

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



TESIS:

**“OPTIMIZACIÓN DEL NIVEL DE CONFIABILIDAD DE LOS
ALIMENTADORES DE MEDIA TENSIÓN QU-02 Y QU-03 EN 10.5KV
CON SU OPERACIÓN EN ANILLO Y PROPUESTA DE NUEVOS
AJUSTES DE PROTECCIÓN”**

RESPONSABLES:

Br.: Paúl Johann Avalos Mesicano

Br.: Raúl Eduardo Farfán Canahua

Para optar al Título Profesional de Ingeniero Electricista

ASESOR:

M Sc. Ing. Donato Mamani Pari

CUSCO – PERÚ

2019

DEDICATORIA

A Dios, por su bendición y compañía en cada paso que doy, y por haber puesto en mi camino a aquellas personas que han sido mi soporte durante todo el periodo de estudio.

A mis padres Raúl y Doris, abuelitos Cecilio y Victoria por ser principales promotores de mis sueños, por su apoyo incondicional en toda mi educación, tanto académica, como de la vida.

*A mi hermano Enzo Andreé, para que vean en mi un ejemplo a seguir.
A mis tíos, tías: María, Saida, Willy primos: Ángeles, Omar, Marilia, Shirel y Ademir que me dieron la confianza y el fuerza para ser mejor cada día y cumplir mis metas propuestas.*

Raúl Eduardo Farfán Canahua

AGRADECIMIENTO

Expresamos nuestra sincera gratitud:

*A los **Docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Eléctrica de la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco**, en especial a nuestro asesor de tesis, **Donato Mamani Pari**, por ser clave en el proceso de la elaboración de esta tesis.*

*A la **Empresa Electro Sur Este S.A.A.**, en especial a los ingenieros de la gerencia de operaciones: **Oswaldo Béjar, Ludwin Castillo, Marco Panti y Walker Yabar** por su amistad, constante apoyo y enseñanzas durante el periodo de la nuestra formación profesional.*

Y a todos los amigos que de una y otra manera aportaron en el desarrollo de este trabajo.

Paúl Johann y Raúl Eduardo

PRESENTACIÓN

Señor:

Decano de la Facultad de Ingeniería: Eléctrica, Electrónica, Informática y Mecánica.

En cumplimiento con las disposiciones del Reglamento de Grados y Títulos Vigentes, con la finalidad de optar al título de Ingeniero Electricista, presento a vuestra consideración la Tesis intitulada:

“OPTIMIZACIÓN DEL NIVEL DE CONFIABILIDAD DE LOS ALIMENTADORES DE MEDIA TENSIÓN QU-02 Y QU-03 EN 10.5kV CON SU OPERACIÓN EN ANILLO Y PROPUESTA DE NUEVOS AJUSTES DE PROTECCIÓN”

Br. Paúl Johann Avalos Mesicano
Br. Raúl Eduardo Farfán Canahua

RESUMEN

El presente trabajo de investigación se desarrolla a raíz de la problemática actual del nivel de confiabilidad de los alimentadores de media tensión en 10.5kV QU-02 y QU-03 frente a interrupciones por falla suscitadas en las troncales de estos, ya que interrupciones de esta naturaleza influyen significativamente en el cálculo de los indicadores SAIDI y SAIFI.

Según la configuración de operación actual de estas redes, la concesionaria encargada de administrarlas, Electro Sur Este S.A.A., cuenta con instalaciones y equipamiento que opera de forma correcta para su operación radial y permite disminuir el impacto de este tipo de interrupciones. Sin embargo, consideramos que esta no es la forma más óptima de utilizar todos los recursos disponibles de estas redes, es por ello que planteamos la alternativa de operación en anillo de los alimentadores de media tensión en estudio, esto con la finalidad de aprovechar cada elemento disponible (puntos de interconexión, equipos de protección y maniobra, relés multifuncionales, etc.) y mejorar el nivel de confiabilidad.

Este estudio contempla una evaluación completa de las redes en mención, desde aspectos de flujo de carga, cortocircuito, verificación de ajustes de protección y cálculo de los indicadores SAIDI y SAIFI para la configuración actual y la propuesta, esto con la finalidad de demostrar que la alternativa planteada representa una mejora significativa en el nivel de confiabilidad de los alimentadores de media tensión en 10.5kV QU-02 y QU-03.

CONTENIDO

Presentación	i
Resumen.....	ii
Contenido.....	iii
Índice de Tablas	viii
Índice de Ilustraciones	x
Terminología.....	xiii
Capítulo I: Generalidades	1
1.1. Introducción	1
1.2. Zona de Estudio	1
1.3. Planteamiento del Problema	2
1.4. Formulación del Problema.....	5
1.4.1. Problema General:	5
1.4.2. Problemas específicos:	5
1.5. Objetivos.....	6
1.5.1. Objetivo General:	6
1.5.2. Objetivos Específicos:	6
1.6. Justificación e Importancia del Estudio	6
1.7. Variables e Indicadores	8
1.7.1. Variable Independiente:.....	8
1.7.2. Variable Dependiente:	8
1.8. Matriz de Operacionalización de Variables.....	9
1.9. Alcances y Limitaciones.....	10
1.9.1. Alcances.....	10
1.9.2. Limitaciones	10
1.10. Hipótesis	10
1.10.1. Hipótesis General:	10
1.10.2. Hipótesis Específicas:.....	10
1.11. Metodología.....	11
1.11.1. Población y Muestra	11

1.11.2. Metodología de la Investigación.....	12
1.12. Presentación de Datos.....	12
1.12.1. Técnicas de Recolección de Datos.	12
1.12.2. Procesamiento de Datos.....	13
1.13. Matriz de Consistencia	14
2. Capítulo II: Marco Teórico y Normativo	15
2.1. Introducción.....	15
2.2. Antecedentes.....	15
2.3. Confiabilidad	17
2.3.1. SAIDI.....	17
2.3.2. SAIFI.	17
2.4. Tolerancias en la Calidad de Suministro.	18
2.5. Interrupciones	19
2.5.1. Interrupción Programada.	19
2.5.2. Interrupción No Programada.	19
2.6. Normatividad	19
2.7. Operación de la Red de Distribución.....	20
2.7.1. Operación Radial.	20
2.7.2. Operación en Anillo.....	20
2.7.3. Operación en Anillo Abierto	20
2.8. Parámetros de las Líneas de Transmisión.....	21
2.8.1. Parámetros Longitudinales	21
2.8.2. Parámetros Transversales	21
2.9. Fallas.....	23
2.9.1. Tipo de Fallas.	23
2.10. Análisis de Contingencias	25
2.11. Equipos de Protección y Maniobra.....	26
2.11.1. Reconectador.	26
2.11.2. Seccionador Bajo Carga.	30
2.11.3. Celdas de Protección y Maniobra.	30
2.12. Equipos de Medición y Protección.....	31
2.12.1. Transformador de Tensión.....	31

2.12.2. Transformador de Corriente	31
2.13. Criterios de Protección	31
2.13.1. Sensibilidad y Velocidad	31
2.13.2. Fiabilidad y Seguridad.....	33
2.13.3. Selectividad	33
2.14. Relés de Protección Eléctrica	34
2.14.1. Relé de Protección de Sobrecorriente (Funciones 50, 50N, 51, y 51N).....	34
2.14.2. Relé de Protección Direccional de Sobrecorriente (Funciones 67 Y 67N).	35
3. Capítulo III: Evaluación del Sistema en Estudio Actual.....	37
3.1. Introducción	37
3.2. Descripción General de los Alimentadores QU-02 y QU-03	37
3.2.1. Ubicación Eléctrica.....	37
3.2.2. Topología de los Alimentadores de Media Tensión QU-02 y QU-03.....	39
3.2.3. Diagrama Unifilar de los Alimentadores de Media Tensión QU-02 y QU-03.....	43
3.3. Condiciones Operativas del Sistema en Estudio	45
3.3.1. Flujo de Carga en Régimen Permanente.	47
3.3.2. Análisis de Cortocircuito.	50
3.4. Verificación del Estudio de Coordinación de Protecciones Vigente.....	52
3.4.1. Verificación de los Ajustes y Coordinación de las Protecciones del AMT QU-02	54
3.4.2. Verificación de los Ajustes y Coordinación de las Protecciones del AMT QU-03	58
3.5. Estadística de Interrupciones del Sistema en Estudio	64
3.6. Cálculo de Indicadores de Confiabilidad del Sistema en Estudio	66
3.7. Fiabilidad de las Simulaciones	71
3.7.1. Verificación de la Simulación de Flujo de Carga.....	71
3.7.2. Verificación de la Simulación de Cortocircuito	75
3.7.3. Verificación de la Actuación del Sistema de Protección.....	76

4.	Capítulo IV: Propuesta de Mejora para el Sistema en Estudio	79
4.1.	Introducción	79
4.2.	Alternativas de Mejora del Nivel de Confiabilidad del Sistema en Estudio	79
4.3.	Selección y Requerimientos de la Alternativa más Favorable	81
4.4.	Condiciones Operativas de la Alternativa Propuesta	86
4.4.1.	Flujo de Carga en Régimen Permanente.	86
4.4.2.	Análisis de Contingencias.	89
4.4.3.	Análisis de Cortocircuito.	94
4.5.	Modificación del ECP Vigente en Función a la Alternativa Propuesta.....	96
4.5.1.	Criterios de Ajuste y Coordinación de las Protecciones.....	97
4.5.2.	Determinación de los Ajustes de Protección para la Alternativa Propuesta.....	98
4.6.	Verificación de los Ajustes y Coordinación de las Protecciones Propuesto	99
4.6.1.	Verificación de los Ajustes y Coordinación de las Protecciones de las Zonas 1, 2, 3, 4 y 5.	100
5.	Capítulo V: Evaluación de la Mejora con la Alternativa Propuesta.....	109
5.1.	Introducción	109
5.2.	Estimación de los Indicadores SAIDI y SAIFI con la Alternativa Propuesta	110
5.3.	Estimación de los Montos de Compensación y ENS por Interrupciones	114
5.3.1.	Energía no Vendida por la Interrupción 0011801213	117
5.3.2.	Energía no Vendida por la Interrupción 11800108	119
5.3.3.	Energía no Vendida por la Interrupción 11800235	121
5.4.	Estimación del Monto de Energía no Vendida por Pérdidas	124
	Conclusiones	127
	Recomendaciones	127
	Bibliografía	12930

Anexos.....	130
ANEXO A - Relación de SED's de los AMT's QU-02 y QU-03.....	130
ANEXO B - Características de Transformadores de Distribución.....	135
ANEXO C - Características de Líneas de Media Tensión	136
ANEXO D - Medición de P y Q de los alimentadores de la S.E. Dolorespata	136
ANEXO E - Medición de P de algunas SED's de los alimentadores QU-02 y QU-03	141
ANEXO F – Resultados de Flujo de Carga con la Operación Actual.....	145
ANEXO G – Resultados de Cortocircuito con la Operación Actual.....	160
ANEXO H - Registro de Interrupciones de los AMT's QU-02 y QU-03 del Año 2018 ..	189
ANEXO I – Resultados de Flujo de Carga con la Operación Propuesta.....	196
ANEXO J – Resultados de Cortocircuito con la Operación Propuesta.....	209
ANEXO K – Curvas I vs t del ECP Propuesto – Sobrecorriente de Fases (50/51/67).....	238
ANEXO L – Curvas I vs t del ECP Propuesto – Sobrecorriente de Tierra (50/51/67/N) .	257

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1	Equipos de protección y maniobra del AMT QU-02 en 10.5kV	2
Tabla 1.2	Equipos de protección y maniobra del AMT QU-03 en 10.5kV	3
Tabla 1.3	Reporte de interrupciones con mayor aporte en los indicadores SAIDI y SAIFI del 2018 de los alimentadores de media tensión QU-02 y QU-03 en 10.5kV	4
Tabla 1.4	Matriz de Operacionalización de Variables	9
Tabla 1.5	Matriz de Consistencia.....	14
Tabla 2.1	Valores Límites de Calidad de Suministro	18
Tabla 2.2	Parámetros Básicos de Operación del Reconectador OSM	27
Tabla 2.3	Rangos de Operación del Reconectador OSM	28
Tabla 2.4	Precisión de los Sensores del Reconectador OSM	28
Tabla 3.1	Recorrido Geográfico de los AMT's QU-02 y QU-03.....	42
Tabla 3.2	Cantidad de Suministros de los AMT's QU-02 y QU03	43
Tabla 3.3	Interconexiones Existentes de los AMT's QU-02 y QU-03	43
Tabla 3.4	Niveles de Carga de las Líneas de Transmisión	48
Tabla 3.5	Niveles de Carga de los Transformadores de Potencia.....	49
Tabla 3.6	Tensiones de Operación.....	49
Tabla 3.7	Resultados de Cortocircuito en Avenida 2019 - Máxima Demanda	51
Tabla 3.8	Resultados de Cortocircuito en Estiaje 2019-Mínima Demanda.....	52
Tabla 3.9	Funciones Disponibles de los Equipos de Protección Eléctrica	53
Tabla 3.10	Ajustes de Sobrecorriente de Fases Actuales de los AMT's QU-02 y QU-03	53
Tabla 3.11	Ajustes de Sobrecorriente de Tierra Actuales de los AMT's QU-02 y QU-03	54
Tabla 3.12	Resumen del Anexo 1 del Año 2018 por el Tipo de la Interrupción	65
Tabla 3.13	Indicadores SAIDI y SAIFI del Año 2018 según el Tipo de la Interrupción	66
Tabla 3.14	Suministros Afectados Frente a la Actuación de los Equipos de Protección	68
Tabla 3.15	Interrupciones Exclusivas del Caso de Estudio del Año 2018	69
Tabla 3.16	Energía No Suministrada Real por Interrupción.....	70
Tabla 3.17	Compensación por Interrupción.....	70
Tabla 4.1	Cuadro Comparativo entre las alternativas de mejora	81
Tabla 4.2	Delimitación de las Zonas de Protección.....	84
Tabla 4.3	Niveles de Carga en las Líneas de Transmisión	87

Tabla 4.4	Niveles de Carga en Transformadores de Potencia	88
Tabla 4.5	Tensiones de Operación.....	88
Tabla 4.6	Zonas con Suministro ante Fallas en diferentes Zonas de Protección.....	89
Tabla 4.7	Resultados de Cortocircuito en Avenida 2019-Máxima Demanda	94
Tabla 4.8	Resultados de Cortocircuito en Estiaje 2019-Mínima Demanda.....	95
Tabla 4.9	Disparo Selectivo ante Fallas en diferentes Zonas de Protección	96
Tabla 4.10	Cálculo de Corrientes de Arranque de Fases	98
Tabla 4.11	Ajustes de Sobrecorriente de Fases Propuesto	99
Tabla 4.12	Ajustes de Sobrecorriente de Tierra Propuesto.....	99
Tabla 5.1	Comparativo entre Zonas Afectadas en Configuración Radial y Anillo	110
Tabla 5.2	Cálculo de Indicadores SAIDI y SAIFI de las Interrupciones Exclusivas del Caso de Estudio del Alimentador QU-03 - 2018.....	111
Tabla 5.3	Cálculo de Indicadores SAIDI y SAIFI de las Interrupciones Exclusivas del Caso de Estudio del Alimentador QU-02 - 2018.....	111
Tabla 5.4	Cálculo de Compensaciones de las Interrupciones Exclusivos del Caso de Estudio en el Año 2018.....	115
Tabla 5.5	Cálculo de Energía no Vendida a Causa de la Interrupción 0011801213	117
Tabla 5.6	Cálculo de Energía No Vendida a Causa de la Interrupción 11800108	119
Tabla 5.7	Cálculo de Energía No Vendida a Causa de la Interrupción 11800235	121
Tabla 5.8	ENS de las Interrupciones Exclusivas del Caso de Estudio en el Año 2018.....	123
Tabla 5.9	Energía Perdida por Efecto Joule en la Operación Actual y Propuesta.....	125
Tabla 5.10	Resumen Final de la mejora de la Propuesta de Operación del Año 2018.....	126

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1.1	Mapa geográfico de la Región y Provincia de Cusco.....	1
Ilustración 1.2	Diagrama de Flujo de Procesamiento de Datos.....	13
Ilustración 2.1	Representación de una falla línea - tierra.	23
Ilustración 2.2	Sistema Original con los Voltajes V_1, V_2, \dots, V_N Debido a las Inyecciones de Corriente I_1, I_2, \dots, I_N	25
Ilustración 2.3	Partes del Cubículo de Control del Reconectador OSM	29
Ilustración 2.4	Panel de Control del Reconectador OSM.....	29
Ilustración 2.5	Diagrama Sección Transversal del Seccionador OSM.....	30
Ilustración 3.1	Diagrama Unifilar del Área Operativa Sur del SEIN.....	38
Ilustración 3.2	Área Operativa N°13 del SEIN	38
Ilustración 3.3.	Recorrido Georreferenciado del AMT QU-02	40
Ilustración 3.4	Recorrido Georreferenciado del AMT QU-03	41
Ilustración 3.5	Diagrama Unifilar de los Alimentadores QU-02 y QU-03 Actual.....	44
Ilustración 3.6	Ajustes de Sobrecorriente de Fases del Relé RE_IN-1414	54
Ilustración 3.7	Ajustes de Sobrecorriente de Fases del Relé RC-1024	55
Ilustración 3.8	Ajustes de Sobrecorriente de Tierra del Relé RE_IN-1414	56
Ilustración 3.9	Ajustes de Sobrecorriente de Tierra del Relé RC-1024	57
Ilustración 3.10	Ajustes de Sobrecorriente de Fases del Relé RE_IN-1552	58
Ilustración 3.11	Ajustes de Sobrecorriente de Fases del Relé RC-1025	59
Ilustración 3.12	Ajustes de Sobrecorriente de Fases del Relé RC-1026	60
Ilustración 3.13	Ajustes de Sobrecorriente de Tierra del Relé RE_IN-1552	61
Ilustración 3.14	Ajustes de Sobrecorriente de Tierra del Relé RC-1025	62
Ilustración 3.15	Ajustes de Sobrecorriente de Tierra del Relé RC-1026	63
Ilustración 3.16	Aporte del Indicador SAIDI de las Interrupciones en el Año 2018	67
Ilustración 3.17	Aporte del Indicador SAIFI de las Interrupciones en el Año 2018.....	67
Ilustración 3.18	Flujo de Carga del AMT QU-02 Mediciones Vs Simulación	71
Ilustración 3.19	Flujo de Carga AMT QU-03 Mediciones Vs Simulación.....	72
Ilustración 3.20	Oscilografía del Evento Suscitado según la Interrupción 0011801213.	75
Ilustración 3.21	Simulación de Cortocircuito para la Interrupción 0011801213.	76
Ilustración 3.22	Oscilografía del Evento Suscitado según la Interrupción 0011800235.	76

Ilustración 3.23	Simulación de la Interrupción 0011800235.	77
Ilustración 3.24	Curva I vs t del AMT QU-03 - Función 51N	78
Ilustración 4.1	Diagrama Unifilar de la SEM de Puente San Sebastián.....	83
Ilustración 4.2	Subestación de Maniobra - Puente San Sebastián.....	84
Ilustración 4.3	Nuevo Diagrama Unifilar de los Alimentadores QU-02 y QU-03.....	85
Ilustración 4.4	Simulación de Flujo de Carga por Perturbación en la Zona 1.....	90
Ilustración 4.5	Simulación de Flujo de Carga por Perturbación en la Zona 1.....	91
Ilustración 4.6	Simulación de Flujo de Carga en la SED 0010128	92
Ilustración 4.7	Simulación de Flujo de Carga por Perturbación en la Zona 5.....	92
Ilustración 4.8	Simulación de Flujo de Carga en la SED 0011073	93
Ilustración 4.9	Ajustes de Sobrecorriente de Fases de los relés RC-1025 y RC-1026.....	100
Ilustración 4.10	Ajustes de Sobrecorriente de Fases de los relés RC-1026 y sus Respaldos .	101
Ilustración 4.11	Ajustes de Sobrecorriente de Fases de los relés RC-1025 y RC-1026.....	102
Ilustración 4.12	Ajustes de Sobrecorriente de Fases de los relés RC-1026 y sus Respaldos .	103
Ilustración 4.13	Ajustes de Sobrecorriente de Tierra de los relés RC-1025 y RC-1026.....	104
Ilustración 4.14	Ajustes de Sobrecorriente de Tierra de los relés RC-1026 y sus Respaldos	105
Ilustración 4.15	Ajustes de Sobrecorriente de Tierra de los relés RC-1025 y RC-1026.....	106
Ilustración 4.16	Ajustes de Sobrecorriente de Tierra de los relés RC-1026 y sus Respaldos	107
Ilustración 5.1	Comparativo del Indicador SAIDI entre los dos Escenarios de Operación del Alimentador QU-02 en el Año 2018.....	112
Ilustración 5.2	Comparativo del Indicador SAIFI entre los dos Escenarios de Operación del Alimentador QU-02 en el Año 2018.....	112
Ilustración 5.3	Comparativo del Indicador SAIDI entre los dos Escenarios de Operación del Alimentador QU-03 en el Año 2018.....	113
Ilustración 5.4	Comparativo del Indicador SAIFI entre los dos Escenarios de Operación del Alimentador QU-03 en el Año 2018.....	113
Ilustración 5.5	Comparativo de las Compensaciones entre los Escenario de Operación en el Año 2018.....	114
Ilustración 5.6	Potencia Activa del AMT QU-02 por Zonas de Protección 1 y 2	116
Ilustración 5.7	Potencia Activa del AMT QU-03 por Zonas de Protección 3, 4 y 5	117
Ilustración 5.8	Diagrama de Carga del AMT QU-02 – Operación en Anillo	118

Ilustración 5.9	Diagrama de Carga del AMT QU-02 – Operación en Anillo	118
Ilustración 5.10	Diagrama de Carga de la Zona 3 y 4 con la Interrupción 11800108.....	120
Ilustración 5.11	Diagrama de Carga de la Zona 3 y 4 con la Interrupción 11800108 en Configuración Anillo	120
Ilustración 5.12	Diagrama de Carga del AMT QU-03 con la Interrupción 11800235.....	122
Ilustración 5.13	Diagrama de Carga del AMT QU-03 en Presencia de la Interrupción 11800235 en Configuración Anillo.....	122
Ilustración 5.14	Comparativo de Costos de Energía no Vendida del Año 2018.....	124
Ilustración 5.15	Diagrama de Carga de Pérdidas por Efecto Joule	124
Ilustración 5.16	Diferencia de Pérdidas por Efecto Joule del Escenario Actual y Propuesto	125

TERMINOLOGÍA

A:	Amperio
AMT:	Alimentador de Media Tensión
ANSI:	American National Standards Institute
COES:	Comité de Operación Económica del Sistema
DMS:	Distribution Management System
EF:	Earth Fault
ELSE:	Empresa distribuidora: Electro Sur Este S.A.A.
IEC:	International Electrotechnical Commission.
IEEE:	Institute of Electrical and Electronic Engineering
I>:	Sobrecorriente temporizado de fases. Notación según el Standar IEC
I>>:	Sobrecorriente instantáneo de fases. Notación según el Standar IEC
Io>:	Sobrecorriente temporizado a tierra. Notación según el Standar IEC
Io>>:	Sobrecorriente instantáneo a tierra. Notación según el Standar IEC
Ipickup:	Valor ajustado para la corriente de disparo (en el software DIGSILENT)
kA:	Kilo amperio
kV:	Kilo voltio
kW:	Kilo watt
LCE:	Ley de Concesiones Eléctricas.
MT:	Media tensión
NTCSE:	Norma Técnica de Calidad de los Servicios Eléctricos
OC:	Over Current
OSINERGMIN	Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería.

S.E.:	Subestación Eléctrica
SED:	Subestación de Eléctrica de Distribución
SEIN:	Sistema Eléctrico Interconectado Nacional
SEL-351R:	Relé de protección del fabricante SCHWEITZER de serie 351R
SLI:	Sección de línea, se refiere al tramo de línea del AMT
Tpset:	Dial de la curva de sobrecorriente de tiempo inverso (en DIgSILENT)
Tset:	Tiempo de actuación de la protección instantánea
50:	Relé de protección de sobrecorriente de fases de tiempo definido
50N:	Relé de protección de sobrecorriente de tierra de tiempo definido
51:	Relé de protección de sobrecorriente de fases de tiempo inverso
51N:	Relé de protección de sobrecorriente de tierra de tiempo inverso
67:	Relé de protección de sobrecorriente direccional de fases
67N:	Relé de protección de sobrecorriente direccional de tierra

Capítulo I: Generalidades

1.1. Introducción

Este capítulo describe la problemática existente en la continuidad del suministro de energía eléctrica de los alimentadores de media tensión (AMT) en 10.5kV de la subestación eléctrica de Quencoro, específicamente de las salidas “Quencoro 02” y “Quencoro 03” de propiedad de la empresa concesionaria Electro Sur Este S.A.A. Adicionalmente, se justifica la importancia de tomar acciones correctivas ante esta situación y se plantean las bases de este proyecto de investigación cuyo propósito radica en brindar soluciones, mejoras significativas y aportes a la sociedad.

1.2. Zona de Estudio

El área donde se desarrollará el presente estudio se enmarca en el recorrido de los alimentadores de media tensión de 10.5kV “QU-02” y “QU-03” de la Subestación Eléctrica de Quencoro, que corresponde a una parte de los distritos de Wanchaq, San Sebastián y San Jerónimo, provincia y región de Cusco, siendo esta área de concesión eléctrica de la empresa Electro Sur Este S.A.A.

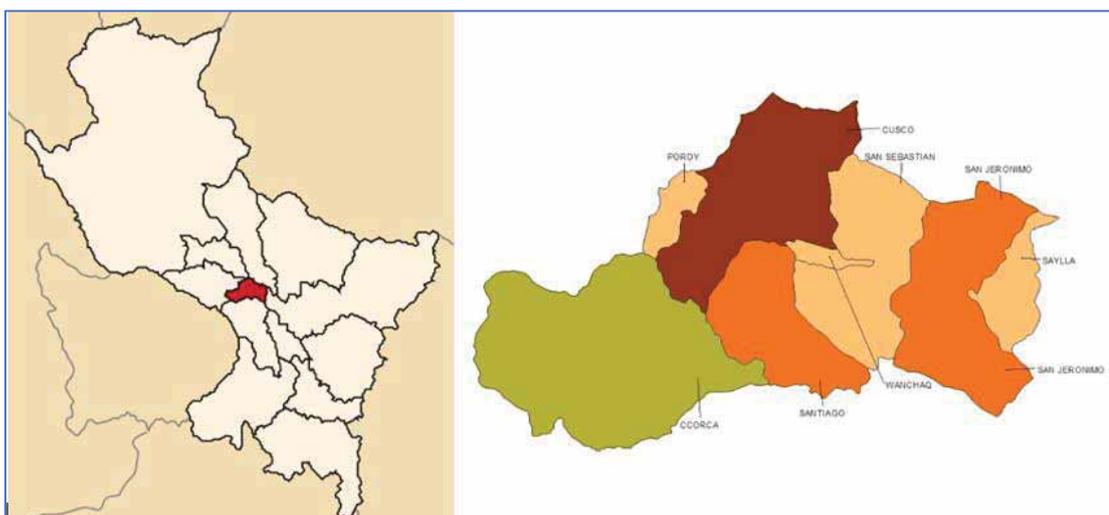


Ilustración 0.1 Mapa geográfico de la Región y Provincia de Cusco

Fuente: Electro Sur Este S.A.A.

1.3. Planteamiento del Problema

Los alimentadores de media tensión QU-02 y QU-03 tienen un bajo nivel de confiabilidad debido a su naturaleza (red aérea) y a su modo de operación (radial – anillo abierto), es así que estos influyen significativamente en el cálculo de los indicadores SAIDI y SAIFI para el sistema eléctrico de Cusco (SE0032) según el reporte de interrupciones del periodo 2018 emitido por Electro Sur Este S.A.A.

Como una alternativa de solución a lo expuesto en el párrafo anterior, Electro Sur Este S.A.A. tiene los siguientes equipos de protección y maniobra instalados en los alimentadores de media tensión QU-02 y QU-03 los cuales están debidamente ajustados de acuerdo al Estudio de Coordinación de Protecciones vigente.

Tabla 0.1
Equipos de protección y maniobra del alimentador de media tensión QU-02 en 10.5kV

Alimentador de Media Tensión	Código de Equipo de Protección	Ubicación	Uso Actual Protección (P) Maniobra (M)	¿Función de protección habilitada?	Tipo
QU-02	IN-1552	S.E. QUENCORO	P	Sí	Relé con interruptor
	SBC-1024	Vista Alegre - Vía Expresa	M	No	Seccionador Bajo Carga
	RC-1024	República del Perú - Vía Expresa	P	Sí	Reconectador
	SBC-1031	Av. Cusco – San Sebastián	M	No	Seccionador Bajo Carga
	S/C	SED 00011303 - San Sebastián	M	No posee	Interruptor

Fuente: Electro Sur Este S.A.A.

S/C: Sin codificación.

Tabla 0.2

Equipos de protección y maniobra del alimentador de media tensión QU-03 en 10.5kV

Alimentador de Media Tensión	Código de Equipo de Protección	Ubicación	Uso Actual Protección(P) Maniobra(M)	¿Función de protección habilitada?	Tipo
QU-03	IN-1414	S.E. QUENCORO	P	Sí	Relé con interruptor
	RC-1025	Enaco – Av. La Cultura	P	Sí	Reconectador
	SBC-1012	Colegio de Ingenieros – San Jerónimo	M	No	Seccionador Bajo Carga
	RC-1028	Santa María – San Sebastián	P	Sí	Reconectador
	SBC-1025	Santa Rosa – Av. La Cultura	M	No	Seccionador Bajo Carga
	RC-1026	7mo Paradero de San Sebastián – Av. La Cultura	P	Sí	Reconectador
	RC-1062	Sol de Oro – Av. La Cultura	P	Sí	Reconectador
	SBC-1020	Alto Qosqo – San Sebastián	M	No	Seccionador Bajo Carga
	RC-1003	4to Paradero de San Sebastián - Av. La Cultura	P	Sí	Reconectador
	SBC-1029	2do Paradero de San Sebastian – Av. La Cultura	M	No	Seccionador Bajo Carga
	SBC-1026	Cóndor – Av. La Cultura	M	No	Seccionador Bajo Carga
	S/C	SED 0010258 – Larapa I	M	No posee	Interruptor
	S/C	SED 0010258 – Larapa I	M	No posee	Interruptor
	S/C	SED 0010259 – Larapa II	M	No posee	Interruptor
	S/C	SED 0010259 – Larapa II	M	No posee	Interruptor

Fuente: Electro Sur Este S.A.A.

S/C: Sin codificación.

De todos los equipos instalados a lo largo de los alimentadores de media tensión QU-02 y QU-03 en 10.5kV solo los reconectores e interruptores con relé están habilitados para protección mientras que los seccionadores bajo carga se usan exclusivamente para maniobras, a pesar de que estos cuentan con relés de protección multifuncionales.

Según el reporte de interrupciones por fallas suscitadas en estos alimentadores, se verifica que los equipos de protección operan correctamente (de forma rápida, confiable y selectiva) para su configuración radial. Sin embargo, se tienen altos valores de aporte para los indicadores SAIDI y SAIFI cuando se suscita una interrupción por falla en las troncales de estos, ya que el

número de usuarios afectados por este tipo de interrupciones es considerablemente elevado. Para atenuar este problema, la oficina del Centro de Control de Electro Sur Este S.A.A tiene como una de sus funciones disminuir el impacto de estos fenómenos transfiriendo toda la carga interrumpida posible hacia los alimentadores de media tensión adyacentes.

Tabla 0.3

Reporte de interrupciones con mayor aporte en los indicadores SAIDI y SAIFI del 2018 de los alimentadores de media tensión QU-02 y QU-03 en 10.5kV

Ítem	Instalación Afectada	Fecha y Hora de Inicio	Fecha y Hora de Reposición Total	Fecha y Hora de Reposición Parcial	Total de Suministros Afectados	Suministros recuperados por Reposición Parcial	Porcentaje Suministros recuperados por Reposición Parcial con respecto al Total	Tiempo de afectación para reposiciones parciales (hh:mm)
1	SLI QU-03	27/01/2018 08:02	27/01/2018 08:16	27/01/2018 08:16	11778	11778	100.00%	00:14
2	SLI QU-02	16/02/2018 15:27	16/02/2018 16:25	16/02/2018 15:43	11164	8436	75.56%	00:16
3	AMT QU-03	28/02/2018 09:38	28/02/2018 11:05	28/02/2018 10:10	17844	11618	65.11%	00:32
				28/02/2018 10:44		4197	23.52%	01:06
4	SLI QU-03	29/05/2018 04:52	29/05/2018 04:58	29/05/2018 04:58	11778	11778	100.00%	00:06
5	AMT QU-03	13/07/2018 14:58	13/07/2018 15:10	13/07/2018 15:10	17464	17464	100.00%	00:12
6	AMT QU-03	3/09/2018 16:01	3/09/2018 18:38	3/09/2018 16:04	18132	14853	81.92%	00:03
7	AMT QU-02	24/12/2018 15:36	24/12/2018 19:25	24/12/2018 16:15	12092	4298	35.54%	00:39
				24/12/2018 16:31		2908	24.05%	00:55
				24/12/2018 16:43		2950	24.40%	01:07

Fuente: Electro Sur Este S.A.A.

Adicionalmente, la oficina de Centro de Control de Electro Sur Este S.A.A. cuenta con aproximadamente el 90% de los equipos de protección y maniobra (de los alimentadores de media tensión QU-02 y QU-03) integrados a su sistema SCADA, esto con la finalidad de ejecutar maniobras de forma remota según se requiera. Por otro lado, cuenta con 02 grupos de atención de emergencias que brindan respaldo de maniobras por posibles problemas de comunicación remota.

De lo expuesto anteriormente, se verifica que Electro Sur Este S.A.A. cumple con su labor de disminuir el impacto y/o duración de las interrupciones por falla, sin embargo, esto resulta ser insuficiente ya que por más rápida que sea la respuesta del Operador del Centro de Control y de los grupos de emergencias, los suministros que no deberían ser afectados ante una falla en las troncales de los alimentadores en estudio tienen un tiempo promedio de atención y/o reposición de servicio que oscila entre 03 a 66 minutos; esto se refleja directamente en las magnitudes de los indicadores SAIDI y SAIFI que repercute en el malestar de los usuarios y en la imagen empresarial de Electro Sur Este S.A.A.

1.4. Formulación del Problema

1.4.1. Problema General:

¿Cuál será la configuración de operación que mejore el nivel de confiabilidad de los alimentadores de media tensión QU-02 y QU-03 en 10.5kV?

1.4.2. Problemas específicos:

- a. ¿Cuál será el nivel de confiabilidad de los alimentadores de media tensión QU-02 y QU-03 en 10.5kV con la configuración de operación actual?
- b. ¿Cuál será el nivel de confiabilidad de los alimentadores de media tensión QU-02 y QU-03 en 10.5kV con la configuración de operación propuesta?
- c. ¿Cuáles serán los ajustes de los equipos de protección para la operación propuesta de los alimentadores de media tensión QU-02 y QU-03 en 10.5kV que mejore el nivel de confiabilidad?
- d. ¿Cuál es la diferencia entre los indicadores SAIDI y SAIFI de los alimentadores de media tensión QU-02 y QU-03 en 10.5kV con la configuración de operación actual y la propuesta?

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo General:

Determinar la configuración de operación que mejore el nivel de confiabilidad de los alimentadores de media tensión QU-02 y QU-03 en 10.5kV.

1.5.2. Objetivos Específicos:

- a. Determinar el nivel de confiabilidad de los alimentadores de media tensión QU-02 y QU-03 en 10.5kV con la configuración de operación actual.
- b. Determinar el nivel de confiabilidad de los alimentadores de media tensión QU-02 y QU-03 en 10.5kV con la configuración de operación propuesta.
- c. Establecer los ajustes de los equipos de protección para la configuración de operación propuesta de los alimentadores de media tensión QU-02 y QU-03 en 10.5kV que mejore el nivel de confiabilidad.
- d. Calcular la diferencia entre los indicadores SAIDI y SAIFI de los alimentadores de media tensión QU-02 y QU-03 en 10.5kV con la configuración de operación actual y la propuesta.

1.6. Justificación e Importancia del Estudio

Electro Sur Este S.A.A., en calidad de empresa concesionaria, se ve en la necesidad de elevar los niveles de confiabilidad de sus alimentadores de media tensión puesto que hacerlo, genera aportes significativos en los siguientes aspectos:

Económico: Debido a que incrementa la cantidad de energía vendida ante la ocurrencia de interrupciones y disminuye el pago de compensaciones por estas. Así mismo, se ha verificado que se tienen notables disminuciones de las pérdidas de energía por efecto joule a lo largo de las troncales de las redes en estudio.

