	AV. ALEMANIA I (NAC. UNIDAS)	QU03	100
232	0010290	AV. ALEMANIA I (NAC. UNIDAS)	QU03	100
233	0010291	URB. SANTA ROSA II	QU03	160
234	0010292	URB. SANTA ROSA III	QU03	160
235	0010293	J.C. MARIATEGUI SANTA ROSA IV	QU03	160
236	0010304	ASOC. SAN MIGUEL	QU03	80
237	0010318	PUEBLO LIBERTADOR	QU03	100
238	0010321	SOL DE ORO	QU03	50
239	0010324	AV. CULTURA S.S.	QU03	100
240	0010374	AA.HH. VILLA LOS PROCERES	QU03	100
241	0010378	C.C CCORAO(Antes CCORAO 1)	QU03	100
242	0010378	C.C CCORAO(Antes CCORAO 1)	QU03	100
243	0010380	COMUNIDAD SEQUERACCAY	QU03	25
244	0010396	COMUNIDAD PUMAMARKA	QU03	37.5
245	0010396	COMUNIDAD PUMAMARKA	QU03	37.5
246	0010397	COMUNIDAD CHITAPAMPA	QU03	37.5
247	0010398	COMUNIDAD WILCAPATA	QU03	50
248	0010398	COMUNIDAD WILCAPATA	QU03	50
249	0010398	COMUNIDAD WILCAPATA	QU03	50
250	0010399	COMUNIDAD QUILLAHUATA	QU03	35
251	0010400	COVIDUC	QU03	100
252	0010417	COVIPONA LARAPA	QU03	160
253	0010441	LARAPA PICOL	QU03	25
254	0010442	COMUNIDAD YUNCAYPATA	QU03	50

Nº	CODIGO SED	DIRECCION	ALIMENTADOR	POTENCIA KVA
255	0010443	COMUNIDAD MANDORANI	QU03	50
256	0010446	SUCSU AUCAYLLY	QU03	100
257	0010508	COMUNIDAD TICAPATA	QU03	50
258	0010509	DIEGO QUISPE TITO	QU03	100
259	0010510	AA.HH. LA UNION	QU03	100
260	0010511	URB. SAN JOSE	QU03	50
261	0010512	URB. VILLA EL MIRADOR	QU03	100
262	0010513	URB. LOS ANGELES	QU03	100
263	0010514	URB. VALLECITO	QU03	100
264	0010515	SICLLAPATA	QU03	100
265	0010516	AA.HH. INKAWASI	QU03	75
266	0010516	AA.HH. INKAWASI	QU03	75
267	0010518	LARAPA	QU03	250
268	0010518	LARAPA	QU03	250
269	0010541	ALFAPATA II	QU03	100
270	0010563	COMUNIDAD CCORIMARCA	QU03	50
271	0010604	SAN AGUSTIN-NIÑO DE PRAGA	QU03	50
272	0010606	SANTUTIS	QU03	50
273	0010614	MARCACHAYOC	QU03	25
274	0010614	MARCACHAYOC	QU03	25
275	0010676	PROL. AV. CUSCO (SAN SEBASTIAN)	QU03	160
276	0010677	VILLA MANANTIAL	QU03	160
277	0010677	VILLA MANANTIAL	QU03	160
278	0010679	PROL.AV DE LA CULTURA 5 PARADERO	QU03	160
279	0010690	FLOR DE LA KANTUTA II	QU03	50
280	0010691	ISTE TUPAC AMARU II	QU03	125
281	0010701	URB. LARAPA GRANDE(Antes RESIDENCIAL JARDINES)	QU03	100
282	0010701	URB. LARAPA GRANDE(Antes RESIDENCIAL JARDINES)	QU03	100
283	0010702	PROL. AV. DE LA CULTURA 4TO. PARADERO	QU03	125
284	0010716	TUPAC AMARU 01	QU03	75
285	0010770	PROL. AV. DE LA CULTURA - SAN SEBASTIAN	QU03	100
286	0010785	CA JOSE OLAYA	QU03	100
287	0010820	QUESER	QU03	10
288	0010826	APV. MINKA	QU03	75
289	0010826	APV. MINKA	QU03	75
290	0010858	APV. MIRADOR PACHACUTEQ	QU03	100
291	0010858	APV. MIRADOR PACHACUTEQ	QU03	100
292	0010891	TICAPATA I	QU03	100
293	0010892	TICAPATA II	QU03	85
294	0010893	TICAPATA III	QU03	50
295	0010894	TICAPATA IV	QU03	75
296	0010895	TICAPATA V	QU03	75
297	0010899	VILLA NUEVA ESPERANZA	QU03	25
298	0010924	FERIA ARTESANAL INTIHUATANA- CORAO	QU03	75
299	0010936	SOL DE ORO	QU03	50
300	0010949	LOS SALVADORES	QU03	50
301	0010950	ATAHUALLPA	QU03	50
302	0010951	CALLE LA PAZ CON MOQUEGUA	QU03	100
303	0010960	SAN SEBASTIAN	QU03	50
304	0010960	SAN SEBASTIAN	QU03	50
305	0011022	AV. LA CULTURA - COLEGIO DE INGENIEROS	QU03	75
306	0011028	REPUBLICA DE FRANCIA	QU03	50
307	0011035	APV SOL DE LOS ANDES	QU03	75
308	0011039	APV MIRADOR DE LOS 4 SUYOS	QU03	75
309	0011040	APV MIRADOR DE LOS 4 SUYOS	QU03	50
310	0011040	APV MIRADOR DE LOS 4 SUYOS	QU03	50
311	0011057	ALTO QOSQO - SAN SEBASTIAN	QU03	50
312	0011058	ALTO QOSQO SAN SEBASTIAN	QU03	75
313	0011059	ALTO QOSQO - SAN SEBASTIAN	QU03	100
314	0011061	CORAO	QU03	75
315	0011062	ALTO QOSQO - SAN SEBASTIAN	QU03	75
316	0011063	ALTO QOSQO - SAN SEBASTIAN	QU03	50

Nº	CODIGO SED	DIRECCION	ALIMENTADOR	POTENCIA KVA
317	0011064	ALTO QOSQO - SAN SEBASTIAN	QU03	100
318	0011065	ALTO QOSQO - SAN SEBASTIAN	QU03	50
319	0011068	ALTO QOSQO - SAN SEBASTIAN	QU03	100
320	0011069	ALTO QOSQO - SAN SEBASTIAN	QU03	75
321	0011070	ALTO QOSQO - SAN SEBASTIAN	QU03	50
322	0011071	ALTO QOSQO - SAN SEBASTIAN	QU03	75
323	0011072	ALTO QOSQO - SAN SEBASTIAN	QU03	75
324	0011073	ALTO QOSQO - SAN SEBASTIAN	QU03	75
325	0011074	ALTO QOSQO - SAN SEBASTIAN	QU03	50
326	0011074	ALTO QOSQO - SAN SEBASTIAN	QU03	50
327	0011075	ALTO QOSQO - SAN SEBASTIAN	QU03	50
328	0011075	ALTO QOSQO - SAN SEBASTIAN	QU03	50
329	0011076	ALTO QOSQO - SAN SEBASTIAN	QU03	50
330	0011076	ALTO QOSQO - SAN SEBASTIAN	QU03	50
331	0011077	ALTO QOSQO - SAN SEBASTIAN	QU03	50
332	0011077	ALTO QOSQO - SAN SEBASTIAN	QU03	50
333	0011078	ALTO QOSQO - SAN SEBASTIAN	QU03	50
334	0011078	ALTO QOSQO - SAN SEBASTIAN	QU03	50
335	0011079	ALTO QOSQO - SAN SEBASTIAN	QU03	50
336	0011079	ALTO QOSQO - SAN SEBASTIAN	QU03	50
337	0011080	ALTO QOSQO - SAN SEBASTIAN	QU03	75
338	0011080	ALTO QOSQO - SAN SEBASTIAN	QU03	50
339	0011081	ALTO QOSQO - SAN SEBASTIAN	QU03	75
340	0011082	ALTO QOSQO - SAN SEBASTIAN	QU03	50
341	0011083	ALTO QOSQO - SAN SEBASTIAN	QU03	75
342	0011092	PROLONGACION AV.LA CULTURA	QU03	160
343	0011093	AV.LA CULTURA-2DO PARADERO	QU03	160
344	0011094	AV.LOS SAUCOS	QU03	160
345	0011114	CCORAO - ENTRADA A CHITAPAMPA	QU03	50
346	0011124	PATAPATAYOC ALTO QOSQO	QU03	100
347	0011150	SAN JERONIMO	QU03	100
348	0011151	SAN JERONIMO	QU03	100
349	0011159	SAN SEBASTIAN	QU03	75
350	0011160	SAN SEBASTIAN	QU03	50
351	0011162	SAN SEBASTIAN	QU03	75
352	0011204	CALLQUIPATA	QU03	15
353	0011230	COMUNIDAD DE PUMAMARCA	QU03	50
354	0011256	SAN SEBASTIAN	QU03	25
355	0011257	SAN SEBASTIAN	QU03	25
356	0011289	PICOL ORCOPUCGIO	QU03	100
357	0011291	LOS ALAMOS	QU03	160
358	0011296	URB. LARAPA GRANDE	QU03	160
359	0010032	PATAPATA	QU04	100
360	0010032	PATAPATA	QU04	100
361	0010059	SAN JERONIMO III	QU04	320
362	0010059	SAN JERONIMO III	QU04	100
363	0010104	SAN JERONIMO IV	QU04	160
364	0010104	SAN JERONIMO IV	QU04	160
365	0010147	FE Y ALEGRIA (SAN JERONIMO)	QU04	160
366	0010147	FE Y ALEGRIA (SAN JERONIMO)	QU04	160
367	0010260	APROVITE	QU04	160
368	0010260	APROVITE	QU04	130
369	0010262	SAN JERONIMO I	QU04	250
370	0010262	SAN JERONIMO I	QU04	250
371	0010263	PLAZA 2 DE NOVIEMBRE	QU04	50
372	0010263	PLAZA 2 DE NOVIEMBRE	QU04	50
373	0010306	URB. VILLA MIRAFLORES	QU04	50
374	0010307	CHIMPAHUAILLA	QU04	125
375	0010307	CHIMPAHUAILLA	QU04	125
376	0010322	VILLA DEL CARMEN VERSALLES	QU04	50
377	0010365	ASOC. CONSTRUCTORES	QU04	100
378	0010366	LOS RETAMALES	QU04	160
379	0010367	COMUNIDAD CHAHUANQOSQO	QU04	100
380	0010367	COMUNIDAD CHAHUANQOSQO	QU04	100
381	0010367	COMUNIDAD CHAHUANQOSQO	QU04	100
382	0010402	SAN ISIDRO PATAPATA	QU04	25
383	0010420	A.P.V. BANCO DE CREDITO	QU04	100
384	0010420	A.P.V. BANCO DE CREDITO	QU04	100

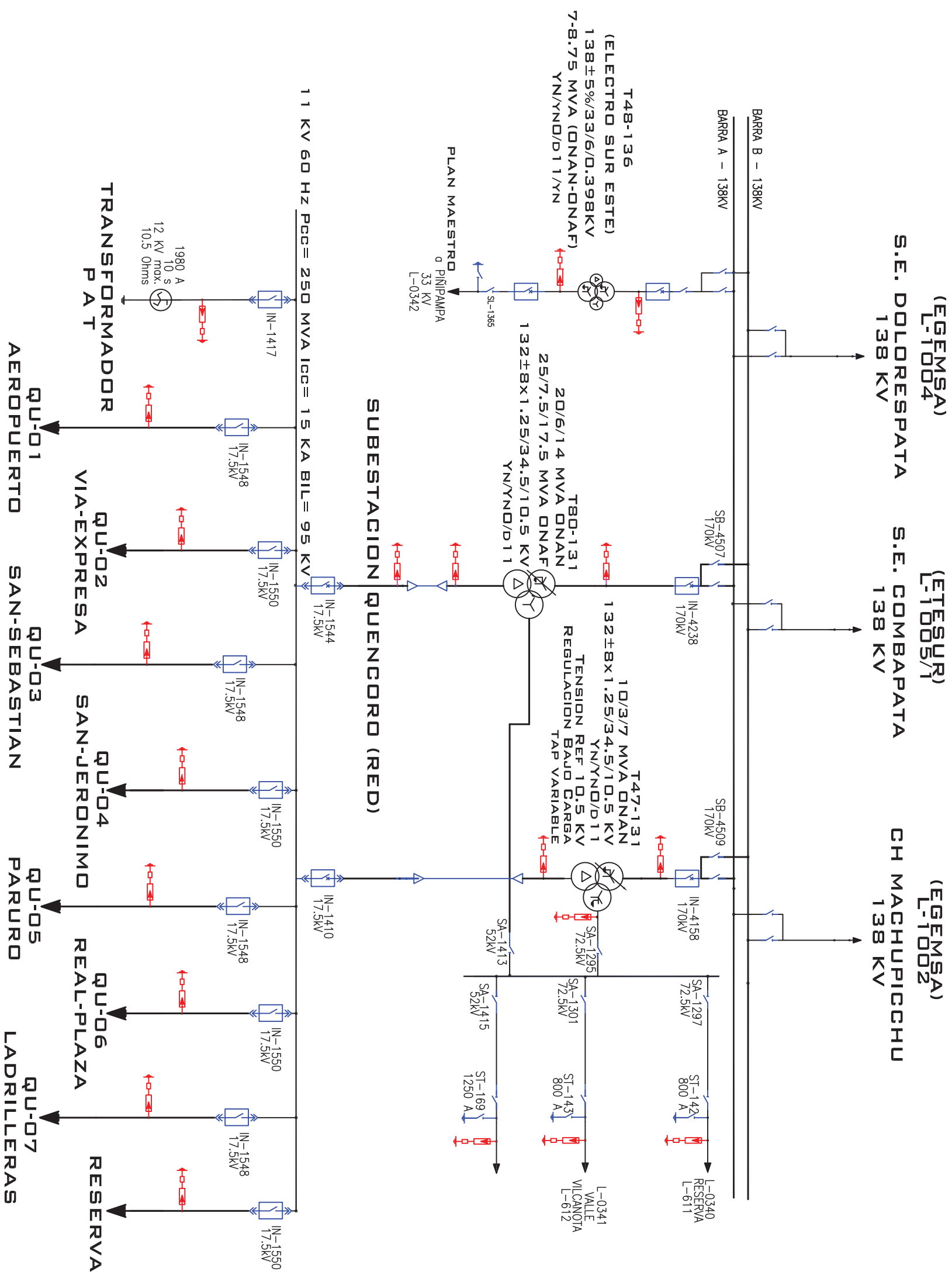
Nº	CODIGO SED	DIRECCION	ALIMENTADOR	POTENCIA KVA
385	0010519	VILLA LOS PINOS	QU04	100
386	0010520	SANTA MARTHA	QU04	100
387	0010531	KANTU VERSALLES A.V. LA CULTUR	QU04	160
388	0010557	SAN JERONIMO	QU04	160
389	0010557	SAN JERONIMO	QU04	160
390	0010608	COMUNIDAD HUACCOTO	QU04	50
391	0010608	COMUNIDAD HUACCOTO	QU04	50
392	0010613	MERCADO MAYORISTA VINO CANCHON	QU04	160
393	0010661	24 DE JUNIO (SAN JERONIMO)	QU04	80
394	0010661	24 DE JUNIO (SAN JERONIMO)	QU04	80
395	0010662	CLORINDA MATTO DE TURNER (SAN	QU04	100
396	0010681	PATAPATA I	QU04	50
397	0010682	HUAYLLAPAMPA	QU04	10
398	0010682	HUAYLLAPAMPA	QU04	10
399	0010762	APV ALFONSO BARRANTES LINGAN UVIMA IX PATA PATA	QU04	50
400	0010762	APV ALFONSO BARRANTES LINGAN UVIMA IX PATA PATA	QU04	50
401	0010763	APV TIPO HUERTA VERSALLES	QU04	50
402	0010764	PROP. ASOCIACION MONTERRICO	QU04	50
403	0010764	PROP. ASOCIACION MONTERRICO	QU04	50
404	0010764	PROP. ASOCIACION MONTERRICO	QU04	75
405	0010799	AV. PATAPATA SAN JERONIMO	QU04	100
406	0010824	APV. JUAN PABLO II	QU04	35
407	0010824	APV. JUAN PABLO II	QU04	35
408	0010861	APV. VILLA MAGISTERIAL	QU04	100
409	0010866	APV. LA VICTORIA- LIDERES	QU04	50
410	0010869	PRESBITERO ANDRES G.	QU04	75
411	0010870	CAUCE SECO DE LLOCLL	QU04	50
412	0010871	LLOCLLOPATA	QU04	75
413	0010872	MANCO CAPAC-CAJONAHUAYLLA	QU04	50
414	0010872	MANCO CAPAC-CAJONAHUAYLLA	QU04	50
415	0010886	CC. COLLANA	QU04	50
416	0010886	CC. COLLANA	QU04	50
417	0010887	CHIMPAHUAYLLA	QU04	100
418	0010888	PINCHAPAMPA	QU04	50
419	0010888	PINCHAPAMPA	QU04	50
420	0010903	PAMPACHACRA	QU04	75
421	0010903	PAMPACHACRA	QU04	75
422	0010929	ASOCIACION PATAPATA - 2	QU04	75
423	0010932	A.P.V. SUTEP UVIMA XVII	QU04	25
424	0010933	ASOCIACION PATAPATA - 1	QU04	75
425	0010935	PATA PATA	QU04	25
426	0010953	PROLONGACION LIMA	QU04	100
427	0010955	ASOCIACION PATA PATA- LIRCAY	QU04	37.5
428	0010962	ALFACANCHA	QU04	15
429	0011041	APV VILLA WASHINGTON VERA	QU04	50
430	0011096	AV. LA CULTURA APROVITE(ALTURA DE MAESTRO)	QU04	160
431	0011105	ASOC.PEQ. PAMPACHACRA - SAN GERONIMO	QU04	50
432	0011153	SAN JERONIMO	QU04	50
433	0011184	AAHH PAMPACHACRA - SAN JERONIMO	QU04	80
434	0011184	AAHH PAMPACHACRA - SAN JERONIMO	QU04	80
435	0011185	LARAPA - SAN JERONIMO	QU04	400
436	0011185	LARAPA - SAN JERONIMO	QU04	400
437	0011193	COMUNIDAD CCOLLANA	QU04	100
438	0011233	CHIMPAHUAYLLA	QU04	100
439	0011252	APV. AYLLU RAU RAU	QU04	100
440	0011252	APV. AYLLU RAU RAU	QU04	80
441	0011273	HUERTA VERSALLES	QU04	160
442	0011274	AV MANCO CCAPAC PAMPACHACRA	QU04	100
443	0011274	AV MANCO CCAPAC PAMPACHACRA	QU04	100
444	0011300	CIRCUNVALACION NORTE	QU04	100
445	0011324	ROMERITOS - SECTOR PATA PATA	QU04	100
446	0010022	LOZA DEPORTIVA - URB. QUISPICANCHI(Antes URB. QUISPICANCHIS)	QU06	250