Social: Ante la ocurrencia de perturbaciones en las troncales, la respuesta del sistema en estudio en relación a cantidad de suministros afectados disminuye de forma considerable, esto significa una prestación del servicio de suministro de energía eléctrica más confiable y de mejor calidad, lo que se refleja en satisfacción de parte de la población y en una buena imagen institucional para la empresa.

Técnico: El presente estudio define una alternativa de operación para los alimentadores de media tensión QU-02 y QU-03 que optimice el uso de todos sus recursos disponibles (equipos de protección y maniobra) con el fin de mejorar los niveles de confiabilidad de estos frente a interrupciones por falla en las troncales. Adicionalmente, no solo se busca corregir la calidad de suministro, sino también la calidad de producto a lo largo de las redes en estudio.

Tecnológico: se plantea aprovechar y describir toda la funcionalidad del relé NOJA de la marca NOJA POWER, debido a que este equipo es muy versátil en protección para redes de distribución con operación en anillo, sin embargo, actualmente no se le ha dado este uso ni tampoco se hicieron las pruebas correspondientes.

Académico: Este proyecto de tesis está dirigido para estudiantes de pre-grado y futuros ingresantes a la Escuela Profesional de Ingeniería Eléctrica; así también para lectores interesados, para su consulta, conocimiento e investigación acerca de la Confiabilidad de Sistemas Eléctricos de Distribución, Flujo de Carga, Cortocircuito y Protecciones Eléctricas en Sistemas de Distribución.

1.7. Variables e Indicadores

1.7.1. Variable Independiente:

- Operación de la Red.

Indicadores:

- Operación Radial.
- Operación en Anillo.

1.7.2. Variable Dependiente:

- Nivel de Confiabilidad.

Indicadores:

- SAIDI: Duración Media de Interrupción por usuario en un periodo determinado.
- SAIFI: Frecuencia Media de Interrupción por usuario en un periodo determinado.

1.8. Matriz de Operacionalización de Variables

Tabla 0.4
Matriz de Operacionalización de Variables

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	INDICADORES	DIMENSIONES	UNIDAD DE MEDIDA	ESCALA
Operación de la Red (V. Independiente)	Se define como la configuración de las conexiones físicas disponibles entre sistemas eléctricos y fuentes de energía.	Forma de selección de la configuración de los sistemas eléctricos y fuentes de energía para modificar el nivel de confiabilidad.	Operación Radial Operación en Anillo	- -	Adimensional Adimensional	Nominal Nominal
Nivel de Confiabilidad (V. Dependiente)	Se define como el grado de afectación a los componentes de un sistema ante una falla en un periodo determinado.	Afectación a los componentes de un sistema eléctrico como respuesta frente a una falla con el modo de operación de esta.	SAIDI: Duración Media de Interrupción por Usuario en un periodo determinado. SAIFI: Frecuencia Media de Interrupción por Usuario en un periodo determinado.	Número de Horas Interrumpidas en Promedio Número de Veces Interrumpidas en Promedio	h-usuario. veces-usuario	De Intervalo - Continuo De Intervalo - Continuo

Fuente: Elaboración Propia

1.9. Alcances y Limitaciones

1.9.1. Alcances

Con el presente proyecto de tesis se pretende evaluar los niveles de confiabilidad de los alimentadores de media tensión QU-02 y QU-03 solo con el cálculo de los indicadores SAIDI y SAIFI, esto para el escenario actual y el propuesto. Así mismo, este estudio estará orientado también al cálculo de nuevos ajustes de protección ya la propuesta contempla la modificación de los ajustes vigentes, para lo cual, corresponde realizar un estudio de flujo de carga y cortocircuito para ambos escenarios.

1.9.2. Limitaciones

Se realizará el estudio del mejoramiento de la confiabilidad de los alimentadores de media tensión QU-02 y QU-03 planteando una propuesta de solución que no contempla los siguientes estudios:

- Coordinación de aislamiento.
- Transitorios electromagnéticos.
- Armónicos.
- Sag y Swell.

1.10. Hipótesis

1.10.1. Hipótesis General:

La operación en anillo mejorará el nivel de confiabilidad de los alimentadores de media tensión QU-02 y QU-03 en 10.5kV.

1.10.2. Hipótesis Específicas:

- a. El nivel de confiabilidad de los alimentadores de media tensión QU-02 y QU-03 en 10.5kV será deficiente con la configuración de operación actual.

- b. El nivel de confiabilidad de los alimentadores de media tensión QU-02 y QU-03 en 10.5kV incrementará con la configuración de operación propuesta.
- c. El nivel de confiabilidad de los alimentadores de media tensión QU-02 y QU-03 en 10.5kV incrementará con una correcta selección de los ajustes de los equipos de protección para la configuración de operación propuesta.
- d. La diferencia entre los indicadores SAIDI y SAIFI de los alimentadores de media tensión QU-02 y QU-03 en 10.5kV frente a la configuración de operación actual y propuesta será notable.

1.11. Metodología

1.11.1. Población y Muestra

La población está conformada por todos los alimentadores de media tensión del sistema eléctrico 0032 (Cusco) de la concesionaria Electro Sur Este S.A.A. que cuenten con puntos de interconexión que permitan cambiar su configuración de operación radial a anillo, que tengan reconectores con protección direccional instalados en las troncales y que puedan activar su protección por sobrecorriente en ambos sentidos del flujo de corriente, como son: Los AMT's DO-01 con CA-03, DO-07 con QU-02, DO-08 con QU-01 y QU-03 con QU-04.

Se tomará como muestra el estudio los alimentadores de media tensión QU-02 y QU-03 en 10.5kV que suministran el servicio de energía eléctrica a una parte de los distritos de San Sebastián y Wanchaq de la provincia y región de Cusco.

El tipo de muestra es de carácter NO PROBABILÍSTICO debido a que los elementos en estudio no fueron seleccionados al azar sino se escogieron como elementos representativos de forma intencional.

1.11.2. Metodología de la Investigación

1.11.2.1. Método de la Investigación

El método de investigación es DEDUCTIVO - HIPOTÉTICO porque combina la evaluación de la realidad con la observación de esta misma con el fin de plantear una hipótesis que pueda producir un cambio significativo, es decir se observan comportamientos de un sistema para luego caracterizarlo y poder obtener resultados en el escenario real actual y uno probable.

1.11.2.2. Tipo de la Investigación

El tipo de investigación es CUANTITATIVO porque permite calcular y/o estimar las magnitudes del fenómeno en estudio, así mismo, este tipo de investigación se caracteriza por ser objetiva y orientada al resultado.

1.11.2.3. Nivel de la Investigación

El nivel de investigación es DESCRIPTIVO porque se diagnosticará la operación actual de los alimentadores QU-02 y QU-03 y una evaluación futura de la configuración propuesta.

1.12. Presentación de Datos

1.12.1. Técnicas de Recolección de Datos.

Las técnicas utilizadas se basan en:

Análisis Documental: Consultas bibliográficas, consulta de papers, internet, normatividad existente, y toda la documentación brindada por la empresa concesionaria Electro Sur Este S.A.A referente a las fichas técnicas y catálogos de todo su equipamiento instalado a lo largo de sus redes. Así mismo, se cuenta con la información actualizada de las estadísticas e indicadores de interrupciones del sistema en estudio.

Entrevistas: Se tuvo la oportunidad de entrevistar a los operadores del Centro de Control de Electro Sur Este S.A.A., quiénes se encuentran inmersos en la labor de operación diaria en tiempo real del sistema en estudio.

Observación Experimental: Durante varias visitas al Centro de Control de Electro Sur Este S.A.A., pudimos ser testigos de la operación en tiempo real del sistema y de la viabilidad de elaborar un estudio de investigación referido a la operación en anillo de las redes de distribución de Cusco.

1.12.2. Procesamiento de Datos.

El enfoque con respecto al procesamiento de datos será aprovechar las facilidades que nos proporciona el avance de la tecnología, haciendo uso de distintos softwares tales como son: ArcGIS, Google Earth, Power Factory, AutoCAD, Microsoft Office y otros en función al siguiente diagrama de flujo.

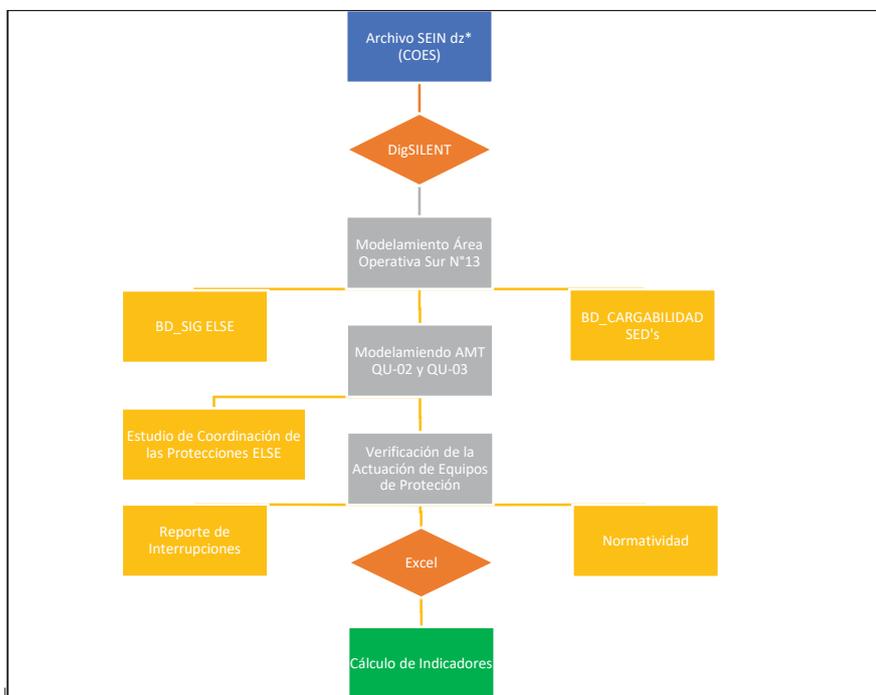


Ilustración 0.2 Diagrama de Flujo de Procesamiento de Datos

Fuente: Electro Sur Este S.A.A.

1.13. Matriz de Consistencia

Tabla 0.5
Matriz de Consistencia

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES E INDICADORES	METODOLOGÍA	FUENTE
<p>PG: ¿Cuál será la configuración de operación que mejore el nivel de confiabilidad de los alimentadores de media tensión QU-02 y QU-03 en 10.5kV?</p> <p>PE1: ¿Cuál será el nivel de confiabilidad de los alimentadores de media tensión QU-02 y QU-03 en 10.5kV con la configuración de operación actual?</p>	<p>OG: Determinar la configuración de operación que mejore el nivel de confiabilidad de los alimentadores de media tensión QU-02 y QU-03 en 10.5kV.</p> <p>OE1: Determinar el nivel de confiabilidad de los alimentadores de media tensión QU-02 y QU-03 en 10.5kV con la configuración de operación actual.</p>	<p>HG: La operación en anillo mejorará el nivel de confiabilidad de los alimentadores de media tensión QU-02 y QU-03 en 10.5kV.</p> <p>HE1: El nivel de confiabilidad de los alimentadores de media tensión QU-02 y QU-03 en 10.5kV será deficiente con la configuración de operación actual.</p>	<p>VARIABLE INDEPENDIENTE:</p> <p>OPERACIÓN DE LA RED</p> <p>Indicadores:</p> <ul style="list-style-type: none"> Operación en anillo Operación radial 	<p>MÉTODO DE INVESTIGACIÓN</p> <p>El método de investigación es EXPERIMENTAL porque se plantea una nueva técnica para mejorar y corregir la situación problemática.</p>	<ul style="list-style-type: none"> Estudio de coordinación de las protecciones de Electro Sur Este S.A.A. 2018. Base de datos del sistema de información eléctrico georreferenciado de las redes de media tensión de Electro Sur Este S.A.A.
<p>PE2: ¿Cuál será el nivel de confiabilidad de los alimentadores de media tensión QU-02 y QU-03 en 10.5kV con la configuración de operación propuesta?</p>	<p>OE2: Determinar el nivel de confiabilidad de los alimentadores de media tensión QU-02 y QU-03 en 10.5kV con la configuración de operación propuesta.</p>	<p>HE2: El nivel de confiabilidad de los alimentadores de media tensión QU-02 y QU-03 en 10.5kV incrementará con la configuración de operación propuesta.</p>	<p>VARIABLE DEPENDIENTE:</p> <p>NIVEL DE CONFIABILIDAD</p> <p>Indicadores:</p> <ul style="list-style-type: none"> SAIDI: Duración Media de Interrupción por usuario en un periodo determinado SAIFI: Frecuencia Media de Interrupción por usuario en un periodo determinado 	<p>TIPO DE INVESTIGACIÓN</p> <p>El tipo de investigación es CUANTITATIVO porque permite calcular y/o estimar las magnitudes del fenómeno en estudio.</p>	<ul style="list-style-type: none"> Registro de mediciones de variables eléctricas de los alimentadores de media tensión QU-02 y QU-03 en 10.5kV de Electro Sur Este S.A.A. Base de datos del registro de interrupciones de Electro Sur Este S.A.A.
<p>PE3: ¿Cuáles serán los ajustes de los equipos de protección para la configuración de operación propuesta de los alimentadores de media tensión QU-02 y QU-03 en 10.5kV que mejoren el nivel de confiabilidad?</p>	<p>OE3: Establecer los ajustes de los equipos de protección para la configuración de operación propuesta de los alimentadores de media tensión QU-02 y QU-03 en 10.5kV que mejore el nivel de confiabilidad.</p>	<p>HE3: El nivel de confiabilidad de los alimentadores de media tensión QU-02 y QU-03 en 10.5kV incrementará con una correcta selección de los ajustes de los equipos de protección para la configuración de operación propuesta.</p>	<p>Indicadores:</p> <ul style="list-style-type: none"> SAIDI: Duración Media de Interrupción por usuario en un periodo determinado SAIFI: Frecuencia Media de Interrupción por usuario en un periodo determinado 	<p>NIVEL DE INVESTIGACIÓN</p> <p>El nivel de investigación es DESCRIPTIVO porque se diagnosticará la operación actual de los alimentadores QU-02 y QU-03 y una evaluación futura de la configuración propuesta.</p>	<ul style="list-style-type: none"> Base de datos del registro de interrupciones de Electro Sur Este S.A.A.
<p>PE4: ¿Cuál es la diferencia entre los indicadores SAIDI y SAIFI de los alimentadores de media tensión QU-02 y QU-03 en 10.5kV con la configuración de operación actual y la propuesta?</p>	<p>OE4: Calcular la diferencia entre los indicadores SAIDI y SAIFI de los alimentadores de media tensión QU-02 y QU-03 en 10.5kV con la configuración de operación actual y la propuesta.</p>	<p>HE4: La diferencia entre los indicadores SAIDI y SAIFI de los alimentadores de media tensión QU-02 y QU-03 en 10.5kV frente a la configuración de operación actual y propuesta será notable.</p>	<p>Indicadores:</p> <ul style="list-style-type: none"> SAIDI: Duración Media de Interrupción por usuario en un periodo determinado SAIFI: Frecuencia Media de Interrupción por usuario en un periodo determinado 	<p>NIVEL DE INVESTIGACIÓN</p> <p>El nivel de investigación es DESCRIPTIVO porque se diagnosticará la operación actual de los alimentadores QU-02 y QU-03 y una evaluación futura de la configuración propuesta.</p>	<ul style="list-style-type: none"> Base de datos del registro de interrupciones de Electro Sur Este S.A.A.

Capítulo II: Marco Teórico y Normativo

2.1. Introducción

Para evaluar la operación actual y propuesta del sistema en estudio, se debe de tener claro una cantidad considerable de conceptos y definiciones referidos a flujo de carga, cortocircuito, protecciones eléctricas y confiabilidad de sistemas eléctricos de distribución; con este propósito, este capítulo presenta el marco conceptual y normativo, así como las bases teóricas utilizadas para el desarrollo de la presente tesis.

2.2. Antecedentes

- Del Pozo, A. & Rivas, R., (2006). Evaluación de la operación en malla del subsistema eléctrico Cusco en 10.5kV (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, Cusco, Perú.

Relación: Esta tesis plantea la operación en malla de todos los alimentadores de media tensión que a la fecha (2006) contaban con un punto de interconexión, se limita exclusivamente a un estudio de flujo de carga en el que se evalúan perfiles de tensión, cargabilidad y pérdidas eléctricas, mas no involucra un estudio de cortocircuito ni coordinación de protección.

- Meza, E. & Rodas, E., (2004). Optimización de la protección de las redes de distribución primaria de la ciudad del Cusco (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, Cusco, Perú.

Relación: Esta tesis plantea la operación en anillo para algunos alimentadores de media tensión de las subestaciones de Dolorespata y Quencoro, anillando estos en pares y proponiendo la compra y puesta en servicio de relés de protección de sobrecorriente direccional que se adapten a las celdas de maniobra con disyuntores

existentes en los puntos de interconexión; así mismo está limitada a la fecha de publicación debido a que en ese momento se tenía muy pocos puntos de interconexión y equipos de protección y maniobra; de igual forma este estudio no plantea una mejora en los indicadores SAIDI y SAIFI para la configuración de operación propuesta.

- Xuemei, Y. and Jinliang, J. “Study on power supply of ring network of 10kV distribution network”, in China International Conference on Electricity Distribution, 2008 – Added to IEEE Xplorer at 21 August 2009.

Relación: Este paper establece las consideraciones necesarias para poner en operación una red en anillo con la finalidad de mejorar la confiabilidad del suministro de energía.

- Salman, S. and Tan, S. “Comparative study of protection requirements of active distribution networks using radial and ring operations”, in IEEE Lausanne Power Tech, 2007 – Added to IEEE Xplorer at 06 June 2008.

Relación: Este paper da a conocer los requisitos para una adecuada coordinación de protección para los dos modos de operación (radial y anillo) debido a la inserción de la generación distribuida en redes que inicialmente operaban en configuración radial.

2.3. Confiabilidad

2.3.1. SAIDI.

Es un indicador que permite determinar el nivel de confiabilidad de un sistema eléctrico y que mide el promedio de duración de una interrupción por usuario en un periodo determinado.

$$SAIDI = \frac{\sum DNUSUARIOS}{TUSUARIOS}$$

Donde:

$\sum DNUSUARIOS$: Suma de los registros del campo “N” del Anexo 1 correspondiente al sistema eléctrico y al mes determinado.

TUSUARIOS: Valor que corresponde al Campo “C” del Anexo 2 correspondiente al sistema eléctrico y al mes determinado¹.

2.3.2. SAIFI.

Es un indicador que permite determinar el nivel de confiabilidad de un sistema eléctrico y que mide el promedio de frecuencia de interrupciones por usuario en un periodo determinado.

$$SAIFI = \frac{\sum NUSUARIOS}{TUSUARIOS}$$

Donde:

$\sum NUSUARIOS$: Suma de los registros del campo “L” del Anexo 1 correspondiente al sistema eléctrico y al mes determinado.

TUSUARIOS: Valor que corresponde al Campo “C” del Anexo 2 correspondiente al sistema eléctrico y al mes determinado².

¹ Resolución N° 177-2012-OS/CD, OSINERGMIN Modificación del Procedimiento para la Supervisión de la Operación de los Sistemas Eléctricos, 2012, p. 9

² Resolución N° 177-2012-OS/CD, OSINERGMIN Modificación del Procedimiento para la Supervisión de la Operación de los Sistemas Eléctricos, 2012, p. 10

2.4. Tolerancias en la Calidad de Suministro.

La Norma Técnica de Calidad de Suministro Eléctrico nos brinda las tolerancias de duración y cantidad de las interrupciones para toma en cuenta en cálculos de SAIDI y SAIFI.

Tabla 2.1
Valores Límites de Calidad de Suministro

Sector	Típico Valores	Límites Indicadores	Tolerancia
2	Por usuario	N: N° de interrupciones por usuario y por semestre	8 /sem.
	afectado (NTCSE)	D: Duración ponderada de las interrupciones por usuario y por semestre	13 horas/sem.
	Por sistema	SAIFI: Frecuencia promedio de las interrupciones por usuarios del sistema eléctrico	5 /año
	eléctrico	SAIDI: Duración promedio de las interrupciones por usuarios del sistema eléctrico	9 horas/año
3	Por usuario	N: N° de interrupciones por usuario y por semestre	8 /sem.
	afectado (NTCSE)	D: Duración ponderada de las interrupciones por usuario y por semestre	13 horas/sem.
	Por sistema	SAIFI: Frecuencia promedio de las interrupciones por usuarios del sistema eléctrico	7/año
	eléctrico	SAIDI: Duración promedio de las interrupciones por usuarios del sistema eléctrico	12 horas/año
4, 5 y	Por usuario	NIC: N° de interrupciones promedio por cliente y por semestre	10 /sem.
	afectado (NTCSE)	DIC: Duración ponderada acumulada de interrupciones promedio por cliente por semestre	25 y 40 horas/sem.
SER	Por sistema	SAIFI: Frecuencia promedio de las interrupciones por usuarios del sistema eléctrico	12 y 24/ año
	eléctrico	SAIDI: Duración promedio de las interrupciones por usuarios del sistema eléctrico	16 y 40 horas/año

Fuente: Norma Técnica de Calidad de Suministros Eléctricos, (2008). Valores límites de Calidad de Suministro [Tabla].

2.5. Interrupciones

2.5.1. Interrupción Programada.

Ausencia del servicio de energía eléctrica planeado por la empresa concesionaria por motivos de mantenimiento, ampliación y/o reforzamiento de las redes eléctricas, debidamente publicada por diversos medios de comunicación a los usuarios afectados e informados al ente regulador.

2.5.2. Interrupción No Programada.

Ausencia del servicio de energía eléctrica debido a alguna perturbación impredecible o fortuita por causas externas o internas de la empresa concesionaria.

2.6. Normatividad

Se utilizó los siguientes documentos como marco normativo para desarrollar el presente proyecto de tesis referenciados como fuentes en los conceptos de este capítulo.

- Decreto Ley N° 25844. Ley de Concesiones Eléctricas (LCE)
- Código Nacional de Electricidad-Suministro, aprobado por Resolución Ministerial N° 214-2011-MEM/DM.
- Norma Técnica de Calidad de los Servicios Eléctricos, aprobado por Decreto Supremo N° 020-97-EM.
- Procedimiento para la Supervisión de la Operación de los Sistemas Eléctricos, aprobado por Resolución CD OSINERG N°074-2012-OS/CD.
- Norma Técnica de Operación en Tiempo Real (NTOTR).

2.7. Operación de la Red de Distribución

2.7.1. Operación Radial.

Las redes radiales se alimentan desde uno sólo de sus extremos, tienen la ventaja de ser redes muy sencillas en su instalación y en las protecciones eléctricas. Como inconveniente principal ante un fallo del transformador toda la red se quedaría sin energía eléctrica (Automatismo Industrial, (s.f.). Redes radiales y en anillo. Recuperado de <https://automatismoindustrial.wordpress.com/e-redes-aereas/generalidades-en-redes-aereas/redes-radiales-y-en-anillo/>).

2.7.2. Operación en Anillo.

La red en anillo o en bucle cerrado se alimenta desde dos o más sitios cerrando un anillo, los receptores se insertan entre los transformadores. La ventaja principal es que ante una avería de un transformador el usuario seguirá recibiendo alimentación eléctrica desde otro transformador, es decir garantiza mejor la continuidad del servicio. Estas redes son más complejas y más difíciles de proteger eléctricamente (Automatismo Industrial, (s.f.). Redes radiales y en anillo. Recuperado de <https://automatismoindustrial.wordpress.com/e-redes-aereas/generalidades-en-redes-aereas/redes-radiales-y-en-anillo/>).

2.7.3. Operación en Anillo Abierto

Son redes radiales con disponibilidad de interconexión en algún punto con otras redes adyacentes a esta.

2.8. Parámetros de las Líneas de Transmisión

2.8.1. Parámetros Longitudinales

2.8.1.1. Resistencia

La resistencia de los conductores de las líneas de transmisión es la causa más importante de pérdida de potencia en ellas. El término “resistencia”, a menos que sea calificado específicamente, se refiere a la resistencia efectiva igual a la resistencia de Corriente Directa del conductor. (Grainger, J. & Stevenson, 2001, p. 133-134)

$$R_o = \frac{\rho l}{A} \Omega$$

Donde:

ρ = resistividad del conductor

l = longitud

A = área de sección transversal

2.8.1.2. Inductancia

Se define como la relación entre el flujo magnético y la intensidad de corriente eléctrica, modela el proceso de almacenamiento energético en forma de campo magnético que se produce en la línea. Se representa como una sola bobina en serie “L” el cual se opone a la variación de corriente. (Scribd, (s.f.). Efecto del suelo sobre la capacitancia. Recuperado de <https://prezi.com/bvse4jjwxsr2/parametros-de-la-linea-de-transmision/>)

2.8.2. Parámetros Transversales

2.8.2.1. Capacitancia

2.8.2.1.1 Capacitancia con tierra

El suelo influye en la capacitancia de una línea de transmisión, debido a que su presencia modifica el campo eléctrico de la línea. Si suponemos que la tierra es un conductor perfecto de forma plana, horizontal y prolongado al infinito, comprobaremos

que el campo de eléctrico de los conductores cargados, por encima del suelo, no es mismo que el que habría si no existiera la superficie equipotencial de la tierra. Para los cálculos de este tipo de capacitancia, puede reemplazarse el suelo por un conductor ficticio cargado situado debajo de la tierra y a una distancia de ella igual a la del conductor aéreo sobre la superficie del suelo. (Scribd, (s.f.). Efecto del suelo sobre la capacitancia. Recuperado de <https://prezi.com/bvse4jjwxsr2/parametros-de-la-linea-de-transmision/>)

2.8.2.1.2 Capacitancia entre fases

La capacitancia de una línea de transmisión es el resultado de la diferencia de potencial entre los conductores y origina que ellos se carguen de la misma forma que las placas de un capacitor cuando hay una diferencia de potencial entre ellas. La capacitancia entre conductores paralelos es una constante que depende del tamaño y espaciamiento entre ellos. El efecto de la capacitancia puede ser pequeño y muchas veces se desprecia en líneas de potencia que tienen menos de 80 km de largo. Para líneas más largas, la capacitancia crece en importancia. En forma de ecuación, la capacitancia por unidad de longitud de la línea es: (Grainger, J. & Stevenson, 2001, p. 162)

$$C = \frac{q}{v} \text{ F/m}$$

Donde:

q = carga sobre la línea en coulombs por metro

v = diferencia de potencial entre conductores en volts

2.8.2.2. Conductividad

Consiste en el estudio de las corrientes de fuga que pasan de las fases directamente a la tierra principalmente, estas corrientes fluyen a través del aislador y también por factores atmosféricos y ambientales, por esto es complejo obtener un modelo. Es muy común despreciar estas corrientes ya que representan un porcentaje muy bajo en comparación con las corrientes nominales de la línea. (Prezi, (s.f.). Parámetros de la línea de transmisión. Recuperado de <https://prezi.com/bvse4jjwxsr2/parametros-de-la-linea-de-transmision/>)

2.9. Fallas

Falla tipo serie: Fase abierta. [Polo abierto de interruptor, rotura del conductor de fase]

Falla tipo derivación: Flameo.

- El 72% de las fallas son monofásicas.
- El 22% de las fallas involucran dos fases.
- El 6% de las fallas son trifásicas. (Ramírez, 2003, p. 66)

2.9.1. Tipo de Fallas.

2.9.1.1. Falla línea – tierra:

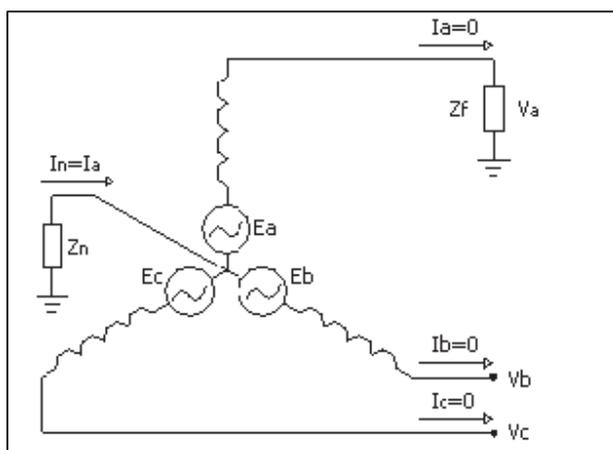


Ilustración 2.1 Representación de una falla línea - tierra.

Fuente: Ramírez, S., (2003). Representación de una falla línea - tierra. [Figura].

Las condiciones en los terminales del generador para una falla línea – tierra mediante una impedancia Z_f son representada por: (Ramírez, 2003, p. 32-34)

$$I_b = 0; I_c = 0; V_a = 0 \text{ si } Z_f = 0 \text{ (Falla sólida)}$$

$$I_f = I_a = I_n = \frac{3E_a}{Z_1 + Z_2 + Z_{e0} + 3Z_n + 3Z_f}$$

y como $Z_0 = Z_{e0} + 3Z_n$; entonces:

$$I_a = \frac{3E_a}{Z_1 + Z_2 + Z_0 + 3Z_f}$$

2.9.1.2. *Falla línea – línea:*

Las condiciones para una falla entre las líneas b y c son representadas por las ecuaciones: (Ramírez, 2003, p. 35)

$$I_a = 0; I_b = -I_c; V_b = I_b Z_f + V_c$$

Igualmente puede demostrarse mediante un procedimiento similar que:

$$I_{a0} = 0; I_{a1} = \frac{E_a}{Z_1 + Z_2 + Z_f} = -I_{a2}$$

Si la falla es sólida, entonces $Z_f = 0$ y $V_b = V_c$, por lo que

$$I_{a1} = \frac{E_a}{Z_1 + Z_2} = -I_{a2}$$

2.9.1.3. *Falla línea – línea – tierra:*

Las condiciones para una falla entre líneas b y c y tierra son representadas por las ecuaciones: (Ramírez, 2003, p. 36-37) $I_a = 0; V_b = 0$

Se deduce:
$$I_{a1} = \frac{E_a}{Z_1 + \frac{(Z_0 + 3Z_f)Z_2}{Z_0 + 3Z_f + Z_2}} = \frac{E_a(Z_0 + Z_2 + 3Z_f)}{Z_1 Z_2 + (Z_1 + Z_2)(Z_0 + 3Z_f)}$$

Si la falla es sólida a tierra, $Z_f = 0$ por lo que:
$$I_{a1} = \frac{3E_a (Z_0 + Z_2)}{Z_1 Z_2 + Z_0 (Z_1 + Z_2)}$$

2.9.1.4. Falla trifásica:

Para fallas trifásicas se puede demostrar que: (Ramírez, 2003, p. 37)

$$I = \frac{V_f}{Z_1 + Z_f}$$

2.10. Análisis de Contingencias

Cuando se conecta o desconecta una línea del sistema por medio de los interruptores, las corrientes de línea se redistribuyen a través de la red y los voltajes de las barras cambian. Los nuevos voltajes de barra y corrientes de línea en estado estable, se pueden predecir a través del llamado programa de análisis de contingencias. Los modelos de redes a gran escala que se usan para la evaluación de contingencias (como los que se usan en cálculos de fallas) no tiene que ser exactos porque los diseñadores y operadores del sistema, que tienen que revisar cientos de estudios en un corto periodo, están más interesados en saber si hay niveles de sobrecarga de corriente o voltaje fuera de límite que los valores exactos de esas cantidades. Debido a esto, se hacen aproximaciones.

Los métodos de análisis de contingencia que utilizan la Z_{barra} y la Y_{barra} del sistema, se hacen atractivos desde el punto de vista computacional, especialmente si las cargas se pueden considerar como inyecciones de corriente constantes en las diferentes barras del sistema. (Grainger, J. & Stevenson, 2001, p. 556)

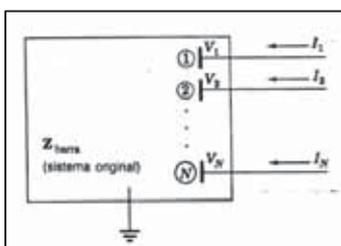


Ilustración 2.2 Sistema Original con los Voltajes V_1, V_2, \dots, V_N Debido a las Inyecciones de Corriente I_1, I_2, \dots, I_N .

Fuente: Grainger, J. & Stevenson, W., (2001). Sistema original con los voltajes V_1, V_2, \dots, V_N debido a las inyecciones de corriente I_1, I_2, \dots, I_N . [Figura].

2.11. Equipos de Protección y Maniobra

2.11.1. Reconectador.

Es un interruptor de recierre automático que interrumpe un circuito principal y contiene: un gabinete que contiene un sistema de control electrónico con un relé multifuncional que detecta las corrientes excesivas y activa el interruptor; un transformador reductor de tensión para alimentación permanente del control electrónico y un cable de control que permita la conexión entre el interruptor y el gabinete de control.

2.11.1.1. Reconectador Automático OSM – NOJA POWER

El tanque OSM es fabricado de acero inoxidable de grado 304, resistente a las fallas producidas por arcos eléctricos y con un diseño para una vida útil de 30 años. El tanque contiene tres polos, cada uno con su propio interruptor de vacío y varilla de empuje aislada dentro de un revestimiento dieléctrico sólido. Cada polo tiene su propio actuador magnético dentro de una carcasa que encierra el mecanismo. Los tres polos están instalados dentro de un tanque sellado. Este último asegura una protección IP65 y está dotado de un respirador de cerámica para evitar la acumulación de condensación. Los reconectores automáticos OSM cumplen con las normas estandarizadas ANSI/IEEE C37.60-2003. (Noja Power Switchgear, 2011, p. 8).

Las funciones de protección están disponibles en cuatro grupos individuales de configuraciones de protección. Cada grupo tiene las siguientes funciones de protección:

- Sobrecorriente de Fase y Tierra (OCEF)
- Falla de Tierra Sensitiva (SEF)
- Sobrecorriente de Línea Viva (LL)
- Bajo/Sobre Voltaje (UV/OV)
- Baja/Sobre Frecuencia (UF/OF)
- Detección de Pérdida de Suministro (LSD)
- Control de Reconexión de Voltaje (VRC)
- Restauración Automática del Suministro (ABR) (Noja Power Switchgear, 2011, p. 30)

A continuación, se muestra las Tablas 2.2, 2.3 y 2.4 e Ilustraciones 2.3, 2.4 y 2.5 donde se muestran las características del reconnector.

Tabla 2.2
Parámetros Básicos de Operación del Reconnector OSM

Ítem	OSM-15-210 - OSM-27-213	OSM-38-300
Medición de Corriente	3 x Transformadores de Corriente	3 x Transformadores de Corriente
Medición de Voltaje	6 x Divisores Capacitivos de Voltaje	6 x Divisores Capacitivos de Voltaje
Temperatura Ambiente	- 40°C to + 55°C	- 40°C to + 55°C
Humedad	0 – 100%	0 – 100%
Altura l	3000m	3000m
Dimensiones (largo x ancho x alto)	760 x 534 x 750mm	876 x 683 x 913 mm
Peso	85kg	160kg

Fuente: Noja Power Switchgear, (2011). Parámetros Básicos de Operación [Tabla].

Tabla 2.3
Rangos de Operación del Reconectador OSM

Ítem	OSM-15-210	OSM-27-213	OSM-38-300
Voltaje nominal máximo	15.5kV	27kV	38kV
Corriente nominal continuada	630A	630A	630A
Capacidad de Falla (RMS)	16kA	12.5kA	12.5kA
Capacidad máxima de Falla (peak)	40kA	31.5kA	31.5kA
Capacidad de ruptura	16kA	12.5kA	12.5kA
Capacidad de interrupción de componentes de corriente continua	20%	20%	20%
Operaciones mecánicas	30000	30000	30000
Operaciones a plena carga	30000	30000	30000
Operaciones a capacidad de Falla	200	200	70
Corriente de falla de corta duración (4 seg)	16kA	12.5kA	12.5kA
Capacidad de ruptura activa principal	630A	630A	630A
Corriente de Carga del Cable	25A	25A	40A
Corriente de carga de la línea	10A	5A	5A
Capacidad de impulso a través del interruptor	110kV	125kV ¹	170kV
Capacidad de impulso fase a tierra fase-fase y A través del interruptor	110kV	125kV ¹	195kV
Resistencia a Voltaje aplicado fase a tierra y a través del interruptor (en seco)	50kV	60kV	60kV
Tiempo de cierre	<60ms	<60ms	<70ms
Tiempo de apertura	<30ms	<30ms	<30ms
Tiempo de ruptura / interrupción (incluyendo tiempo de arco)	<40ms	<40ms	<50ms

Fuente: Noja Power Switchgear, (2011). Rangos [Tabla].

Tabla 2.4
Precisión de los Sensores del Reconectador OSM

Tipo de sensor	Precisión
Transformador de corriente	+ / - 0.2%
Sensor de voltaje	+ / - 5.0%

Fuente: Noja Power Switchgear, (2011). Precisión de los Sensores [Tabla].

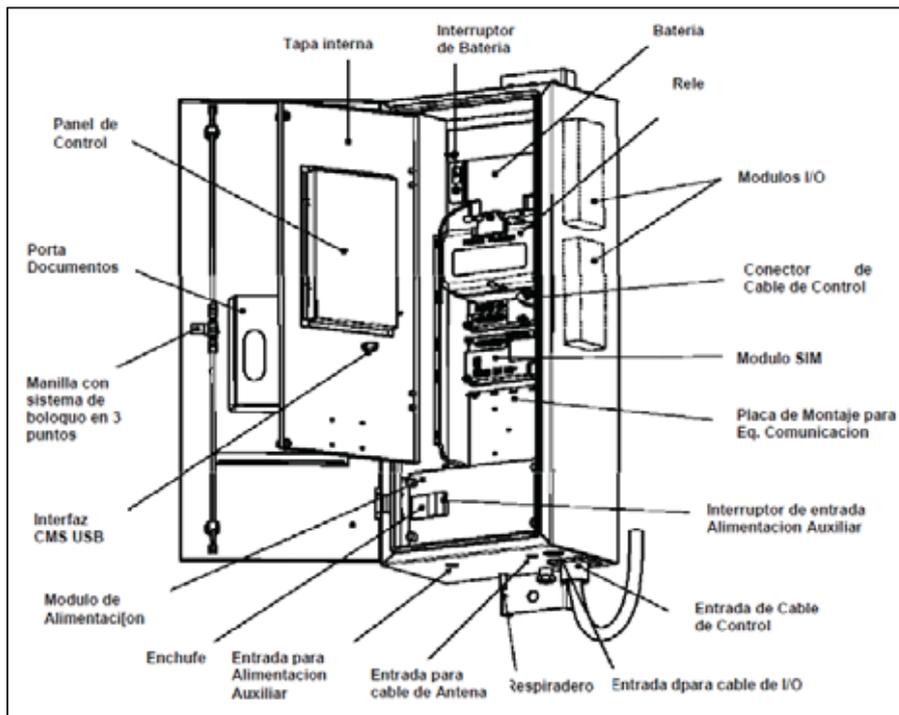


Ilustración 2.3 Partes del Cubículo de Control del Reconectador OSM
 Fuente: Noja Power Switchgear, (2011). Cubículo de Control del Reconectador [Figura].

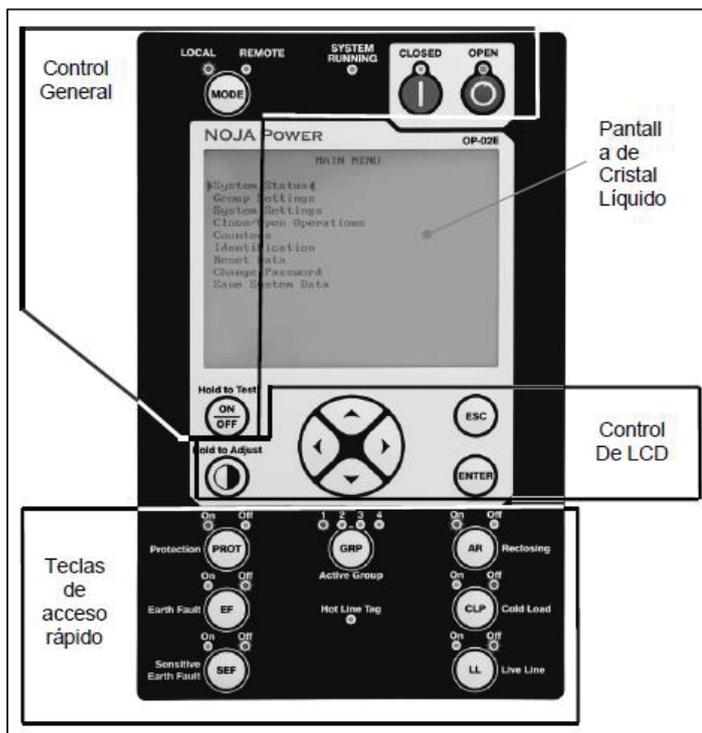


Ilustración 2.4 Panel de Control del Reconectador OSM
 Fuente: Noja Power Switchgear, (2011). Panel de Control [Figura].

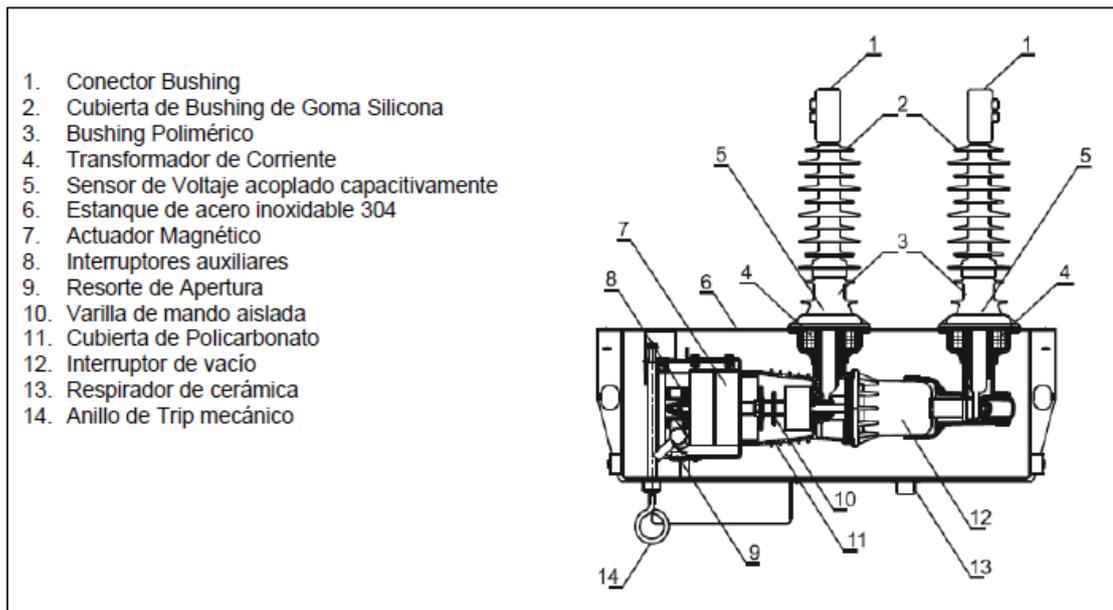


Ilustración 2.5 Diagrama Sección Transversal del Seccionador OSM

Fuente: Noja Power Switchgear, (2011). Diagrama Sección Transversal: OSM 15-210 y OSM 27-213 [Figura].

2.11.2. Seccionador Bajo Carga.

Es un equipo mecánico de maniobra que interrumpe y cierra circuitos eléctricos con carga, con distintos medios de extinción de arco eléctrico, por ejemplo: Hexafluro de Azufre (SF₆), aceite, vacío, etc. Sus funciones principales son de anillar alimentadores, transferencias de carga y aislar una sección de tramo de línea por falla o mantenimiento. Por lo general se ubica en los soportes eléctricos (Poste de media tensión).

2.11.3. Celdas de Protección y Maniobra.

Es un equipo mecánico de protección y maniobra que interrumpe y cierra circuitos eléctricos con carga, con distintos medios de extinción de arco eléctrico, por ejemplo: Hexafluro de Azufre (SF₆), aceite, vacío, etc. Sus funciones principales son de anillar alimentadores, transferencias de carga y aislar una sección de tramo de línea por falla o mantenimiento. Por lo general se ubica en subestaciones en Caseta o Compactas.

2.12. Equipos de Medición y Protección

2.12.1. Transformador de Tensión

Dispositivo que atenúa valores altos de tensión de la red eléctrica a rangos proporcionales y manejables por los equipos de medición y de protección (relés). Si el transformador va estar destinado para medida y protección, se construye normalmente con arrollamientos secundarios, uno para medida y otro para protección, compartiendo el mismo núcleo magnético, excepto que se desee una separación galvánica. Por esta razón, en la norma IEC, se exige que los transformadores de protección cumplan con la clase de precisión de los transformadores de medida. (Frlp, (s.f.). Módulo II Transformadores de instrumentos. Recuperado de <http://www.frlp.utn.edu.ar/materias/tydee/modulooii.pdf>).

2.12.2. Transformador de Corriente

Estos transformadores adaptan las corrientes de falla o cortocircuito para la correcta actuación de los equipos de protección. La característica de un transformador de corriente exclusiva para protección es de conservar su fidelidad hasta un valor de veinte a treinta veces la magnitud de la corriente nominal, posee núcleos de chapa magnética de saturación débil o lenta. (Frlp, (s.f.). Módulo II Transformadores de instrumentos. Recuperado de <http://www.frlp.utn.edu.ar/materias/tydee/modulooii.pdf>).

2.13. Criterios de Protección

2.13.1. Sensibilidad y Velocidad

Se debe definir la operación de los relés de protección para detectar las fallas, el funcionamiento anormal del sistema y las condiciones indeseadas de los equipos. El ajuste y la coordinación de la protección deben tener las siguientes características:

- Sensibilidad para detectar estas condiciones por muy incipientes que éstas sean.
- Velocidad para detectar estas condiciones lo más prontamente posible.

En una protección unitaria que comprende solo una zona de protección, la sensibilidad debe como límite distinguir la operación normal de la condición de falla. En cambio, en una protección graduada que alcanza más de una zona, la sensibilidad tiene como límite o meta detectar las fallas con la mínima corriente de falla, la cual se produce con la mínima generación en el extremo de las zonas vecinas a la zona protegida. La velocidad de una protección está ligada al tiempo de operación de los siguientes componentes:

- El tiempo de operación del Relé que debe ser como máximo de dos ciclos. Cuando se aplica un esquema de tele protección se debe agregar el tiempo de transmisión de las señales.
- El tiempo de operación del Interruptor que varía entre dos y cuatro ciclos, según el nivel de tensión. El criterio antes mencionado es aplicable a la protección primaria que debe actuar sin ninguna temporización. Para la protección secundaria se tiene los siguientes límites:
 - El tiempo de crítico de extinción de la falla por razones de estabilidad.
 - El tiempo que los equipos e instalaciones soportan un cortocircuito sin daño físico y sin afectar la seguridad de las personas.

(COES, *Criterios de ajuste y coordinación de los Sistemas de Protección del SEIN*, 2018, p. 6-7).

2.13.2. Fiabilidad y Seguridad

Con la finalidad de asegurar una buena fiabilidad de la protección, se recomienda que la protección principal sea redundante; es decir, se debe tener dos relés de protección físicamente diferentes (protección primaria y secundaria), los cuales deben operar de manera independiente uno del otro y de ser posible contar con baterías de alimentación diferentes.

Estas protecciones actuarán en paralelo; es decir, cualquiera de ellas efectuará la acción de disparo de los interruptores. Cuando la seguridad de la protección que otorga un elemento puede ser insuficiente, se recomienda emplear dos elementos de protección que deben actuar en forma simultánea para efectuar una acción de disparo a un interruptor. Es decir, los contactos de estos elementos deben ser conectados en serie para que la acción sea válida. (COES, *Criterios de ajuste y coordinación de los Sistemas de Protección del SEIN*, 2018, p. 7).

2.13.3. Selectividad

La selectividad de la protección requiere un apropiado ajuste para detectar todas las fallas en su(s) zona(s) de protección; pero, también requiere una actuación debidamente coordinada. La función objetivo del ajuste y la coordinación de la protección, será la total selectividad con la máxima sensibilidad y la máxima velocidad.

Sin embargo, en la realidad estas características no pueden ser todas maximizadas de manera independiente, ya que están relacionadas entre sí. Cuando se incrementa una de ellas lo más probable es que se disminuya las otras dos. (COES, *Criterios de ajuste y coordinación de los Sistemas de Protección del SEIN*, 2018, p. 7).

2.14. Relés de Protección Eléctrica

2.14.1. Relé de Protección de Sobrecorriente (Funciones 50, 50N, 51, y 51N).

La protección de corriente mide permanentemente la corriente de cada fase con la finalidad de detectar las sobrecorrientes que se pueden producir en un cortocircuito. El tiempo de actuación de esta protección es una función del valor de la corriente y puede ser:

- De tiempo definido cuando se supera un umbral previamente calibrado. En este caso su operación puede ser instantánea (función 50) o temporizada (función 51)
- De tiempo inverso cuya operación depende del tiempo según una función exponencial establecida por la siguiente expresión:

$$t = TMS \cdot \left(\frac{K}{\left(\frac{I}{I_s}\right)^\alpha} + C \right)$$

Donde:

t = Tiempo de actuación del Relé (variable dependiente)

I = Corriente que mide el Relé (variable independiente)

α = Parámetro que define la curva característica de operación del Relé

I_s = Corriente de Arranque del Relé

TMS = Constante de ajuste del Relé

K = Parámetro que define la curva característica de operación del Relé

C = Constante de ajuste del Relé

Para el ajuste del relé se debe definir lo siguiente:

Para la función (51)

- La corriente de Arranque del Relé (I_s) que viene a ser el umbral de la corriente de operación del relé.

- La constante de ajuste del Relé (*TMS*) que viene a ser el parámetro que permite definir los tiempos de operación según su curva característica

Para la función (50)

- La corriente de arranque del Relé (I_s) que viene a ser el umbral de la corriente de operación del relé.
- A pesar que se trata de una función instantánea por definición (ANSI 50), es posible definir una temporización de su actuación cuando resulte conveniente

(COES, *Criterios de ajuste y coordinación de los Sistemas de Protección del SEIN*, 2018, p. 16).

2.14.2. Relé de Protección Direccional de Sobrecorriente (Funciones 67 Y 67N).

2.14.2.1. Función 67

La protección de sobrecorriente direccional es similar a la de sobrecorriente no direccional; pero, además, se debe especificar la dirección del flujo de corriente para la que se aplica la protección. Para su evaluación numérica por el relé se requiere una referencia o polarización con la que se efectúa el cálculo. Se prefiere usar la tensión porque su ángulo se mantiene relativamente constante durante una falla y usualmente se aplica lo siguiente:

- Corriente fase R: Tensión ST
- Corriente fase S: Tensión TR
- Corriente fase T: Tensión RS

Se debe notar que el ángulo de fase entre las corrientes y las tensiones mencionadas es aproximadamente de 90° de manera que para el cálculo se considera el valor en cuadratura. Sin embargo, su valor va a depender de la relación X/R del circuito de falla, por tanto, se debe verificar que el ángulo de operación del relé es apropiado para obtener la máxima sensibilidad.

Por otro lado, es importante consultar el manual del fabricante del relé para los ajustes del ángulo, debido a que no todos los fabricantes aplican el mismo criterio de ajuste. (COES, *Criterios de ajuste y coordinación de los Sistemas de Protección del SEIN*, 2018, p. 27).

2.14.2.2. Función 67N

La protección de sobrecorriente direccional a tierra es similar a la de sobrecorriente no direccional; pero, además, se debe especificar la dirección del flujo de corriente de secuencia cero o secuencia negativa para la que se aplica la protección. Para su evaluación numérica por el relé se requiere una referencia o polarización con la que se efectúa el cálculo. Para la determinación de la direccionalidad se prefiere usar la secuencia negativa. Sin embargo, de usar la tensión homopolar se debe ajustar el ángulo de máxima sensibilidad según el sistema de puesta a tierra. Como referencia se indica:

- Sistema de transmisión con puesta a tierra directa -60°
- Redes de distribución con puesta a tierra directa -45°
- Sistema con puesta a tierra a través de resistencia 0°

Para una mejor evaluación de la condición de falla se utiliza también el valor de ambas magnitudes la corriente homopolar y la tensión homopolar, de manera que el relé viene a ser de “potencia homopolar”. (COES, *Criterios de ajuste y coordinación de los Sistemas de Protección del SEIN*, 2018, p. 27).

Capítulo III: Evaluación del Sistema en Estudio Actual

3.1. Introducción

En el presente capítulo se describe de forma general el sistema en estudio con la finalidad de dar a conocer sus características más relevantes, como son: localización y participación en el SEIN, topología, componentes eléctricos, condiciones operativas en régimen permanente y el comportamiento de sus sistemas de protección eléctrica; ya que son estas las que determinan el nivel de confiabilidad actual de los alimentadores de media tensión QU-02 y QU-03 visto en la continuidad del suministro de energía eléctrica.

Con el conocimiento de la situación actual del sistema en estudio en conjunto con la evaluación de sus indicadores de confiabilidad, corresponde determinar si esta es la más adecuada o requiere una alternativa de mejora.

3.2. Descripción General de los Alimentadores QU-02 y QU-03

3.2.1. Ubicación Eléctrica.

Los alimentadores de media tensión QU-02 y QU-03 son suministrados desde la barra de 10.5kV de la S.E. Quencoro (138/34.5/10.5kV), la cual pertenece al Área Operativa N°13 del Área Operativa Sur del Sistema Eléctrico Interconectado Nacional (SEIN) en conjunto con las subestaciones eléctricas de Dolorespata, Cachimayo, Machupicchu, Combapata, Tintaya, Abancay, Abancay Nueva y Suriray.

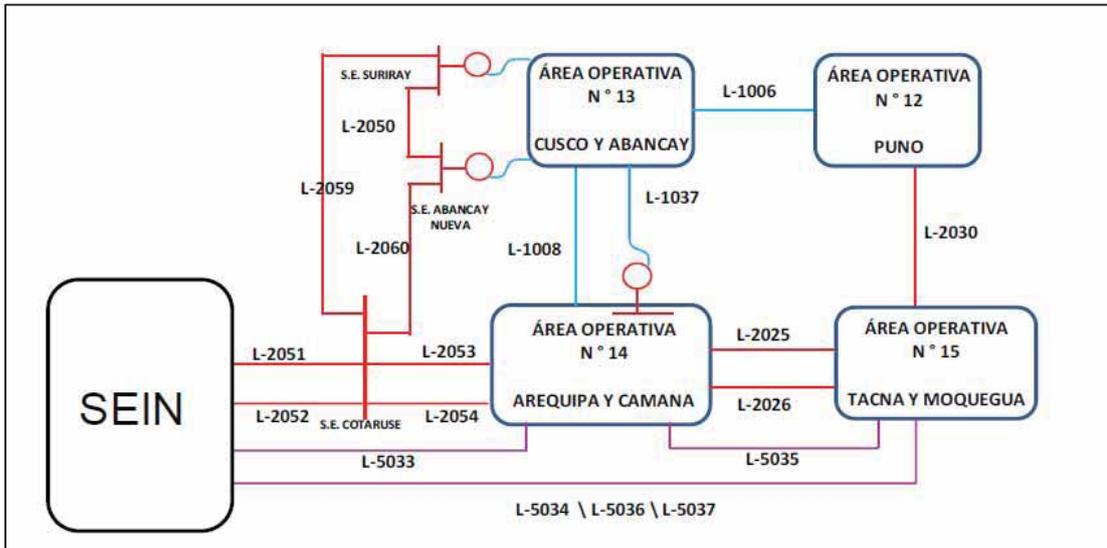


Ilustración 3.1 Diagrama Unifilar del Área Operativa Sur del SEIN
 Fuente: COES-SINAC (2019). Plan de Restablecimiento del SEIN

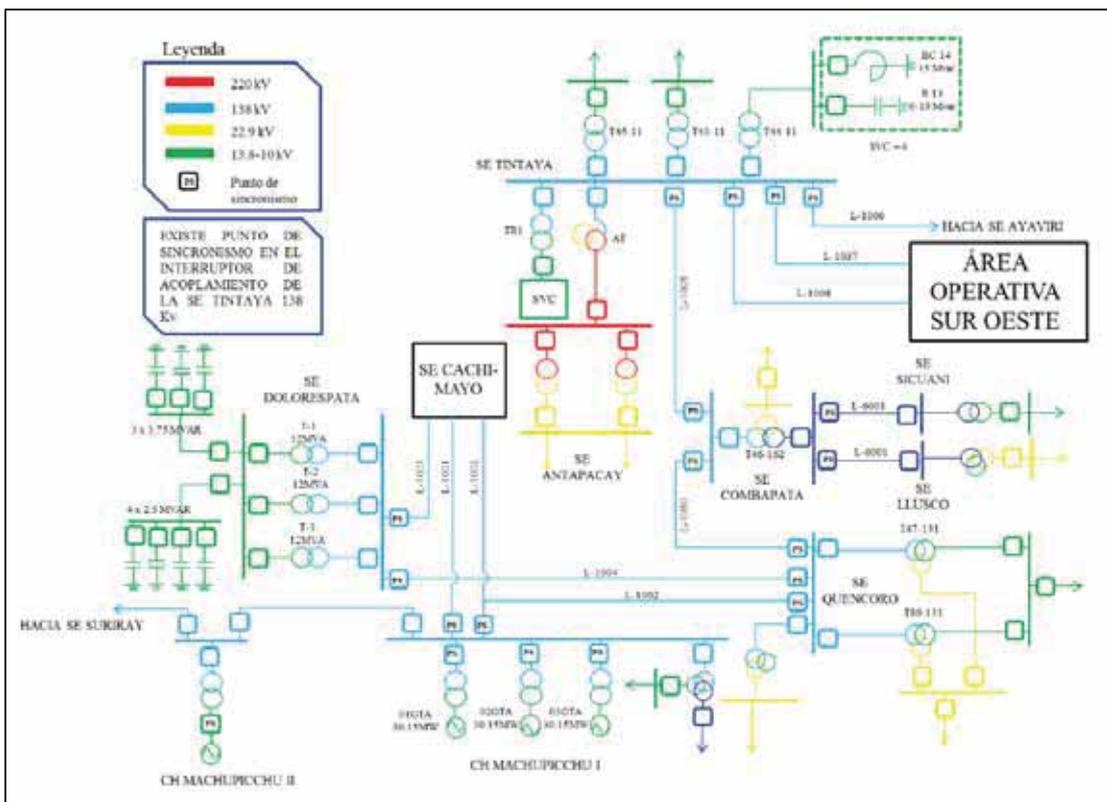


Ilustración 3.2 Área Operativa N°13 del SEIN
 Fuente: COES-SINAC (2019). Plan de Restablecimiento del SEIN

Las redes eléctricas del caso de estudio son de propiedad de la empresa concesionaria Electro Sur Este S.A.A., la función principal que tienen es de suministrar el servicio de energía eléctrica a los clientes regulados de la ciudad del Cusco (Sistema Eléctrico 0032³) que se encuentran a lo largo de su recorrido.

3.2.2. Topología de los Alimentadores de Media Tensión QU-02 y QU-03.

Se ha obtenido información georreferenciada de los componentes eléctricos del sistema en estudio, destacando como elementos principales la subestación de transformación, conductores de media tensión, equipos de maniobra, equipos de protección y subestaciones de distribución.

³ Sistema Eléctrico 0032 (Cusco): Alimentadores de media tensión en 10.5kV de las subestaciones eléctricas de Dolorespata y Quencoro, sin considerar el AMT QU-05. Información declarada por Electro Sur Este S.A.A. a OSINERGMIN.

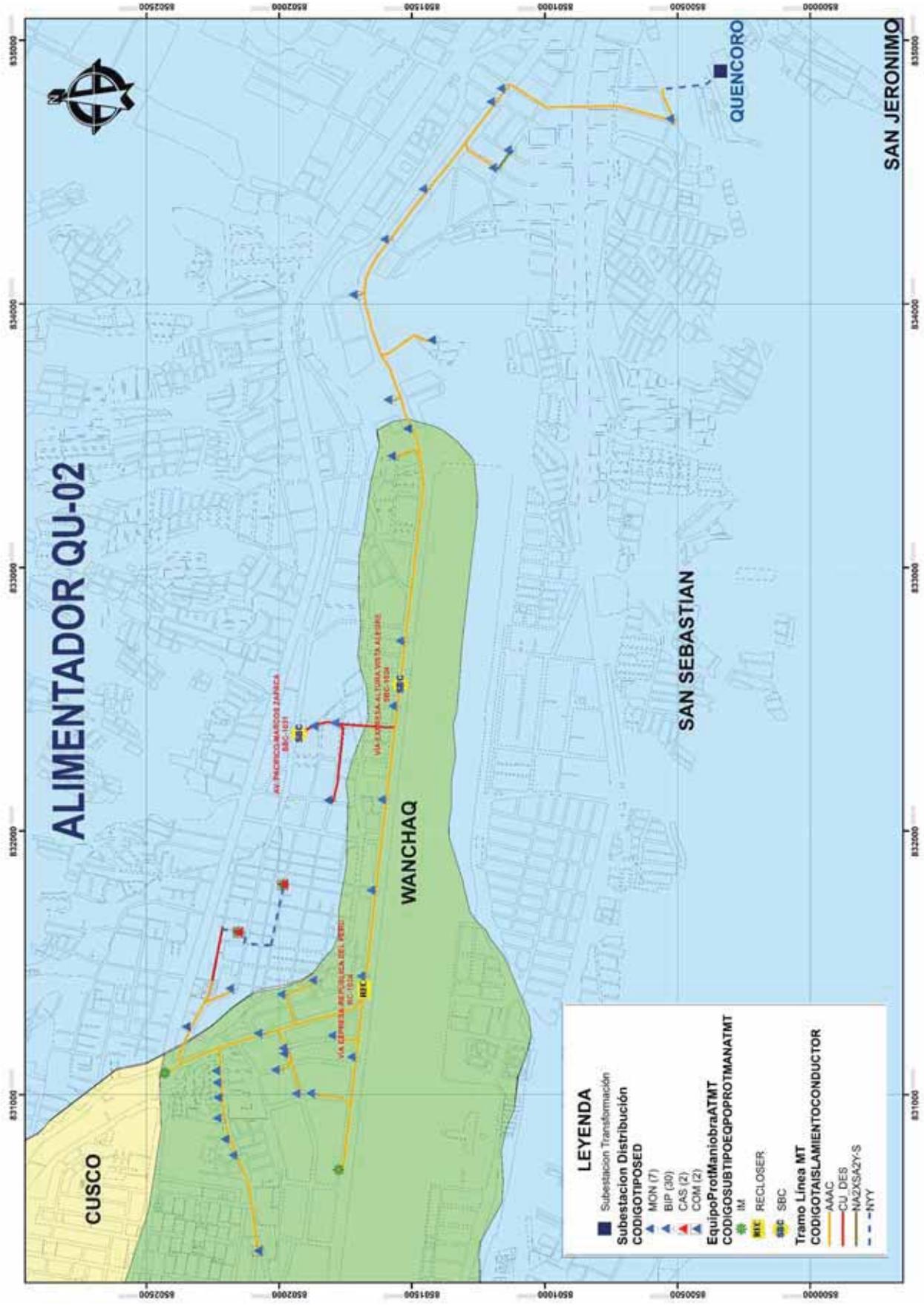


Ilustración 3.3. Recorrido Georreferenciado del Alimentador de Media Tensión QU-02

Fuente: Elaboración Propia.

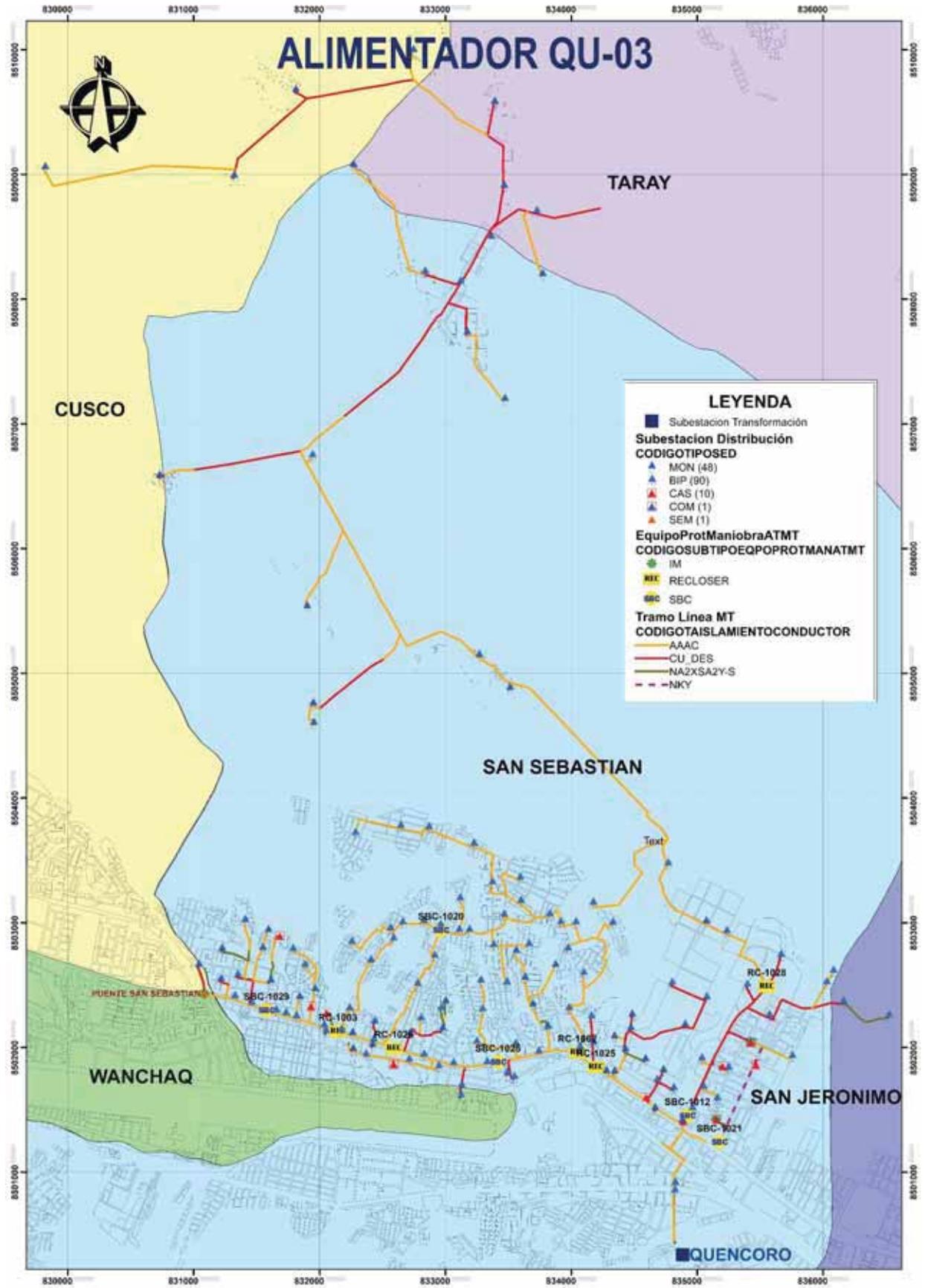


Ilustración 3.4 Recorrido Georreferenciado del Alimentador de Media Tensión QU-03
Fuente: Elaboración Propia.

De las ilustraciones 3.3 y 3.4 podemos verificar que la mayor parte de la red eléctrica del sistema en estudio es aérea (aproximadamente un 95%), así mismo, se visualiza el recorrido de cada uno de los alimentadores de media tensión a lo largo de los distritos de San Jerónimo, San Sebastián, Wanchaq y Cusco de la provincia y región Cusco. Con la información proporcionada por Electro Surte Este S.A.A. se han determinado las zonas suministradas con energía eléctrica por los alimentadores de media tensión QU-02 y QU-03 a lo largo de la Ciudad del Cusco. En el Anexo A se presenta la relación de las 191 SED's pertenecientes a los AMT's QU-02 y QU-03.

Tabla 3.1
Recorrido Geográfico de los AMT's QU-02 y QU-03.

ALIMENTADOR DE MEDIA TENSIÓN	CARGA SUMINISTRADA
QU-02	Urb. Túpac Amaru A.P.V. FEDETAC Urb. Quispiquilla Urb. Vista Alegre Urb. 28 de Julio Urb. Parque Industrial Urb. Mariátegui Urb. Santa Úrsula Urb. Santa Mónica Av. Vía Expresa Av. República del Perú Prolongación Av. Túpac Amaru Centro de Salud San Sebastián Centro Histórico de San Sebastián
QU-03	Urb. Larapa ESSALUD San Sebastián A.P.V. Huayna Pícol Urb. Santa María Comunidad Ticapata Comunidad Pumamarca Comunidad Yuncaypata Comunidad Corao Comunidad Wilcapata Urb. Cachimayo Urb. Sol de Oro Urb. COVIDUC Alto Qosqo Urb. Santa Rosa Urb. Alemania Federal Ministerio De Agricultura SUNAT Av. La Cultura (Larapa – Condor San Sebastián) Prolongación Av. Cusco Hipermercados TOTTUS Talleres y Madereras Urb. Cantuta Urb. Los Ángeles Urb. Vallecito Urb. Villa Los Rosales Urb. La Campiña Urb. Yacanora

Fuente: Oficina de Centro de Control – Electro Sur Este S.A.A.

Como se puede observar en la Tabla 3.1, estos alimentadores de media tensión suministran energía eléctrica a la mayor parte del distrito de San Sebastián y a cargas relevantes del distrito de Wanchaq. Según la base de datos del sistema comercial de Electro Sur Este (BD_SIEG de febrero de 2019), el AMT QU-03 es el alimentador de media tensión que tiene la mayor cantidad de suministros en el sistema eléctrico 0032 – Cusco.

Tabla 3.2
Cantidad de Suministros de los AMT's QU-02 y QU03

Alimentador de Media Tensión	Cantidad de Subestaciones Eléctricas de Distribución (SED's)	Cantidad de Suministros
QU-02	41	6440
QU-03	150	19094
Total	191	25534

Fuente: Sistema Informático (SIELSE) – Electro Sur Este S.A.A.

3.2.3. Diagrama Unifilar de los Alimentadores de Media Tensión QU-02 y QU-03.

Los alimentadores de media tensión QU-02 y QU-03 cuentan con equipos de maniobra (Seccionadores bajo carga, celdas de maniobra con disyuntores), equipos de protección (interruptores y reconectores), derivaciones importantes e interconexiones con otros alimentadores de media tensión adyacentes, sin embargo, pese a existir la posibilidad de interconexión con estos últimos, la operación de los AMT's QU-02 y QU-03 es radial.

Tabla 3.3
Interconexiones Existentes de los AMT's QU-02 y QU-03 con Redes Adyacentes.

INTERCONEXIONES EXISTENTES		
ALIMENTADOR 1	ALIMENTADOR 2	EQUIPO
QU-02	QU-03	SBC-1031 y SEM Puente San Sebastián
	DO-06	SEM Puente San Sebastián
	DO-07	SEM Parque Industrial I
QU-03	QU-02	SBC-1031 y SEM Puente San Sebastián
	QU-04	SBC-1032 y SBC-1021
	QU-06	SBC Bypass Puente San Sebastián
	PI-01	SBC-1085

Fuente: Oficina de Centro de Control – Electro Sur Este S.A.A.