Nº	CODIGO SED	DIRECCION	ALIMENTADOR	POTENCIA KVA
447	0010022	LOZA DEPORTIVA - URB. QUISPICANCHI(Antes URB. QUISPICANCHIS)	QU06	250
448	0010057	URB. 1RO DE MAYO II P. ALTA	QU06	100
449	0010057	URB. 1RO DE MAYO II P. ALTA	QU06	100
450	0010068	URB. GARCILASO	QU06	100
451	0010068	URB. GARCILASO	QU06	100
452	0010068	URB. GARCILASO	QU06	100
453	0010095	AV. DE LA CULTURA II	QU06	75
454	0010095	AV. DE LA CULTURA II	QU06	75
455	0010111	URB. MARCAVALLE	QU06	320
456	0010111	URB. MARCAVALLE	QU06	320
457	0010138	CALLE PANAMA - URB. MAGISTERIO(Antes URB. MAGISTERIO II)	QU06	160
458	0010138	CALLE PANAMA - URB. MAGISTERIO(Antes URB. MAGISTERIO II)	QU06	160
459	0010139	URB. 1RO DE MAYO I P. BAJA	QU06	100
460	0010139	URB. 1RO DE MAYO I P. BAJA	QU06	100
461	0010224	AV. MACHUPICCHU	QU06	160
462	0010224	AV. MACHUPICCHU	QU06	160
463	0010225	AV. COLLASUYO - MANZANARES(Antes URB. PORTALNIYOC)	QU06	100
464	0010225	AV. COLLASUYO - MANZANARES(Antes URB. PORTALNIYOC)	QU06	100
465	0010226	AV. COLLASUYO - MIRAVALLE(Antes URB. MIRAVALLE I P. BAJA)	QU06	100
466	0010226	AV. COLLASUYO - MIRAVALLE(Antes URB. MIRAVALLE I P. BAJA)	QU06	100
467	0010227	CALLE PROLETARIOS - URB. MIRAVALLE(Antes URB. MIRAVALLE II P. ALTA)	QU06	50
468	0010227	CALLE PROLETARIOS - URB. MIRAVALLE(Antes URB. MIRAVALLE II P. ALTA)	QU06	50
469	0010327	PROL. AV. COLLASUYO(Antes CCARI GRANDE I)	QU06	100
470	0010327	PROL. AV. COLLASUYO(Antes CCARI GRANDE I)	QU06	100
471	0010328	APV. CCARI GRANDE(Antes CCARI GRANDE II)	QU06	150
472	0010328	APV. CCARI GRANDE(Antes CCARI GRANDE II)	QU06	150
473	0010350	AV. DE LA CULTURA(Antes EMPLEADOS CERVECEROS)	QU06	200
474	0010350	AV. DE LA CULTURA(Antes EMPLEADOS CERVECEROS)	QU06	200
475	0010413	AV. COLLASUYO(Antes COVIPOL)	QU06	100
476	0010413	AV. COLLASUYO(Antes COVIPOL)	QU06	100
477	0010473	CAMINO REAL(Antes URB. LOS MARQUESES)	QU06	50
478	0010473	CAMINO REAL(Antes URB. LOS MARQUESES)	QU06	50
479	0010496	LIC. SALVADOR MISCAHUARA	QU06	50
480	0010496	LIC. SALVADOR MISCAHUARA	QU06	50
481	0010500	URB. SANTA URSULA	QU06	160
482	0010500	URB. SANTA URSULA	QU06	160
483	0010501	PUENTE SAN SEBASTIAN	QU06	50
484	0010501	PUENTE SAN SEBASTIAN	QU06	50
485	0010660	APV LAS AMERICAS	QU06	25
486	0010660	APV LAS AMERICAS	QU06	50
487	0010663	AV. LA CULTURA (ALTURA SANTA URSULA)	QU06	100
488	0010663	AV. LA CULTURA (ALTURA SANTA URSULA)	QU06	100
489	0010816	Camino Real	QU06	160
490	0010816	Camino Real	QU06	160
491	0010956	URB. MAGISTERIO	QU06	250
492	0010956	URB. MAGISTERIO	QU06	250

Nº	CODIGO SED	DIRECCION	ALIMENTADOR	POTENCIA KVA
493	0010983	URB. QUISPICANCHIS	QU06	100
494	0010983	URB. QUISPICANCHIS	QU06	100
495	0011011	AV. COLLASUYO	QU06	50
496	0011011	AV. COLLASUYO	QU06	50
497	0011018	AV. CAMINO REAL (Reubicado)	QU06	100
498	0011018	AV. CAMINO REAL (Reubicado)	QU06	100
499	0011130	RESIDENCIAL LAS TORRES DE KAYSER - (ATRAS DE CTC)	QU06	400
500	0011130	RESIDENCIAL LAS TORRES DE KAYSER - (ATRAS DE CTC)	QU06	400
501	0010023	COMUNIDAD PILLAO MATAO I	QU07	50
502	0010023	COMUNIDAD PILLAO MATAO I	QU07	50
503	0010105	COMUNIDAD CCACHUPATA	QU07	15
504	0010105	COMUNIDAD CCACHUPATA	QU07	15
505	0010114	URB. CANTUTA S.J.	QU07	100
506	0010114	URB. CANTUTA S.J.	QU07	100
507	0010114	URB. CANTUTA S.J.	QU07	100
508	0010180	COMUNIDAD CONCHACALLA	QU07	25
509	0010180	COMUNIDAD CONCHACALLA	QU07	25
510	0010401	COMUNIDAD COLLPARO	QU07	50
511	0010401	COMUNIDAD COLLPARO	QU07	50
512	0010466	VILLA DEL SOL SAN JERONIMO	QU07	160
513	0010466	VILLA DEL SOL SAN JERONIMO	QU07	160
514	0010521	OSCOLLOPAMPA	QU07	100
515	0010521	OSCOLLOPAMPA	QU07	100
516	0010522	ASOCIACION PICOL HUAYLLARO	QU07	100
517	0010522	ASOCIACION PICOL HUAYLLARO	QU07	100
518	0010523	VIRGEN DEL ROSARIO	QU07	100
519	0010523	VIRGEN DEL ROSARIO	QU07	100
520	0010525	COMUNIDAD SONCCO	QU07	50
521	0010525	COMUNIDAD SONCCO	QU07	50
522	0010532	AA.HH. 30 DE SETIEMBRE	QU07	250
523	0010532	AA.HH. 30 DE SETIEMBRE	QU07	250
524	0010543	COMUNIDAD USPABAMBA	QU07	25
525	0010543	COMUNIDAD USPABAMBA	QU07	25
526	0010674	SAN JERONIMO	QU07	25
527	0010674	SAN JERONIMO	QU07	25
528	0010825	APV. COOSEMTAP	QU07	50
529	0010825	APV. COOSEMTAP	QU07	50
530	0010923	NUEVA ALIANZA	QU07	50
531	0010923	NUEVA ALIANZA	QU07	50
532	0010938	SAN JERONIMO	QU07	25
533	0010938	SAN JERONIMO	QU07	25
534	0010954	VIA DE EVITAMIENTO	QU07	75
535	0010954	VIA DE EVITAMIENTO	QU07	75

Nº	CODIGO SED	DIRECCION	ALIMENTADOR	POTENCIA KVA
536	0010963	MERCADO MAYORISTA SAN JERONIMO	QU07	50
537	0010963	MERCADO MAYORISTA SAN JERONIMO	QU07	50
538	0010963	MERCADO MAYORISTA SAN JERONIMO	QU07	50
539	0010966	C.C Villa Rinconada	QU07	75
540	0010966	C.C Villa Rinconada	QU07	75
541	0010967	CC. Villa Rinconada	QU07	75
542	0010967	CC. Villa Rinconada	QU07	75
543	0010968	APV. ALTIVA CANAS I	QU07	100
544	0010968	APV. ALTIVA CANAS I	QU07	100
545	0010969	APV. ALTIVA CANAS II	QU07	100
546	0010969	APV. ALTIVA CANAS II	QU07	100
547	0010971	SAN JUAN DE DIOS	QU07	50
548	0010971	SAN JUAN DE DIOS	QU07	50
549	0011021	APV. EL ROSAL DEL VALLE SUR	QU07	50
550	0011021	APV. EL ROSAL DEL VALLE SUR	QU07	50
551	0011023	APV HUAYRANCALLE	QU07	50
552	0011023	APV HUAYRANCALLE	QU07	50
553	0011036	APV SAN LORENZO	QU07	25
554	0011036	APV SAN LORENZO	QU07	25
555	0011037	PUMAHUANCA	QU07	15
556	0011037	PUMAHUANCA	QU07	15
557	0011044	APV TUPAC YUPANQUI	QU07	100
558	0011044	APV TUPAC YUPANQUI	QU07	95
559	0011098	APV. LOS ROSALES	QU07	50
560	0011098	APV. LOS ROSALES	QU07	50
561	0011099	EL TRIGAL -SAN JERONIMO	QU07	100
562	0011099	EL TRIGAL -SAN JERONIMO	QU07	100
563	0011136	PILLAO MATAO- SAN JERONIMO	QU07	50
564	0011136	PILLAO MATAO- SAN JERONIMO	QU07	50
565	0011149	SAN JERONIMO	QU07	50
566	0011149	SAN JERONIMO	QU07	50
567	0011163	SAN JERONIMO	QU07	25
568	0011163	SAN JERONIMO	QU07	25
569	0011187	SAN JERONIMO	QU07	160
570	0011187	SAN JERONIMO	QU07	160
571	0011187	SAN JERONIMO	QU07	160
572	0011209	VIA DE EVITAMIENTO	QU07	100
573	0011209	VIA DE EVITAMIENTO	QU07	100
574	0011210	VIA DE EVITAMIENTO	QU07	100
575	0011210	VIA DE EVITAMIENTO	QU07	100
576	0011211	VIA DE EVITAMIENTO	QU07	100
577	0011211	VIA DE EVITAMIENTO	QU07	100
578	0011212	VIA DE EVITAMIENTO	QU07	100
579	0011212	VIA DE EVITAMIENTO	QU07	100
580	0011214	VIA DE EVITAMIENTO	QU07	100
581	0011214	VIA DE EVITAMIENTO	QU07	100
582	0011215	VIA DE EVITAMIENTO	QU07	100
583	0011215	VIA DE EVITAMIENTO	QU07	100
584	0011216	VIA DE EVITAMIENTO	QU07	100
585	0011216	VIA DE EVITAMIENTO	QU07	100

ANEXO 1.2



(EGEMSA) L-1004
 S.E. DOLORESPATA 138 KV

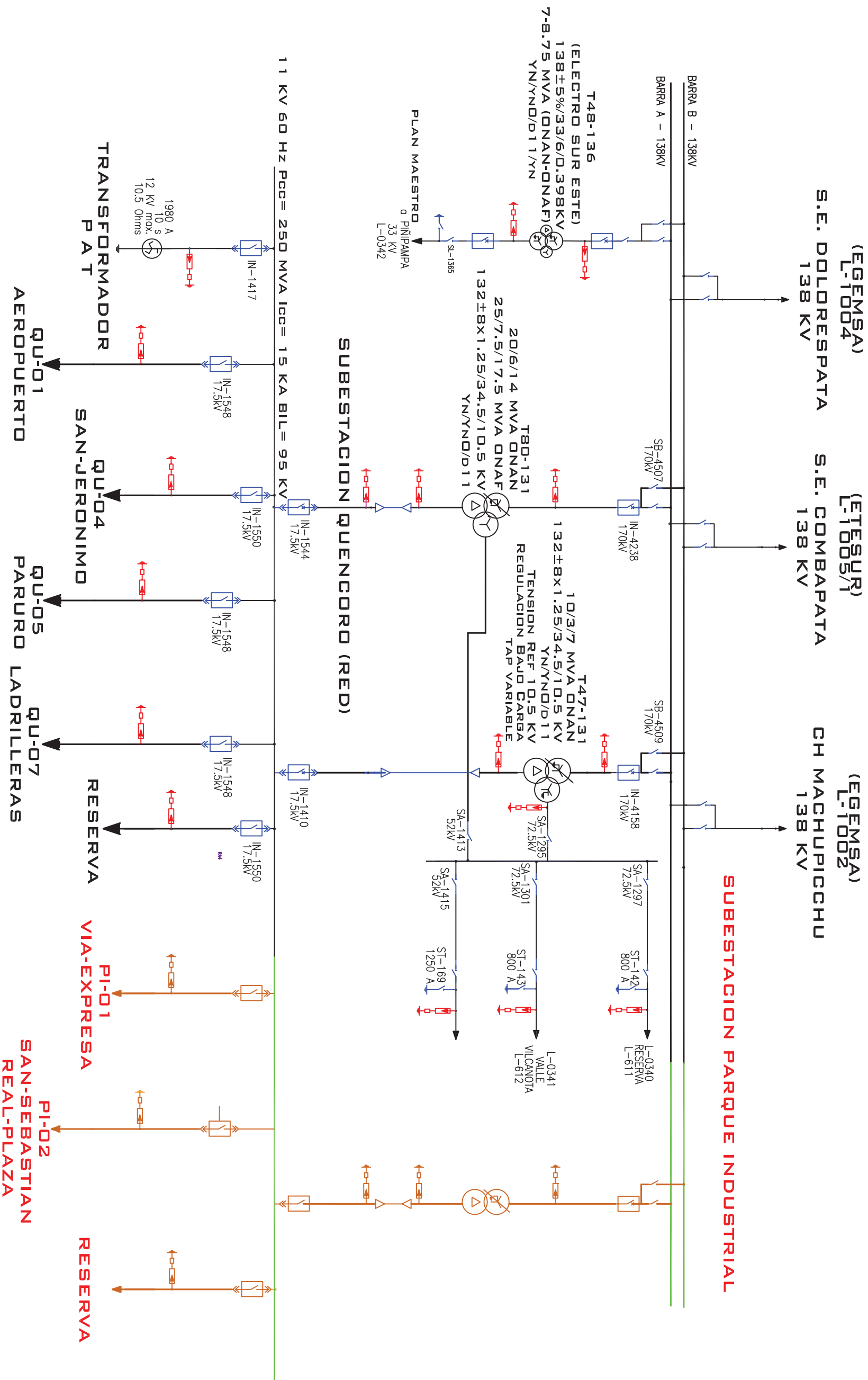
(ETESUR) L-1005/1
 S.E. COMBAPATA 138 KV

(EGEMSA) L-1002
 CH MACHUPICCHU 138 KV

PLAN MAESTRO
 o PINPAMPA
 33 KV
 L-0342

NOBRE	FECHA	
DEBUC:	JLS.O.	
REMSR:	EZAV.	
APROB:	MEVP	
APROB:	VIR.	
SUBESTACION QUENCORO 138/11 KV		ESQUEMA UNIFILAR

ANEXO 1.2.1



NOBRE	FECHA
DEBUC: JLS.O.	
REMSC: EZAV.	
APROBC: MEVP	
APROBC: VTR.	