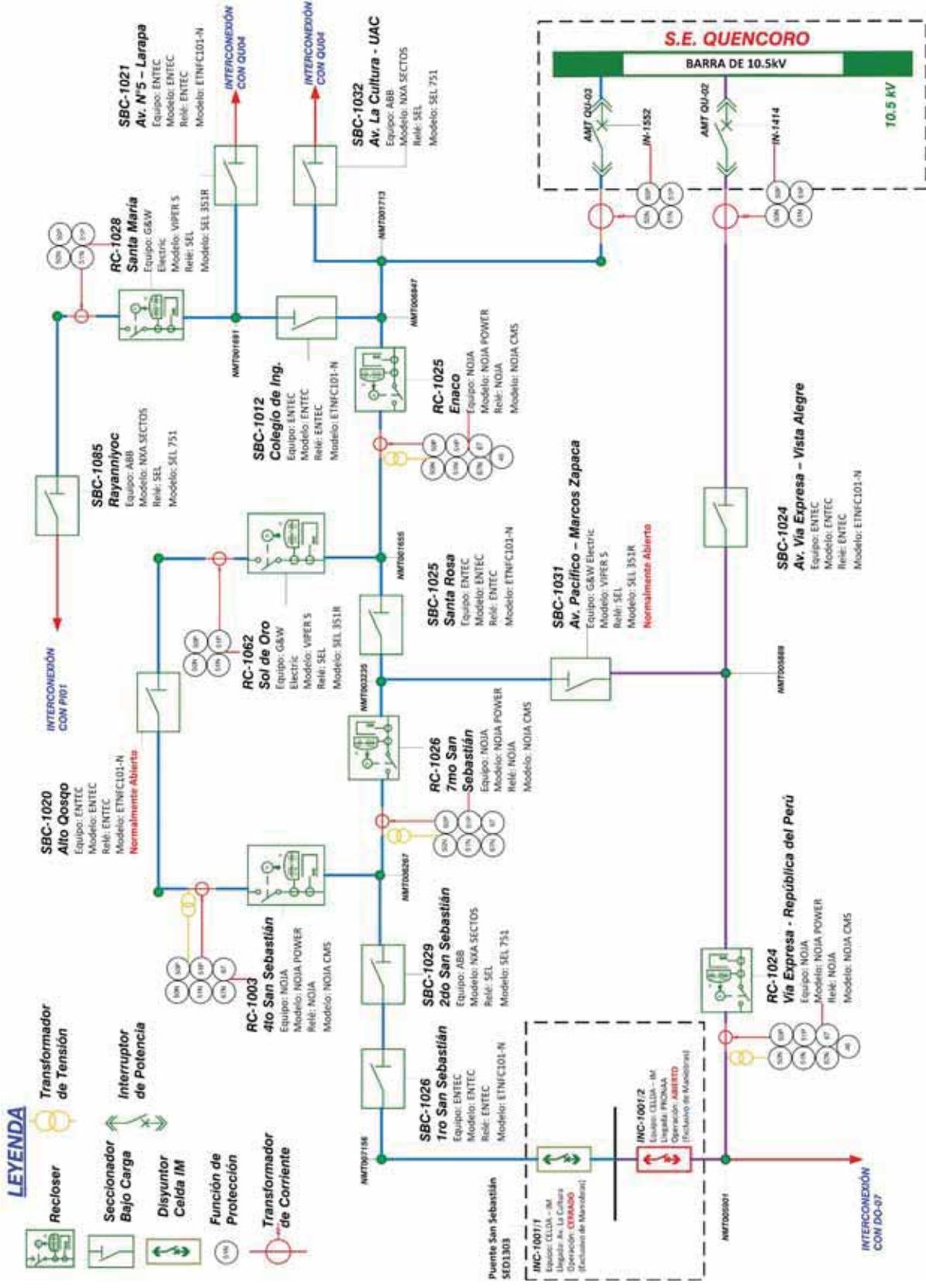


Ilustración 3.5 Diagrama Unifilar de los Alimentadores QU-02 y QU-03 Actual
Fuente: Elaboración Propia.

3.3. Condiciones Operativas del Sistema en Estudio

Para entender el comportamiento en régimen permanente y en condiciones de falla y/o contingencia del sistema en estudio, se han hecho simulaciones en el software DIgSILENT Power Factory 15.1 con la información brindada por Electro Sur Este S.A.A. (características del sistema de distribución) y la información disponible en la web del COES – SINAC (características del SEIN).

Información del organismo operador (COES-SINAC):

- Modelo de la topología de red del SEIN para el año 2019.
- Biblioteca de los equipos con sus parámetros eléctricos, capacidad nominal de transmisión de las líneas, potencia nominal de los transformadores de potencia y generadores síncronos del SEIN.
- Despachos de generadores y distribución de demandas del SEIN para el año 2019 en avenida y estiaje, en máxima, media y mínima demanda respectivamente.
- Equipos de compensación reactiva del SEIN.

El archivo .dz*⁴ publicado por el COES fue usado para obtener los equivalentes en las barras de 138kV de Machupicchu, Cachimayo y Quencoro (Área Operativa N°13 – Cusco) para luego simular el flujo de carga, cortocircuito y en adelante, la verificación de los ajustes y coordinación de las protecciones del sistema en estudio.

⁴ .dz*: Formato del software DIgSILENT para proyectos.

Información de la concesionaria (Electro Sur Este S.A.A.):

- Topología de las redes de distribución de los AMT's QU-02 y QU-03 con elementos georreferenciados.
- Base de datos del sistema eléctrico en estudio en el software ArcGIS (conductores de MT, subestaciones de distribución, etc) así sus correspondientes características técnicas. Esta información se presenta en los Anexos B y C.
- Acceso a las mediciones de variables y parámetros eléctricos en la S.E. Quencoro y en la S.E. Dolorespata en tiempo real. Esta información se presenta en el Anexo D.
- Diagramas unifilares de protección tanto en la S.E. Quencoro como a lo largo de los AMT's QU-02 y QU-03.
- Acceso a las mediciones de variables y parámetros eléctricos por SED de los alimentadores de media tensión QU-02 y QU-03 en el sistema de información de Electro Sur Este S.A.A. – SIELSE. Esta información se presenta en el Anexo E.

Los archivos .dz* de los alimentadores de media tensión QU-02 y QU-03 brindados por Electro Sur Este S.A.A. han sido modificados debido a que la información disponible correspondía al año 2016, así mismo, se hizo una actualización general de la topología y parámetros de todos los componentes de los AMT's QU-02 y QU-03 ya que a la actualidad (2019) el sistema en estudio ha sufrido considerables variaciones.

3.3.1. Flujo de Carga en Régimen Permanente.

De la información disponible, se han hecho simulaciones de flujo de carga considerando los siguientes escenarios:

- Escenario de Avenida 2019 – Máxima Demanda (20:00h).
- Escenario de Avenida 2019 – Media Demanda (15:45h).
- Escenario de Avenida 2019 – Mínima Demanda (04:00h).
- Escenario de Estiaje 2019 – Máxima Demanda (20:00h).
- Escenario de Estiaje 2019 – Media Demanda (15:45h).
- Escenario de Estiaje 2019 – Mínima Demanda (04:00h).

Los escenarios de Avenida y Estiaje han sido determinados según la disponibilidad de generación del SEIN (Estiaje: Mayo – Octubre y Avenida: Noviembre - Abril), mientras que los casos de estudio de Máxima, Media y Mínima Demanda corresponden a la magnitud de la potencia suministrada por los AMT's QU-02 y QU-03 en distintos bloques horarios, en este caso se ha considerado los horarios determinados por el COES en enero de 2019.

En las Tablas 3.4, 3.5 y 3.6 se muestran los resultados más relevantes obtenidos de las simulaciones hechas de flujo de carga para el sistema en estudio.

Tabla 3.4
Niveles de Carga de las Líneas de Transmisión

NIVELES DE CARGA EN LÍNEAS DE TRANSMISIÓN																											
Avenida 2019												Estaje 2019															
Línea de Transmisión	Código	KV	Máxima Demanda			Media Demanda			Mínima Demanda			Mínima Demanda															
			MW	MVAR	kA (%)	MW	MVAR	kA (%)	MW	MVAR	kA (%)	MW	MVAR	kA (%)													
Inicio	Fin																										
Machupicchu	L-1001	138	59.46	-8.34	0.25	84.15	54.86	-9.54	0.23	77.88	48.87	-12.93	0.21	70.41	48.80	-6.02	0.20	68.41	44.15	-7.04	0.18	62.05	38.02	-10.20	0.16	54.31	
Machupicchu	Derv. Cachimayo	L-1002/1	138	54.17	-5.76	0.23	64.77	49.95	-6.93	0.21	59.85	44.59	-10.26	0.19	54.09	43.25	-4.96	0.18	51.40	38.98	-5.95	0.16	46.44	33.50	-9.04	0.14	40.62
Derv. Cachimayo	Quencoro	L-1002/2	138	52.47	-7.24	0.22	64.12	48.51	-7.48	0.21	59.06	43.43	-9.75	0.19	52.87	42.19	-4.13	0.18	50.82	38.12	-4.37	0.16	45.71	32.85	-6.60	0.14	39.34
Derv. Cachimayo	Cachimayo	L-1002/3	138	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cachimayo	Dolorespata	L-1003	138	50.29	-5.14	0.21	72.15	44.21	-5.61	0.19	63.20	36.24	-9.04	0.16	52.25	37.97	-6.15	0.16	54.54	31.80	-6.58	0.14	45.73	23.71	-9.94	0.11	35.65
Dolorespata	Quencoro	L-1004	138	17.28	-3.15	0.07	24.83	18.98	-1.88	0.08	26.76	21.96	-0.87	0.09	30.37	5.09	-3.55	0.03	8.70	6.68	-2.31	0.03	9.83	9.52	-1.28	0.04	13.13
Escenario														Avenida 2019		Estaje 2019											
Línea de Distribución	Código	KV	Máxima Demanda			Media Demanda			Mínima Demanda			Mínima Demanda															
			MW	MVAR	kA (%)	MW	MVAR	kA (%)	MW	MVAR	kA (%)	MW	MVAR	kA (%)													
Inicio	Fin																										
S.E. Quencoro	Av. República	QU-02	10.5	2.39	0.60	0.13	23.73	1.76	0.57	0.10	17.80	1.26	0.25	0.07	12.36	2.39	0.60	0.13	23.82	1.76	0.57	0.10	17.85	1.26	0.25	0.07	12.37
Av. República	Pte. San Sebastián	QU-02	10.5	1.41	0.33	0.08	16.85	1.14	0.36	0.07	13.82	0.83	0.16	0.05	9.70	1.41	0.33	0.08	16.91	1.14	0.36	0.07	13.86	0.83	0.16	0.05	9.71
S.E. Quencoro	Enaco	QU-03	10.5	5.28	0.91	0.29	80.20	3.41	0.80	0.19	52.2	2.22	0.14	0.12	33.26	5.28	0.91	0.29	80.49	3.41	0.80	0.19	52.37	2.22	0.14	0.12	33.29
Enaco	7mo San Sebastián	QU-03	10.5	3.31	0.49	0.19	51.58	2.29	0.51	0.13	35.68	1.50	0.09	0.08	22.78	3.31	0.49	0.19	51.77	2.29	0.51	0.13	35.79	1.50	0.09	0.08	22.80
7mo San Sebastián	Pte. San Sebastián	QU-03	10.5	1.85	0.26	0.11	29.24	1.41	0.31	0.08	22.15	0.92	0.06	0.05	14.06	1.85	0.26	0.11	29.35	1.41	0.31	0.08	22.22	0.92	0.06	0.05	14.07

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 3.5
Niveles de Carga de los Transformadores de Potencia

NIVEL DE CARGA EN TRANSFORMADORES DE POTENCIA						
Escenario	Avenida 2019			Estiaje 2019		
	Máxima Demanda	Media Demanda	Mínima Demanda	Máxima Demanda	Media Demanda	Mínima Demanda
Cargabilidad del Transformador	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
Transformador T-80-131 Quencoro 25/7.5/17,5MVA, 132/34.5/10.5kV	70.13(LV)	53.49(MV)	77.14(MV)	70.37(LV)	53.64(MV)	77.22(MV)
Transformador T-47-131 Quencoro 10/3/7MVA, 132/34.5/10.5kV	87.15(LV)	73.08(LV)	54.38(LV)	87.45(LV)	73.3(LV)	54.43(LV)
Transformador TR01 Dolorespata 12.2.MVA/ 138/11.5 kV	66.77	51.47	28.96	66.24	51.05	28.72
Transformador TR02 Dolorespata 12.2MVA/ 138/11.5kV	66.77	51.47	28.96	66.24	51.05	28.72
Transformador TR03 Dolorespata 30MVA, 138/11.5kV	67.79	54.80	43.54	67.45	54.65	43.73

Fuente: Elaboración Propia.
 HV: High Voltage
 MV: Medium Voltage
 LV: Low Voltage

Tabla 3.6
Tensiones de Operación

TENSIONES DE OPERACIÓN													
Escenario		Avenida 2019						Estiaje 2019					
Subestación	Tensión nominal (kV)	Máxima Demanda		Media Demanda		Mínima demanda		Máxima Demanda		Media Demanda		Mínima demanda	
		(kV)	p.u.	(kV)	p.u.	(kV)	p.u.	(kV)	p.u.	(kV)	p.u.	(kV)	p.u.
Quencoro Barra B	138	135.6	0.98	136.5	0.99	138.7	1.00	136.9	0.99	137.9	1.00	140.2	1.02
Quencoro Barra A	138	135.6	0.98	136.5	0.99	138.7	1.00	136.9	0.99	137.9	1.00	140.2	1.02
Dolorespata	138	135.7	0.98	136.7	0.99	138.8	1.01	136.8	0.99	137.9	1.00	140.3	1.02
Machupicchu	138	138.7	1.01	139.0	1.01	139.6	1.01	139.7	1.01	140.1	1.01	140.9	1.02
Cachimayo	138	136.2	0.99	137.1	0.99	139.0	1.01	137.1	0.99	138.0	1.00	140.2	1.02
Quencoro	34.5	34.9	1.01	35.0	1.02	34.9	1.01	34.8	1.01	35.0	1.01	34.9	1.01
Quencoro	10.5	10.6	1.01	10.7	1.02	10.7	1.02	10.6	1.01	10.7	1.01	10.6	1.01
Dolorespata	10.5	10.5	1.00	10.6	1.01	10.9	1.04	10.6	1.01	10.7	1.02	11.0	1.05
Quencoro	10.5	10.6	1.01	10.7	1.02	10.7	1.02	10.6	1.01	10.7	1.01	10.6	1.01
Av. República del Perú	10.5	10.4	0.99	10.5	1.00	10.5	1.00	10.4	0.99	10.4	1.00	10.5	1.00
Puente San Sebastián	10.5	10.1	0.96	10.3	0.98	10.5	1.00	10.1	0.96	10.3	0.98	10.5	1.00
Enaco	10.5	10.3	0.98	10.5	1.00	10.5	1.00	10.3	0.98	10.4	0.99	10.5	1.00
7mo San Sebastián	10.5	10.2	0.97	10.4	0.99	10.5	1.00	10.1	0.97	10.3	0.98	10.5	1.00

Fuente: Elaboración Propia.

Los gráficos de las simulaciones de flujo de carga del sistema en estudio se presentan en el Anexo F.

Adicionalmente, con la información brindada por Electro Sur Este S.A.A. se ha podido simular el flujo de carga del sistema en estudio cada 15 minutos con el fin de obtener un diagrama de carga típico de los alimentadores de media tensión QU-02 y QU-03.

En los Anexos D y E se presenta la información utilizada correspondiente a la carga de los alimentadores de media tensión y de las subestaciones de distribución en intervalos de 15 y 10 minutos respectivamente.

3.3.2. Análisis de Cortocircuito.

Una vez hecha la simulación del flujo de carga, corresponde realizar el análisis de cortocircuito para determinar todos los niveles de corriente eléctrica que circulan por el sistema en estudio ante alguna perturbación.

Las simulaciones de corto circuito consideran las condiciones más desfavorables en función a los escenarios de generación y tipos de fallas con la finalidad de obtener las máximas y mínimas corrientes de cortocircuito para el sistema en estudio, estos son:

Avenida 2019 – Máxima Demanda

- Cortocircuito trifásico franco.
- Cortocircuito bifásico franco.
- Cortocircuito bifásico con resistencia de 5 ohm.
- Cortocircuito monofásico franco.
- Cortocircuito monofásico con resistencia de 25 ohm.

Estiaje 2019 – Mínima Demanda

- Cortocircuito trifásico franco.
- Cortocircuito bifásico franco.
- Cortocircuito bifásico con resistencia de 5 ohm.
- Cortocircuito monofásico franco.
- Cortocircuito monofásico con resistencia de 50 ohm.

En las Tablas 3.7 y 3.8 se muestran los resultados obtenidos de las simulaciones hechas de cortocircuito para el sistema en estudio.

Tabla 3.7
Resultados de Cortocircuito en Avenida 2019 - Máxima Demanda

Resultados de Cortocircuito - 2019							
Transmisión	Avenida 2019 - Máxima Demanda						
	V nom	Falla Trifásica	Falla Bifásica		Falla Monofásica		
	kV	Rf= 0 ohm Ikss-3ø (kA)	Rf= 0 ohm Ikss-2ø (kA)	Rf= 5 ohm Ikss-2ø (kA)	Rf= 0 ohm Ikss-1ø (kA)	Rf= 25 ohm Ikss-1ø (kA)	Rf= 50 ohm Ikss-1ø (kA)
QUENCORO BARRA B	138	3.00	2.27	2.39	3.25	1.99	1.27
QUENCORO BARRA A	138	3.00	2.47	2.39	3.25	1.99	1.27
DOLORESPATA	138	3.01	2.47	2.39	3.37	2.02	1.28
MACHUPICHU	138	6.44	4.71	4.54	6.81	2.76	1.51
CACHIMAYO	138	3.15	2.58	2.50	3.27	2.01	1.28
QUENCORO	34.5	2.76	2.39	2.12	3.59	0.81	0.44
Distribución	Avenida 2019 - Máxima Demanda						
	V nom	Falla Trifásica	Falla Bifásica		Falla Monofásica		
	kV	Rf= 0 ohm Ikss-3ø (kA)	Rf= 0 ohm Ikss-2ø (kA)	Rf= 5 ohm Ikss-2ø (kA)	Rf= 0 ohm Ikss-1ø (kA)	Rf= 25 ohm Ikss-1ø (kA)	Rf= 50 ohm Ikss-1ø (kA)
QUENCORO	10.5	13.15	11.20	1.99	1.59	0.24	0.12
DOLORESPATA	10.5	15.99	13.56	1.99	1.64	0.24	0.12
AV. REPÚBLICA (QU-02)	10.5	2.27	2.11	1.23	0.75	0.22	0.11
PUENTE SAN SEBASTIÁN (QU-02)	10.5	1.82	1.68	1.03	0.67	0.20	0.11
ENACO (QU-03)	10.5	3.98	3.63	1.48	1.05	0.22	0.11
7MO SAN SEBASTIÁN (QU-03)	10.5	2.49	2.29	1.21	0.81	0.21	0.11

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 3.8 *Resultados de Cortocircuito en Estiaje 2019-Mínima Demanda*

Resultados de Cortocircuito - 2019							
Transmisión	Estiaje 2019 - Mínima Demanda						
	V nom	Falla Trifásica	Falla Bifásica		Falla Monofásica		
	kV	Rf= 0 ohm	Rf= 0 ohm	Rf= 5 ohm	Rf= 0 ohm	Rf= 25 ohm	Rf= 50 ohm
		Ikss-3ø (kA)	Ikss-2ø (kA)	Ikss-2ø (kA)	Ikss-1ø (kA)	Ikss-1ø (kA)	Ikss-1ø (kA)
QUENCORO BARRA B	138	2.79	2.31	2.24	3.10	1.99	1.30
QUENCORO BARRA A	138	2.79	2.31	2.24	3.10	1.99	1.30
DOLORESPATA	138	2.79	2.31	2.24	3.20	2.02	1.31
MACHUPICHU	138	4.93	3.75	3.64	5.63	2.66	1.51
CACHIMAYO	138	2.91	2.39	2.33	3.11	2.00	1.30
QUENCORO	34.5	2.75	2.40	2.19	3.57	0.85	0.49

Resultados de Cortocircuito - 2019							
Distribución	Estiaje 2019 - Mínima Demanda						
	V nom	Falla Trifásica	Falla Bifásica		Falla Monofásica		
	kV	Rf= 0 ohm	Rf= 0 ohm	Rf= 5 ohm	Rf= 0 ohm	Rf= 25 ohm	Rf= 50 ohm
		Ikss-3ø (kA)	Ikss-2ø (kA)	Ikss-2ø (kA)	Ikss-1ø (kA)	Ikss-1ø (kA)	Ikss-1ø (kA)
QUENCORO	10.5	12.97	11.05	2.02	1.60	0.24	0.12
DOLORESPATA	10.5	15.71	13.33	2.10	1.74	0.25	0.13
AV. REPÚBLICA (QU-02)	10.5	2.28	2.12	1.26	0.76	0.22	0.12
PUENTE SAN SEBASTIÁN (QU-02)	10.5	1.84	1.71	1.07	0.69	0.21	0.11
ENACO (QU-03)	10.5	3.99	3.64	1.53	1.07	0.23	0.12
7MO SAN SEBASTIÁN (QU-03)	10.5	2.51	2.32	1.26	0.84	0.22	0.12

Fuente: Elaboración Propia.

Los gráficos de las simulaciones de cortocircuito del sistema en estudio se presentan en el Anexo G.

3.4. Verificación del Estudio de Coordinación de Protecciones Vigente

Con la información proporcionada por Electro Sur Este S.A.A. correspondiente a la información técnica y ajustes vigentes de sus equipos de protección, se realizará la verificación de la coordinación de estos ante las perturbaciones por falla en el sistema en estudio con el fin de corroborar si la actuación de estos es correcta, puesto que esto es determinante en la afectación al normal suministro de energía eléctrica.

Tabla 3.9

Funciones Disponibles de los Equipos de Protección Eléctrica del Sistema en Estudio

AMT	EQUIPO DE PROTECCIÓN	MARCA DEL RELÉ	FUNCIONES DE PROTECCIÓN DISPONIBLES
QU-02	RE_IN-1414	SIEMENS	50P, 50N, 51P, 51N
QU-02	RC_1024	NOJA	50P, 50N, 51P, 51N, 67, 67N, 46
QU-03	RE_IN-1552	SIEMENS	50P, 50N, 51P, 51N,
QU-03	RC_1025	NOJA	50P, 50N, 51P, 51N, 67, 67N, 46
QU-03	RC_1026	NOJA	50P, 50N, 51P, 51N, 67, 67N

Fuente: Oficina de Centro de Control – Electro Sur Este S.A.A.

50P: Relé de Sobrecorriente de Fases de Tiempo Definido

51P: Relé de Sobrecorriente de Fases de Tiempo Inverso

67: Relé de Sobrecorriente de Fases Direccional

50N: Relé de Sobrecorriente a Tierra de Tiempo Definido

51N: Relé de Sobrecorriente a Tierra de Tiempo Inverso

67N: Relé de Sobrecorriente a Tierra Direccional

Los alimentadores de media tensión QU-02 y QU-03 son parte del sistema de distribución de energía eléctrica de la ciudad de Cusco, por lo cual la variedad de funcionalidades del sistema de protección se considera suficiente ante la ocurrencia de cualquier perturbación por falla.

Tabla 3.10

Ajustes de Sobrecorriente de Fases Actuales de los Alimentadores QU-02 y QU-03

SOBRECORRIENTE DE FASES - ACTUAL									
AMT	COD. RELE	MARCA	TIPO	KV	TC	Tiempo Inverso (51)			
						Ajuste Temporizado			
						I>	TMS	Curva	
		Amp Sec	Amp Prim						
QU02	RE_QU-02	SIEMENS	7SJ61	10.5	600/1	0.65	390	0.15	IEC-NI
	RE_1024	NOJA	RC10	10.5	1/1	360	360	0.08	IEC-NI
QU03	RE_QU-03	SIEMENS	7SJ61	10.5	600/1	0.65	390	0.15	IEC-NI
	RE_1025	NOJA	RC10	10.5	1/1	360	360	0.09	IEC-NI
	RE_1026	NOJA	RC10	10.5	1/1	300	300	0.05	IEC-NI

Fuente: Oficina de Centro de Control – Electro Sur Este S.A.A.

Fecha de Implementación Ene-2018.

Tabla 3.11

Ajustes de Sobrecorriente de Tierra Actuales de los Alimentadores QU-02 y QU-03

SOBRECORRIENTE DE TIERRA - ACTUAL									
AMT	COD. RELE	MARCA	TIPO	KV	TC	Tiempo Inverso (51N) Ajuste Temporizado			
						I> Amp Sec	Amp Prim	TMS	Curva
QU02	RE_QU-02	SIEMENS	7SJ61	10.5	600/1	0.09	54	0.18	IEC-NI
	RE_1024	NOJA	RC10	10.5	1/1	30	30	0.09	IEC-NI
QU03	RE_QU-03	SIEMENS	7SJ61	10.5	600/1	0.09	54	0.18	IEC-NI
	RE_1025	NOJA	RC10	10.5	1/1	45	45	0.12	IEC-NI
	RE_1026	NOJA	RC10	10.5	1/1	45	45	0.05	IEC-NI

Fuente: Oficina de Centro de Control – Electro Sur Este S.A.A.
 Fecha de Implementación Ene-2018.

3.4.1. Verificación de los Ajustes y Coordinación de las Protecciones del AMT QU-02

3.4.1.1. Protección de Sobrecorriente de Fases.

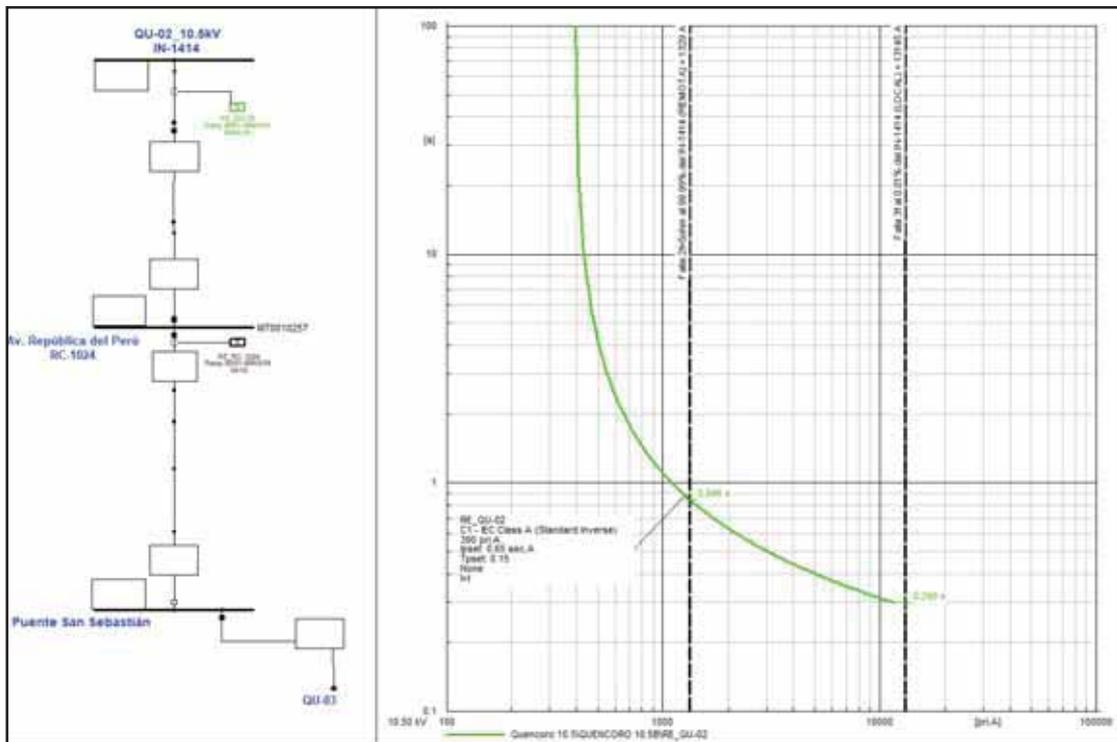


Ilustración 3.6 Ajustes de Sobrecorriente de Fases del Relé RE_IN-1414

Fuente: Elaboración Propia.

La zona de protección de la curva normalmente inversa del relé RE_IN-1414 del AMT QU-02 está delimitado por las líneas entrecortadas de color negro, una de ellas representa la máxima corriente ante una falla trifásica franca local ($I_f = 13.145 \text{ kA}$) que será despejada en un tiempo de 298 ms y la otra representa una falla bifásica remota ($I_f = 1.329 \text{ kA}$) con 5Ω de resistencia de falla la cual será despejada en un tiempo de 846 ms.

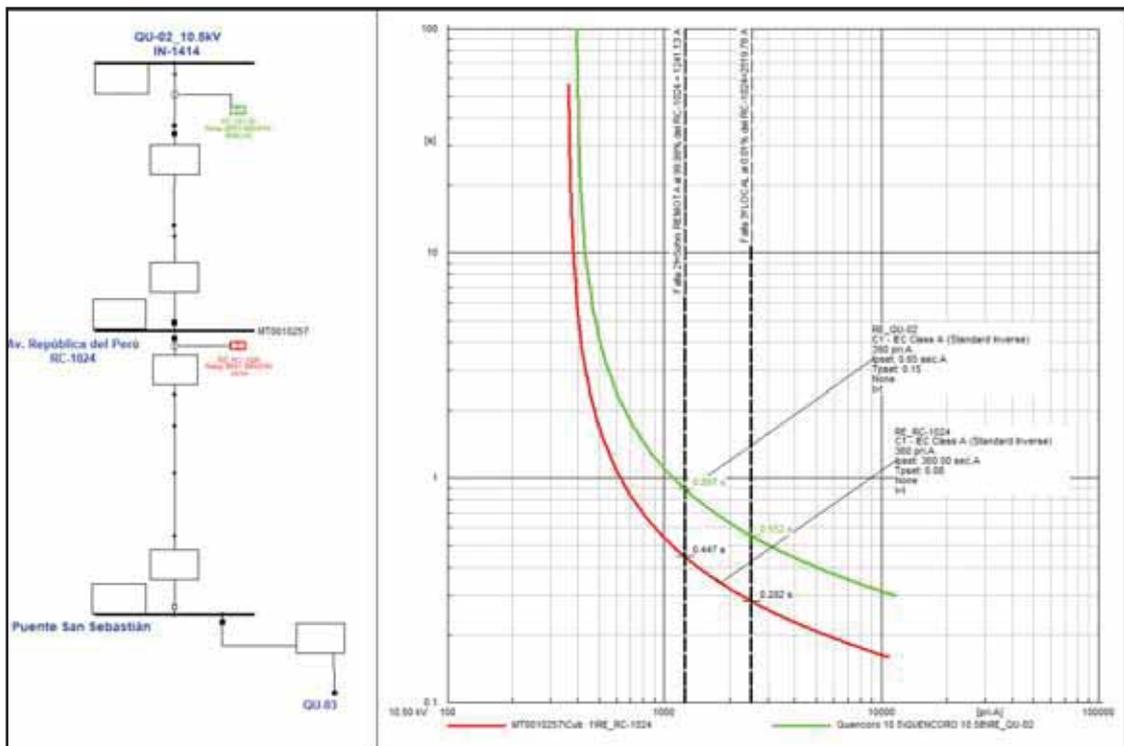


Ilustración 3.7 Ajustes de Sobrecorriente de Fases del Relé RC-1024

Fuente: Elaboración Propia.

Ante una falla trifásica franca local al reconectar RC-1024 ($I_f = 2.519 \text{ kA}$) el relé de este equipo despejará la falla en un tiempo de 282 ms, mientras que el equipo de protección de respaldo el RE_IN-1414 la despejará en 552 ms. En conclusión, ante este evento las dos curvas actúan coordinadamente con una diferencia de 270 ms.

Ante una falla bifásica remota al RC-1024 ($I_f = 1.241 \text{ kA}$) con 5 Ohmios de resistencia de falla; el relé de este equipo despejará la falla en un tiempo de 447 ms, mientras que el equipo de protección de respaldo, RE_IN-1414, la despejará en 897 ms. Por lo tanto, entre los relés existe coordinación con una diferencia de 450 ms.

3.4.1.2. Protección de Sobrecorriente de Tierra.

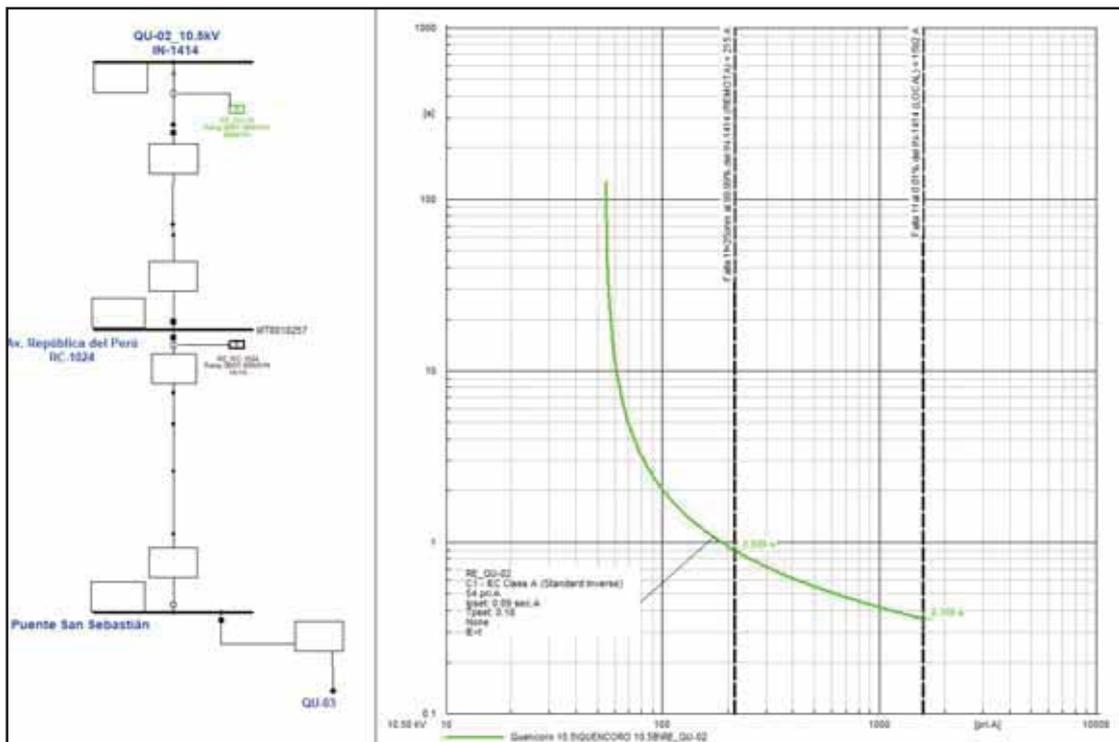


Ilustración 3.8 Ajustes de Sobrecorriente de Tierra del Relé RE_IN-1414

Fuente: Elaboración Propia.

La zona de protección de la curva normalmente inversa del relé RE_IN-1414 del Alimentador QU-02 está delimitado por las líneas entrecortadas de color negro, una de ellas representa la máxima corriente ante una falla monofásica local ($I_f = 1.592 \text{ kA}$) con 0Ω resistencia de falla que será despejada en un tiempo de 360 ms; y la otra representa una falla monofásica remota ($I_f = 215 \text{ A}$) con 25Ω de resistencia de falla la cual será despejada en un tiempo de 899 ms.

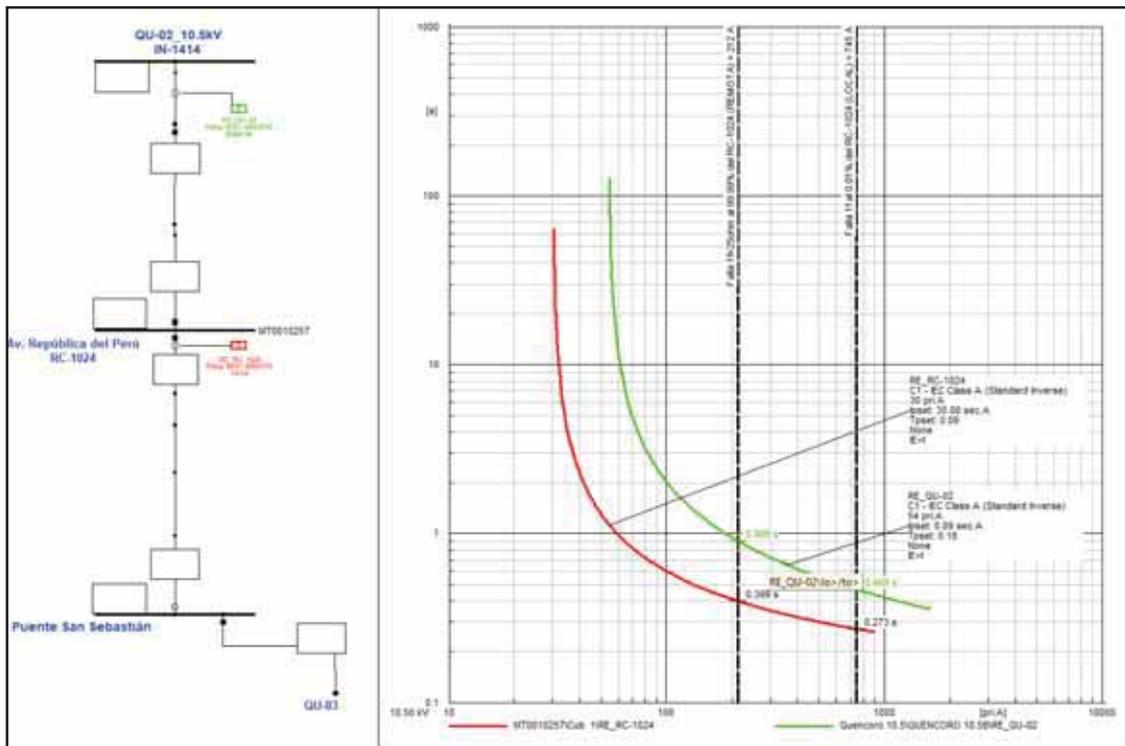


Ilustración 3.9 Ajustes de Sobrecorriente de Tierra del Relé RC-1024

Fuente: Elaboración Propia.

Ante una falla monofásica local al reconectador RC-1024 ($I_f = 745 \text{ A}$); el relé de este equipo despejará la falla en un tiempo de 273 ms mientras que el equipo de protección de respaldo el relé RE_IN-1414 la despejará en 468 ms. En conclusión, ante este evento las dos curvas actúan coordinadamente con una diferencia de 195 ms.

Ante una falla monofásica remota al reconectador RC-1024 ($I_f = 212 \text{ A}$) con 25 Ohmios de resistencia de falla; el relé de este equipo despejará la falla en un tiempo de 399 ms mientras que el equipo de protección de respaldo el relé RE_IN-1414 la despejará en 909 ms. Por lo tanto, entre los relés existe coordinación con una diferencia de 510 ms.

3.4.2. Verificación de los Ajustes y Coordinación de las Protecciones del AMT QU-03

3.4.2.1. Protección de Sobrecorriente de Fases.

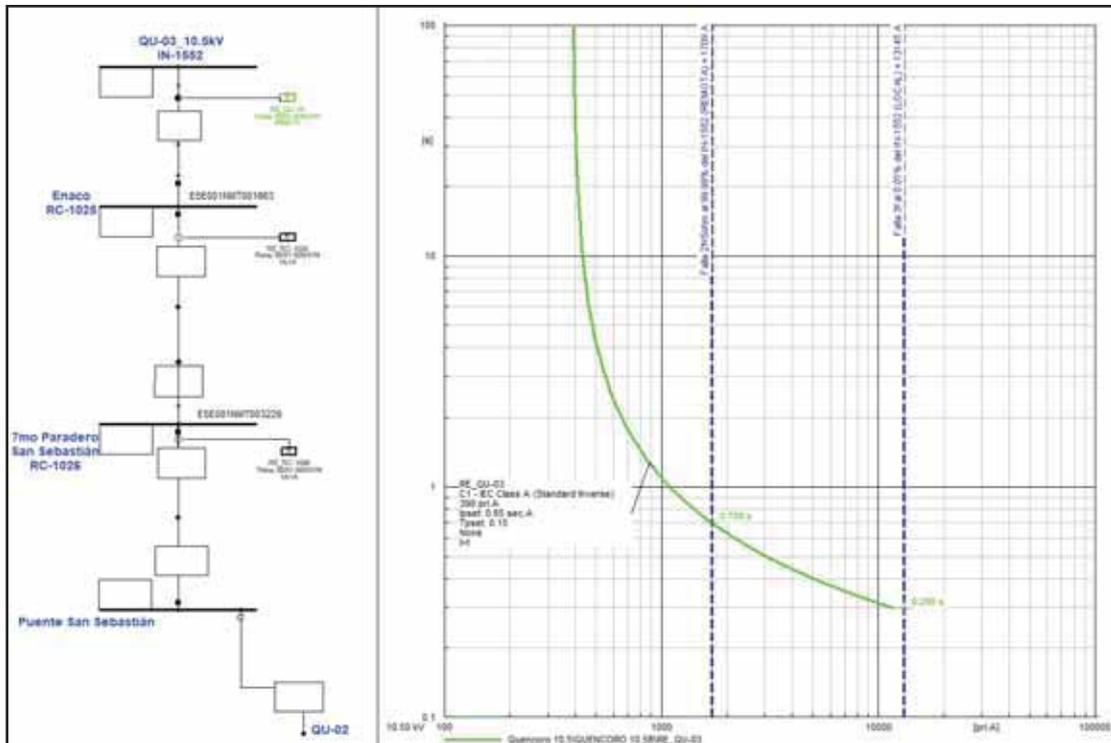


Ilustración 3.10 Ajustes de Sobrecorriente de Fases del Relé RE_IN-1552

Fuente: Elaboración Propia.

La zona de protección de la curva normalmente inversa del relé RE_IN-1552 del alimentador QU-03 está delimitado por las líneas entrecortadas de color azul, una de ellas representa la máxima corriente ante una falla trifásica franca local ($I_f = 13.145 \text{ kA}$) que será despejada en un tiempo de 298 ms; y la otra representa una falla bifásica remota ($I_f = 1.709 \text{ kA}$) con 5Ω de resistencia de falla, la cual será despejada en un tiempo de 700 ms.

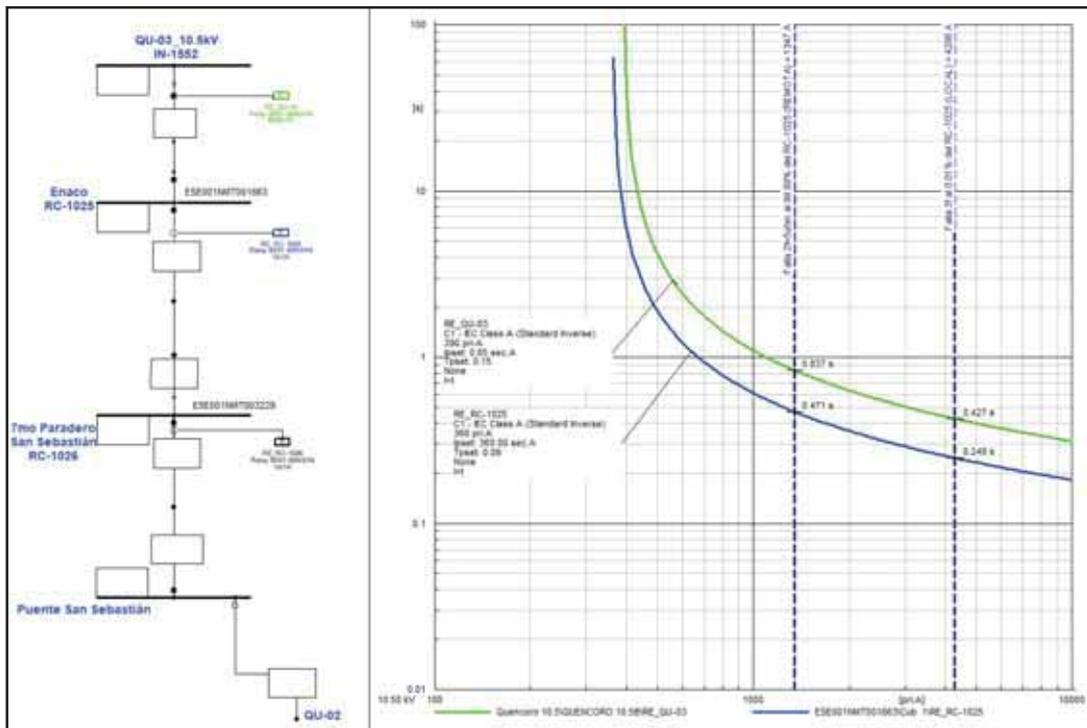


Ilustración 3.11 Ajustes de Sobrecorriente de Fases del Relé RC-1025

Fuente: Elaboración Propia.

Ante una falla trifásica franca local al reconector RC-1025 ($I_f = 4.298 \text{ kA}$); el relé de este equipo despejará la falla en un tiempo de 248 ms mientras que el equipo de protección de respaldo el relé RE_IN-1552 la despejará en 427 ms. Por lo tanto, entre los relés existe coordinación con una diferencia de 179 ms.

Ante una falla bifásica remota al reconector RC-1025 ($I_f = 1.347 \text{ kA}$) con 5 Ohmios de resistencia de falla; el relé de este equipo despejará la falla en un tiempo de 471 ms mientras que el equipo de protección de respaldo el relé RE_IN-1552 la despejará en 837 ms. Por lo tanto, entre los relés existe coordinación con una diferencia de 366 ms.

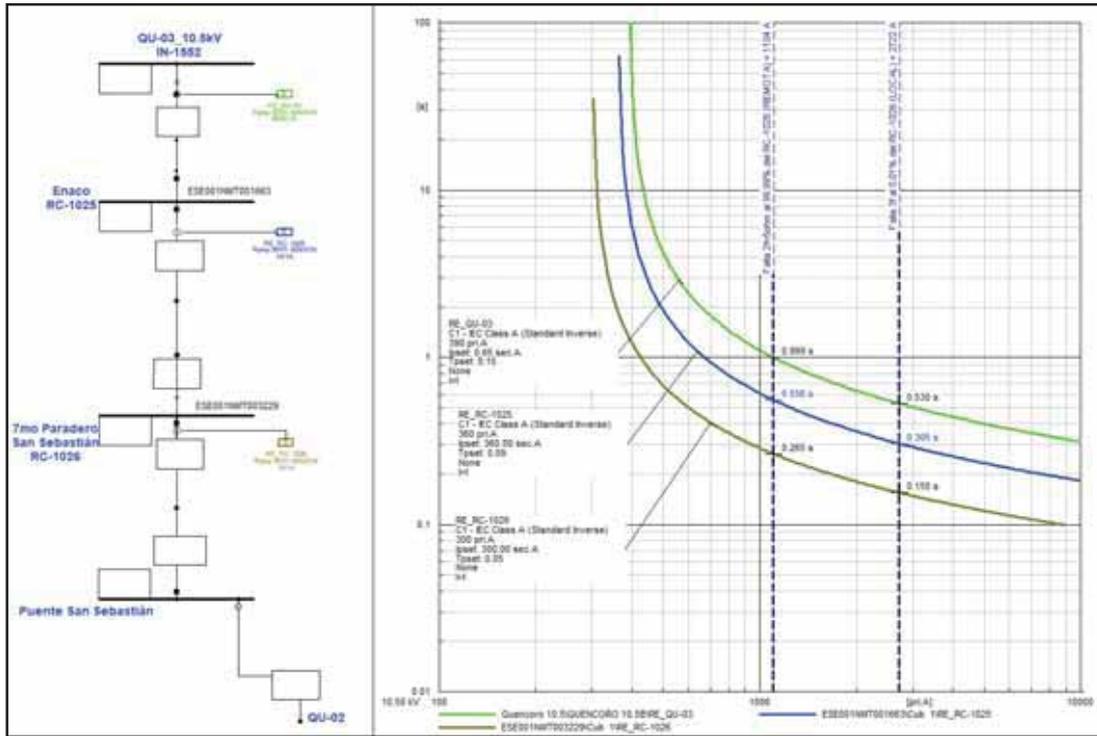


Ilustración 3.12 Ajustes de Sobrecorriente de Fases del Relé RC-1026

Fuente: Elaboración Propia.

Ante una falla trifásica franca local al reconectador RC-1026 ($I_f = 2.722 \text{ kA}$); el relé de este equipo despejará la falla en un tiempo de 155 ms mientras que el equipo de protección de respaldo el relé RC-1025 la despejará en 305 ms. Por lo tanto, entre los relés existe coordinación con una diferencia de 150 ms.

Ante una falla bifásica remota al reconectador RC-1026 ($I_f = 1.104 \text{ kA}$) con 5 Ohmios de resistencia de falla; el relé de este equipo despejará la falla en un tiempo de 265 ms mientras que el equipo de protección de respaldo el relé RC-1025 la despejará en 556 ms. Por lo tanto, entre los relés existe coordinación con una diferencia de 291 ms.

3.4.2.2. *Protección de Sobrecorriente de Tierra.*

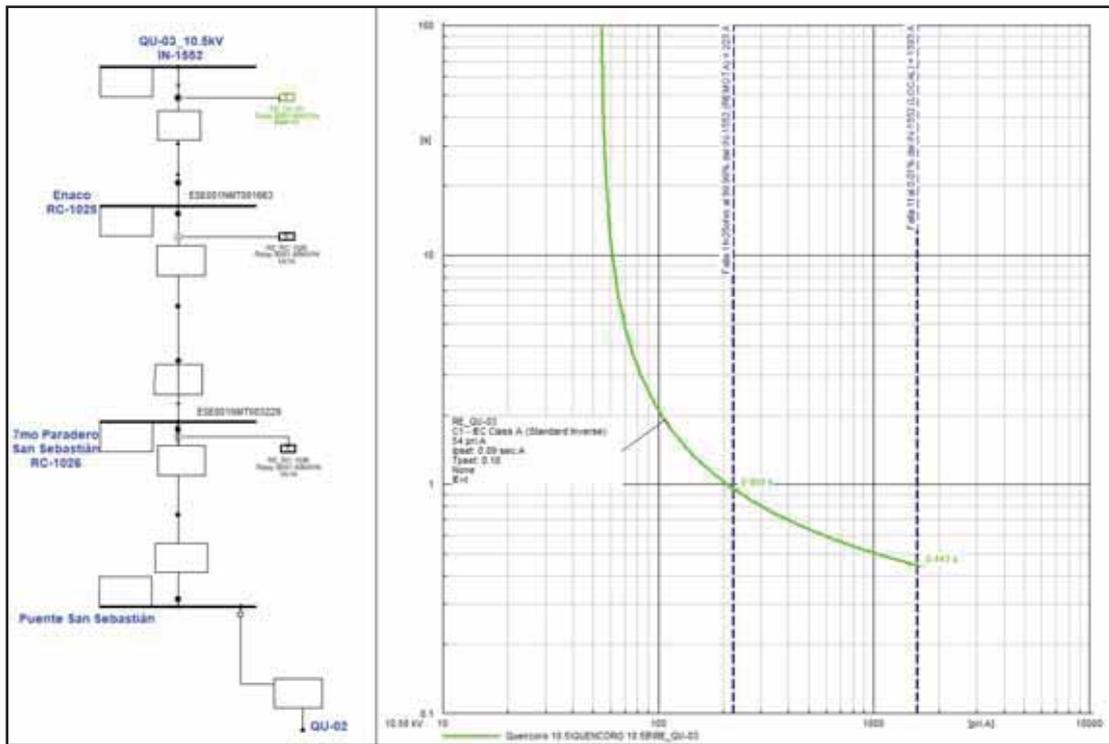


Ilustración 3.13 Ajustes de Sobrecorriente de Tierra del Relé RE_IN-1552

Fuente: Elaboración Propia.

La zona de protección de la curva normalmente inversa del relé RE_IN-1552 del alimentador QU-03 está delimitado por las líneas entrecortadas de color azul, una de ellas representa la máxima corriente ante una falla monofásica local ($I_f = 1.593 \text{ kA}$) con $0 \text{ } \Omega$ resistencia de falla que será despejada en un tiempo de 443 ms; y la otra representa una falla monofásica remota ($I_f = 223 \text{ A}$) con $25 \text{ } \Omega$ de resistencia de falla la cual será despejada en un tiempo de 959 ms.

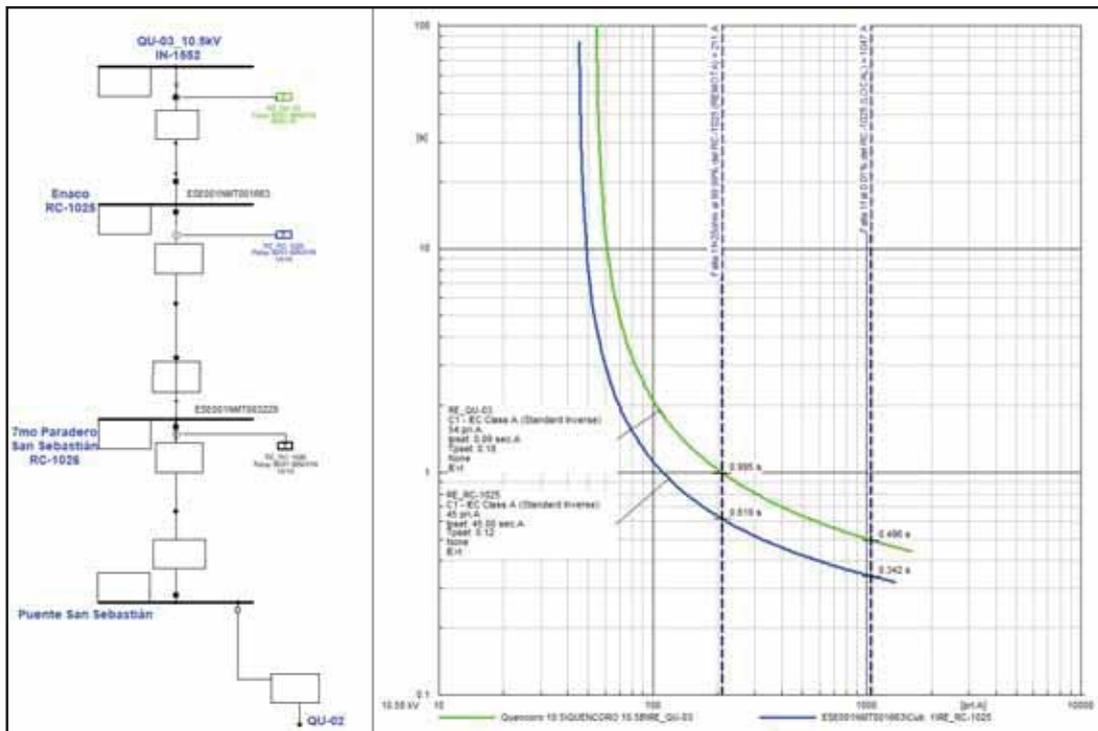


Ilustración 3.14 Ajustes de Sobrecorriente de Tierra del Relé RC-1025

Fuente: Elaboración Propia.

Ante una falla monofásica local al reconectador RC-1025 ($I_f = 1.047 \text{ kA}$); el relé de este equipo despejará la falla en un tiempo de 0.342 segundos mientras que el equipo de protección de respaldo el relé RE_IN-1552 la despejará en 496 ms. Por lo tanto, entre los relés existe coordinación con una diferencia de 154 ms.

Ante una falla monofásica remota al reconectador RC-1025 ($I_f = 211 \text{ A}$) con 25 Ohmios de resistencia de falla; el relé de este equipo despejará la falla en un tiempo de 619 ms mientras que el equipo de protección de respaldo el relé RE_IN-1552 la despejará en 995 ms. Por lo tanto, entre los relés existe coordinación con una diferencia de 376 ms.

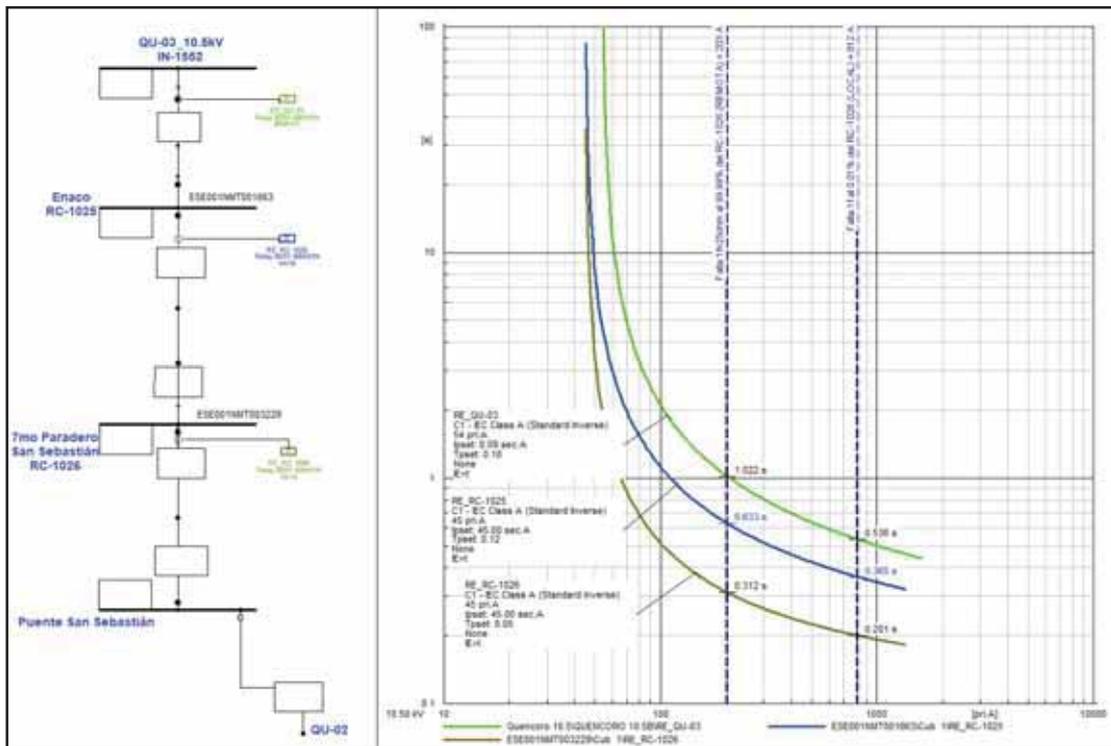


Ilustración 3.15 Ajustes de Sobrecorriente de Tierra del Relé RC-1026

Fuente: Elaboración Propia.

Ante una falla monofásica local al reconectador RC-1026 ($I_f = 812 \text{ A}$); el relé de este equipo despejará la falla en un tiempo de 201 ms mientras que el equipo de protección de respaldo el relé RC-1025 la despejará en 365 ms. En conclusión, ante este evento las dos curvas actúan coordinadamente con una diferencia de 164 ms.

Ante una falla monofásica remota al reconectador RC-1026 ($I_f = 203 \text{ A}$) con 25 Ohmios de resistencia de falla; el relé de este equipo despejará la falla en un tiempo de 312 ms mientras que el equipo de protección de respaldo el relé RC-1025 la despejará en 663 ms. Por lo tanto, entre los relés existe coordinación con una diferencia de 351 ms.

De la verificación hecha en los ítems 3.4.1 y 3.4.2 con respecto a los ajustes y coordinación de las protecciones de los alimentadores de media tensión QU-02 y QU-03 como respuesta a perturbaciones por falla de cualquier naturaleza (fallas trifásicas, bifásicas, bifásicas con impedancia, monofásicas y monofásicas con impedancia) podemos confirmar que el sistema de protección cumple correctamente con los criterios generales de seguridad, selectividad, rapidez y confiabilidad para su modo de operación actual (radial).

3.5. Estadística de Interrupciones del Sistema en Estudio

Según el procedimiento normativo “Supervisión de la Operación de los Sistemas Eléctricos”: Resolución CD OSINERG N° 074-2004-OS/CD”, Electro Sur Este S.A.A. en calidad de empresa distribuidora, está en la obligación de informar todas las interrupciones suscitadas en su área de concesión de forma mensual. Esta información es reportada en 02 documentos con denominaciones de “Anexo 1” y “Anexo 2”.

- El Anexo 1 corresponde al detalle total de interrupciones con duración mayor a tres (03) minutos, el cual contiene como información más relevante:
 - Fecha y hora de inicio de la interrupción.
 - Fecha y hora de finalización de la interrupción.
 - Duración de la interrupción.
 - Sistema eléctrico y alimentador de media tensión involucrado en la interrupción.
 - Naturaleza de la interrupción.
 - Tipificación de la causa de la interrupción.
 - Cantidad de usuarios afectados.
 - Otros

- El Anexo 2 contiene la cantidad de suministros declarados por la concesionaria por sistema eléctrico y por alimentador de media tensión, también se puede encontrar información completa de los indicadores de calidad de suministro SAIDI y SAIFI.

Como parte de la descripción del sistema en estudio se han obtenido veinticuatro (24) documentos correspondientes a los Anexos 1 y 2 de enero a diciembre del año 2018 cuya información resumida se presenta en las Tabla 3.12. Así mismo, en el anexo H se presenta el listado de las 101 interrupciones suscitadas el año 2018 en las redes del sistema en estudio.

Tabla 3.12
Resumen del Anexo 1 del Año 2018 según el Tipo de Ocurrencia de la Interrupción

AMT		Por Mantenimiento	Expansión y reforzamiento	Por Ajuste de Protecciones	Bajo Aislamiento	Falla Equipo	Falla Empalme Red	Falla Terminal Cable	Caída de Conductor	Caída de Estructura	Contacto Red con Árbol	Contacto Red con Edificio	Contacto entre Conductores	Error de Maniobra	Corte por Emergencia	Animales	Picado de Cable por personal propio
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
QU-02		19	1	-	1	-	1	-	-	-	-	-	1	-	2	1	-
QU-03		39	2	-	-	-	-	1	2	1	1	-	1	-	6	-	-

AMT		Falla no Determinada	Aves	Cometas	Impacto Vehicular	Vandalismo	Hurto de Conductor o Elemento Eléctrico	Caída de Árbol	Picado de Cable	Contacto Accidental con línea	Pedido de Autoridad	Causado por Terceros	Descargas Atmosféricas	Fuertes Vientos	Interrupciones Programadas	Interrupciones No Programadas	# Total de Interrupciones
		17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29			
QU-02		1	-	-	1	-	-	-	2	-	-	-	-	-	20	10	30
QU-03		4	-	-	-	-	-	-	-	1	-	2	6	5	41	30	71

Fuente: Oficina de Centro de Control – Electro Sur Este S.A.A.

3.6. Cálculo de Indicadores de Confiabilidad del Sistema en Estudio

Con la información obtenida de las de interrupciones del sistema en estudio, así como de la base de datos del sistema informático de Electro Sur Este S.A.A. se calcularán los indicadores SAIDI y SAIFI con el fin de medir el nivel de confiabilidad de los alimentadores de media tensión QU-02 y QU-03 del año 2018.

Tabla 3.13
Indicadores SAIDI y SAIFI del Año 2018 según el Tipo de Ocurrencia de la Interrupción

AMT		Total Clientes	Por Mantenimiento	Expansión y reforzamiento	Por Ajuste de Protecciones	Bajo Aislamiento	Falla Equipo	Falla Empalme Red	Falla Terminal Cable	Caída de Conductor	Caída de Estructura
			1	2	3	4	5	6	7	8	9
SAIDI QU-02	6440	2.4310	0.0656	0	0.2184	0	0.0231	0	0	0	0
SAIFI QU-02	6440	1.0384	0.0262	0	0.4995	0	0.0231	0	0	0	0
SAIDI QU-03	19094	2.5940	0.2971	0	0	0	0	0.0155	0.995	0.18	
SAIFI QU-03	19094	0.8447	0.0554	0	0	0	0	0.0084	1.2184	0.2364	

AMT		Contacto Red con Árbol	Contacto Red con Edificio	Contacto entre Conductores	Error de Maniobra	Corte por Emergencia	Animales	Picado de Cable por personal	Falla no Determinada	Aves	Cometas	Impacto Vehicular
		10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
SAIDI QU-02	0	0	0.1568	0	0.1748	0.0999	0	0.308	0	0	1.3209	
SAIFI QU-02	0	0	0.0784	0	0.321	0.4995	0	0.4995	0	0	1	
SAIDI QU-03	0.3968	0	0.0517	0	0.2576	0	0	0.7811	0	0	0	
SAIFI QU-03	0.8792	0	0.02	0	0.2933	0	0	1.5137	0	0	0	

AMT		Vandalismo	Hurto de Conductor o Fielemetro	Caída de Árbol	Picado de Cable	Contacto Accidental con línea	Pedido de Autoridad	Causado por Terceros	Descargas Atmosféricas	Fuertes Vientos	Interrupciones Programadas	Interrupciones No Programadas	Total de Interrupciones
		21	22	23	24	25	26	27	28	29			
SAIDI QU-02	0	0	0	1.6173	0	0	0	0	0	2.4966	6.4159	8.9125	
SAIFI QU-02	0	0	0	0.3584	0	0	0	0	0	1.0646	4.3441	5.4087	
SAIDI QU-03	0	0	0	0	0.0677	0	0.1761	0.4881	0.4214	2.891	6.7221	9.6131	
SAIFI QU-03	0	0	0	0	0.0235	0	0.619	0.1403	1.0352	0.9001	6.8876	7.7876	

Fuente: Oficina de Centro de Control – Electro Sur Este S.A.A.

Como se puede visualizar en la Tabla 3.13, las interrupciones que aportan más al resultado de los indicadores SAIDI y SAIFI son aquellas cuya naturaleza es de origen “No Programada”, así mismo, relacionando esta clasificación con la causa y descripción de cada uno de estos eventos, podemos identificar que estas interrupciones corresponden a fallas suscitadas a lo largo de las troncales de las redes eléctricas del sistema en estudio, ya que como respuesta ante este tipo de perturbaciones, los equipos de protección de los alimentadores de media tensión QU-02 y QU-03 rechazan una cantidad considerable de suministros y potencia.

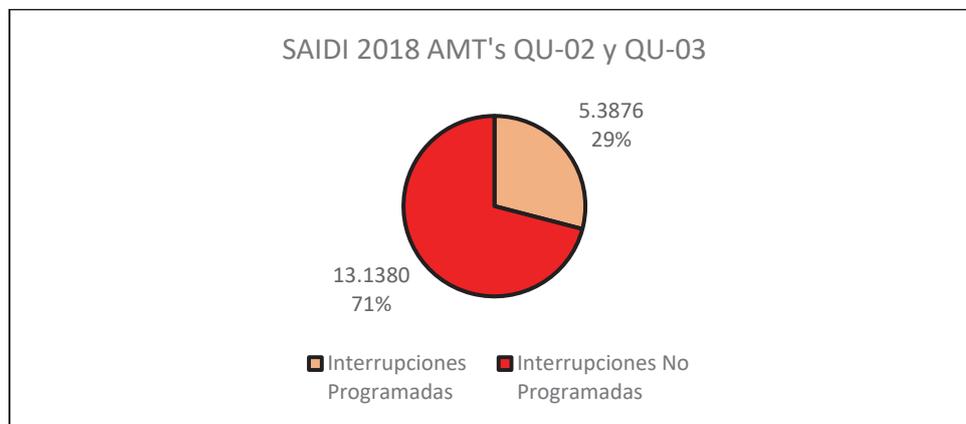


Ilustración 3.16 Aporte del Indicador SAIDI de las Interrupciones Programadas y No Programadas en el Año 2018

Fuente: Elaboración Propia.

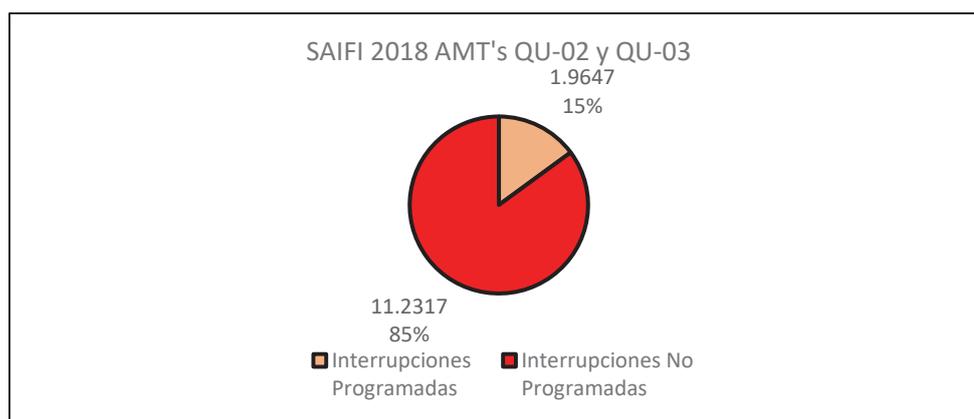


Ilustración 3.17 Aporte del Indicador SAIFI de las Interrupciones Programadas y No Programadas en el Año 2018

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 3.14
Suministros Afectados Frente a la Actuación de los Equipos de Protección

Equipo de Protección Salió	Cantidad de Suministros Afectados
RE-QU02	6440
RE-QU03	19094
RC-1024	3217
RC-1025	12361
RC-1026	6186

Fuente: Oficina de Centro de Control – Electro Sur Este S.A.A.

La magnitud de los indicadores SAIDI y SAIFI del año 2018 se encuentran dentro de las tolerancias y metas establecidas por OSINERGMIN y Electro Sur Este S.A.A., sin embargo, consideramos que el nivel de confiabilidad es bajo y la situación actual del sistema en estudio es deficiente ante una perturbación suscitada en las troncales de los alimentadores de media tensión QU-02 y QU-03 a pesar de que la actuación de los equipos de protección instalados a lo largo de sus redes eléctricas cumplen con todas sus funciones correctamente (rapidez, selectividad, confiabilidad y seguridad). En la Tabla 3.15 se presentan las interrupciones del año 2018 que han incrementado significativamente la magnitud de los indicadores SAIDI y SAIFI, en consecuencia, en el nivel de confiabilidad del sistema en estudio; por lo tanto, disminuir el impacto de estas interrupciones para el sistema en estudio corresponde a una mejora significativa.

Tabla 3.15
Interrupciones Exclusivas del Caso de Estudio del Año 2018

N°	Código Sistema Eléctrico	Código Interrupción NTCSE	AMT	Código Causa Interrupción	Descripción Origen Interrupción
1	SE0032	0011800108	QU03	27	Desconecta reconectador RC-1025 (Enaco)
2	SE0032	0011800235	QU03	17	Desconecta interruptor del AMT QU-03 por falla monofásica fase "S" a tierra debido a quiebre de seccionador Cut-Out y desprendimiento de conductor en las maniobras de inicio del corte programado en la SED 0010002
3	SE0032	0011800295	QU03	10	Desconecta interruptor del AMT QU-03 se registra una falla bifásica en las fases R-s se informa conductor caído en SED Santa María y desprendimiento de conectores en APV La Rinconada y APV. Santa María
4	SE0032	0011800296	QU03	8	Corte por emergencia de sección de línea de AMT QU-03 se verifica conector aperturado por cuello desprendido en APV La Rinconada y conductor caído en el sector de Santa María
5	SE0032	0011800297	QU03	9	Desconecta interruptor del AMT QU-03 por caída de estructura en el NMT 5238 sector de Ticapata
6	SE0032	0011800555	QU03	17	Desconectó reconectador RC-1025 (Enaco) por falla monofásica fase "R" a tierra
7	SE0032	0011800661	QU03	29	Desconecta interruptor IN-1552 del AMT QU-03
8	SE0032	0011800833	QU03	8	Desconecta AMT QU-03 por falla monofásica a tierra en la fase "R"
9	SE0032	0011801051	QU02	24	Apertura del interruptor IN-1414 del AMT QU-02 desde la S.E. Quencoro por actuación de su relé de protección de sobrecorriente a tierra de tiempo inverso
10	SE0032	0011801213	QU02	20	Desconectó los AMT's QU-02 y QU-06
11	SE0032	0011801220	QU03	28	Desconecta AMT QU-03 por falla bifásica a tierra de las fases R-T

Fuente: Oficina de Centro de Control – Electro Sur Este S.A.A.

Adicionalmente, se ha evaluado el impacto de este tipo de interrupciones en aspectos económicos, ya que toda interrupción repercute en pérdidas por energía no servida (ENS) y pago de compensaciones por parte de la concesionaria a los suministros involucrados.

Tabla 3.16
Energía No Suministrada Real por Interrupción

N°	Código Interrupción NTCSE	F. H. Inicio	F. H. Solución	Duración No Programada (h)	ENS (Radial) MW.h	Costo de Energía No Vendida en Configuración Radial
1	11800108	27/01/2018 08:02	27/01/2018 08:16	0.233	1.05	S/640.80
2	11800235	28/02/2018 09:38	28/02/2018 11:05	1.450	5.74	S/3,502.41
3	11800295	17/03/2018 05:02	17/03/2018 06:34	1.533	4.44	S/2,707.78
4	11800296	17/03/2018 06:36	17/03/2018 06:41	0.083	0.26	S/158.58
5	11800297	17/03/2018 08:10	17/03/2018 08:15	0.083	0.26	S/158.96
6	11800555	29/05/2018 04:52	29/05/2018 04:58	0.100	0.15	S/93.98
7	11800661	13/07/2018 14:58	13/07/2018 15:10	0.200	0.65	S/396.35
8	11800833	3/09/2018 16:01	3/09/2018 16:04	0.042	0.14	S/85.13
9	11801051	13/11/2018 05:33	13/11/2018 05:38	0.083	0.11	S/66.28
10	11801213	24/12/2018 15:36	24/12/2018 19:25	3.817	8.26	S/5,037.22
11	11801220	25/12/2018 18:30	25/12/2018 18:35	0.083	0.41	S/251.02
TOTAL					21.47	S/13,098.50

Fuente: Oficina de Centro de Control – Electro Sur Este S.A.A.

Tabla 3.17
Compensación por Interrupción

N°	Código Interrupción NTCSE	Duración No Progr. (h)	n (veces)	D	n'	d'	E	ki	Horas Sem.	ENS	e(u\$)	C (\$)
02	11800235	1.450	9	14.45	8	13	1.237	1	4344	52491	0.05	3110.84
03	11800295	1.533	9	14.53	8	13	1.243	1	4344	49813	0.05	2886.17
04	11800296	4.617	9	17.62	8	13	1.480	1	4344	50478	0.05	2966.36
05	11800297	1.000	9	14.00	8	13	1.202	1	4344	47622	0.05	2735.14
06	11800555	0.100	9	13.10	8	13	1.133	1	4344	31949	0.05	1809.43
07	11800661	0.200	9	13.20	8	13	1.140	1	4416	48237	0.05	2750.41
08	11800833	2.608	9	15.61	8	13	1.326	1	4416	49194	0.05	2867.05
09	11801051	4.300	9	17.30	8	13	1.456	1	4416	17373	0.05	1091.82
10	11801213	3.817	9	16.82	8	13	1.419	1	4416	22530	0.05	1407.51
11	11801220	5.050	9	18.05	8	13	1.513	1	4416	33402	0.05	1928.38
TOTAL												25492.25

Fuente: Oficina de Centro de Control – Electro Sur Este S.A.A.