	
SUBESTACION QUENCORO 138/11 KV ESQUEMA UNIFILAR	

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPOTESIS	METODOLOGÍA
FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	OBJETIVO GENERAL	HIPOTESIS GENERAL	CARACTERÍSTICAS DE LA INVESTIGACIÓN
¿Cómo será la operación en la sub-estación Quencoro – Cusco frente al crecimiento en la demanda en el periodo 2018 al 2024 si se considera una alternativa de solución?	Desarrollar el estudio de operación de la sub estación QUENCORO frente al crecimiento de la demanda en el periodo 2018 - 2024 Cusco.	El estudio da una alternativa para mejorar la operación de la sub estación QUENCORO ante el crecimiento de la demanda. Mejorará y garantizará la operación de la sub-estación Quencoro en el periodo 2018 – 2024.	El "Estudio para el mejoramiento de la operación en estado estacionario del sistema eléctrico de la ciudad del cusco" es una investigación científica con enfoque cuantitativo porque es secuencial y probatorio del tipo descriptivo causal por que se pretende explicar la operación de mencionado sistema eléctrico para beneficio de los usuarios suministrados en el mismo.
PROBLEMAS ESPECÍFICOS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	HIPOTESIS ESPECÍFICOS	
1. ¿Cómo es la operación actual de la sub-estación Quencoro – Cusco frente a la demanda y su proyección al 2024?	1. Analizar la operación actual del sistema eléctrico de la sub-estación Quencoro frente a la demanda y su proyección al 2024.	1 El diagnostico de la operación actual del sistema eléctrico de la sub-estación Quencoro – Cusco frente a la demanda revela las deficiencias de operación actual y a futuro al 2024.	
2. Qué alternativas se pueden proponer para mejorar la operación actual de la subestación Quencoro frente al crecimiento de la demanda?	2. Plantear diferentes alternativas de solución para la operación de la sub-estación Quencoro ante el crecimiento de la demanda.	2 Analizada las alternativas de solución permiten determinar aquella que garantice la operatividad de la S.E ante el crecimiento de la demanda de la sub-estación de Quencoro.	
3. ¿Cómo será la operación de la SE de Quencoro con la alternativa seleccionada?	3. Analizar la operación de la sub-estación Quencoro frente al crecimiento de la demanda con la con alternativa de solución.	3 Analizada la alternativa seleccionada en la sub-estación de Quencoro frente al crecimiento de la demanda se demuestra viable en el periodo 2018-2024	

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO	VARIABLES E INDICADORES				ESTRUCTURA DEL ESTUDIO
<p>El actual crecimiento de la demanda en la ciudad de cusco, a exigido la expansión de sus subestaciones, pero en forma radial genera problemas en la confiabilidad del sistema a esto se suma el crecimiento de la demanda eléctrica de tal manera que se hace necesario conocer hasta que momento el sistema puede soportarla.</p> <p>La subestación de Quencoro ya está llegando a su capacidad máxima de operación realizando los cálculos de demanda máxima de anteriores años se ve que para el 2021 ya tenemos una diferencia de (- 0.73) MW. Para el 2024 ya hay déficit de (-3.67) MW.</p>	<p>Cuando el crecimiento de la demanda afecta al sistema eléctrico ocurre incidencias de operación, trae consigo desagradables consecuencias para los usuarios, por ejemplo, suspensión de diversas actividades por interrupciones de energía eléctrica.</p> <p>El crecimiento inminente de la demanda de acuerdo a estudios de la proyección de la demanda realizada por el concesionario, muestra que existe un riesgo en la operación normal del sistema eléctrico de la ciudad de Cusco, debido a que el sistema actual no estará en la capacidad de cubrir la demanda proyectada al año 2024. Para lo cual se planteará una alternativa de solución.</p>	VARIABLES				<ul style="list-style-type: none"> CAPITULO I – ASPECTOS GENERALES CAPITULO II – FUNDAMENTO TEÓRICO CAPITULO III – EVALUACIÓN DE LA OPERACIÓN ACTUAL DEL SISTEMA ELÉCTRICO. CAPITULO IV – ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS DE SOLUCION FRENTE AL CRECIMIENTO DE LA DEMANDA EN LA SUB-ESTACION DE QUENCORO CUSCO CAPITULO V – APLICACIÓN DE LA MEJOR ALTERNATIVA DE SOLUCION. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.
		VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	UNIDADES	
		X. OPERACIÓN DE LA SUB-ESTACION	Características de operación de la S.E.	Potencia	watt	
				Tensión	Voltio	
Y. CRECIMIENTO DE LA DEMANDA	Configuración De Operación	Impedancia	ohmio			
		Diagrama de la RED	Ohmio			
		Demanda	Kilowatt - hora			
		cargabilidad	Caída de tensión	%ΔV		
ALCANCES Y LIMITACIONES						
ALCANCES						
<p>El estudio se realiza en MT en el sistema de la sub-estación Quencoro se analiza la operación actual. Asimismo, se incluye el análisis de diferentes alternativas en estado estable, no se incluye estudios transitorios.</p> <p>El presente estudio propone una alternativa de solución para la operación en el periodo 2018-2024, para el crecimiento de la demanda de la sub-estación Quencoro.</p>						
LIMITACIONES						
<ul style="list-style-type: none"> El estudio comprende solo de análisis de flujo de potencia, puesto que las soluciones a dicho problema pasan por un tema operativo. El estudio no considera armónicos para dicho análisis. El presente trabajo es una propuesta de solución que no necesariamente será aplicada por la concesionaria ELSE Se trabaja con tatos de ELSE y COES 						

BALANCE DE OFERTA Y DEMANDA MAXIMA EN MW DE LA CIUDAD DE CUSCO			
SUB ESTACION QUENCORO			
AÑO	2018	2021	2024
OFERTA EXISTENTE DE LA SUBESTACION QUENCORO EN MVA	24.5	24.5	24.5
OFERTA EXISTENTE DE LA SUBESTACION QUENCORO EN MW	22.0	22.0	22.0
	5	5	5
POTENCIA TOTAL INSTALADA EN MW	22.0	22.0	22.0
	5	5	5
DEMANDA MAXIMA EN MW	20.1	22.7	25.7
	9	8	2
BALANCE DE OFERTA Y DEMANDA MAXIMA EN MW	1.55	-0.66	-3.59

ANEXO 2.1

1. SELECCIÓN DEL PARARRAYOS

1.1 MÁXIMA TENSIÓN DE OPERACIÓN CONTINUA (U_c)

$$U_c \geq k_m \times \frac{U_m}{\sqrt{3}}$$

Donde: U_m : Tensión máxima de servicio entre fases U_s : Tensión nominal del sistema en kV U_m : Tensión máxima de servicio en kV k_m : Factor de falla a tierra $k_m = 1.00$ para sistema con neutro aterrado. $k_m = 1.73$ para sistema con neutro aislado U_c o MCOV (kV) de 138kV= 83.72 U_c o MCOV (kV) de 10.5kV= 11.99

1.2 SOBRETENSIÓN TEMPORAL (TOV)

$$TOV \geq k_e \times \frac{U_m}{\sqrt{3}}$$

TOV : Sobretensión temporal en kV

 U_s : Tensión nominal del sistema en kV k_e : factor de conexión a tierra. k_e 1.4

1.7

TOV de 138(kV)= 117.2

TOV de 10.5(kV)= 11.78

1.3 CÁLCULO DE LA TENSIÓN NOMINAL DEL PARARRAYOS (U_r)a) Utilizando la Tensión de Operación Continua (U_c)

$$U_{r1} = \frac{1}{k_o} \times U_c$$

Donde:

- U_{r1} : Tensión nominal del pararrayos.
- K_o : 0.8, Factor de diseño del pararrayos proporcionado por el fabricante.

 U_{r1} para 138 (kV)= 104.6 U_{r1} para 10.5 (kV)= 14.98

b) Utilizando la Sobretensión Temporal (TOV)

$$U_{r2} = \frac{1}{k_t} \times TOV$$

Donde:

- U_{r2} : Tensión nominal del pararrayos.
- K_t : Relación de la Tensión de sobretensión temporal respecto de la tensión nominal U_r .
- $t = 1$ s, para sistemas con neutro efectivamente puesto a tierra.
- $t = 10$ s, para sistemas con neutro aislado.

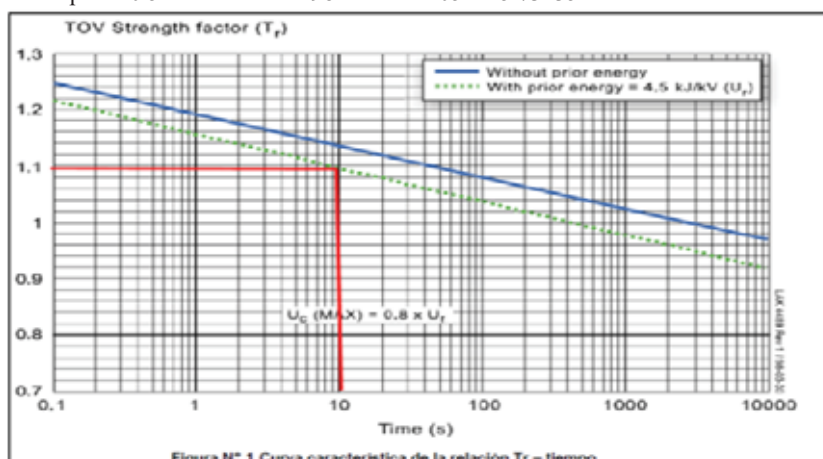
U_{r2} para 138 (kV) = 101.9

U_{r2} para 10.5 (kV) = 10.91

donde U_r es el mayor de U_{r1} y U_{r2}

U_r para 138kV 104.6 1.05 109.87697

U_r para 10.5kV 14.98 1.05 15.731351



1.4 conclusiones

tensión nominal de red	kV	138	10.5
tensión máxima de la red	kV	145	12
tensión máxima de operación continua	kV	98	12
sobre tensión temporal (TOV) a 10 seg	kV	132	19
tensión soportada impulso tipo rayo			
1kA (30/60 us)	kV	238	33
tensión soportada impulso tipo rayo			
10kA (8/20 us)	kV	282	39

ANEXO 2.2

AISLAMIENTO NECESARIO POR CONTAMINACIÓN AMBIENTAL
línea de fuga fase a tierra

$$L_{fuga} = L_{f0} \times U_{MAX} \times f_{ch}$$

Donde:

Lfuga	:	Longitud de fuga fase-tierra requerida
Lf0	:	Longitud de fuga unitaria en mm/kV ϕ - ϕ
Umax	:	Tensión Máxima de Servicio
Fch	:	Factor de corrección por altura

$$F_{ch} = K_a = e^{m\left(\frac{H}{8150}\right)}$$

H : Altitud sobre el nivel del mar (metros)

m = 1, para las tensiones soportadas de coordinación a impulsos tipo rayo

altura	3500
Lf0	25
Umax	145
Fch	1.53640897
Lfuga	5569.4825

AISLAMIENTO NECESARIO POR SOBRETENSIÓN A FRECUENCIA INDUSTRIAL

$$V_{fi} = \frac{fsg \times fs \times V_{max} \times H}{\sqrt{3} * (1 - N * \sigma) * \delta^n * fl}$$

Donde

fsg	:	Factor de seguridad por aislamiento externo (1.1)
fs	:	Factor de sobretensión a frecuencia industrial (1.5)
Vmax:		Tensión máxima
H	:	Factor por Humedad
N	:	Número de desviaciones estándar alrededor de la media
σ	:	Desviación estándar (2%)
δ	:	Densidad relativa del aire a la altura de instalación msnm
n	:	Exponente empírico
fl	:	Factor por lluvia

fsg	1.1	altura	3500	
fs	1.5			
Vmax	145 desviacion estandar	0.02		$\delta = \frac{3,92xb}{273 + t}$
H	1 temperatura t	17		
N	3 b	48.9702438		
delta	5% delta n	0.71887978		
altitud	3500 den relat del aire	0.66194261		$\log b = \log 76 - \frac{msnm}{18336}$
densidad	0.662			
n	0.8			
fl	0.7			
Vfi	292.017687			

AISLAMIENTO NECESARIO POR SOBRETENSIONES ATMOSFÉRICAS

$$Vi = \frac{NBI}{(1 - N \times \sigma) \times \delta}$$

Donde:

- NBI : Nivel Básico de Aislamiento
 N : Número de desviaciones estándar alrededor de la media
 σ : Desviación estándar
 δ : Densidad relativa del aire

$$\delta = \frac{3,92xb}{273 + t} \quad \text{y} \quad \log b = \log 76 - \frac{msnm}{18336}$$

NBI	750
N	1.3
delta	3%
altitud	3500
temperatura	17
dencidad	0.66194261
Vi	1179.01014

				Nº de aisladores	
			11	12	13
Lfuga	mm	5569.482499	4895	5340	5785
Vfi-lluvia	kV	292.0176875	410	440	470
Vi	kV	1179.010141	1040	1130	1220

ANEXO 2.3
COORDINACION DE AISLAMIENTO

Descripción	Nivel 138 kV	
	Valor	Unidad
Tensión Nominal	138	kV
Frecuencia Nominal	60	Hz
Tensión mas alto del Sistema Us	145	kV
Altura Promedio de Instalación	3500	msnm

Parte I: sin condiciones especiales de operación

Paso I: Determinación de sobretensiones representativas - Valores de U_{rp}

Sobre voltages temporales

Para las sobretensiones por falla de una fase a tierra y por rechazo de carga (Ferranti) se consideran los valores máximos

Falla fase tierra: $1,5 \text{ p.u.} \times U_s / \sqrt{3}$	125.6
Rechazo de carga: $1,4 \text{ p.u.} \times U_s$	203.0

Sobre tensiones de frente lento

Impulsos que afectan a los equipos a la entrada de la línea

$U_{et} = 1,25 U_{e2} - 0,25$ (p.u.) (U _{et} : sobretensión de maniobra fase-tierra)	2.9	118.4	347.8
$U_{pt} = 1,25 U_{p2} - 0,43$ (p.u.) (U _{pt} : sobretensión de maniobra fase-fase)	4.6	118.4	548.5

Impulsos que afectan a todos los equipos

$U_{et} = 1,25 U_{e2} - 0,25$ (p.u.) (U _{et} : sobretensión de maniobra fase-tierra)	2.1	118.4	251.6
$U_{pt} = 1,25 U_{p2} - 0,43$ (p.u.) (U _{pt} : sobretensión de maniobra fase-fase)	3.3	118.4	390.1

Descargadores de sobretensiones en la entrada de la línea

Nivel de protección al impulso de maniobra- NPM (U _{ps})	238	KV
Nivel de protección al impulso de atmosférico-NPR (U _{pl})	282	KV

Sobre tensiones representativas de frente lento

Fase - Tierra: (U _{ps}) para equipos a la entrada - U _{rp} :	238
Fase - Fase: (2U _{ps}) para equipos a la entrada de la línea:	476
Fase - Tierra: (U _{ps}) para cualquier equipo excepto en la entrada:	238.0
Fase - Fase: (U _{pt}) para cualquier equipo excepto en la entrada:	390.1

Paso II: Determinación de las tensiones de coordinación - Valores de U_{cw}

De acuerdo con la cláusula 3 de la guía, se deben aplicar diferentes factores a los valores previamente determinados de sobretensiones representativas. Estos factores, que pueden variar con la forma de la sobretensión considerada, tienen en cuenta los criterios de rendimiento adoptados (la tasa de falla económica u operativa que es aceptable) y las inexactitudes en los datos de entrada (por ejemplo, datos del descargador).