Los montos resultantes de la columna 13 serán asumidos por la concesionaria siempre y cuando los suministros involucrados superen las tolerancias establecidas en la NTCSE.

3.7. Fiabilidad de las Simulaciones

Luego de obtener los resultados de Flujo de Carga, Cortocircuito y Verificación de las Protecciones, corresponde determinar el grado de fiabilidad de las simulaciones obtenidas con el software Power Factory 15.1 – DIGSILENT en relación a la operación real del sistema en estudio.

3.7.1. Verificación de la Simulación de Flujo de Carga

A continuación, se presenta los diagramas de carga obtenidos con las simulaciones de flujo de carga, así como los diagramas de carga típicos del sistema en estudio, cuya data corresponde al Sistema de Medición ION de Electro Sur Este (Totalizadores instalados en las cabeceras de los alimentadores de media tensión QU-02 y QU-03).

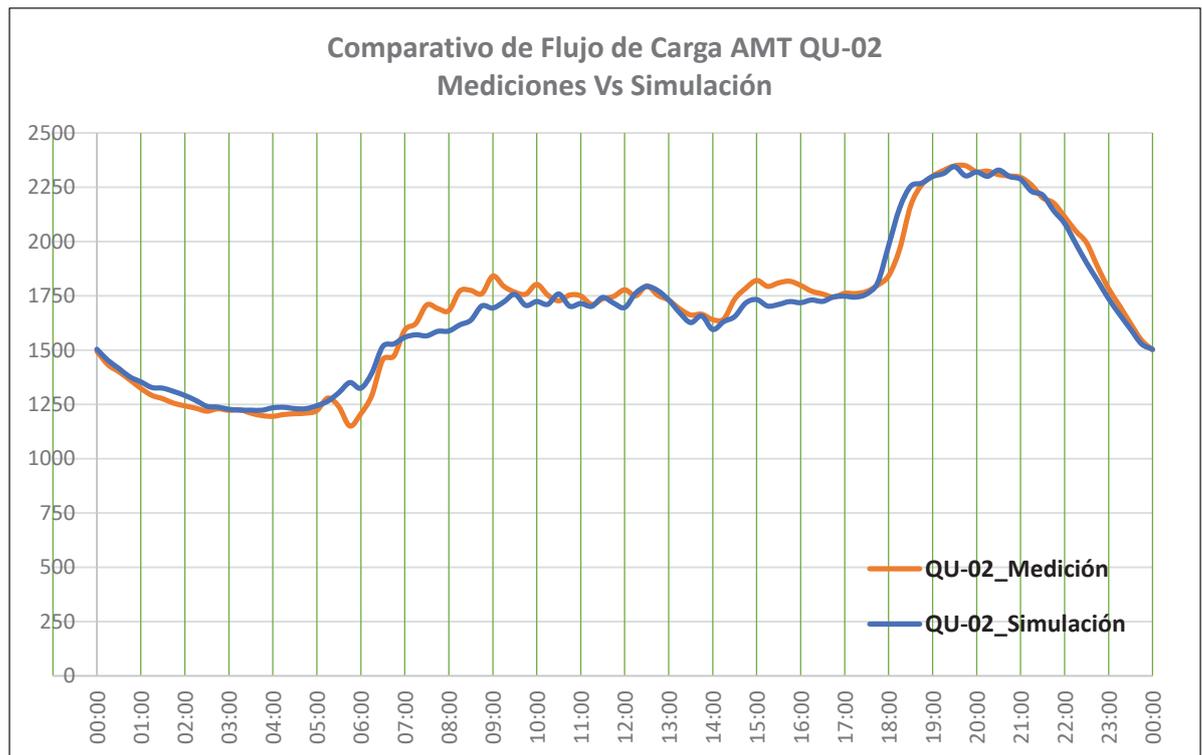


Ilustración 3.18 Comparativo de Flujo de Carga AMT QU-02 Mediciones Vs Simulación
 Fuente: Elaboración Propia.

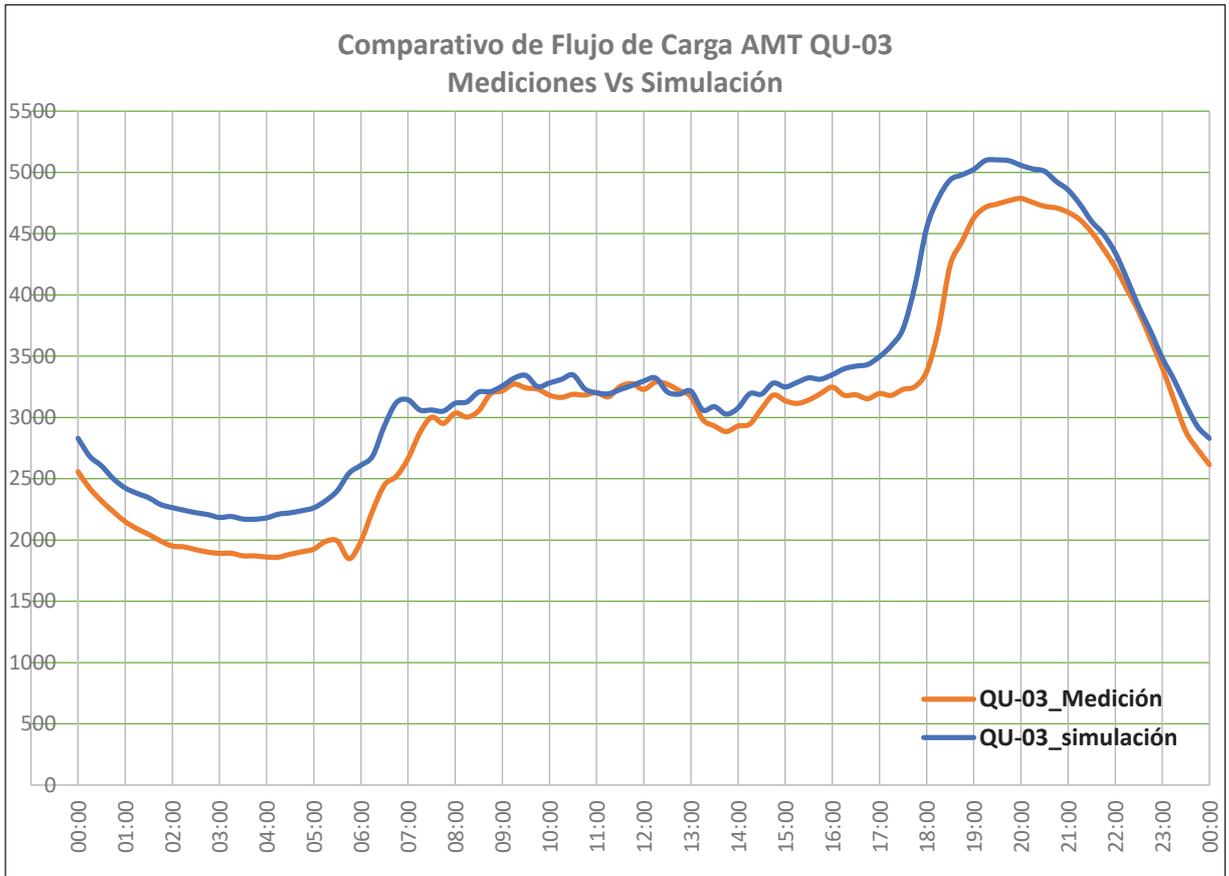


Ilustración 3.19 Comparativo de Flujo de Carga AMT QU-03 Mediciones Vs Simulación
 Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 3.18
 Mediciones de un día típico de los Alimentadores QU-02 y QU-03

Día típico: Muestra 09/01/19				
Hora	QU-02_Medición	QU-03_Medición	QU-02_Simulación	QU-03_Simulación
00:00	1494.77	2557.44	1504.10	2829.32
00:15	1432.95	2420.28	1452.93	2682.33
00:30	1400.27	2318.50	1415.44	2604.00
00:45	1362.88	2230.56	1376.56	2499.28
01:00	1323.86	2149.95	1353.75	2424.74
01:15	1291.49	2092.12	1327.84	2380.74
01:30	1275.97	2045.42	1324.65	2344.72
01:45	1255.36	1992.10	1309.38	2289.85
02:00	1243.16	1950.95	1290.99	2263.97
02:15	1232.53	1943.82	1268.18	2242.91
02:30	1218.93	1921.03	1241.27	2222.60
02:45	1229.68	1901.79	1237.70	2207.69
03:00	1222.76	1891.05	1227.74	2184.12

03:15	1225.67	1892.02	1223.44	2191.79
03:30	1209.69	1870.92	1223.56	2170.99
03:45	1198.58	1870.52	1223.13	2169.54
04:00	1195.20	1860.75	1234.50	2180.55
04:15	1203.53	1859.67	1236.74	2210.87
04:30	1207.17	1884.39	1230.53	2221.84
04:45	1209.80	1904.09	1230.31	2239.51
05:00	1221.44	1925.34	1244.09	2262.16
05:15	1279.10	1987.66	1265.02	2319.99
05:30	1239.73	1992.24	1303.92	2402.17
05:45	1150.59	1847.76	1350.73	2545.10
06:00	1206.85	1988.68	1324.59	2609.51
06:15	1291.38	2240.09	1394.07	2685.42
06:30	1456.47	2448.52	1516.87	2931.56
06:45	1471.92	2518.83	1528.41	3119.66
07:00	1592.43	2663.71	1559.00	3143.89
07:15	1622.78	2874.37	1570.40	3060.76
07:30	1708.06	3001.96	1565.91	3060.75
07:45	1691.44	2951.34	1586.50	3052.14
08:00	1681.50	3035.34	1587.95	3115.70
08:15	1772.05	3003.03	1616.28	3127.25
08:30	1774.99	3054.57	1637.65	3207.46
08:45	1759.74	3192.85	1703.58	3210.42
09:00	1840.93	3216.99	1693.80	3257.31
09:15	1793.77	3272.70	1721.79	3320.59
09:30	1766.90	3240.88	1756.75	3342.48
09:45	1757.78	3231.55	1705.87	3251.23
10:00	1802.69	3182.00	1724.06	3281.95
10:15	1753.40	3163.40	1710.82	3309.79
10:30	1727.00	3188.82	1758.45	3347.32
10:45	1753.63	3182.66	1702.11	3233.04
11:00	1749.74	3203.01	1714.58	3200.82
11:15	1710.52	3168.66	1701.69	3193.18
11:30	1736.14	3252.49	1742.63	3227.49
11:45	1747.52	3275.94	1716.08	3260.96
12:00	1777.86	3228.79	1696.25	3296.82
12:15	1750.06	3288.41	1762.61	3322.14
12:30	1796.07	3271.00	1792.80	3208.55
12:45	1753.40	3220.79	1774.13	3189.82
13:00	1729.85	3169.82	1730.94	3214.76
13:15	1690.05	2983.38	1671.77	3060.96
13:30	1661.80	2930.22	1626.63	3088.02
13:45	1665.30	2884.88	1657.65	3026.88

14:00	1640.37	2929.80	1595.05	3077.09
14:15	1642.88	2945.99	1631.02	3193.93
14:30	1734.50	3071.53	1654.55	3190.79
14:45	1784.71	3182.67	1716.86	3280.32
15:00	1820.86	3137.03	1732.75	3248.76
15:15	1793.43	3114.64	1702.91	3285.49
15:30	1809.65	3142.65	1710.41	3323.01
15:45	1817.32	3194.76	1723.57	3312.18
16:00	1797.82	3247.59	1718.36	3348.97
16:15	1771.34	3181.07	1730.72	3397.21
16:30	1758.49	3184.79	1724.40	3418.88
16:45	1744.07	3153.51	1745.27	3432.41
17:00	1761.66	3195.31	1748.21	3495.84
17:15	1760.49	3180.39	1744.12	3586.08
17:30	1769.96	3229.21	1758.68	3723.62
17:45	1798.80	3251.37	1810.22	4071.42
18:00	1842.57	3373.35	1981.83	4545.00
18:15	1965.26	3716.43	2154.21	4788.88
18:30	2165.01	4243.66	2254.20	4938.31
18:45	2260.71	4434.65	2268.80	4979.93
19:00	2301.16	4627.03	2299.59	5024.37
19:15	2327.95	4715.25	2313.55	5097.62
19:30	2348.68	4742.09	2344.77	5102.06
19:45	2349.26	4770.00	2302.52	5095.19
20:00	2320.91	4787.38	2320.29	5057.89
20:15	2324.00	4755.35	2300.42	5028.57
20:30	2307.62	4723.48	2328.96	5009.94
20:45	2302.15	4710.28	2299.05	4925.96
21:00	2295.58	4674.60	2286.60	4857.24
21:15	2259.55	4614.58	2231.14	4741.26
21:30	2201.53	4511.73	2214.27	4600.20
21:45	2177.72	4375.81	2142.71	4497.18
22:00	2114.45	4227.96	2083.55	4345.21
22:15	2049.04	4045.53	1991.84	4131.41
22:30	1993.84	3861.66	1901.54	3902.77
22:45	1883.86	3635.99	1820.30	3704.57
23:00	1783.51	3405.74	1737.02	3485.04
23:15	1704.20	3140.11	1664.72	3306.56
23:30	1622.57	2882.63	1596.60	3103.65
23:45	1545.61	2739.79	1528.34	2924.32
00:00	1500.89	2615.15	1504.10	2829.32

Fuente: Sistema de Medición ION – Electro Sur Este S.A.A.

3.7.2. Verificación de la Simulación de Cortocircuito

Con el fin de corroborar las corrientes de cortocircuito obtenidas en la simulación, se ha tomado como muestra la ocurrencia de interrupción por falla con código “0011801213”, en la cual se tuvo la apertura del interruptor IN-1414 del AMT QU-02 por actuación de su relé de protección de sobrecorriente de fases, durante el evento se tuvo la actuación de la función 51 debido a una falla bifásica entre fases “S” y “T” ocasionada por el impacto vehicular con una estructura de media tensión en la Urbanización Túpac Amaru – Distrito de San Sebastián.

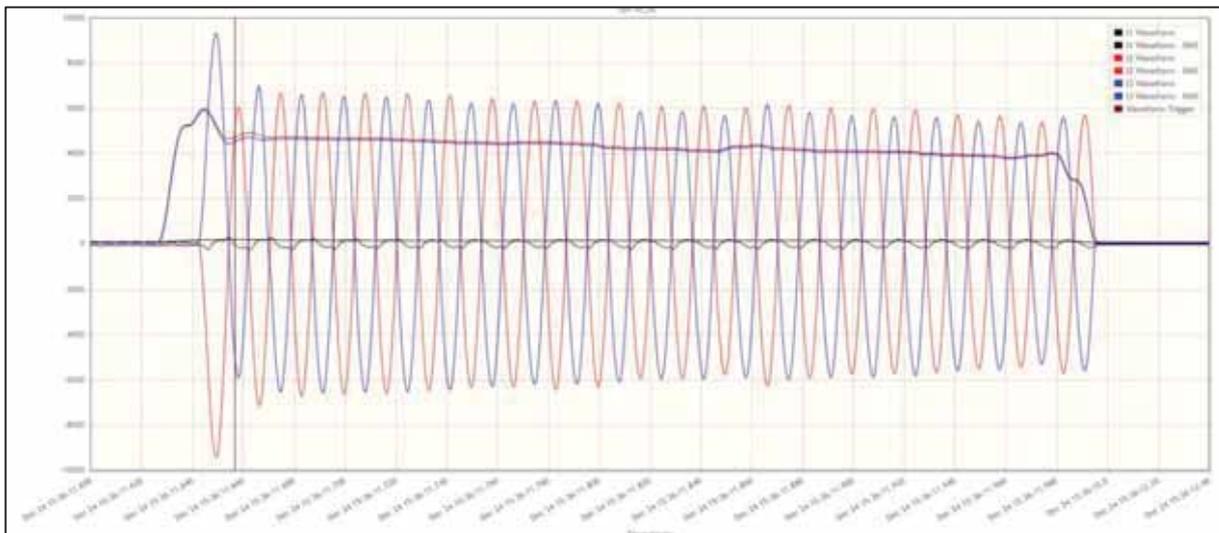


Ilustración 3.20 Oscilografía del Evento Suscitado según la Interrupción 0011801213.

Fuente: Sistema de Medición ION – Electro Sur Este S.A.A.

Como se puede observar, la corriente eficaz de cortocircuito (RMS) tiene una magnitud aproximada de 4.5kA, la cual tiene una aproximación muy cercana al nivel de corriente obtenido cuando se simula una falla bifásica en el modelo del sistema en estudio elaborado en el software Power Factory 15.1 – DIGSILENT (4.73kA).

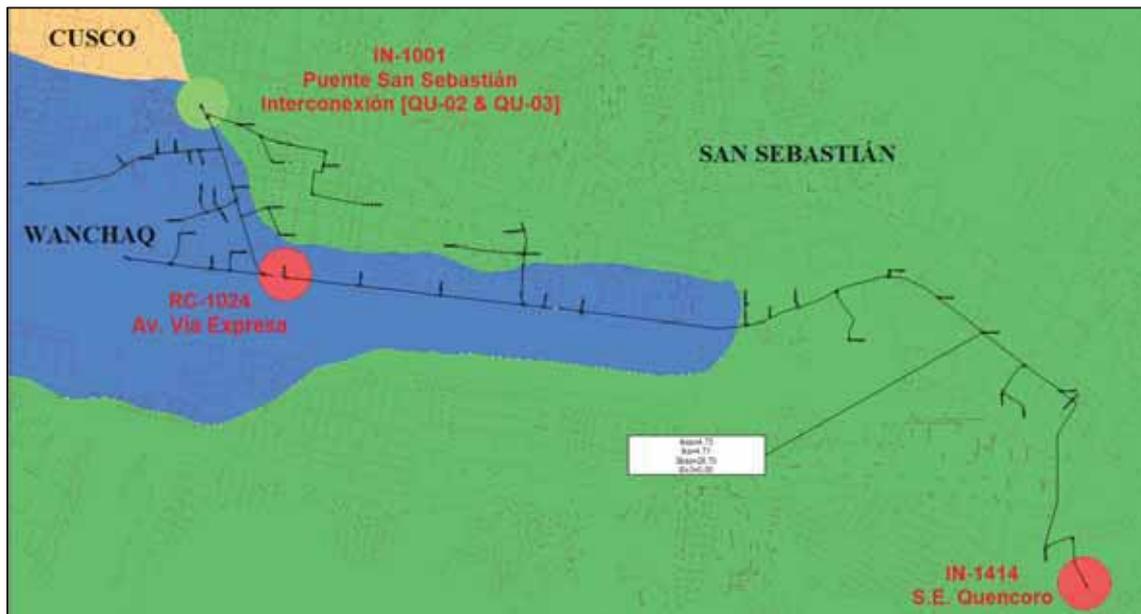


Ilustración 3.21 Simulación de Cortocircuito para la Interrupción 0011801213.
Fuente: Power Factory – Elaboración Propia.

3.7.3. Verificación de la Actuación del Sistema de Protección

Para verificar la simulación de la actuación de las protecciones se ha tomado como muestra la ocurrencia de la interrupción 0011800235 en la que se presentó una falla monofásica fase “S” a tierra, perturbación que fue despejada correctamente por el sistema de protección del AMT QU-03.

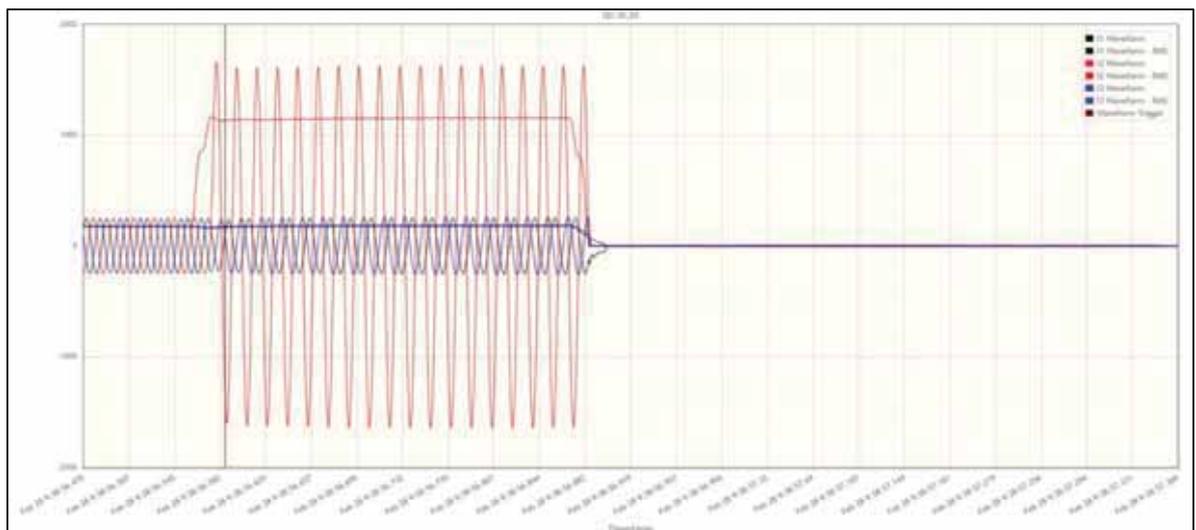


Ilustración 3.22 Oscilografía del Evento Suscitado según la Interrupción 0011800235.
Fuente: Sistema de Medición ION – Electro Sur Este S.A.A.

La perturbación presentada en la oscilografía tuvo una corriente eficaz de cortocircuito de 1.16kA aproximadamente y como se verifica en la oscilografía, esta fue despejada en 19 ciclos 317ms aproximadamente, mientras que la simulación del evento (en la que se considera el tiempo de lectura del relé y el tiempo de apertura del interruptor) estiman 349ms.

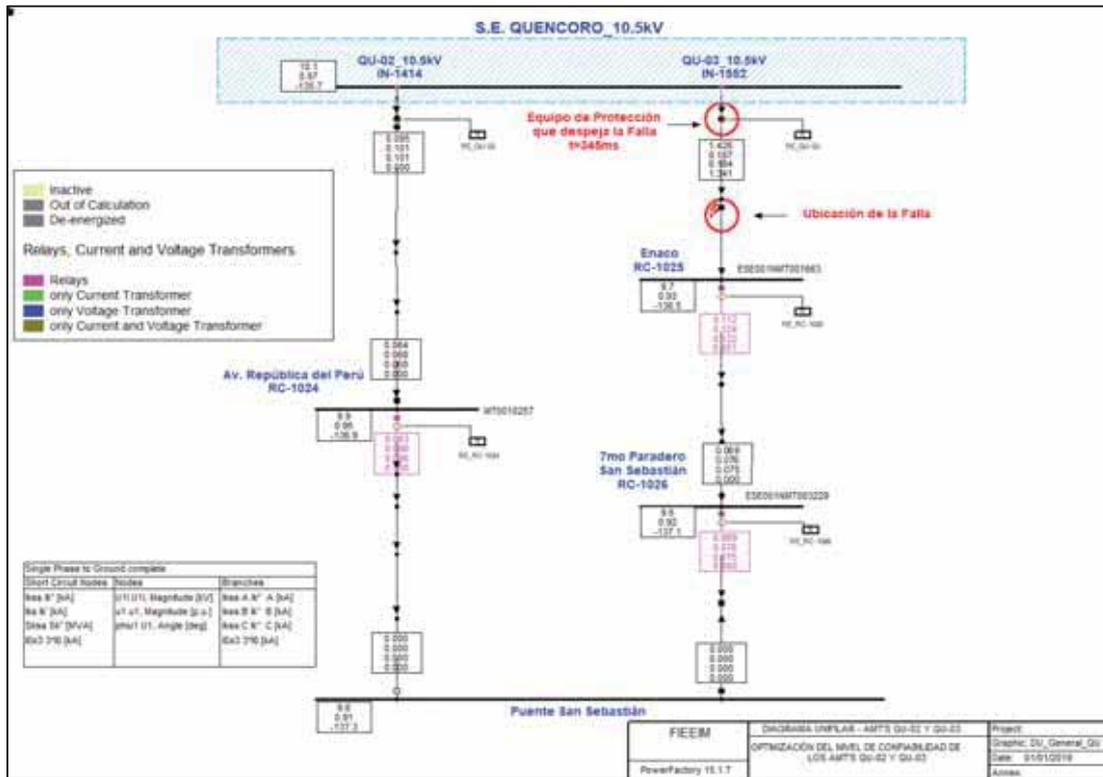


Ilustración 3.23 Simulación de la Interrupción 0011800235.
Fuente: Power Factory – Elaboración Propia.

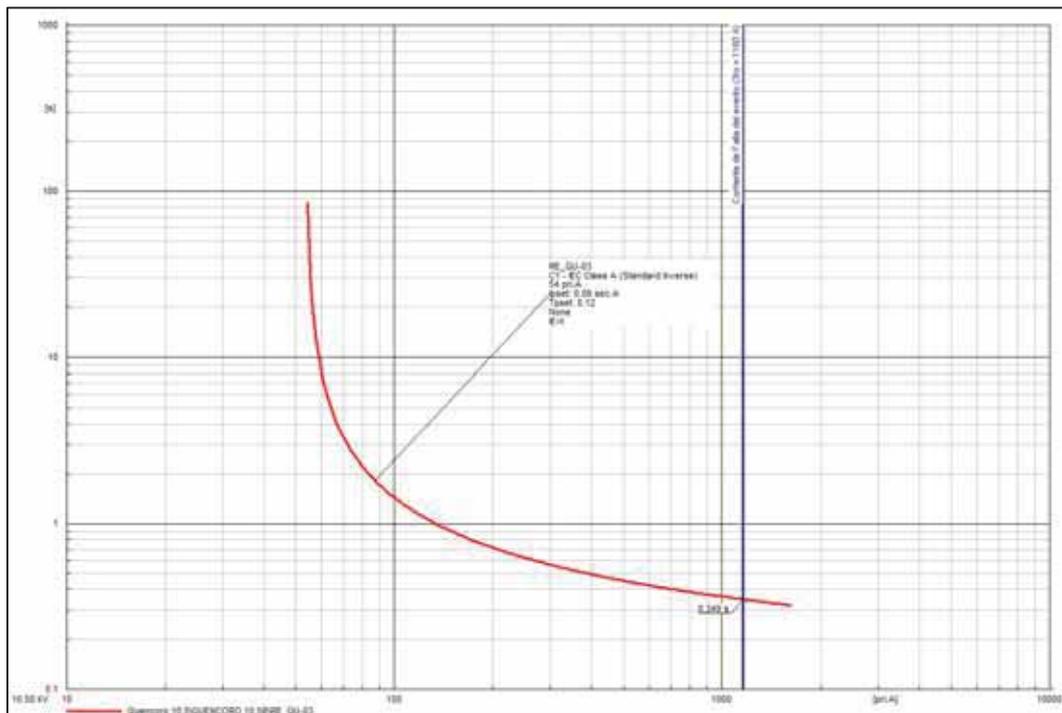


Ilustración 3.24 Curva I vs t del AMT QU-03 - Función 51N.

Fuente: Power Factory – Elaboración Propia.

Con lo expuesto en los ítems 3.7.1, 3.7.2 y 3.7.3 podemos observar que existe un alto grado de fiabilidad con respecto a las simulaciones efectuadas y la operación real del sistema en estudio, a pesar de que se encontraron ciertas diferencias en cada uno de los procesos (flujo de carga, cortocircuito y protecciones), podemos indicar que estas son completamente tolerables.

Capítulo IV: Propuesta de Mejora para el Sistema en Estudio

4.1. Introducción

Como se ha comprobado en el Capítulo III, las perturbaciones en las troncales de los alimentadores de media tensión QU-02 y QU-03 influyen de forma considerable en la magnitud de los indicadores del nivel de confiabilidad y en las pérdidas económicas de Electro Sur Este S.A.A. Así mismo, la configuración actual del sistema en estudio no garantiza el cumplimiento de los límites y/o tolerancias determinados por la empresa concesionaria y por el ente regulador a futuro, ya que con el pasar de los años estos tienden a ser menores y por otro lado las redes eléctricas del sistema en estudio continúan en crecimiento.

Es necesario plantear nuevas alternativas con la finalidad de obtener una mejora del nivel de confiabilidad actual y a futuro. Este capítulo enumera algunas posibles soluciones y determina la que consideramos que es la más óptima con los recursos disponibles del sistema en estudio. Además, describe el comportamiento de esta nueva alternativa y los requerimientos que esta exige para su correcto funcionamiento.

4.2. Alternativas de Mejora del Nivel de Confiabilidad del Sistema en Estudio

Se plantean las siguientes alternativas de mejora del nivel de confiabilidad del sistema en estudio:

- Implementación del Sistema de Gestión de Distribución (DMS: *Distribution Management System*) al SCADA del centro de control de Electro Sur Este S.A.A. con la finalidad de que los equipos de protección y maniobra integrados al SCADA operen de forma inteligente y automática en condiciones anormales y/o de falla. Este sistema realiza la misma labor que los operadores de centro de control, por ejemplo, ante una perturbación determina la zona de falla, aísla esta

última y realiza maniobras de transferencia de carga; la diferencia radica en que el DMS ejecuta todas estas actividades en cuestión de segundos. La implementación de este sistema requiere de una fuerte inversión y de considerables modificaciones en la base de datos del sistema eléctrico georreferenciado de Electro Sur Este S.A.A. así como del sistema de comunicación, etc.

- Integración al SCADA del centro de control de Electro Sur Este S.A.A. de los equipos de maniobra en la SEM de Puente San Sebastián con la finalidad de tener control a distancia de los equipos de interconexión existentes en dicha subestación y poder ejecutar maniobras de transferencia de carga; esta alternativa sin duda mejoraría los tiempos de restablecimiento de carga interrumpida, sin embargo, también estaría sujeto al criterio del operador del centro de control. Por otro lado, para integrar estos equipos al sistema SCADA se requiere de la instalación de relés, RTU's, etc. en otras palabras, implica también una inversión considerable
- Operación en Anillo de los Alimentadores de Media Tensión QU-02 y QU-03 con su interconexión cerrada en la SEM de Puente San Sebastián, como todo sistema en anillo se tendrían disparos selectivos e inmediatos ante posibles perturbaciones por falla en cada zona de protección definida, esto implica una menor afectación de suministros en tiempo real. Además, se tendría una mejor distribución de energía para las cargas, mejores niveles de tensión y disminución de pérdidas técnicas. Para que los AMT's QU-02 y QU-03 operen en anillo se requiere de verificaciones de flujo de carga y algunas modificaciones del sistema de protección, esto no representa una inversión significativa en comparación a las otras dos (02) alternativas.

Tabla 4.1 *Cuadro Comparativo entre las alternativas de mejora*

Alternativa	Aspecto Técnico	Aspecto Económico	Aspecto Temporal
Implementación del Sistema de Gestión de Distribución DMS	Los equipos operan de forma inteligente y automática en condiciones anormales y/o de falla	Alto Costo	Largo Plazo
Integración al SCADA de los equipos de maniobra en la SEM Puente de San Sebastián	Disponibilidad remota de los equipos de interconexión existentes en dicha subestación y poder ejecutar maniobras de transferencia de carga	Mediano Costo	Mediano Plazo
Operación en Anillo de los Alimentadores de Media Tensión QU-02 y QU-03	Disparos selectivos en función a las zonas de protección definidas	Bajo Costo	Corto Plazo

Fuente: Elaboración Propia.

4.3. Selección y Requerimientos de la Alternativa más Favorable

De todas las alternativas de solución propuestas en el ítem 4.2, consideramos que la más adecuada, menos costosa y que además aprovecha de forma óptima los recursos disponibles de las redes en estudio es la “Operación en anillo de los Alimentadores de Media Tensión QU-02 y QU-03” con su interconexión en la subestación eléctrica de maniobras de Puente San Sebastián.

Para que esta alternativa de solución pueda operar de la forma esperada e incrementar el nivel de confiabilidad de los alimentadores de media tensión QU-02 y QU-03 es necesario que el sistema en estudio cumpla ciertos requerimientos y se hagan algunas modificaciones, como son:

- a. El sistema en estudio debe operar de forma permanente en anillo: Es importante precisar que los alimentadores de media tensión del sistema en estudio pueden ser anillados con normalidad en la SEM de Puente San Sebastián con el cierre del disyuntor que interconecta ambas redes, este último en su instalación cumple los requisitos necesarios para que los AMT’s QU-02 y QU-03 puedan ser anillados, como son: nivel de tensión, ángulo y secuencia de fases.
- b. El sistema en estudio debe ser capaz de suministrar energía en condiciones de régimen permanente y de contingencia: Se debe realizar una evaluación de flujo de carga en régimen

permanente y también de contingencia, es decir, en las peores condiciones en las que el sistema en estudio estaría sometido al operar en anillo.

c. Las protecciones del sistema en estudio deben de ser modificadas: Una vez los AMT's QU-02 y QU-03 hayan sido anillados, eléctricamente significa que la topología de estas redes ha cambiado (flujo de carga, cortocircuito), por lo cual es necesario realizar una verificación y un reajuste de los equipos de protección con la finalidad de obtener disparos más selectivos.

d. La protección del sistema en estudio requiere de un equipo adicional en el punto de interconexión: Por teoría conocemos que una red en anillo requiere de equipos que determinen zonas de protección y que además despejen fallas hacia adelante y hacia atrás (protección de sobrecorriente direccional) con la finalidad de garantizar disparos selectivos para la desenergización de las zonas afectadas por alguna perturbación. Por lo expuesto, el sistema en estudio requeriría de un equipo adicional por cada zona de protección definida.

Nuestra propuesta de mejora para el sistema en estudio plantea cinco (05) zonas de protección, normalmente se necesitarían cinco (05) equipos adicionales que limiten estas zonas, sin embargo, a lo largo de la red troncal de los AMT's QU-02 y QU-03 se tienen reconectores y relés de la marca NOJA POWER, estos equipos por su tecnología tienen integrados las funciones OC (Over Current) y EF (Earth Fault), estos a su vez tienen seis (06) subfunciones cada uno OC1+, OC2+, OC3+, OC1-, OC2-, OC3-, EF1+, EF2+, EF3+, EF1-, EF2- y EF3- que pueden ser utilizadas para definir ajustes direccionales hacia adelante (+) y hacia atrás (-) del reconector. Lo expuesto anteriormente simplifica la necesidad de contar con varios equipos de protección por lo que el único requerimiento para nuestra propuesta de mejora es tener un reconector y relé NOJA adyacente al punto de interconexión de los alimentadores de media tensión QU-02 y QU-03.

Sin necesidad de mucha inversión se plantea el cambio de ubicación del seccionador bajo carga SBC-1026(1ro de San Sebastián) con el reconectador RC-1003 (4to de San Sebastián) y ubicar este último adyacente a la SEM de Puente San Sebastián.