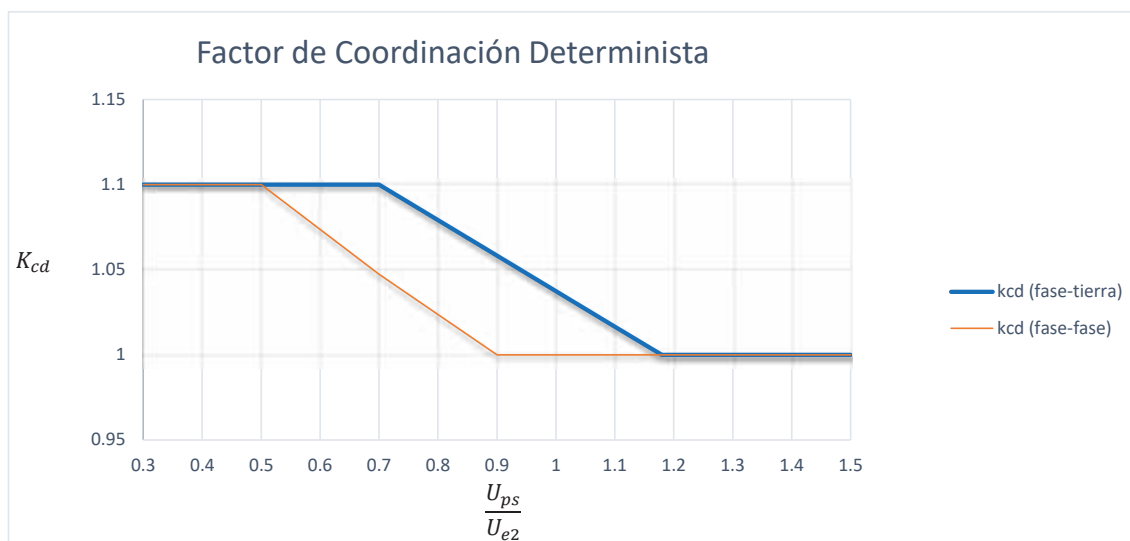
Sobre voltajes temporales

Falla fase tierra: 1,5 p.u. x $U_s / \sqrt{3}$, U_{cw}

125.6

Rechazo de carga: 1,4 p.u. x U_s

203.0



Kc para sobretensiones temporales		Ais. Autoregen.	1
Kcd para sobretensiones de frente lento		Relación	Kcd(Figura)
Para equipos a la entrada de línea			
fase - tierra	U_{ps}/U_{e2}	0.68	1
fase - fase	$2U_{ps}/U_{p2}$	0.87	1.02
Para cualquier equipo excepto a la entrada			
fase - tierra	U_{ps}/U_{e2}	0.95	1.045
fase - fase	$2U_{ps}/U_{p2}$	1.22	1

Los voltajes soportados de coordinación resultantes son $K_{cd} \times U_{rp}$, Sobre tensiones de frente lento

Para equipos a la entrada de línea	
Fase-tierra U_{cw}	238
Fase- Fase U_{cw}	485.52
Para todos los equipos excepto a la entrada	
Fase-tierra U_{cw}	248.71
Fase- Fase U_{cw}	390.10

Sobre tensiones de frente rapido - U_{cw}

La metodología estadística simplificada de la norma IEC 71-2 permite calcular la tensión mínima de soportabilidad de los equipos mediante la siguiente ecuación:

$$U_{cw} = U_{pl} + A/n \times L / (L_{sp} + L_a)$$

Donde:

U_{cw} : Tensión soportable de coordinación al impulso atmosférico.

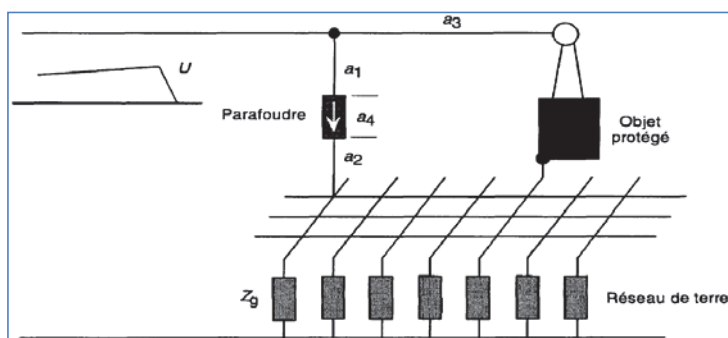
U_{pl} : Nivel de protección al impulso tipo rayo del pararrayos.

A : Factor dado en la tabla F.2 de la norma IEC 71-2 que describe el comportamiento de la línea ante las descargas eléctricas.

n : Número mínimo de líneas conectadas a la subestación.

L : Separación equivalente entre el pararrayos más cercano y el equipo en consideración, obtenida de: $L = a_1 + a_2 + a_3 + a_4$.

Upl	282
A	4500
n	3
L (Ais. Externo)	60
L (Ais. Interno)	30



Lsp: longitud del vano de las líneas.

La: Sección de línea aérea calculada a partir de una tasa de salida igual a una tasa de falla aceptable.

Ra: Tasa de falla aceptable por el equipo.

Rkm: Tasa de fallas por año del primer kilómetro de línea desde la subestación.

$$U_{cw} = U_{pl} + A/n \times L / (L_{sp} + L_a)$$

Lsp	300
La (Ra/Rkm)	250
Rkm	0.01
Ra	0.0025
Aislamiento externo	Ucw
	445.64
Aislamiento interno	Ucw
	363.82

Paso III: Determinación de las tensiones soportadas requeridas - Valores de Urw

Las tensiones soportadas requeridas se obtienen aplicando a las tensiones soportadas de coordinación dos factores de corrección (consulte la cláusula 4): el factor Ka, que tiene en cuenta la altitud de la instalación, y un factor de seguridad Ks.

Factor de seguridad

"Los valores recomendados para el factor de seguridad Ks se definen en 4.3.4. El factor Ks es aplicable a cualquier tipo de forma de sobretensión (temporal, frente lento, frente rápido), fase a fase y fase a tierra:

- para aislamiento interno: Ks = 1,15;
- para aislamiento externo: Ks = 1,05 "

Factor de corrección atmosférico

El factor de corrección de altitud Ka está definido en (4.2.2) (ecuación (11)). El factor Ka es aplicable solo al aislamiento externo y estos valores dependen de los tipos de sobre voltaje (vía parámetro m en la ecuación (11)).

Soportabilidad a frecuencia industrial y se requiere pruebas de corta duración en aisladores contaminados:

Para la resistencia al impulso de conmutación, el valor de m es una función de la tensión soportada de

coordinación según la figura 9:

- $m=0.5$

For switching impulse withstand, the value of m is a function of the co-ordination withstand voltage according to figure 9:

Fase a tierra: U_{cw}	238 KV	m	1
Fase a fase: U_{cw}	485.52 KV	m	1
		Impulso tipo rayo	1

La instalación esta a una altura de H 3500 m.sn.m

Soportabilidad a frecuencia industrial	K_a	1.239519651	Fase a fase y fase a tierra
soportabilidad a conmutaciones	K_a	1.536408965	Fase a tierra
	K_a	1.536408965	Fase a fase
Soportabilidad al impulso tipo rayo	K_a	1.536408965	

Tensiones de soportabilidad requeridos

Los valores para los voltajes soportados requeridos se obtienen de: $U_{rw} = U_{cw} K_s K_a$, con los valores de U_{cw} encontrados en el paso 2 y los valores de K_a y K_s encontrados en el paso 3.

Sobre tensiones temporales	
Aislamiento externo	
• Fase a tierra U_{rw}	203
• Fase a fase U_{rw}	264
Aislamiento interno	
• Fase a tierra U_{rw}	144
• Fase a fase U_{rw}	233

$$K_a = e^{\frac{m \cdot H}{8150}}$$

Sobre tensiones de frente lento	
Para equipos a la entrada de la línea	
Aislamiento externo	
• Fase a tierra U_{rw}	384
• Fase a fase U_{rw}	783
Para otros equipos excepto la línea	
Aislamiento externo	
• Fase a tierra U_{rw}	401
• Fase a fase U_{rw}	629
Aislamiento interno	
• Fase a tierra U_{rw}	286
• Fase a fase U_{rw}	449
Sobre tensiones de frente rápido	
Aislamiento externo	
• Fase a tierra U_{rw}	719
• Fase a fase U_{rw}	719
Aislamiento interno	
• Fase a tierra U_{rw}	418
• Fase a fase U_{rw}	418

Conversión a tensiones de soportabilidad normalizados (rango 1KV <=Us<= 245 KV)

En el rango I, el nivel de aislamiento se describe normalmente mediante un conjunto de dos valores, como se muestra en la tabla 2 de IEC 71-1: una tensión soportada de frecuencia industrial de corta duración y una tensión soportada a impulso tipo rayo. La Tabla 2 proporciona el factor de conversión de prueba que se aplicará a la tensión soportada requerida para la sobretensión de frente lento para obtener un conjunto de valores equivalente.

Conversión a tensión y frecuencia industrial de corta duración (SDW)

Para equipos a la entrada de la línea	
Aislamiento externo	
Fase a tierra SDW	248
Fase a fase SDW	518.3
Para otros equipos	
Aislamiento externo	
Fase a tierra SDW	259.7
Fase a fase SDW	408.8
Aislamiento interno	
Fase a tierra SDW	143.0
Fase a fase SDW	224.3

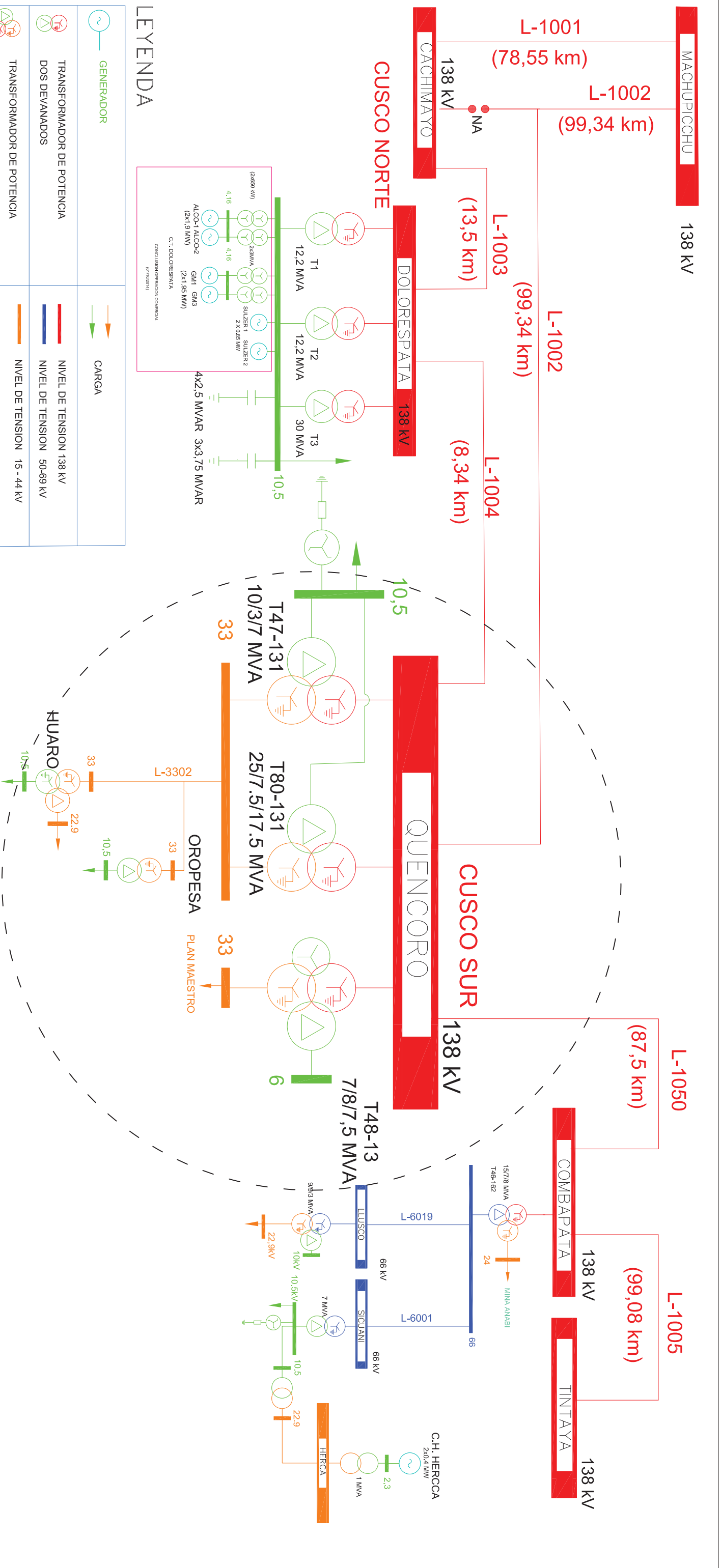
Conversión a tensión soportada tipo rayo (LIW)

Para equipos a la entrada de la línea	
Aislamiento externo	
Fase a tierra LIW	499
Fase a fase LIW	890.6
Para otros equipos	
Aislamiento externo	
Fase a tierra SDW	521.6
Fase a fase SDW	704.8
Aislamiento interno	
Fase a tierra SDW	314.6
Fase a fase SDW	493.5

kVrms para Frecuencia Industrial, corta duración		AISLAMIENTO EXTERNO				AISLAMIENTO INTERNO	
		EQUIPOS A LA ENTRADA DE LA		OTROS EQUIPOS		No convertido	Convertido
		Sin convertir	Convertido Urw(c)	Sin convertir	Convertido Urw(c)		
kV pico para Impulsos de Maniobra y Rayo							
Tension de Soportabilidad de Corta	Fase - Tierra	203	248	203	259.67	144	143.01
Duración a Frecuencia Industrial (temporales)	Fase - Fase	264	518.3	264	409	233	224.3
Impulsos tipo maniobra convertidos en tensiones soportadas asignadas a frecuencia industrial (Frente lento)	Fase - Tierra	384	0	384	0	286	0
	Fase - Fase	783	0	783	0	449	0
Impulsos tipo maniobra convertidos en tensiones soportadas asignadas tipo rayo	Fase - Tierra	719	499	719	521.6	418	314.6
	Fase - Fase	719	890.6	719	704.8	418	493.5



		AISLAMIENTO EXTERNO		
		Calculado	Voltage Standard	
Tension de Soportabilidad de Corta		264	325	kVrms
Duración a Frecuencia Industrial				
Tensión de Soportabilidad al impulso atmosférico		719	750	kVp
		AISLAMIENTO INTERNO		
		Calculado	Voltage Standard	
Tension de Soportabilidad de Corta		233	275	kVrms
Duración a Frecuencia Industrial				
Tensión de Soportabilidad al impulso atmosférico		418	650	kVp

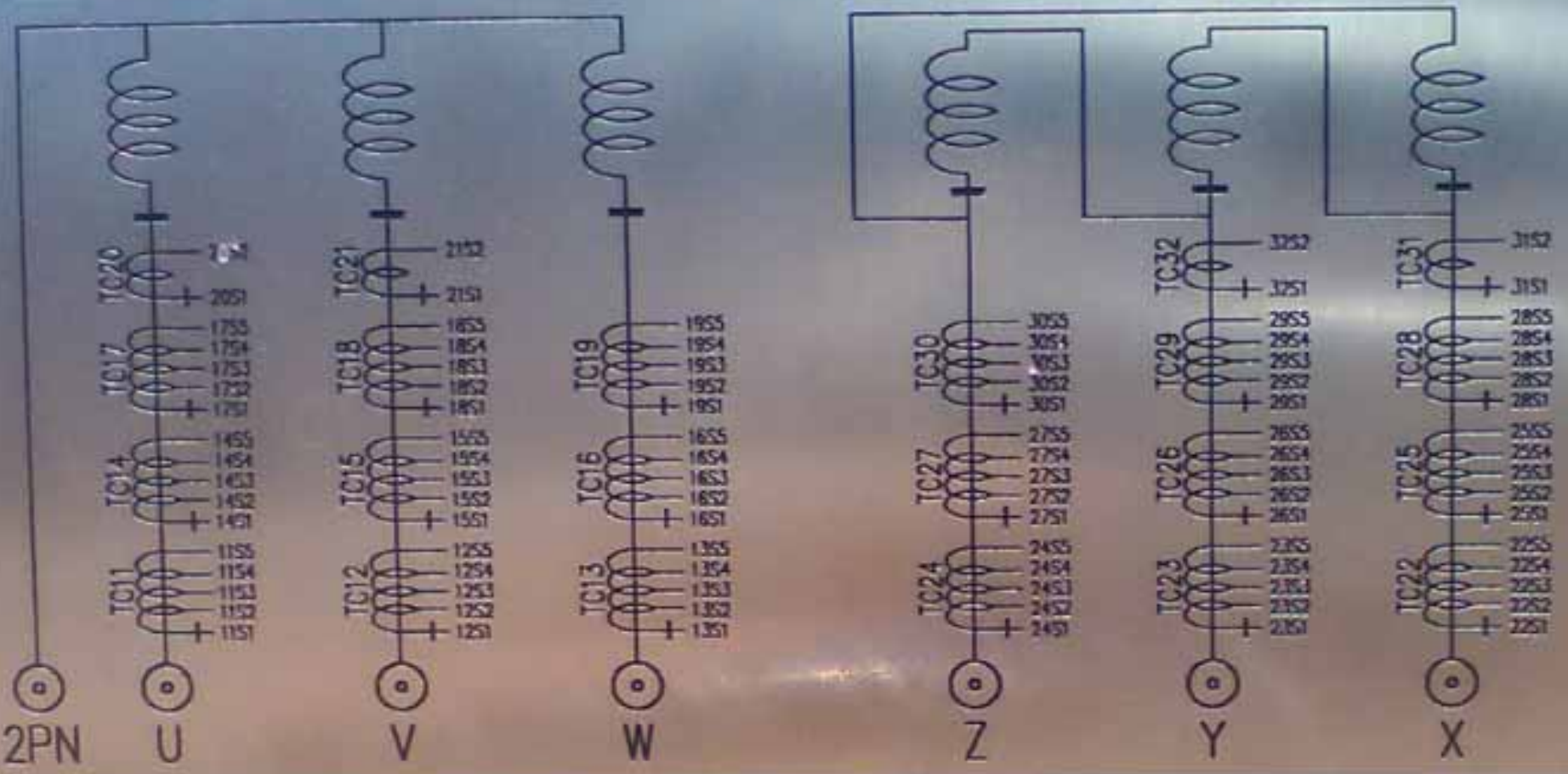
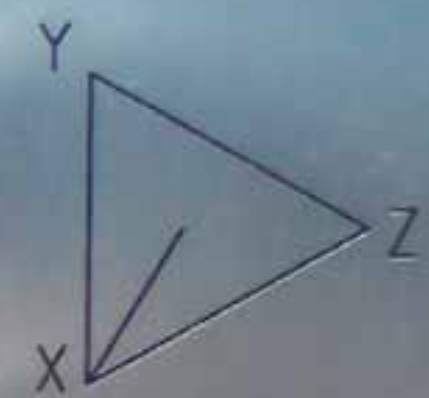
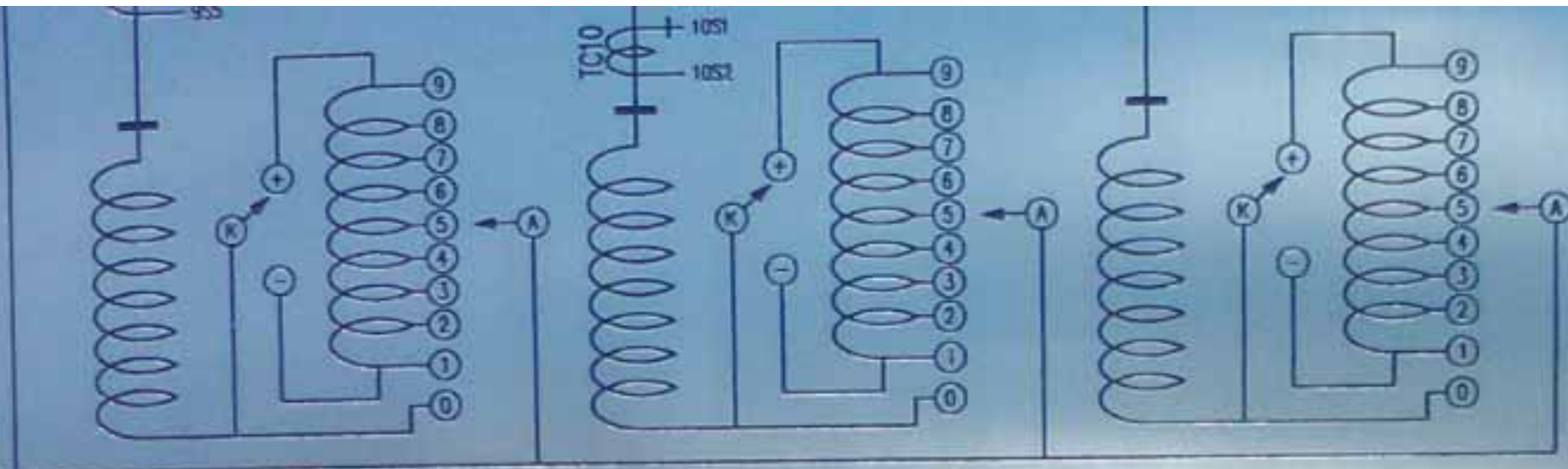


LEYENDA

	GENERADOR		CARGA
	TRANSFORMADOR DE POTENCIA		NIVEL DE TENSION 138 KV
	DOS DEVANADOS		NIVEL DE TENSION 50-69 KV
	TRANSFORMADOR DE POTENCIA		NIVEL DE TENSION 15 - 44 KV
	TRES DEVANADOS	< 15 kV level line"/>	NIVEL DE TENSION < 15KV
	NORMALMENTE ABIERTO		CONEXIÓN 138 KV
	NORMALMENTE CERRADO		
	TRANSFORMADOR DE P.A.T ZIG-ZAG		

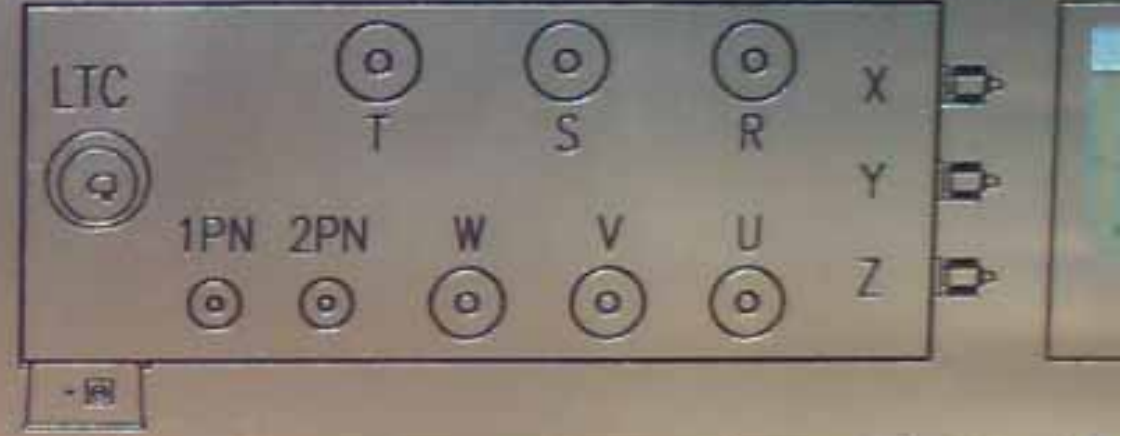
ESQUEMA UNIFILAR POR NIVEL DE TENSION

ELABORADO	Bachiller: J.I.S.O. y C.Q.C.	NOMBRE		FECHA	MARZO - 2019
APROBADO	Ing. E.Z.A.V.	ESCALA	S / E		



6	130950	8
7	135300	8
8	133650	8
9A		
9B	132000	8
9C		
10	130350	8
11	128700	8
12	127050	9
13	125400	9
14	123750	9
15	122100	9
16	120450	9
17	118800	9

BAJA TENSION [V]		
TENSION [V]	CORRIENTE ONAN	CORRIENTE
34500	100.4	T



TC N° \ RELACION	15:1	25:1	30:1	45:1	50:1	60:1	75:1	90:1	100:1	105:1	120:1	122:2	125:1	126:2	130:5	150:1
1,2,3,4,5,6		S1:S2			S2:S3		S1:S3		S2:S5				S1:S5			
7,8,9		S1:S2			S2:S3		S1:S3		S2:S5				S1:S5			
10												S1:S2				
11,12,13,14,15,16	S2:S3		S4:S5	S1:S2		S3:S4	S2:S4	S3:S5		S2:S5	S1:S4					S1:S5
17,18,19	S2:S3		S4:S5	S1:S2		S3:S4	S2:S4	S3:S5		S2:S5	S1:S4					S1:S5
20														S1:S2		
21															S1:S2	

TC N° \ RELACION	100:1	200:1	300:1	400:1	500:1	600:1	700:1	800:1	964:2	965:5	1000:1
22,23,24,25,26,27	S2:S3	S4:S5	S1:S2	S3:S4	S2:S4	S3:S5	S2:S5	S1:S4			S1:S5
28,29,30	S2:S3	S4:S5	S1:S2	S3:S4	S2:S4	S3:S5	S2:S5	S1:S4			S1:S5
31									S1:S2		
32										S1:S2	

PRECAUCIÓN NO OPERE EL TRANSFORMADOR CUANDO EL NIVEL DE ACEITE ESTÉ POR DEBAJO DEL PUNTO BAJO D

PRECAUCIÓN LEVANTAR EL TRANSFORMADOR USA IDO SÓLO LAS OREJAS DEL TANQUE (Pos. 41 DEL PLANO DE DIME

PRECAUCIÓN LEER EL MANUAL (Ref. L03 26 609) ANTES DE LA INSTALACIÓN Y ENERGIZACIÓN DEL TRA

PRECAUCIÓN ALTA TENSION INDUCIDA EN LOS TERMINALES DE LOS TC'S CUANDO ESTÁN DESCONECTA

MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS
2039908018



SIEMENS

TRANSFORMADOR DE POTENCIA

TRANSFORMADOR REDUCTOR	NÚMERO DE FASES: 3	MODELO: TLSN 7352	TEMP. AMBIENTE MÁXIMA: 40 °C	TEMP. AMBIENTE PROMEDIO: ≤30 °C
NÚMERO DE SERIE: P185999	NORMA: IEC	FRECUENCIA: 60 Hz	MES / AÑO: 07 / 2010	GRUPO DE CONEXIÓN: YNynDd11
ELEVACIÓN TEMPERATURA PROMEDIO DEVANADOS: 65 °C	ELEVACIÓN TEMPERATURA PUNTO MÁS CALIENTE: 78 °C	ELEVACIÓN TEMP. ACEITE MÁX.: 60 °C	MAX. ALTURA OPERACIÓN: 3250 m.s.n.m	
REFRIGERACIÓN: ONAN/ONAF	OPERACIÓN: EXTERIOR	NIVELES DE TENSIÓN DE AISLAMIENTO [kV]		

DEV.	POTENCIA MÁXIMA [MVA]		TENSIÓN NOMINAL EN VACÍO [kV]	Tensión Máx. Sistema	Tensión de Impulso	Tensión Aplicada	Tensión Inducida		MAX. CORRIENTES DE CORTO-CIRCUITO		
	ONAN	ONAF					Una Hora	Realce	SIMÉTRICA (kA RMS)	ASIMÉTRICA (kA Pico)	
AT	20.0	25.0	132 (±8 x 1.25 %)	170	750	38	145	165	1.38	2s	3.63
BT	6.0	7.5	34.5	36	170	38	-	-	9.57	2s	21.85
Trc.	14.0	17.5	10.5	12	75	28	-	-	15.60	2s	35.61

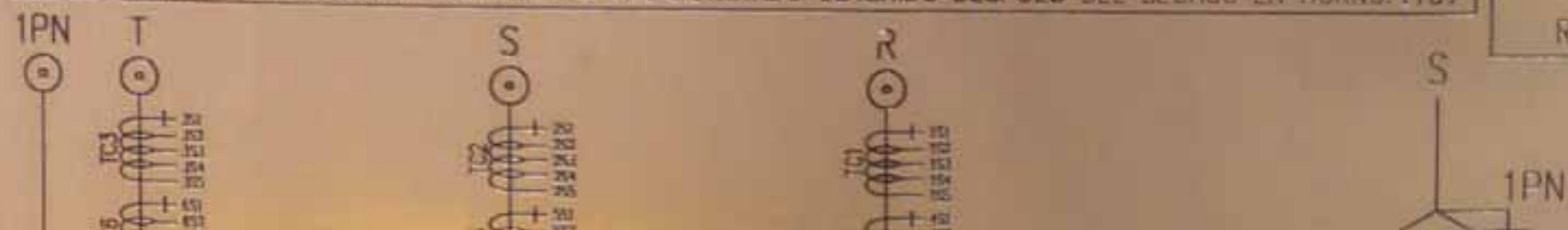
LTC Pos.	IMPEDANCIA Z+		LI DEVANADO / PASATAPA		LLENO CON ACEITE MINERAL SIN NIVEL DETECTABLE DE PCB (Menos de 2 ppm) AL MOMENTO DE PRUEBAS	PESOS [kg] TOLERANCIA ± 2.5%	
	AT/BT @ 7.5 MVA	AT/Trc. @ 17.5 MVA	R, S, T	750 / 1050 kV		DESMONTABLE:	TANQUE Y ACCESORIOS:
1	4.10 %	6.13 %	U, V, W	170 / 250 kV	TRANSPORTE:	37450	
9	4.44 %	6.92 %	X, Y, Z	75 / 170 kV	TOTAL DE ACEITE:	20810	
17	4.88 %	8.02 %	1PN	95 / 125 kV	TOTAL:	66770	
IMPEDANCIA Z+ BT/Trc. @ 7.5 MVA		1.31 %	2PN	95 / 125 kV			

FLUJO DE POTENCIA ÚNICAMENTE CON UN (1) ALIMENTADOR : ALTA TENSIÓN LÍQUIDO AISLANTE ACEITE MINERAL MARCA NYNAS TIPO ORION I

TANQUE Y RADIADORES SOPORTAN VACÍO ABSOLUTO MATERIAL CONDUCTORES: COBRE VOL. TOTAL ACEITE (20°C): 23780 lt NIVEL MÁX. PRESIÓN RUIDO: 75 dB