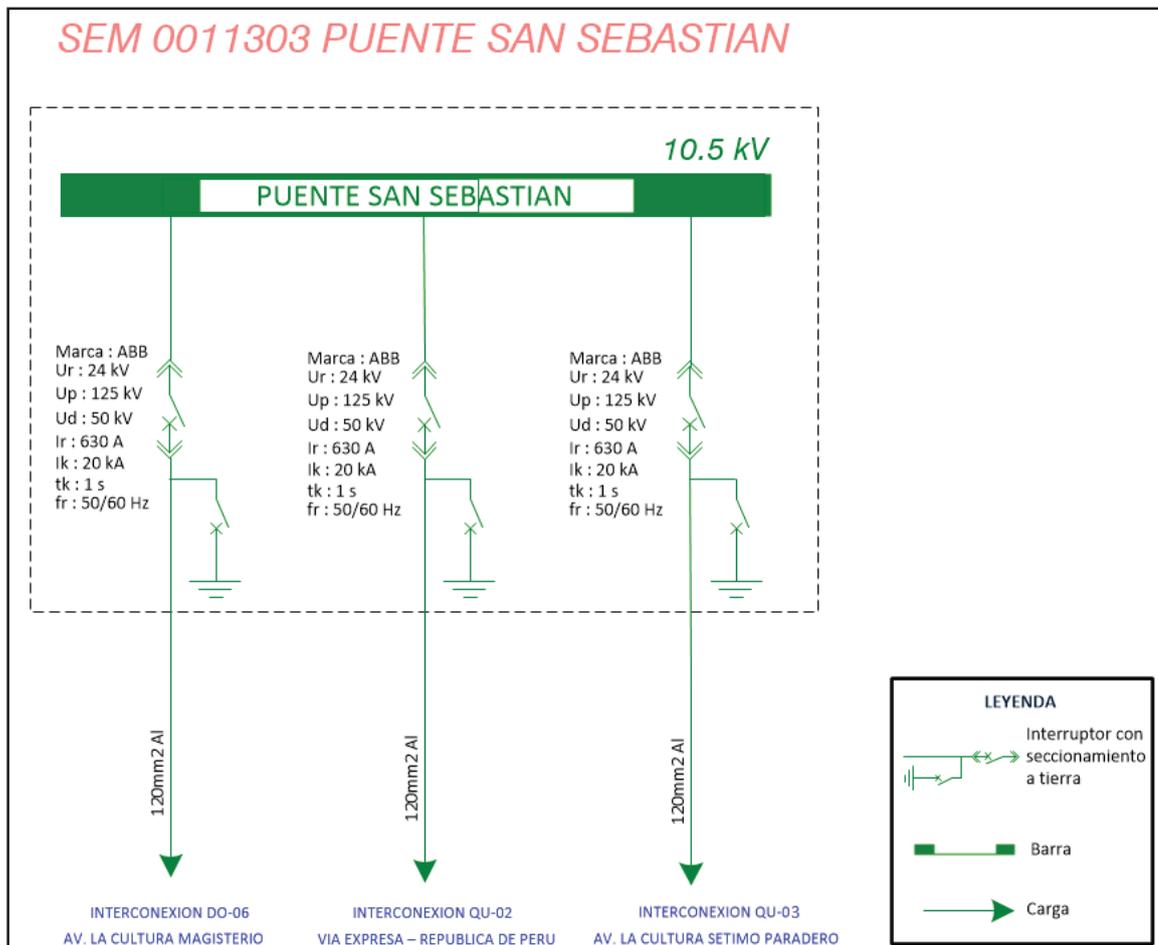


Ilustración 4.1 Diagrama Unifilar de la SEM de Puente San Sebastián

Fuente: Elaboración Propia.

Ur Tensión asignada

Up: Tensión soportada a impulso

Ud: Tensión de prueba (50-60 Hz por 1 min)

Ir: Corriente asignada

Ik: Corriente asignada admisible de corta duración

tk: Tiempo máximo de ensayo con la corriente Ik

fr: Frecuencia asignada



Ilustración 4.2 Subestación de Maniobra - Puente San Sebastián

Fuente: Recopilación Propia.

Con todos los requerimientos expuestos anteriormente se ha determinado un nuevo diagrama unifilar de los alimentadores de media tensión QU-02 y QU-03 y también se han establecido zonas de protección que garantizarán un incremento considerable en el nivel de confiabilidad.

Tabla 4.2 Delimitación de las Zonas de Protección

Zona de Protección	Equipos de Protección (Desde - Hasta)		Cantidad de Suministros
Zona 1	IN-1414	RC-1024	3217
Zona 2	RC-1024	IN-1001	3223
Zona 3	RC-1026	IN-1001	6186
Zona 4	RC-1025	RC-1026	6175
Zona 5	IN-1552	RC-1025	6733
		TOTAL	25534

Fuente: Elaboración Propia.

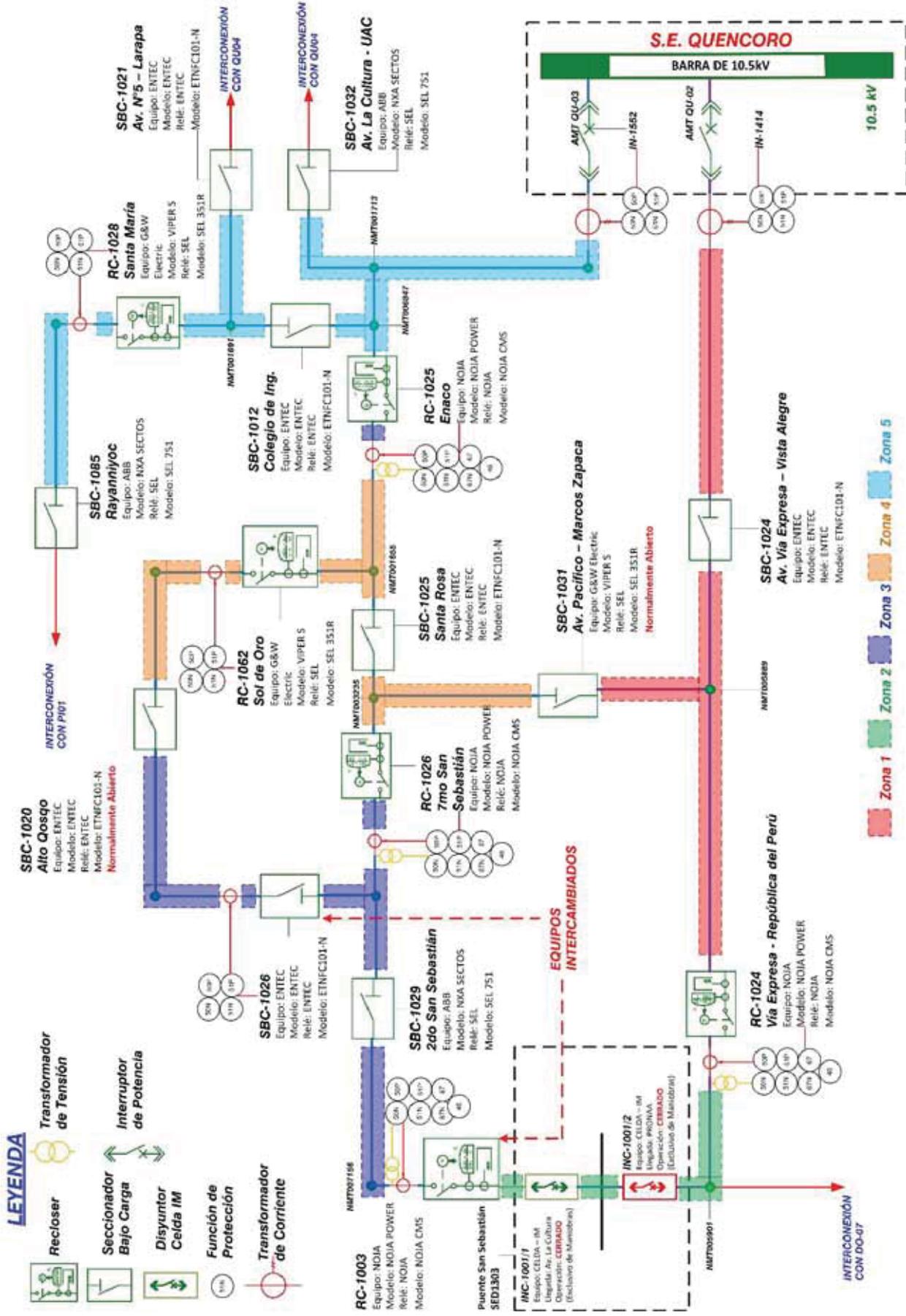


Ilustración 4.3 Nuevo Diagrama Unifilar de los Alimentadores QU-02 y QU-03 con la Operación Propuesta y sus Zonas de Protección
Fuente: Elaboración Propia.

4.4. Condiciones Operativas de la Alternativa Propuesta

Para verificar el comportamiento del sistema en estudio con la operación propuesta en régimen permanente y en condiciones de contingencia, se han hecho nuevas simulaciones en el software DIGSILENT Power Factory 15.1 considerando las nuevas variaciones topológicas y las zonas de protección ya expuestas.

4.4.1. Flujo de Carga en Régimen Permanente.

Para la simulación de flujo de carga del sistema en estudio con la operación propuesta se han tomado los mismos criterios que en el ítem 3.3.1, de lo cual se han obtenido los siguientes resultados:

Tabla 4.3
Niveles de Carga en las Líneas de Transmisión

Escenario	NIVELES DE CARGA EN LÍNEAS DE TRANSMISIÓN																											
	Avenida 2019							Estraje 2019																				
	Línea de Transmisión	Código	kV	Máxima Demanda	Media Demanda	Mínima Demanda	Máxima Demanda	Media Demanda	Mínima Demanda	Máxima Demanda	Media Demanda	Mínima Demanda	Máxima Demanda	Media Demanda	Mínima Demanda													
Inicio	Fin		MW	MVAR	A (%)	MW	MVAR	A (%)	MW	MVAR	A (%)	MW	MVAR	A (%)	MW	MVAR	A (%)											
Escenario Avenida 2019	Machupicchu	Cachimayo	L-1001	138	59.46	-8.35	0.25	84.14	54.85	-9.54	0.23	77.88	48.86	-12.93	0.21	70.41	48.79	-6.02	0.20	68.40	44.15	-7.04	0.18	62.04	38.02	-10.20	0.16	54.31
	Machupicchu	Derv. Cachimayo	L-1002/1	138	54.16	-5.76	0.23	64.76	49.94	-6.93	0.21	59.85	44.59	-10.26	0.19	54.09	43.24	-4.96	0.18	51.39	38.98	-5.95	0.16	46.44	33.50	-9.04	0.14	40.62
	Derv. Cachimayo	Quencoro	L-1002/2	138	52.47	-7.25	0.22	64.11	48.50	-7.48	0.21	59.06	43.43	-9.75	0.19	52.87	42.18	-4.13	0.18	50.81	38.12	-4.37	0.16	45.71	32.85	-6.60	0.14	39.34
	Derv. Cachimayo	Cachimayo	L-1002/3	138	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Escenario Avenida 2019	Cachimayo	Dolorespata	L-1003	138	50.28	-5.14	0.21	72.13	44.20	-5.61	0.19	63.19	36.24	-9.04	0.16	52.25	37.96	-6.16	0.16	54.52	31.80	-6.59	0.14	45.73	23.71	-9.94	0.11	35.65
	Dolorespata	Quencoro	L-1004	138	17.27	-3.15	0.07	24.82	18.97	-1.89	0.08	26.76	21.96	-0.87	0.09	30.37	5.08	-3.56	0.03	8.69	6.68	-2.31	0.03	9.83	9.51	-1.28	0.04	13.13
Escenario Estraje 2019	S.E. Quencoro	Av. República	QU-02	10.5	2.99	0.85	0.17	30.09	2.10	0.75	0.12	21.55	1.44	0.30	0.08	14.21	2.99	0.85	0.17	30.20	2.10	0.75	0.12	21.62	1.44	0.30	0.08	14.22
	Av. República	Pte. San Sebastián	QU-02	10.5	1.98	0.53	0.12	24.33	1.47	0.51	0.09	18.24	1.00	0.20	0.06	11.89	1.98	0.53	0.12	24.42	1.47	0.51	0.09	18.30	1.00	0.20	0.06	11.90
	S.E. Quencoro	Enaco	QU-03	10.5	4.66	0.65	0.26	70.43	3.06	0.62	0.17	46.53	2.04	0.10	0.11	30.48	4.66	0.65	0.26	70.69	3.06	0.62	0.17	46.68	2.04	0.10	0.11	30.51
	Enaco	7mo San Sebastián	QU-03	10.5	2.72	0.28	0.15	42.09	1.95	0.35	0.11	30.19	1.33	0.05	0.07	20.10	2.72	0.28	0.15	42.24	1.95	0.35	0.11	30.28	1.33	0.05	0.07	20.11
	7mo San Sebastián	Pte. San Sebastián	QU-03	10.5	1.27	0.06	0.07	20.05	1.08	0.15	0.06	16.85	0.75	0.02	0.04	11.49	1.27	0.06	0.07	20.12	1.08	0.15	0.06	16.89	0.75	0.02	0.04	11.5'

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 4.4 Niveles de Carga en Transformadores de Potencia

NIVEL DE CARGA EN TRANSFORMADORES DE POTENCIA						
Escenario	Avenida 2019			Estiaje 2019		
	Máxima Demanda	Media Demanda	Mínima Demanda	Máxima Demanda	Media Demanda	Mínima Demanda
Cargabilidad del Transformador	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
Transformador T-80-131 Quencoro 25/7.5/17,5MVA, 132/34.5/10.5kV	70.03(LV)	53.48(MV)	77.14(MV)	70.27(LV)	53.64(MV)	77.21(MV)
Transformador T-47-131 Quencoro 10/3/7MVA, 132/34.5/10.5kV	87.06(LV)	73.05(LV)	54.37(LV)	87.35(LV)	73.26(LV)	54.42(LV)
Transformador TR01 Dolorespata 12.2.MVA/ 138/11.5 kV	66.77	51.47	28.96	66.23	51.05	28.72
Transformador TR02 Dolorespata 12.2MVA/ 138/11.5kV	66.77	51.47	28.96	66.23	51.05	28.72
Transformador TR03 Dolorespata 30MVA, 138/11.5kV	67.79	54.80	43.54	67.45	54.65	43.63

Fuente: Elaboración Propia.

HV: High Voltage

MV: Medium Voltage

LV: Low Voltage

Tabla 4.5 Tensiones de Operación

TENSIONES DE OPERACIÓN													
Escenario	Subestación	Tensión nominal (kV)	Avenida 2019						Estiaje 2019				
			Máxima Demanda		Media Demanda		Mínima demanda		Máxima Demanda		Media Demanda		Mínima demanda
		(kV)	p.u.	(kV)	p.u.	(kV)	p.u.	(kV)	p.u.	(kV)	p.u.	(kV)	p.u.
Quencoro Barra B	138	135.6	0.98	136.5	0.99	138.7	1.00	136.9	0.99	137.9	1.00	140.2	1.02
Quencoro Barra A	138	135.6	0.98	136.5	0.99	138.7	1.00	136.9	0.99	137.9	1.00	140.2	1.02
Dolorespata	138	135.7	0.98	136.7	0.99	138.8	1.01	136.8	0.99	137.9	1.00	140.3	1.02
Machupicchu	138	138.7	1.01	139.0	1.01	139.6	1.01	139.7	1.01	140.1	1.01	140.9	1.02
Cachimayo	138	136.2	0.99	137.1	0.99	139.0	1.01	137.1	0.99	138.0	1.00	140.2	1.02
Quencoro	34.5	34.9	1.01	35.0	1.02	34.9	1.01	34.8	1.01	35.0	1.01	34.9	1.01
Quencoro	10.5	10.6	1.01	10.7	1.02	10.7	1.02	10.6	1.01	10.7	1.01	10.6	1.01
Dolorespata	10.5	10.5	1.00	10.6	1.01	10.9	1.04	10.6	1.01	10.7	1.02	11.0	1.05
Quencoro	10.5	10.6	1.01	10.7	1.02	10.7	1.02	10.6	1.01	10.7	1.01	10.6	1.01
Av. República del Perú	10.5	10.3	0.98	10.4	0.99	10.5	1.00	10.3	0.98	10.4	0.99	10.5	1.00
Puente San Sebastián	10.5	10.3	0.98	10.4	0.99	10.5	1.00	10.2	0.97	10.4	0.99	10.5	1.00
Enaco	10.5	10.4	0.99	10.5	1.00	10.6	1.01	10.3	0.98	10.5	1.00	10.5	1.00
7mo San Sebastián	10.5	10.3	0.98	10.4	0.99	10.5	1.00	10.2	0.97	10.4	0.99	10.5	1.00

Fuente: Elaboración Propia.

En las Tablas 4.3, 4.4 y 4.5 se muestran los resultados más relevantes obtenidos de las simulaciones hechas de flujo de carga para el sistema en estudio.

Los gráficos de las simulaciones de flujo de carga del sistema en estudio se presentan en el Anexo I.

4.4.2. Análisis de Contingencias.

La operación propuesta para el sistema en estudio plantea que, ante alguna perturbación por falla en una de las zonas de protección definidas, el sistema de protección de la red en anillo despejará solo la zona en falla, mientras que las otras seguirán siendo suministradas por las fuentes más cercanas, ya sea el AMT QU-02 o el AMT QU-03. Por ejemplo, si se tuviera una falla en la Zona 4 se tendría la actuación de los equipos RC-1025(falla hacia adelante) y RC-1026(falla hacia atrás) liberando la Zona 4 por la presencia de una falla permanente, mientras que las Zona 5 sería suministrada por el AMT QU-03 y las zonas 1, 2 y 3 por el AMT QU-02.

Tabla 4.6
Zonas con Suministro ante Fallas Permanentes en diferentes Zonas de Protección

Zona de Protección en Falla	Equipos de Protección que Actúan ante la Falla		Zonas Alimentadas por el AMT QU-02	Zonas Alimentadas por el AMT la QU-03
Zona 1	RE_IN-1414	RC-1024_r	-	Zona 2, 3, 4 y 5
Zona 2	RC-1024_f	RE_IN-1001_r	Zona 1	Zona 3, 4 y 5
Zona 3	RC-1026_f	RE_IN-1001_f	Zona 1 y 2	Zona 4 y 5
Zona 4	RC-1025_f	RC-1026_r	Zona 1, 2 y 3	Zona 5
Zona 5	RE_IN-1552	RC-1025_r	Zona 1, 2, 3 y 4	-

Fuente: Elaboración Propia.

Las modificaciones topológicas que se han hecho al sistema en estudio requieren de una evaluación de contingencias, en específico de las dos (02) condiciones más adversas en las que estarían sometidos los alimentadores de media tensión QU-02 y QU-03 con su operación en anillo, las cuales son:

- a. Indisponibilidad de la Zona 1: Implica que ante una perturbación por falla en la Zona 1 y el disparo selectivo de los equipos de protección del alimentador de media tensión QU-02 y del reconector RC-1024(falla hacia atrás), el alimentador de media tensión QU-03 sea quién asuma la carga de la Zona 2.

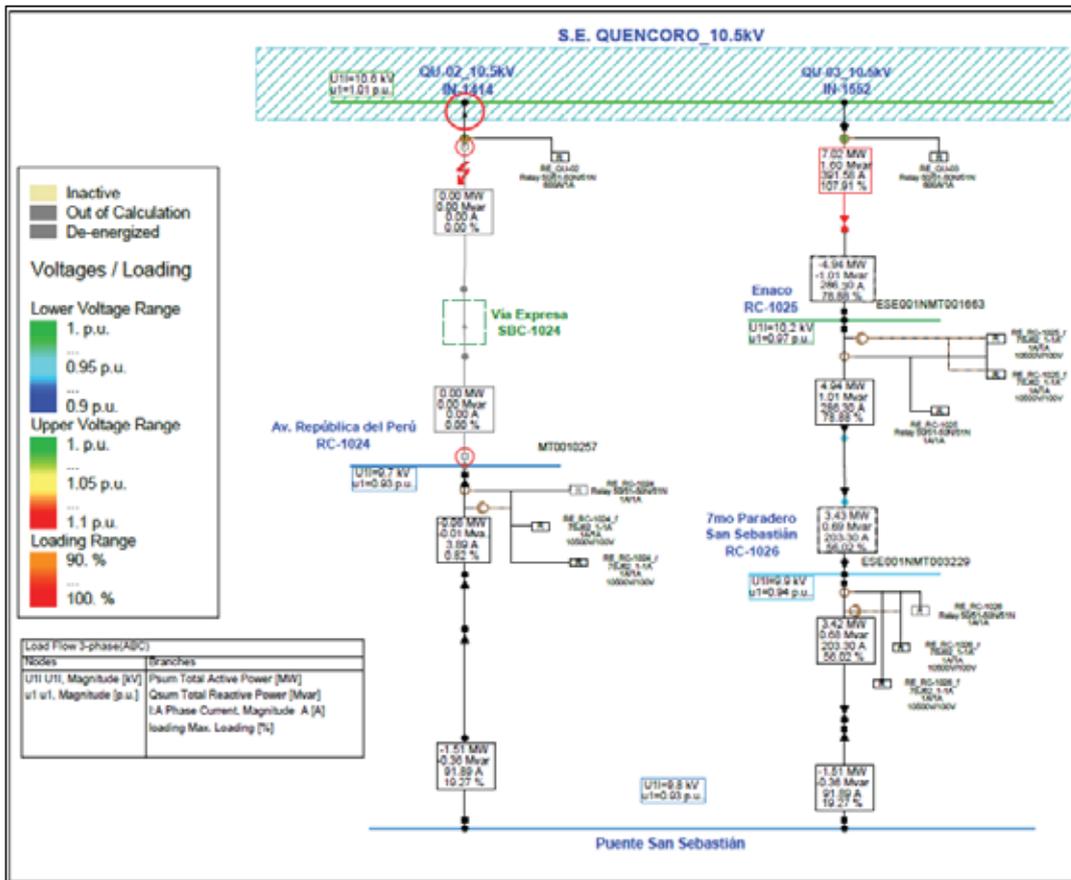


Ilustración 4.4 Simulación de Flujo de Carga por Perturbación en la Zona 1

Fuente: Elaboración Propia.

Escenario: Máxima Demanda – Avenida 2019

En las condiciones más adversas ante una perturbación por falla en Zona 1 (máxima demanda), el sistema en estudio opera en condiciones normales a excepción de la tensión de llegada al reconvertidor RC-1024 (Av. República del Perú) de 0.93 p.u. La Norma Técnica de Operación en Tiempo Real establece que en condiciones de contingencia de un sistema se aceptan variaciones del 10% (0.90 p.u. – 1.10 p.u.), sin embargo, al tratarse de un sistema de

distribución se plantea la transferencia de carga de la zona de Larapa y Santa María al AMT QU-04 con la finalidad de obtener valores dentro de la NTCSE (0.95 p.u. – 1.05 p.u.).

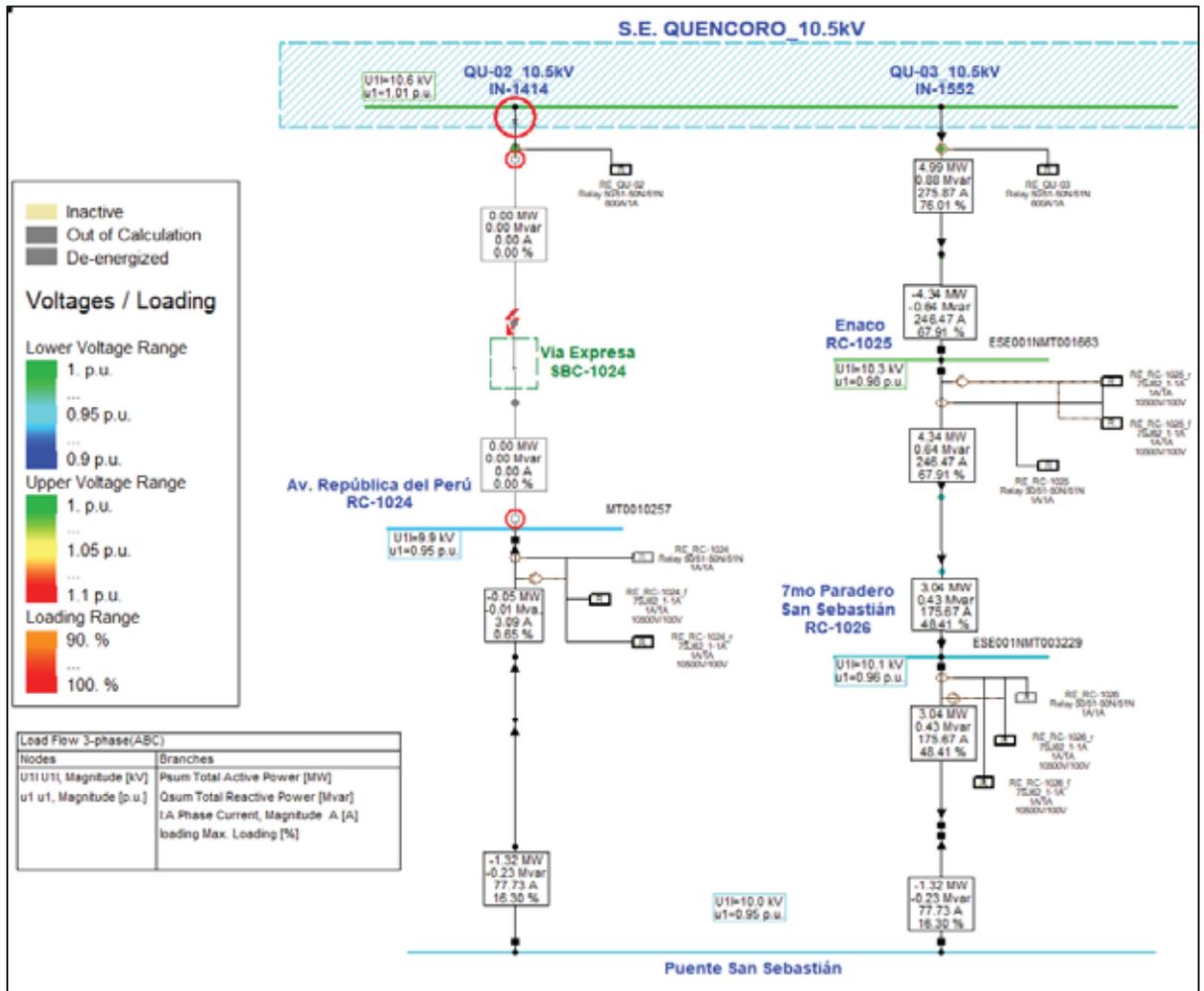


Ilustración 4.5 Simulación de Flujo de Carga por Perturbación en la Zona 1

Fuente: Elaboración Propia.

Escenario: Máxima Demanda – Avenida 2019

Consideración: Se hizo la transferencia de carga de la zona de Larapa y Santa María al AMT QU-04.

Según la ilustración 4.6 la menor tensión se registra en la SED 0010128 (Calle Sucre – Centro de San Sebastián) con 0.94 p.u., en presencia de una perturbación por falla en Zona 1 y con la consideración mencionada anteriormente.

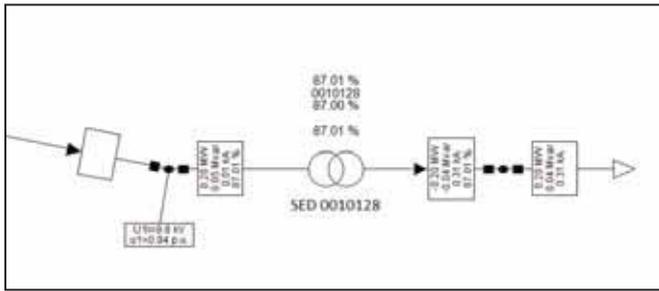


Ilustración 4.6 Simulación de Flujo de Carga en la SED 0010128

Fuente: Elaboración Propia.

- b. Indisponibilidad de la Zona 5: Implica que ante una perturbación por falla en la Zona 5 y el disparo selectivo de los equipos de protección del alimentador de media tensión QU-03 y del reconectador RC-1025(falla hacia atrás), el alimentador de media tensión QU-02 sea quién asuma la carga de las zonas 3 y 4.

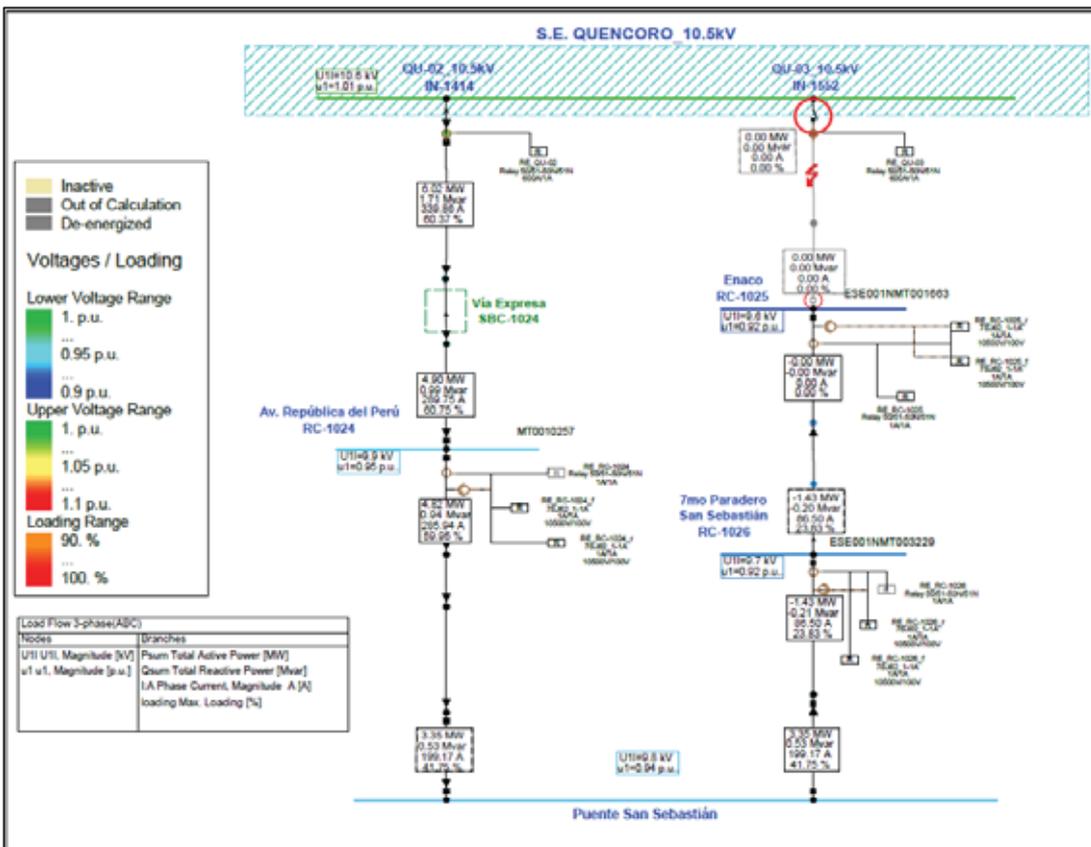


Ilustración 4.7 Simulación de Flujo de Carga por Perturbación en la Zona 5

Fuente: Elaboración Propia.

Escenario: Máxima Demanda – Avenida 2019

En las condiciones más adversas ante una perturbación por falla en Zona 5 (máxima demanda), el sistema en estudio opera en condiciones normales.

Según la ilustración 4.8 la menor tensión se registra en la SED 0011073 (APV. Reales del Bosque – Alto Qosqo) con 0.96 p.u., en presencia de una perturbación por falla en Zona 5.

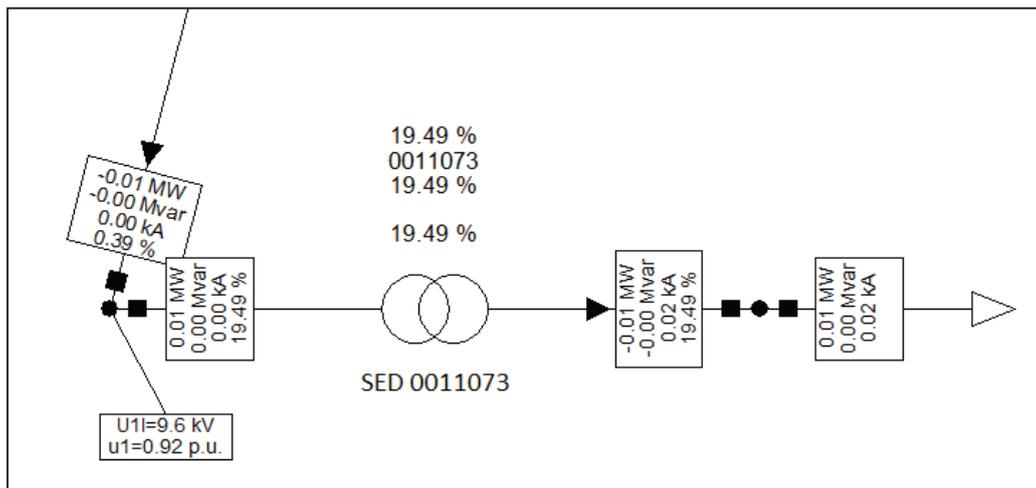


Ilustración 4.8 Simulación de Flujo de Carga en la SED 0011073

Fuente: Elaboración Propia.

Por lo expuesto anteriormente, se garantiza la operación en régimen permanente y en contingencia de la operación en anillo de los alimentadores de media tensión QU-02 y QU-03. No se han simulado más contingencias ya que en comparación con otros escenarios (Media Demanda y Mínima Demanda) y otras zonas (Zona 2, Zona3 y Zona 4), las dos (02) contingencias ya descritas son las más adversas, es decir, si las condiciones operativas en las peores condiciones de la Zona 1 y Zona 5 están dentro de los valores permitidos por la NTCSE; las otras también lo estarán.

4.4.3. Análisis de Cortocircuito.

Para la simulación de cortocircuito del sistema en estudio con la operación propuesta se han tomado los mismos criterios que en el ítem 3.3.2, de lo cual se han obtenido los siguientes resultados:

Tabla 4.7
Resultados de Cortocircuito en Avenida 2019-Máxima Demanda

Resultados de Cortocircuito - 2019							
Transmisión	Avenida 2019 - Máxima Demanda						
	V nom	Falla Trifásica	Falla Bifásica		Falla Monofásica		
	kV	Rf= 0 ohm	Rf= 0 ohm	Rf= 5 ohm	Rf= 0 ohm	Rf= 25 ohm	Rf= 50 ohm
		Ikss-3ø (kA)	Ikss-2ø (kA)	Ikss-2ø (kA)	Ikss-1ø (kA)	Ikss-1ø (kA)	Ikss-1ø (kA)
QUENCORO BARRA B	138	3.00	2.47	2.39	3.25	1.99	1.27
QUENCORO BARRA A	138	3.00	2.47	2.39	3.25	1.99	1.27
DOLORESPATA	138	3.01	2.47	2.39	3.37	2.02	1.28
MACHUPICHU	138	6.44	4.71	4.54	6.81	2.76	1.51
CACHIMAYO	138	3.15	2.58	2.50	3.27	2.01	1.28
QUENCORO	34.5	2.76	2.39	2.16	3.59	0.81	0.44
Distribución	Avenida 2019 - Máxima Demanda						
	V nom	Falla Trifásica	Falla Bifásica		Falla Monofásica		
	kV	Rf= 0 ohm	Rf= 0 ohm	Rf= 5 ohm	Rf= 0 ohm	Rf= 25 ohm	Rf= 50 ohm
		Ikss-3ø (kA)	Ikss-2ø (kA)	Ikss-2ø (kA)	Ikss-1ø (kA)	Ikss-1ø (kA)	Ikss-1ø (kA)
QUENCORO	10.5	13.15	11.20	1.99	1.59	0.24	0.12
DOLORESPATA	10.5	15.99	13.56	1.99	1.64	0.24	0.12
AV. REPÚBLICA (QU-02)	10.5	3.41	3.13	1.44	0.95	0.22	0.11
PUENTE SAN SEBASTIÁN (QU-02)	10.5	3.32	3.05	1.41	0.94	0.22	0.11
ENACO (QU-03)	10.5	4.61	4.18	1.57	1.12	0.23	0.12
7MO SAN SEBASTIÁN (QU-03)	10.5	3.53	3.23	1.43	0.98	0.22	0.11

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 4.8 *Resultados de Cortocircuito en Estiaje 2019-Mínima Demanda*

Resultados de Cortocircuito - 2019							
Transmisión	Estiaje 2019 - Mínima Demanda						
	V nom	Falla Trifásica	Falla Bifásica		Falla Monofásica		
	kV	Rf= 0 ohm	Rf= 0 ohm	Rf= 5 ohm	Rf= 0 ohm	Rf= 25 ohm	Rf= 50 ohm
		Ikss-3ø (kA)	Ikss-2ø (kA)	Ikss-2ø (kA)	Ikss-1ø (kA)	Ikss-1ø (kA)	Ikss-1ø (kA)
QUENCORO BARRA B	138	2.79	2.31	2.24	3.10	1.99	1.30
QUENCORO BARRA A	138	2.79	2.31	2.24	3.10	1.99	1.30
DOLORESPATA	138	2.79	2.31	2.24	3.20	2.02	1.31
MACHUPICHU	138	4.93	3.75	3.64	5.63	2.66	1.51
CACHIMAYO	138	2.91	0.84	2.33	3.11	2.00	1.30
QUENCORO	34.5	2.75	2.40	2.19	3.57	0.85	0.49
Distribución	Estiaje 2019 - Mínima Demanda						
	V nom	Falla Trifásica	Falla Bifásica		Falla Monofásica		
	kV	Rf= 0 ohm	Rf= 0 ohm	Rf= 5 ohm	Rf= 0 ohm	Rf= 25 ohm	Rf= 50 ohm
		Ikss-3ø (kA)	Ikss-2ø (kA)	Ikss-2ø (kA)	Ikss-1ø (kA)	Ikss-1ø (kA)	Ikss-1ø (kA)
QUENCORO	10.5	12.97	11.05	2.02	1.60	0.24	0.12
DOLORESPATA	10.5	15.71	13.33	2.10	1.74	0.25	0.13
AV. REPÚBLICA (QU-02)	10.5	3.43	3.15	1.48	0.98	0.23	0.12
PUENTE SAN SEBASTIÁN (QU-02)	10.5	3.35	3.07	1.46	0.97	0.23	0.12
ENACO (QU-03)	10.5	4.62	4.20	1.61	1.15	0.23	0.12
7MO SAN SEBASTIÁN (QU-03)	10.5	3.55	3.26	1.48	1.00	0.23	0.12

Fuente: Elaboración Propia.