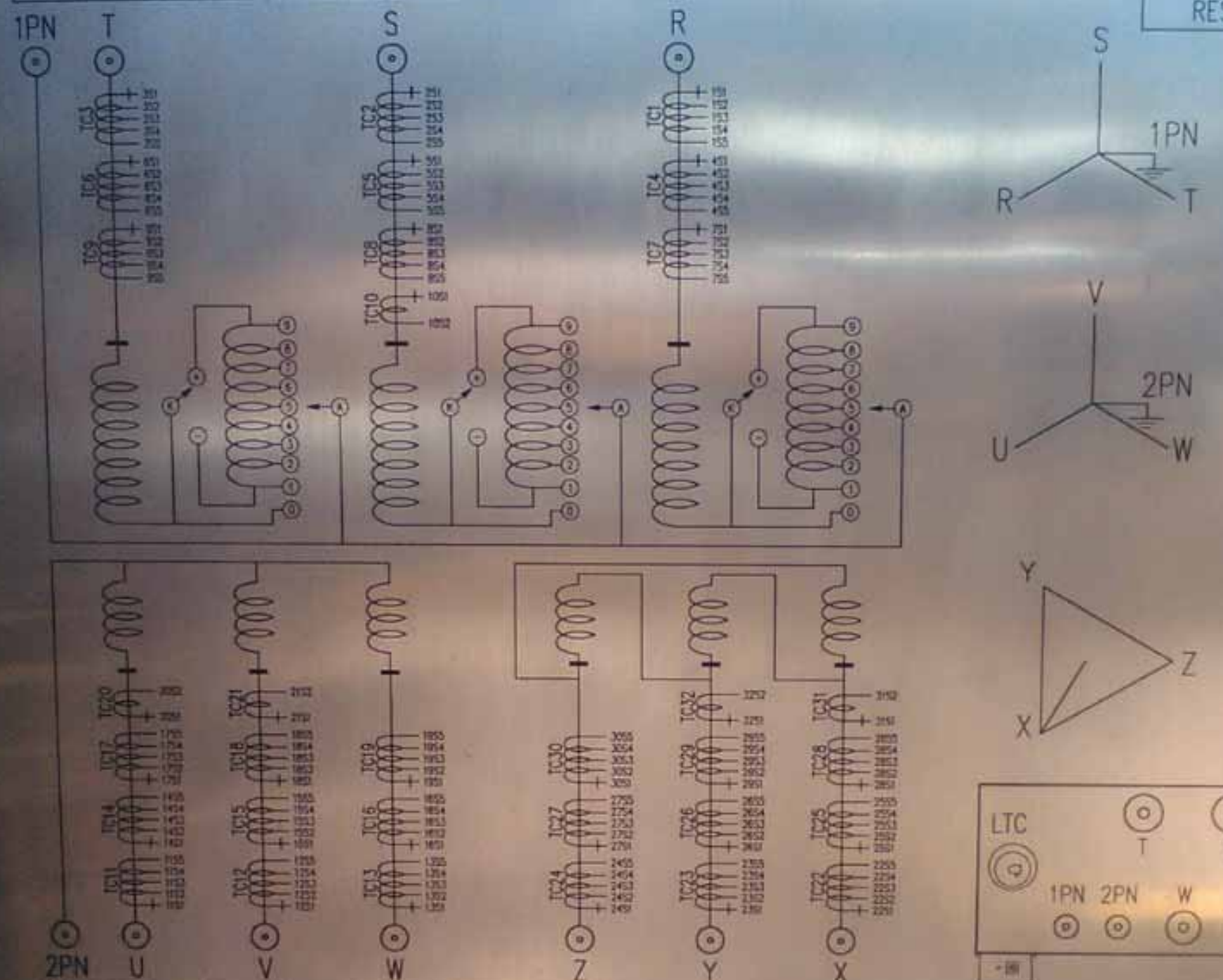
LA SUMA ARITMÉTICA DE LAS POTENCIAS DE BAJA TENSIÓN Y TERCIARIO NO PODRÁ EXCEDER 25 MVA SIN EXCEDER SU PROPIA POTENCIA

GRADO DE POLIMERIZACIÓN DEL AISLAMIENTO DEL DEVANADO OBTENIDO DESPUÉS DEL SECADO EN HORNO: 1107 ELEVACION DE TEMPERATURA PUNTO MÁS CALIENTE RESULTADO DE LA PRUEBA DE CALENTAMIENTO: 69.04 °C



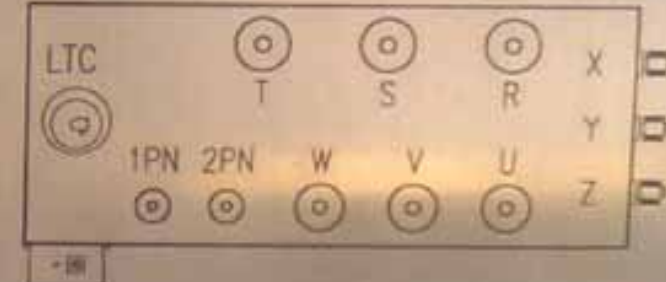
POS.	TENSION [V]	CORRIENTE [A]		CONEXIÓN SELECTOR	CONEXIÓN PRESELECTOR
		ONAN	ONAF		
ALTA TENSIÓN T					
CONMUTADOR BAJO CARGA LTC: MR M III 350Y-72.5/B-10193V					

17	4.88 %	8.02 %	1PN	95 / 125 kV	PRUEBAS	TOTAL: 66
IMPEDANCIA Z+ BT/Trc. @ 7.5 MVA			1.31 %	2PN	95 / 125 kV	
FLUJO DE POTENCIA ÚNICAMENTE CON UN (1) ALIMENTADOR : ALTA TENSIÓN			LÍQUIDO AISLANTE ACEITE MINERAL MARCA NYNAS TIPO ORIÓN I			
TANQUE Y RADIADORES SOPORTAN VACÍO ABSOLUTO		MATERIAL CONDUCTORES: COBRE		VOL. TOTAL ACEITE (20°C): 23780 lt		NIVEL MÁX. PRESIÓN RUIDO: 76
LA SUMA ARITMÉTICA DE LAS POTENCIAS DE BAJA TENSIÓN Y TERCIARIO NO PODRÁ EXCEDER 25 MVA SIN EXCEDER SU PROPIA POTENCIA						
GRADO DE POLIMERIZACIÓN DEL AISLAMIENTO DEL DEVANADO OBTENIDO DESPUÉS DEL SECADO EN HORNO: 1107				ELEVACION DE TEMPERATURA PUNTO MAS CALIENTE RESULTADO DE LA PRUEBA DE CALENTAMIENTO: 69.04 °C		



ALTA TENSIÓN [AT]					
CONMUTADOR BAJO CARGA [LTC] MR M III 350Y-72.5/B-1019					
POS.	TENSION [V]	CORRIENTE [A]		CONEXIÓN SELECTOR	CONEXIÓN PRESELECTOR
		ONAN	ONAF		
1	145200	79.5	99.4	9	
2	143550	80.4	100.5	10	
3	141900	81.4	101.7	11	
4	140250	82.3	102.9	12	
5	138600	83.3	104.1	13	
6	136950	84.3	105.4	14	
7	135300	85.3	106.7	15	
8	133650	86.4	108.0	16	
9A				17	
9B	132000	87.5	109.3	K	
9C				1	
10	130350	88.6	110.7	2	
11	128700	89.7	112.2	3	
12	127050	90.9	113.6	4	
13	125400	92.1	115.1	5	
14	123750	93.3	116.6	6	
15	122100	94.6	118.2	7	
16	120450	95.9	119.8	8	
17	118800	97.2	121.5	9	

BAJA TENSIÓN [BT]			TERCIARIO [Trc.]		
TENSION [V]	CORRIENTE [A]		TENSION [V]	CORRIENTE [A]	
	ONAN	ONAF		ONAN	ONAF
34500	100.4	125.5	10500	769.8	962.3



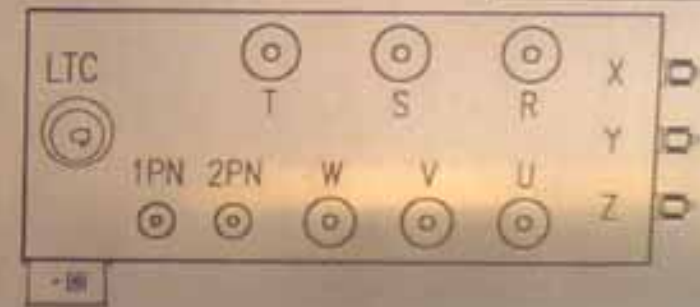
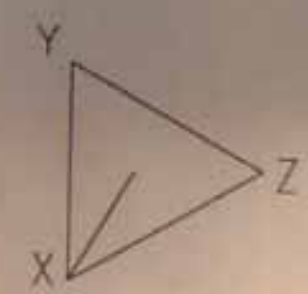
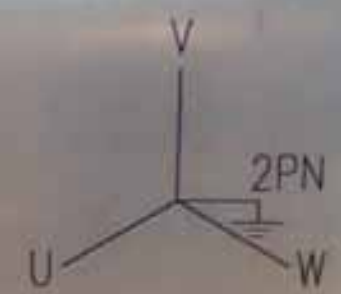
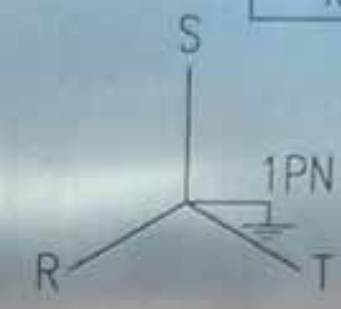
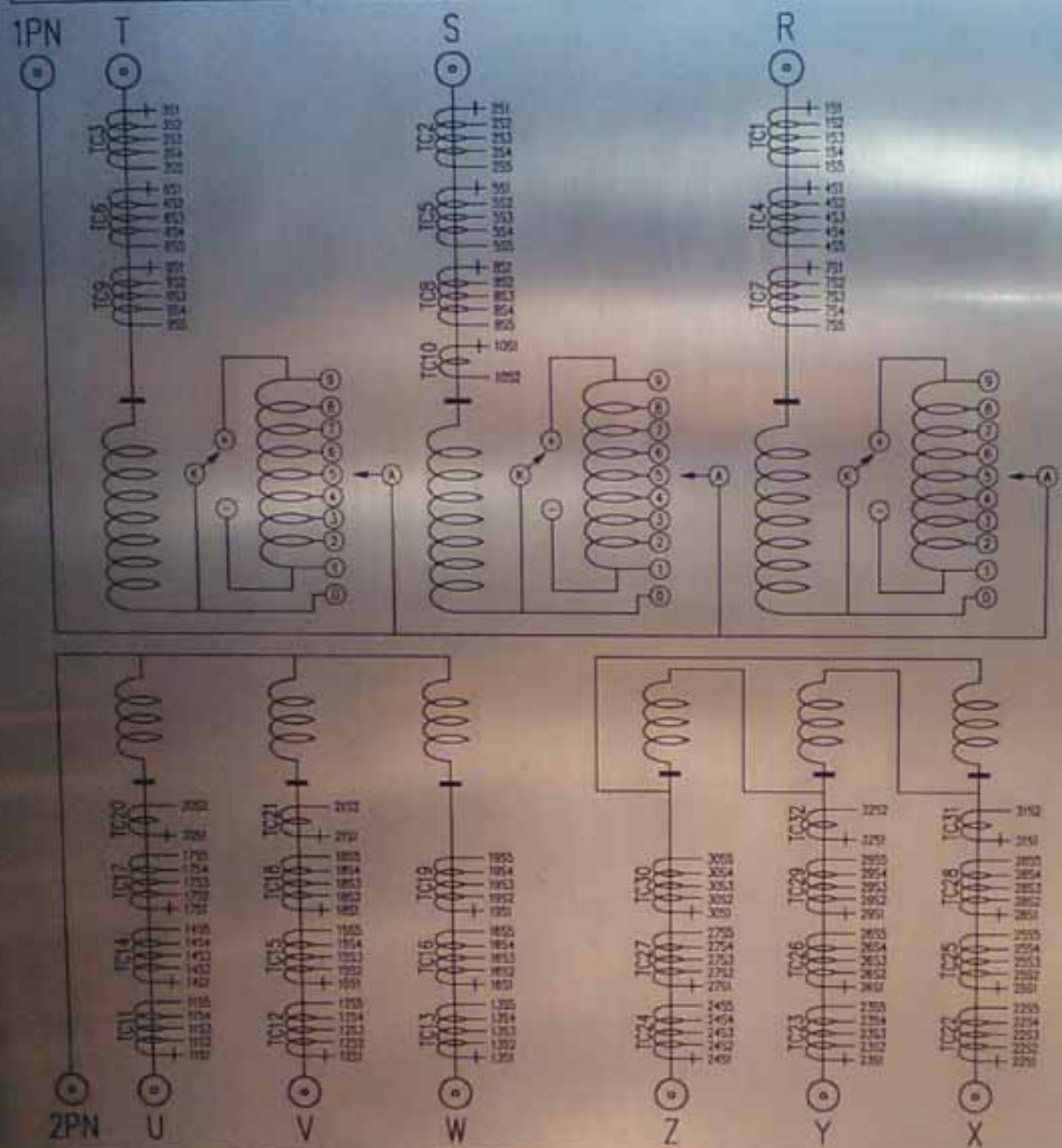
TC N°	RELACIÓN	15:1	25:1	30:1	45:1	50:1	60:1	75:1	90:1	100:1	105:1	120:1	122:2	125:1	126:2	130:5	150:1	BURDEN [VA]	CLASE	USO
		S2:S3	S1:S2	S4:S5	S1:S2	S3:S4	S2:S4	S3:S5	S2:S5	S1:S4	S2:S5	S1:S4	S1:S2	S1:S5	S1:S5	S1:S5				
1,2,3,4,5,6			S1:S2			S2:S3		S1:S3		S2:S5				S1:S5				15	5P20	PROTECCIÓN
7,8,9			S1:S2			S2:S3		S1:S3		S2:S5				S1:S5				5	CL0.2	MEDIDA
10														S1:S2				10	CL3.0	IMAGEN TÉRMICA
11,12,13,14,15,16	S2:S3			S4:S5	S1:S2		S3:S4	S2:S4	S3:S5		S2:S5	S1:S4					S1:S5	15	5P20	PROTECCIÓN
17,18,19	S2:S3			S4:S5	S1:S2		S3:S4	S2:S4	S3:S5		S2:S5	S1:S4					S1:S5	5	CL0.2	MEDIDA
20															S1:S2			10	CL3.0	IMAGEN TÉRMICA
21																S1:S2		1	CL0.5	REGULACIÓN

TC N°	RELACIÓN	100:1	200:1	300:1	400:1	500:1	600:1	700:1	800:1	964:2	965:5	1000:1	BURDEN [VA]	CLASE	USO
		S2:S3	S4:S5	S1:S2	S3:S4	S2:S4	S3:S5	S2:S5	S1:S4	S1:S5	S1:S5	S1:S5			
22,23,24,25,26,27	S2:S3		S4:S5	S1:S2	S3:S4	S2:S4	S3:S5	S2:S5	S1:S4			S1:S5	15	5P20	PROTECCIÓN
28,29,30	S2:S3		S4:S5	S1:S2	S3:S4	S2:S4	S3:S5	S2:S5	S1:S4			S1:S5	15	CL0.2	MEDIDA
31										S1:S2			10	CL3.0	IMAGEN TÉRMICA
32											S1:S2		1	CL0.5	REGULACIÓN

PRECAUCIÓN NO OPERE EL TRANSFORMADOR CUANDO EL NIVEL DE ACEITE ESTÉ POR DEBAJO DEL PUNTO BAJO DEL INDICADOR DE ACEITE



17	4.88 %	8.02 %	1PN	95 / 125 kV	PRUEBAS	TOTAL DE ACEITE: 20
IMPEDANCIA Z+ BT/Trc. @ 7.5 MVA			1.31 %	2PN	95 / 125 kV	TOTAL: 667
FLUJO DE POTENCIA ÚNICAMENTE CON UN (1) ALIMENTADOR : ALTA TENSIÓN				LÍQUIDO AISLANTE ACEITE MINERAL MARCA NYNAS TIPO ORIÓN I		
TANQUE Y RADIADORES SOPORTAN VACÍO ABSOLUTO		MATERIAL CONDUCTORES: COBRE		VOL. TOTAL ACEITE (20°C): 23780 lt		NIVEL MÁX. PRESIÓN RUIDO: 76
LA SUMA ARITMÉTICA DE LAS POTENCIAS DE BAJA TENSIÓN Y TERCIARIO NO PODRÁ EXCEDER 25 MVA SIN EXCEDER SU PROPIA POTENCIA						
GRADO DE POLIMERIZACIÓN DEL AISLAMIENTO DEL DEVANADO OBTENIDO DESPUÉS DEL SECADO EN HORNO: 1107				ELEVACION DE TEMPERATURA PUNTO MAS CALIENTE RESULTADO DE LA PRUEBA DE CALENTAMIENTO: 69.04 °C		



ALTA TENSIÓN [AT]					
CONMUTADOR BAJO CARGA [LTC] MR M II 350Y-725/B-1019					
POS.	TENSIÓN [V]	CORRIENTE [A]		CONEXIÓN SELECTOR	CONEXIÓN PRESELECTOR
		ONAN	ONAF		
1	145200	79.5	99.4	9	
2	143550	80.4	100.5	10	
3	141900	81.4	101.7	11	
4	140250	82.3	102.9	12	
5	138600	83.3	104.1	13	
6	136950	84.3	105.4	14	
7	135300	85.3	106.7	15	
8	133650	86.4	108.0	16	
9A				17	
9B	132000	87.5	109.3	K	
9C				1	
10	130350	88.6	110.7	2	
11	128700	89.7	112.2	3	
12	127050	90.9	113.6	4	
13	125400	92.1	115.1	5	
14	123750	93.3	116.6	6	
15	122100	94.6	118.2	7	
16	120450	95.9	119.8	8	
17	118800	97.2	121.5	9	

BAJA TENSIÓN [BT]		
TENSION [V]	CORRIENTE [A]	
	ONAN	ONAF
34500	100.4	125.5

TERCIARIO [Trc.]		
TENSION [V]	CORRIENTE [A]	
	ONAN	ONAF
10500	769.8	962.3



TC N°	RELACIÓN	15:1	25:1	30:1	45:1	50:1	60:1	75:1	90:1	100:1	105:1	120:1	122:2	125:1	126:2	130:5	150:1	BURDEN [VA]	CLASE	USO
		1,2,3,4,5,6			S1:S2			S2:S3		S1:S3		S2:S5				S1:S5				
7,8,9			S1:S2			S2:S3		S1:S3		S2:S5				S1:S5				5	CL0.2	MEDIDA
10			S1:S2			S2:S3		S1:S3		S2:S5			S1:S2	S1:S5				10	CL3.0	IMAGEN TÉRMICA
11,12,13,14,15,16	S2:S3			S4:S5	S1:S2		S3:S4	S2:S4	S3:S5		S2:S5	S1:S4					S1:S5	15	5P20	PROTECCIÓN
17,18,19	S2:S3			S4:S5	S1:S2		S3:S4	S2:S4	S3:S5		S2:S5	S1:S4					S1:S5	5	CL0.2	MEDIDA
20																	S1:S2	10	CL3.0	IMAGEN TÉRMICA
21																	S1:S2	1	CL0.5	REGULACIÓN

TC N°	RELACIÓN	100:1	200:1	300:1	400:1	500:1	600:1	700:1	800:1	964:2	965:5	1000:1	BURDEN [VA]	CLASE	USO
		22,23,24,25,26,27		S2:S3	S4:S5	S1:S2	S3:S4	S2:S4	S3:S5	S2:S5	S1:S4				
28,29,30	S2:S3		S4:S5	S1:S2	S3:S4	S2:S4	S3:S5	S2:S5	S1:S4			S1:S5	15	CL0.2	MEDIDA
31													10	CL3.0	IMAGEN TÉRMICA
32													1	CL0.5	REGULACIÓN

PRECAUCIÓN NO OPERE EL TRANSFORMADOR CUANDO EL NIVEL DE ACEITE ESTÉ POR DEBAJO DEL PUNTO BAJO DEL INDICADOR DE ACEITE

Diagrama de la subestacion Quencoro en el año 2018

Load Flow 3-phase(ABC)	
Nodes	Branches
U11 U11, Magnitude [kV] u1 u1, Magnitude [p.u.]	Psum Total Active Power [MW] Qsum Total Reactive Power [Mvar] I:A Phase Current, Magnitude A [kA] loading Max. Loading [%]

Legend

- Inactive (Yellow)
- Out of Calculation (Grey)
- De-energized (Purple)

Voltages / Loading

Lower Voltage Range

- 1. p.u. (Green)
- 0.95 p.u. (Light Green)
- 0.9 p.u. (Yellow)

Upper Voltage Range

- 1. p.u. (Red)
- 1.05 p.u. (Orange)
- 1.1 p.u. (Dark Red)

Loading Range

- 90. % (Light Orange)
- 100. % (Dark Orange)

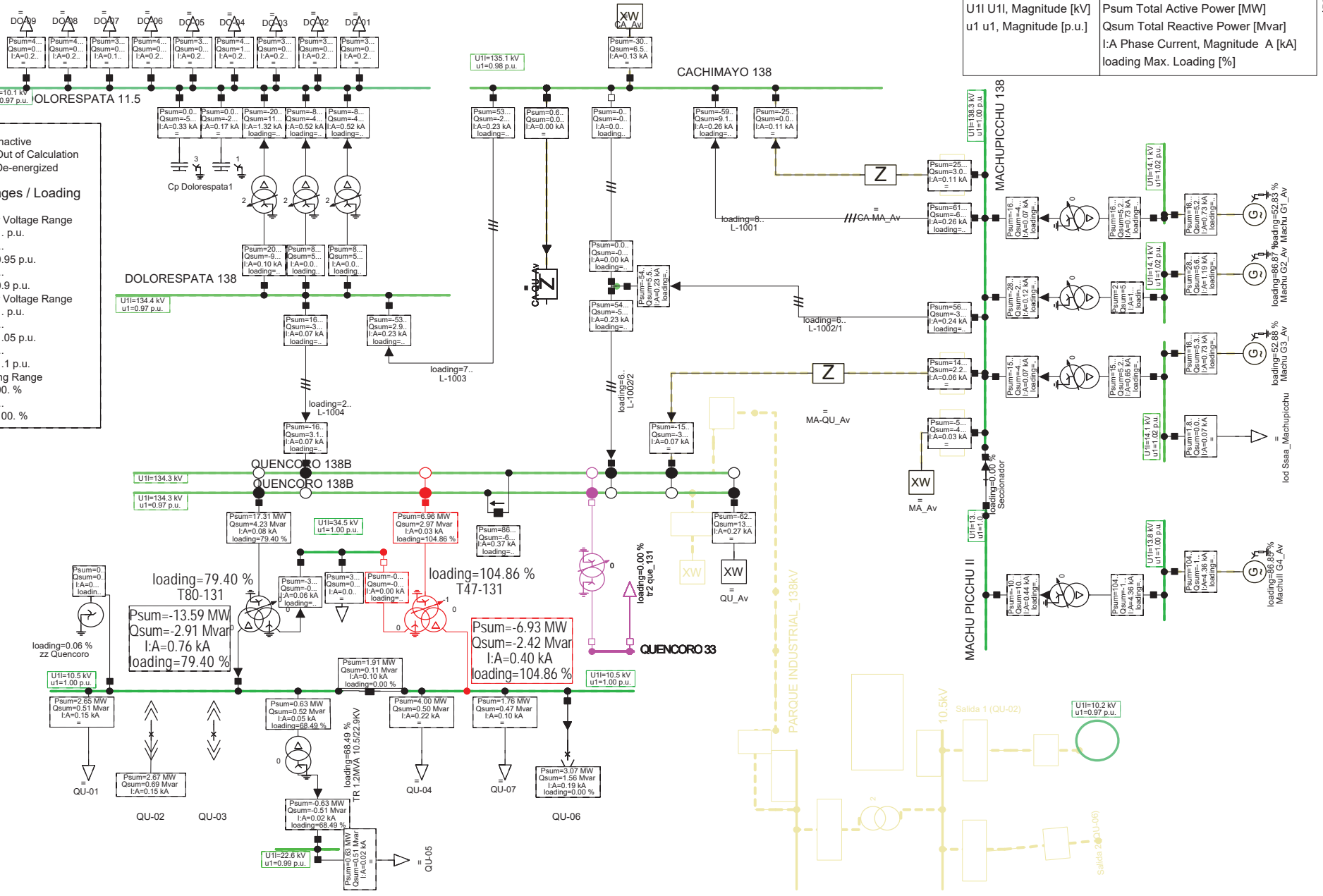
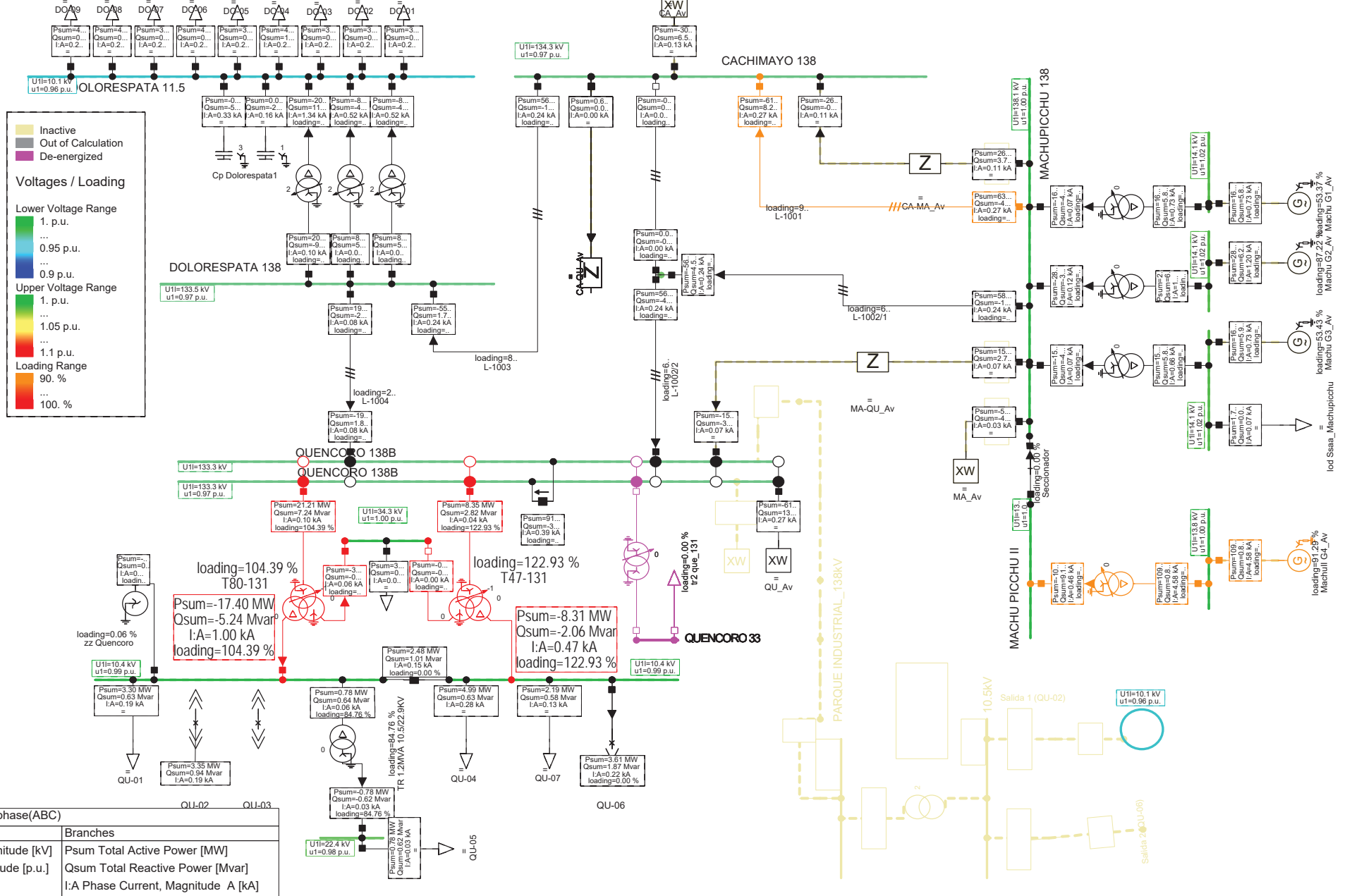
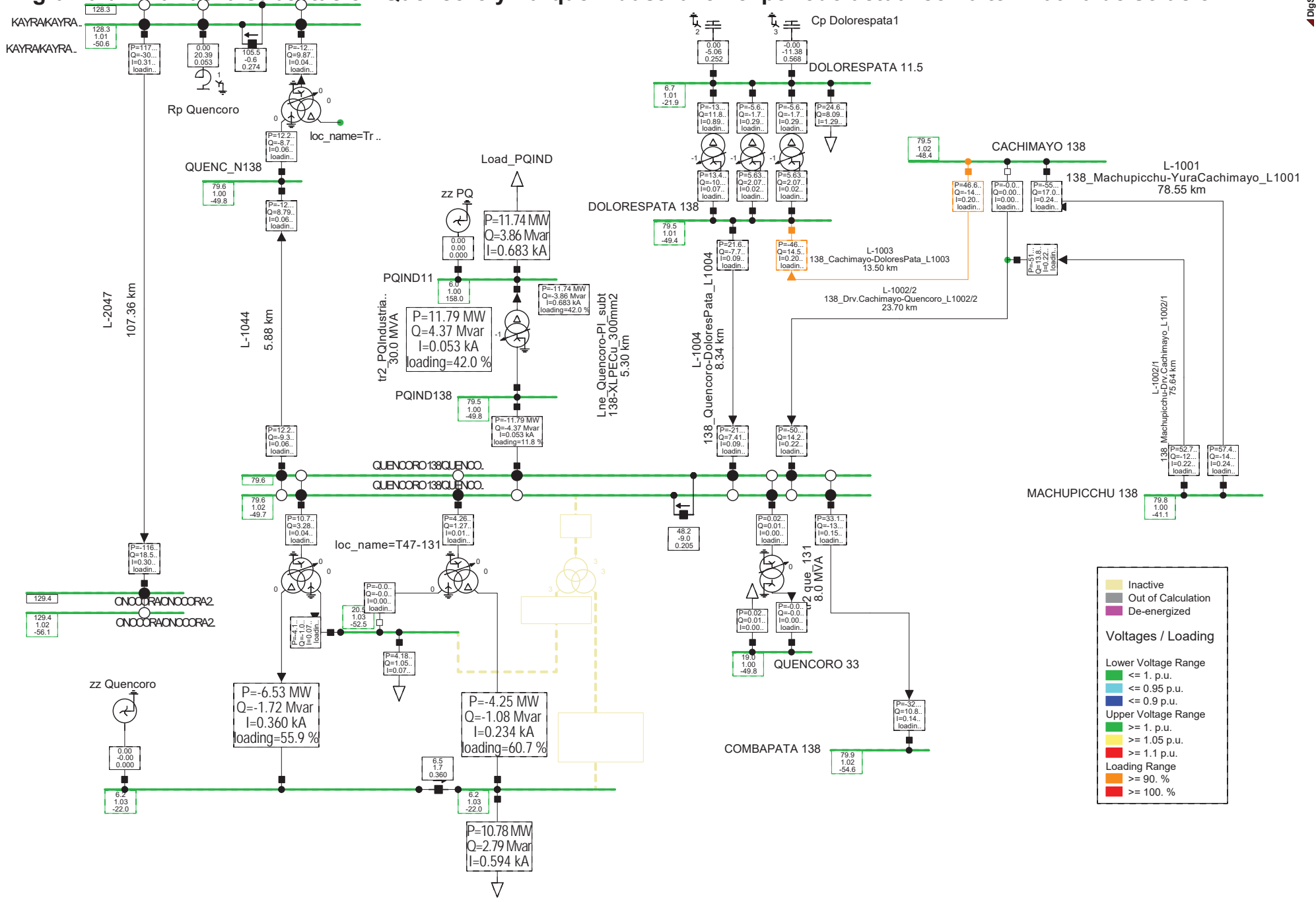


Diagrama de la subestacion Quencoro en el año 2024 sin propuesta



low 3-phase(ABC)	Branches
Magnitude [kV]	Psum Total Active Power [MW]
Magnitude [p.u.]	Qsum Total Reactive Power [Mvar]
	I:A Phase Current, Magnitude A [kA]

Digrama unifilar de la subestacion Quencoro y Parque Industrial en el periodo actual con alternativa de solucio N° 1



Digrama unifilar de la subestacion Quencoro y Parque Industrial en el periodo 2024 con alternativa de solucion N° 1

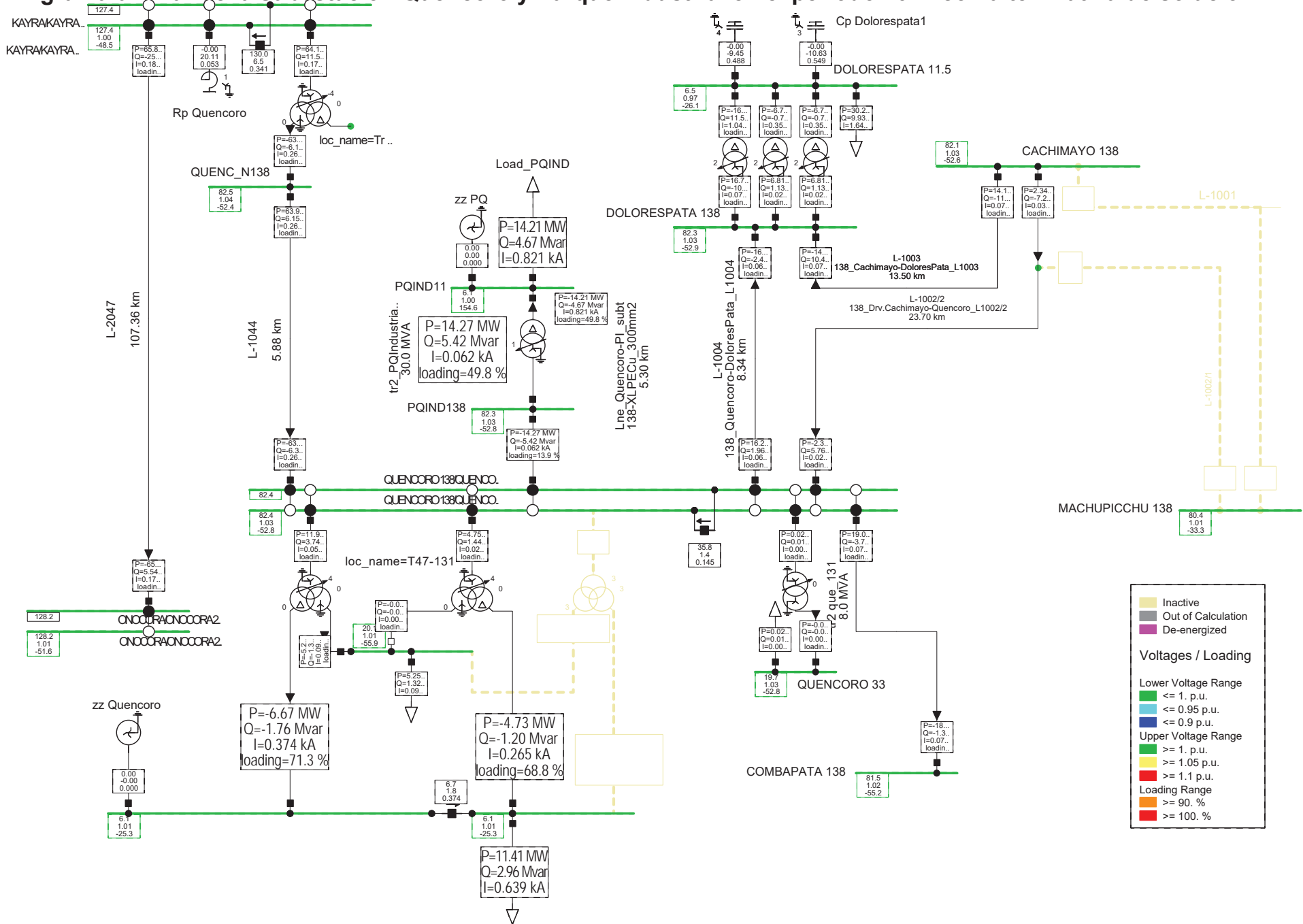


Diagrama de la subestacion Quencoro y Parque Industrial con la alternativa N°2 en el periodo actual

Inactive
Out of Calculation
De-energized

Voltages / Loading

Lower Voltage Range

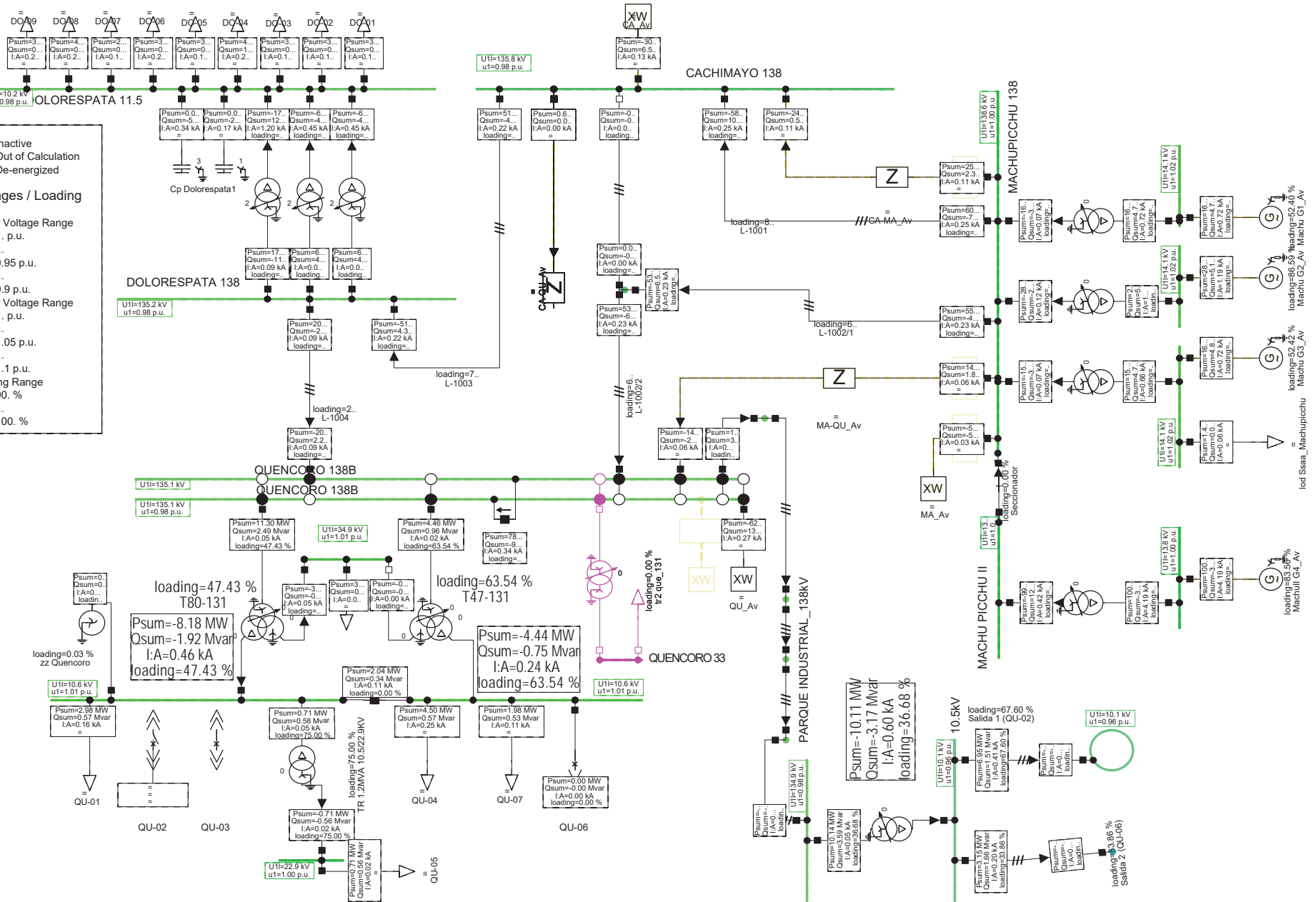
- 1. p.u.
- 0.95 p.u.
- 0.9 p.u.

Upper Voltage Range

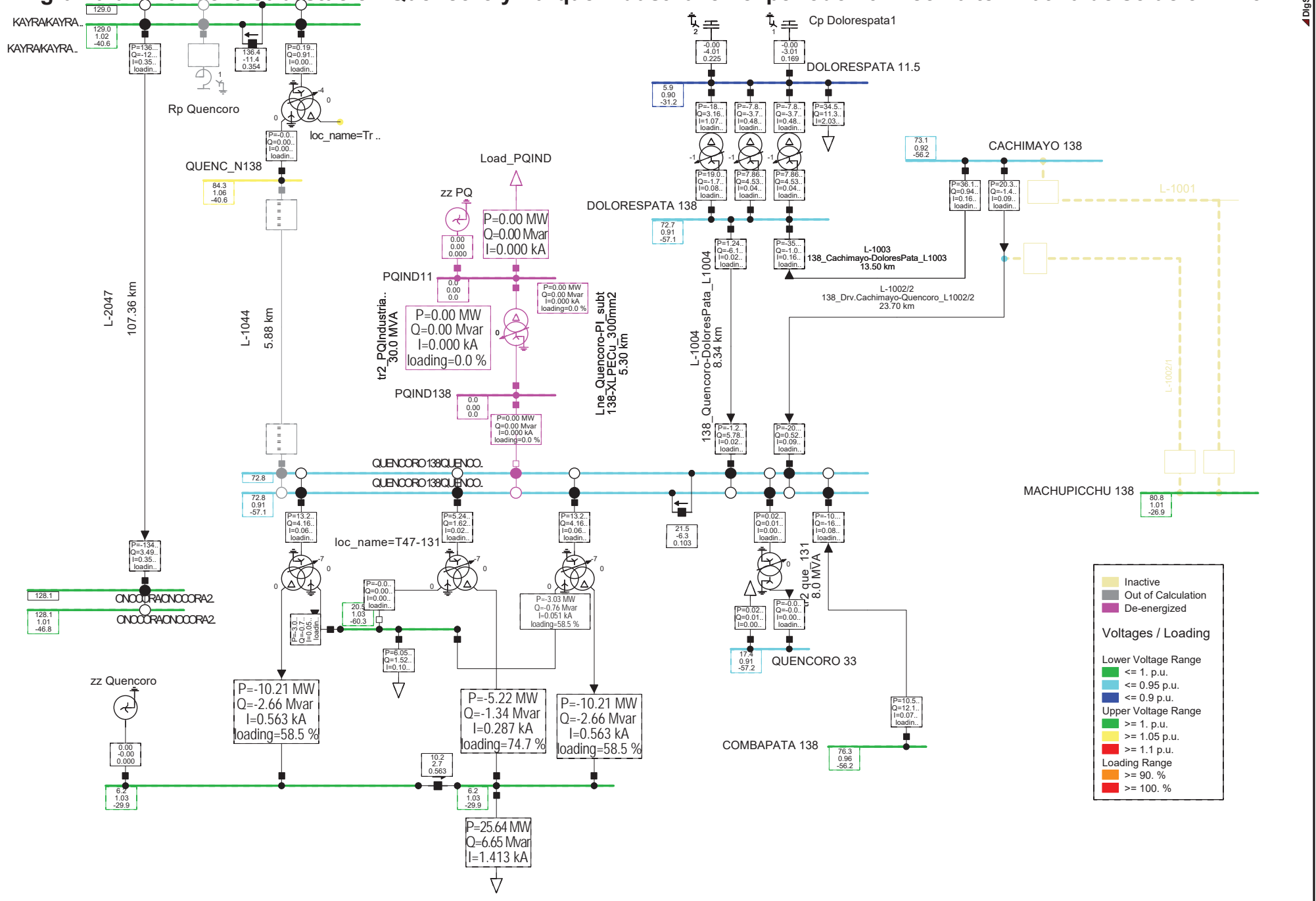
- 1. p.u.
- 1.05 p.u.
- 1.1 p.u.

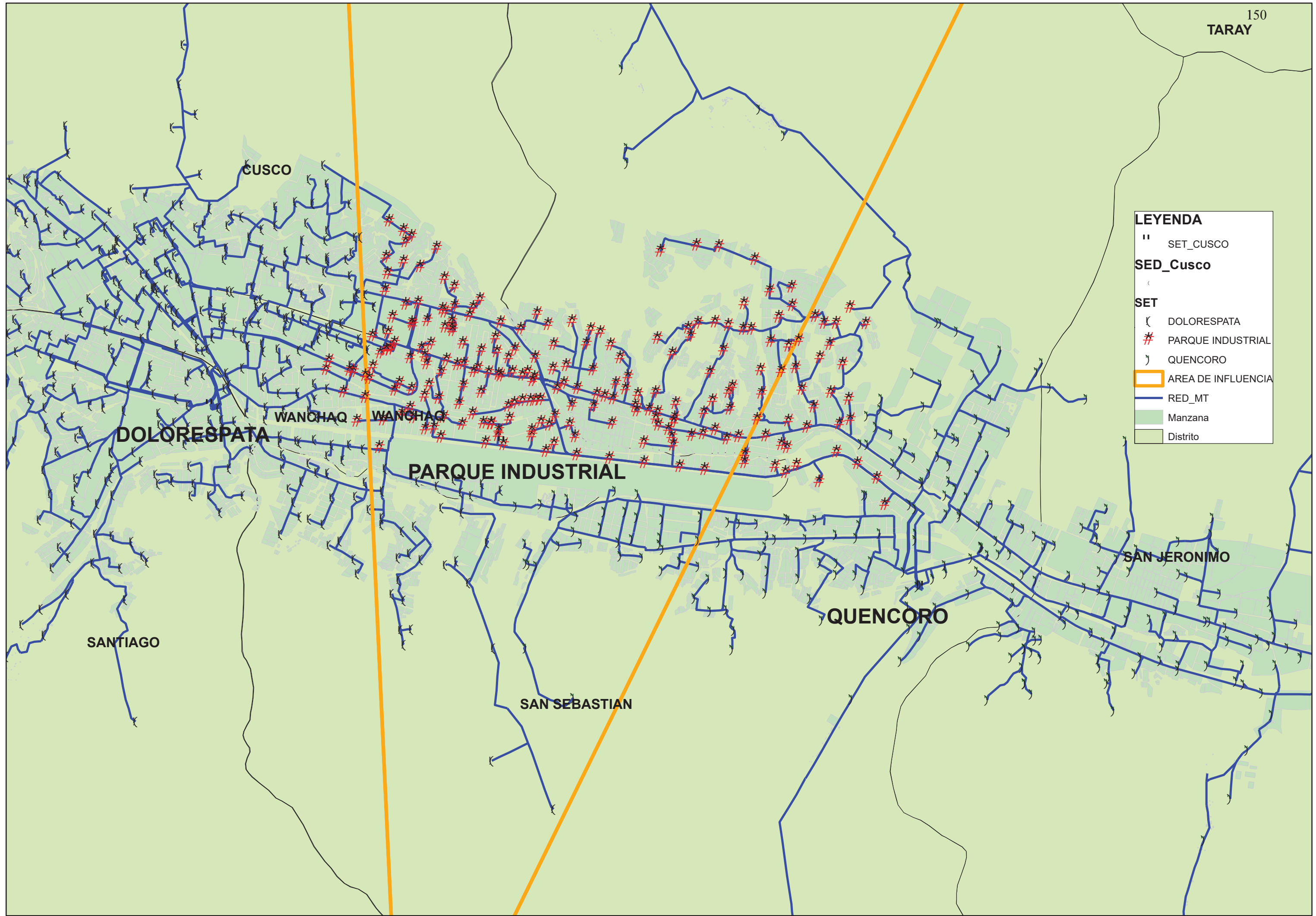
Loading Range

- 90. %
- 100. %



Digrama unifilar de la subestacion Quencoro y Parque Industrial en el periodo 2024 con alternativa de solucion N° 3





LEYENDA

- " SET_CUSCO
- SED_Cusco**
- SET**
- (DOLORESPATA
- * PARQUE INDUSTRIAL
-) QUENCORO
- ▭ AREA DE INFLUENCIA
- RED_MT
- Manzana
- Distrito