En las Tablas 4.7 y 4.8 se muestran los resultados obtenidos de las simulaciones hechas de cortocircuito para el sistema en estudio.

Los gráficos de las simulaciones de cortocircuito del sistema en estudio se presentan en el Anexo J.

4.5. Modificación del Estudio de Coordinación de Protecciones Vigente en Función a la Alternativa Propuesta

La modificación de las funciones y de los ajustes de los equipos de protección del sistema en estudio es indispensable para la implementación de la operación propuesta, tal y como se había indicado anteriormente, esto debido a la variación significativa de los niveles de cortocircuito como se puede corroborar en los resultados del ítem 4.4.3 y como consecuencia de la variación de la topología de los alimentadores de media tensión QU-02 y QU-03.

En la Tabla 4.9 se presentan los equipos y sus funcionalidades involucradas ante una perturbación por falla en las zonas de protección determinadas anteriormente.

Tabla 4.9 *Disparo Selectivo de los Equipos de Protección ante Fallas en diferentes Zonas de Protección*

Zona de Protección en Falla	Equipos de Protección que Actuarán ante la Falla	
Zona 1	RE_IN-1414	RC-1024_r
Zona 2	RC-1024_f	RE_IN-1001_r
Zona 3	RC-1026_f	RE_IN-1001_f
Zona 4	RC-1025_f	RC-1026_r
Zona 5	RE_IN-1552	RC-1025_r

Fuente: Elaboración Propia.

Funciones Habilitadas:

f (forward) → OC1⁺ OC2⁺ OC3⁺

r (reverse) → OC1⁻ OC2⁻ OC3⁻

4.5.1. Criterios de Ajuste y Coordinación de las Protecciones para la Alternativa

Propuesta.

Con el fin de permitir la correcta operación en anillo de los alimentadores de media tensión QU-02 y QU-03 se han tomado algunos criterios del documento web publicado por el COES “Criterios de Ajuste y Coordinación de los Sistemas de Protección del SEIN” de Julio de 2018:

- a. La corriente de arranque de la protección de sobrecorriente de fases será siempre mayor o igual al 120% de la máxima carga en operación y contingencia de cada equipo.
- b. La corriente de arranque de la protección de sobrecorriente a tierra será siempre mayor o igual al 20% de la relación de transformación del TC del equipo de protección o deberá ser ajustado en un umbral que permita otorgar sensibilidad al relé inclusive ante fallas a tierra de alta impedancia.
- c. El sistema de protección de sobrecorriente de fases deberá despejar fallas trifásicas francas, bifásicas francas y bifásicas con resistencia de 5 ohmios de tipo locales (al 0.01% de su zona de protección) y remotas (al 99.99% de su zona de protección).
- d. El sistema de protección de sobrecorriente a tierra deberá despejar fallas monofásicas francas y monofásicas con resistencia de 50 ohmios de tipo locales (al 0.01% de su zona de protección) y remotas (al 99.99% de su zona de protección).
- e. El sistema de protección deberá tener al menos un respaldo en cada una de las zonas de protección, además, la protección principal deberá coordinar con un mínimo de 150ms con su respectiva protección de respaldo.

4.5.2. Determinación de los Ajustes de Protección para la Alternativa Propuesta.

Para cumplir con los criterios de ajuste y coordinación de protección establecidos para la operación propuesta del sistema en estudio, se han determinado las siguientes corrientes de arranque para los equipos de protección instalados a lo largo de la red y sus respectivas funciones:

Tabla 4.10
Cálculo de Corrientes de Arranque de Fases

Relé	Imáx (A)	Iphase (130% Imáx)
RE_QU-02	339.7	441.61
RE_RC-1024_f	289.6	376.48
RE_RC-1024_r	22.6	29.38
RE_IN-1001_f	199.0	258.70
RE_IN-1001_r	111.5	144.95
RE_RC-1026_f	223.7	290.81
RE_RC-1026_r	86.4	112.32
RE_RC-1025_f	307.1	399.23
RE_RC-1025_r	149.5	194.38
RE_QU-03	412.5	536.25

Fuente: Elaboración Propia

Se han seleccionado curvas de tiempo inverso de tipo NI (Normalmente Inverso) y VI (Muy Inverso) ya que, al tratarse de un sistema de distribución estas curvas coordinan correctamente con los fusibles instalados en todas las derivaciones de la red en estudio. Por otro lado, se han considerado curvas de tiempo definido en algunos casos con la finalidad de garantizar menores tiempos de disparo y que los equipos de protección puedan despejar todos los tipos de fallas definidos en los criterios de protección.

Con todo lo expuesto anteriormente se han definido los siguientes ajustes de protección para la operación propuesta del sistema en estudio.

Tabla 4.11
Ajustes de Sobrecorriente de Fases Propuesto

SOBRECORRIENTE DE FASES - PROPUESTO											
AMT	COD. RELE	MARCA	TC	Tiempo Inverso			Tiempo Definido			DIRECCION	
				Ajuste Temporizado			Ajuste Instantáneo				
				I>	TMS	Curva	I>>	t>>			
A.Sec	A.Prim		A.Sec	A.Prim	(s)						
QU02	RE_QU-02	SIEMENS	600/1	0.75	450	0.1	IEC-NI				Ninguna
	RE_1024	NOJA	1/1	390	390	0.07	IEC-NI				Forward (+)
		NOJA	1/1	75	75	0.07	IEC-VI				Reverse (-)
	RE_IN-1001	NOJA	1/1	300	300	0.06	IEC-VI				Forward (+)
		NOJA	1/1	150	150	0.06	IEC-NI				Reverse (-)
QU03	RE_QU-03	SIEMENS	600/1	0.9	540	0.13	IEC-NI				Ninguna
	RE_1025	NOJA	1/1	400	400	0.11	IEC-NI				Forward (+)
		NOJA	1/1	100	100	0.05	IEC-VI	800	800	0.04	Reverse (-)
	RE_1026	NOJA	1/1	300	300	0.08	IEC-NI				Forward (+)
		NOJA	1/1	130	130	0.10	IEC-VI	1400	1400	0.02	Reverse (-)

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 4.12
Ajustes de Sobrecorriente de Tierra Propuesto

SOBRECORRIENTE DE TIERRA - PROPUESTO												
AMT	COD. RELE	Tiempo Definido			Tiempo Inverso				Tiempo Definido			DIRECCION
		Ajuste Instantáneo			Ajuste Temporizado				Ajuste Instantáneo			
		I>>	t>>		I>	TMS	Curva	I>>	t>>			
A.Sec	A.Prim	(s)	A.Sec	A.Prim		A.Sec	A.Prim	(s)				
QU02	RE_QU-02	0.09	54	1.20	0.09	54	0.19	IEC-NI	2	1200	0.20	Ninguna
	RE_1024	35	35	1.00	45	45	0.15	IEC-NI				Forward (+)
		20	20	0.30	30	30	0.05	IEC-VI				Reverse
	RE_IN-1001	20	20	0.80	35	35	0.11	IEC-NI				Forward (+)
		30	30	0.50	35	35	0.07	IEC-NI				Reverse (-)
QU03	RE_QU-03	0.1	60	1.20	0.11	66	0.20	IEC-NI	2	1200	0.10	Ninguna
	RE_1025	50	50	0.90	50	50	0.16	IEC-NI				Forward (+)
		20	20	0.40	30	30	0.05	IEC-VI				Reverse
	RE_1026	35	35	0.70	45	45	0.11	IEC-NI				Forward (+)
		20	20	0.60	35	35	0.07	IEC-NI	250	250	0.08	Reverse

Fuente: Elaboración Propia

4.6. Verificación de los Ajustes y Coordinación de las Protecciones Propuesto

Con los ajustes de protección propuestos para los relés del sistema en estudio corresponde realizar la verificación de la coordinación y actuación de estos con el fin de garantizar el disparo selectivo por cada una de las zonas establecidas.

4.6.1. Verificación de los Ajustes y Coordinación de las Protecciones de las Zonas 1, 2, 3, 4 y 5.

Se han obtenido resultados favorables de la verificación de la selectividad del sistema de protección en cada una de las zonas definidas considerando la naturaleza de todas las posibles perturbaciones por falla que podrían ocurrir en el sistema en estudio. Estos resultados se presentan en los anexos K y L. Así mismo, con el fin de explicar cada una de las curvas I vs t de estos anexos se presenta el ítem 4.6.1.1; en el cual de forma aleatoria se ha seleccionado la Zona 4 y cuya secuencia de actuación de las protecciones es la misma para las demás zonas.

4.6.1.1. Protección de Sobrecorriente de Fases de la Zona 4.

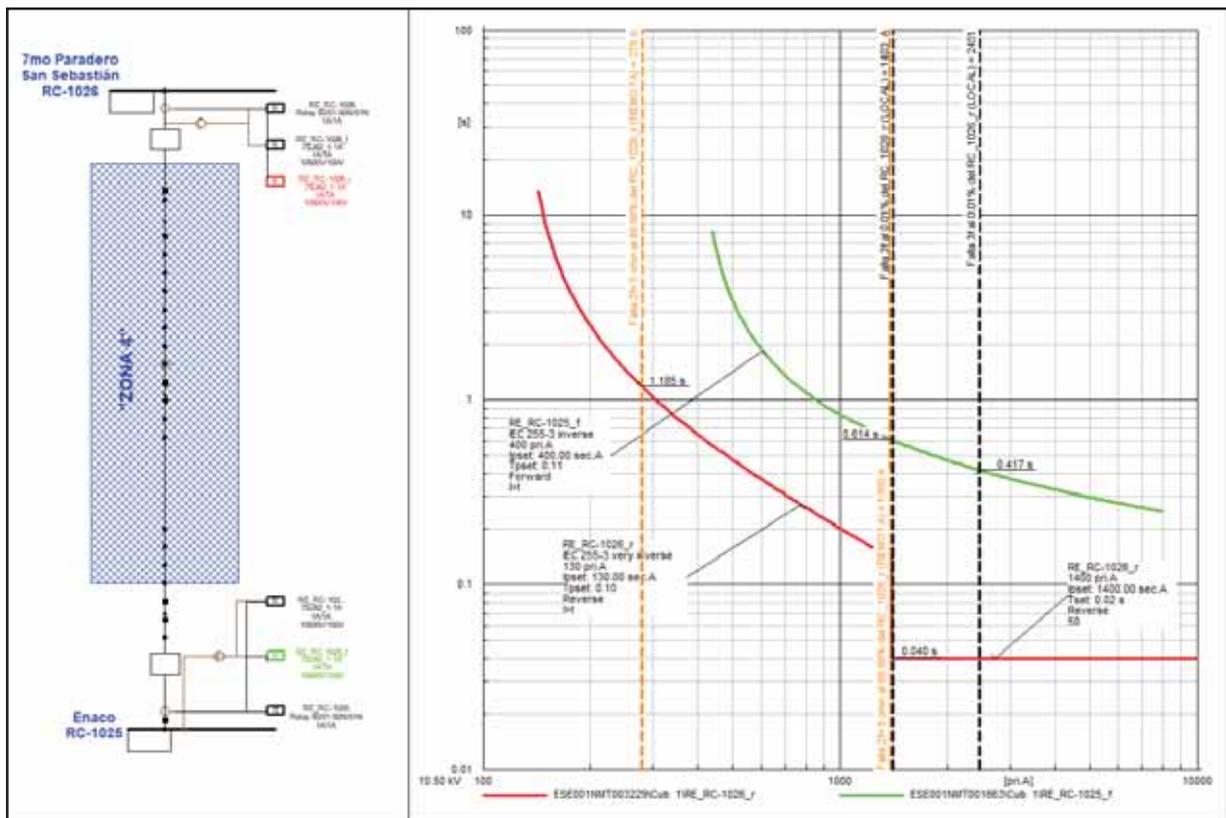


Ilustración 4.9 Ajustes de Sobrecorriente de Fases de los relés RC-1025 y RC-1026
Fuente: Elaboración Propia.

Ante una falla trifásica franca local al reconectador RC-1026_r ($I_f = 2.451\text{kA}$); el relé RE_RC-1025_f despejará la falla en un tiempo de 417 ms, y el relé RE_RC-1026_r ($I_f = 1.403\text{kA}$) la despejará en 40 ms.

Ante una falla bifásica remota al reconectador RC-1026_r ($I_f = 1.381\text{kA}$) con 5 ohmios de resistencia de falla; el relé RE_RC-1025_f despejará la falla en un tiempo de 614 ms, y el relé RE_RC-1026_r ($I_f = 0.278\text{kA}$) la despejará en 1185 ms. Por lo tanto, en los dos casos de falla existe coordinación entre los relés.

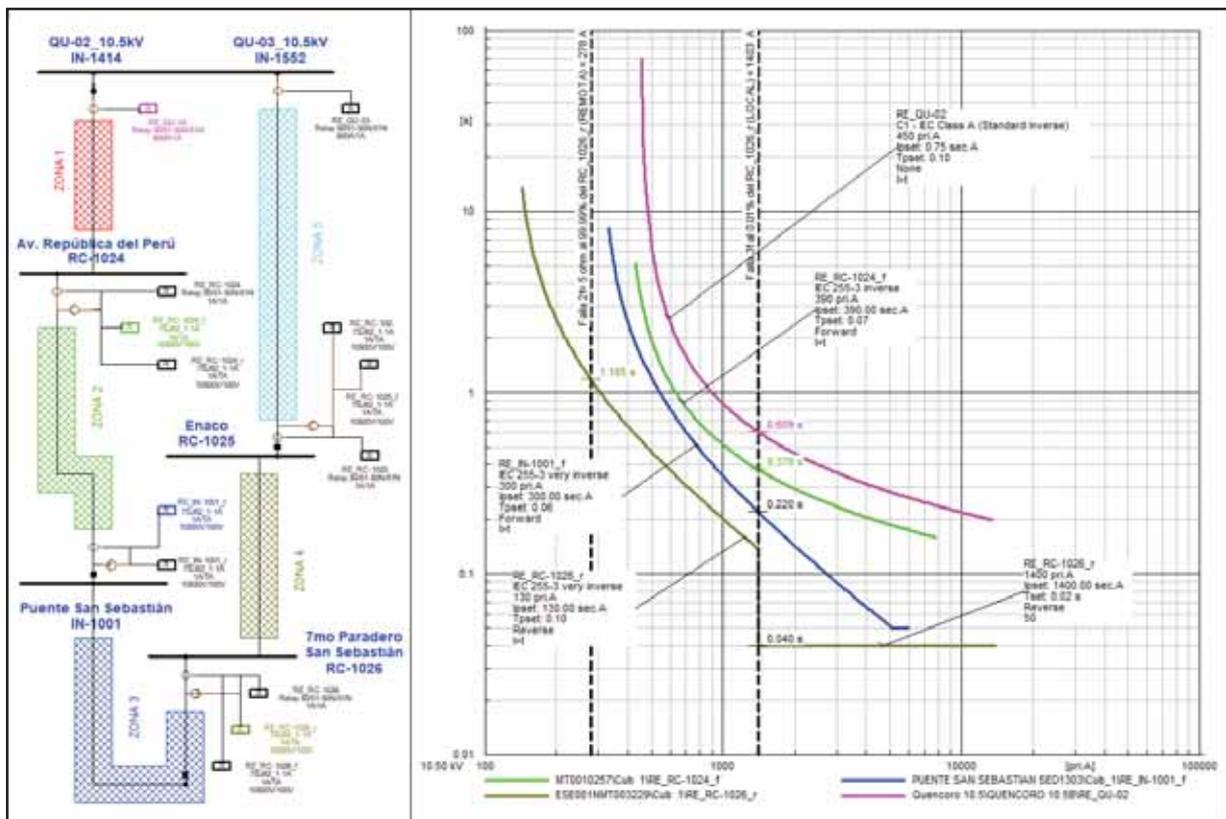


Ilustración 4.10 Ajustes de Sobrecorriente de Fases de los relés RC-1026 y sus Respaldos hacia el relé IN_1414
Fuente: Elaboración Propia.

Ante una falla trifásica franca local al reconectador RC-1026_r ($I_f = 1.403\text{kA}$); el relé RE_RC-1026_r despejará la falla en un tiempo de 40 ms, el relé RE_IN,1001_f en 220 ms, el relé RE_RC-1024_f en 378 ms y el relé RE_IN1414 en 609 ms.

Ante una falla bifásica remota al reconectador RC-1026_r ($I_f = 0.278\text{kA}$) con 5 Ohmios de resistencia de falla; el relé RE_RC-1026_r despejará la falla en un tiempo de 1185 ms, mientras que los demás relés no despejarán la falla debido a que el valor de la corriente de falla I_f es menor que las corrientes de arranque de dichos relés. Por lo tanto, en los dos casos de falla existe coordinación entre los relés.

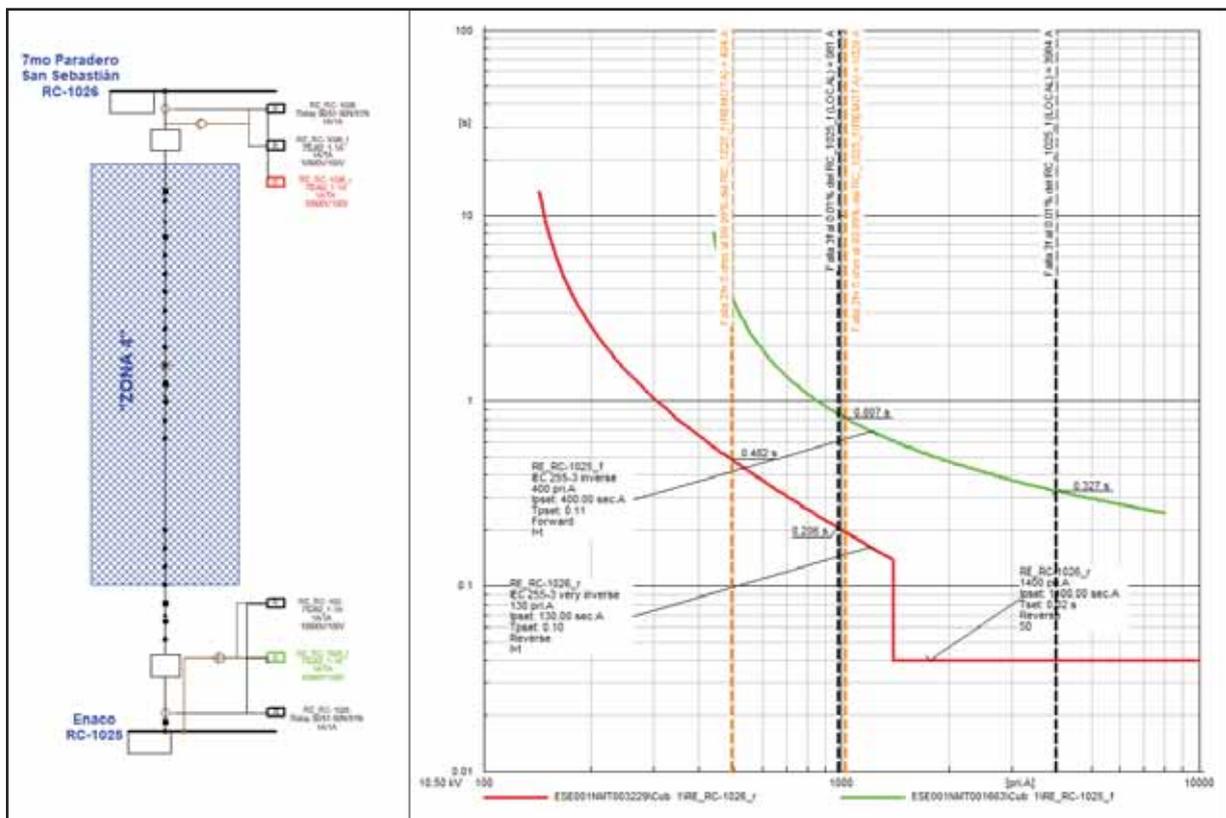


Ilustración 4.11 Ajustes de Sobrecorriente de Fases de los relés RC-1025 y RC-1026
Fuente: Elaboración Propia.

Ante una falla trifásica franca local al reconectador RC-1025_f ($I_f = 3.984\text{kA}$); el relé RE_RC-1025_f despejará la falla en un tiempo de 327 ms y el relé RE_RC-1026_r ($I_f = 0.981\text{kA}$) la despejará en 206 ms.

Ante una falla bifásica remota al reconectador RC-1025_f ($I_f = 1.029\text{kA}$) con 5 ohmios de resistencia de falla; el relé RE_RC-1025_f despejará la falla en un tiempo de 807 ms y el relé RE_RC-1026_r ($I_f = 0.494\text{kA}$) la despejará en 482 ms. Por lo tanto, en los dos casos de falla existe coordinación entre los relés.

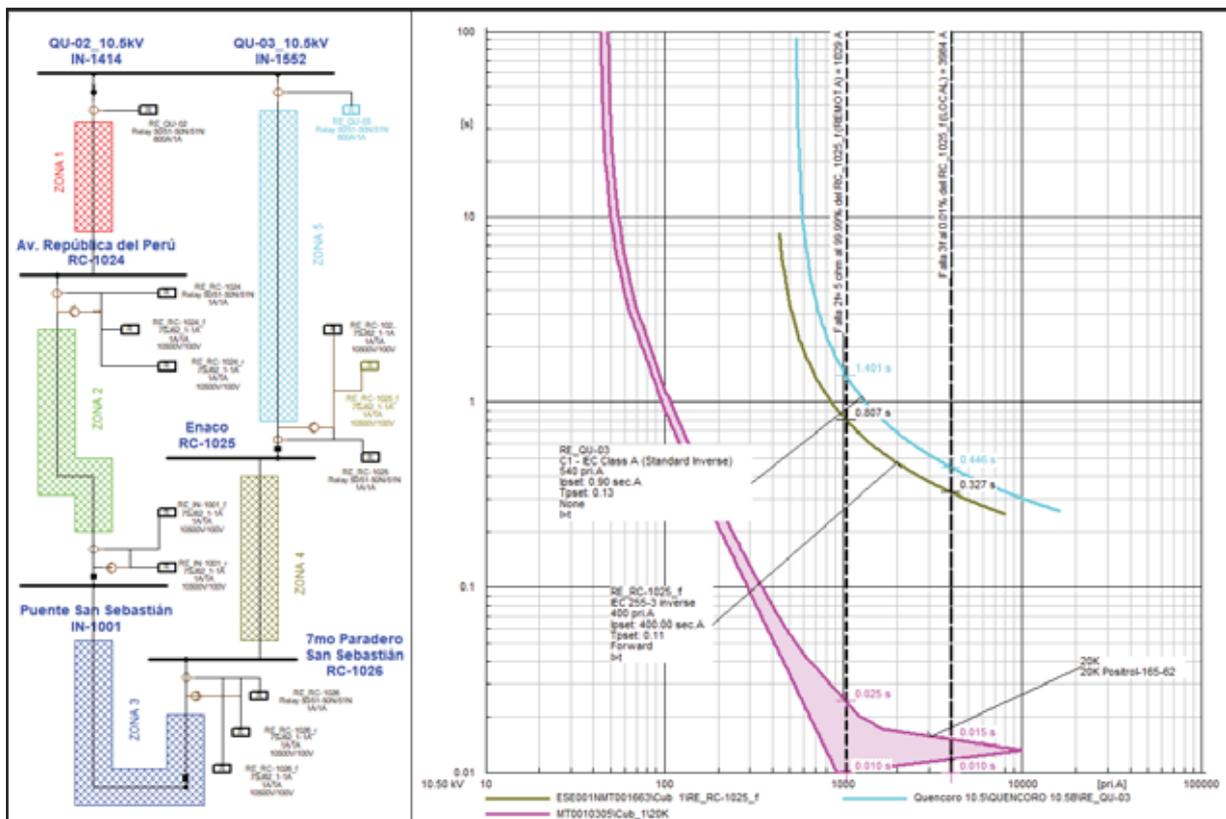


Ilustración 4.12 Ajustes de Sobrecorriente de Fases de los relés RC-1026 y sus Respaldos hacia el relé IN_1552
Fuente: Elaboración Propia.

Ante una falla trifásica franca local al reconectador RC-1025_f ($I_f = 3.384\text{kA}$); el relé RE_RC-1025_f despejará la falla en un tiempo de 327 ms y el relé RE_IN-1552 en 446 ms.

Ante una falla bifásica remota al reconectador RC-1025_f ($I_f = 1.029\text{kA}$) con 5 Ohmios de resistencia de falla; el relé RE_RC-1025_f despejará la falla en un tiempo de 807 ms y el relé RE_IN-1552 en 1401 ms. Por lo tanto, en los dos casos de falla existe coordinación entre los relés.

4.6.1.2. Protección de Sobrecorriente de Fases de la Zona 4.

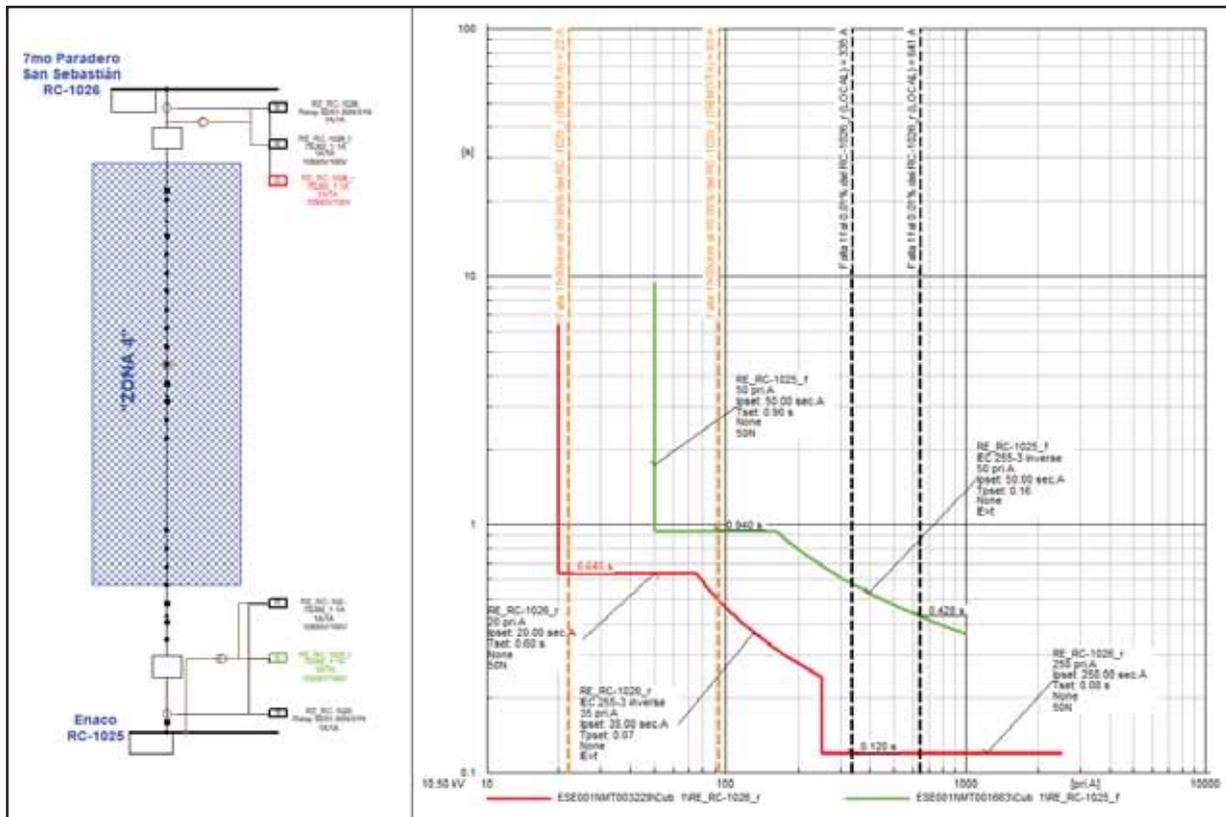


Ilustración 4.13 Ajustes de Sobrecorriente de Tierra de los relés RC-1025 y RC-1026
Fuente: Elaboración Propia.

Ante una falla monofásica franca local al reconectador RC-1026_r ($I_f = 0.641\text{kA}$); el relé RE_RC-1025_f despejará la falla en un tiempo de 428 ms, y el relé RE_RC-1026_r ($I_f = 0.335\text{kA}$) la despejará en 120 ms.

Ante una falla monofásica remota al reconectador RC-1026_r ($I_f = 0.093\text{kA}$) con 50 ohmios de resistencia de falla; el relé RE_RC-1025_f despejará la falla en un tiempo de 940 ms, y el relé RE_RC-1026_r ($I_f = 0.022\text{kA}$) la despejará en 640 ms. Por lo tanto, en los dos casos de falla existe coordinación entre los relés.

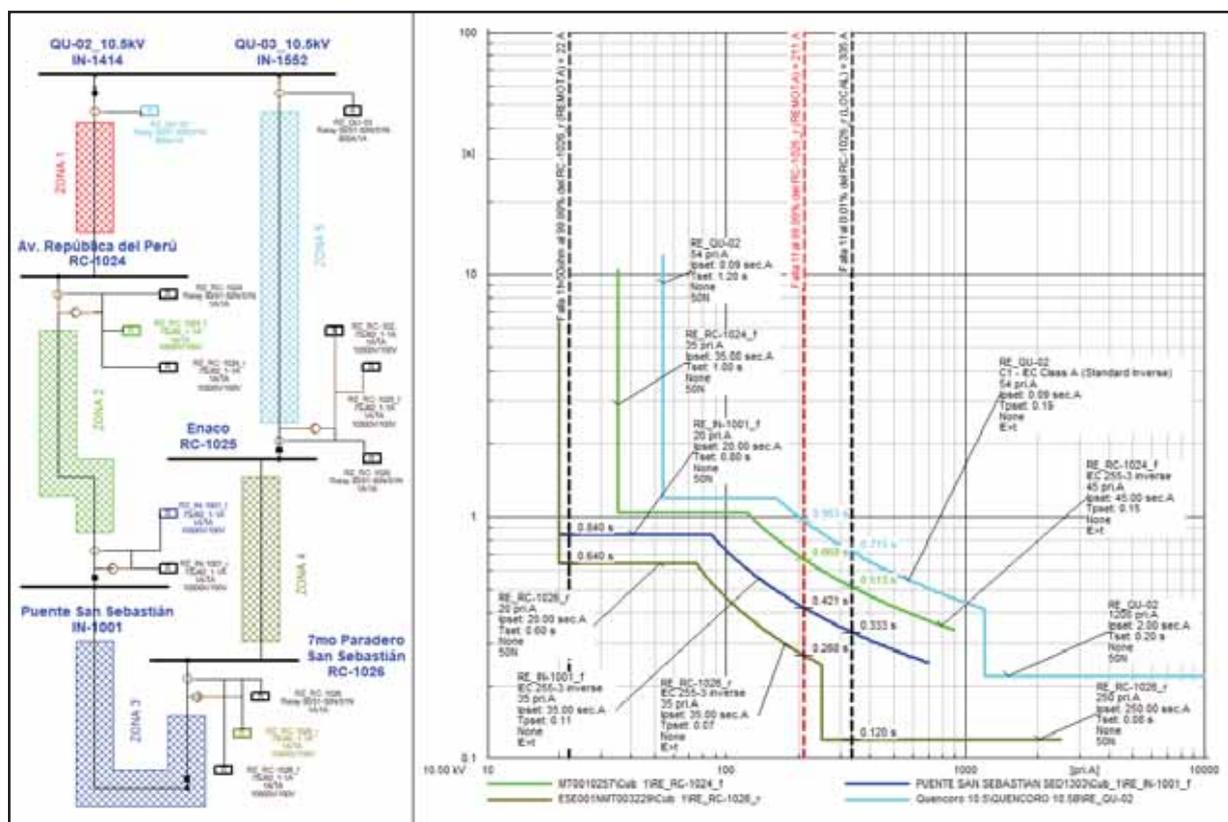


Ilustración 4.14 Ajustes de Sobrecorriente de Tierra de los relés RC-1026 y sus Respaldos hacia el relé IN_1414
Fuente: Elaboración Propia.

Ante una falla monofásica franca local al reconectador RC-1026_r ($I_f = 0.335\text{kA}$); el relé RE_RC-1026_r despejará la falla en un tiempo de 120 ms, el relé RE_IN,1001_f en 333 ms, el relé RE_RC-1024_f en 513 ms y el relé RE_IN1414 en 715 ms.

Ante una falla monofásica franca remota al reconectador RC-1026_r ($I_f = 0.211\text{kA}$); el relé RE_RC-1026_r despejará la falla en un tiempo de 268 ms, el relé RE_IN,1001_f en 421 ms, el relé RE_RC-1024_f en 669 ms y el relé RE_IN1414 en 963 ms. Por lo tanto, en los dos casos de falla existe coordinación entre los relés.

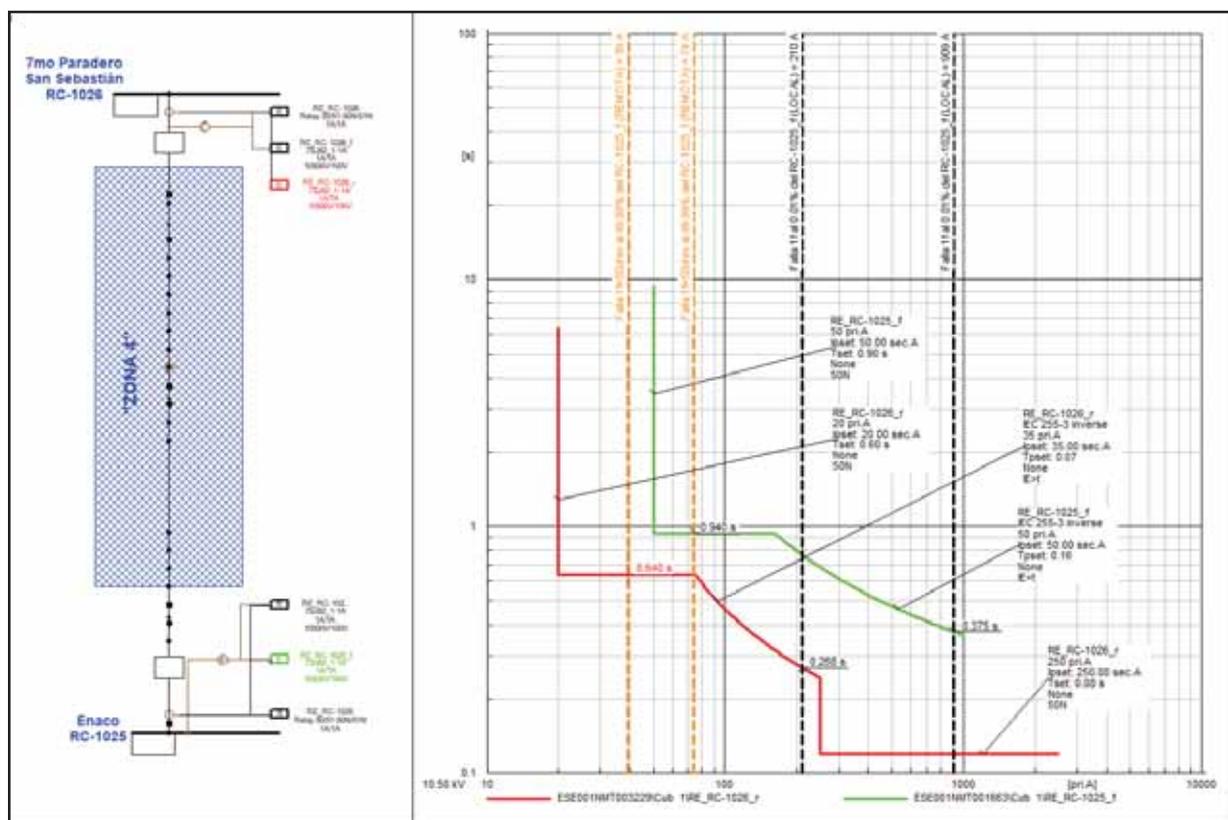


Ilustración 4.15 Ajustes de Sobrecorriente de Tierra de los relés RC-1025 y RC-1026
Fuente: Elaboración Propia.

Ante una falla monofásica franca local al reconectador RC-1025_f ($I_f = 0.909\text{kA}$); el relé RE_RC-1025_f despejará la falla en un tiempo de 375 ms, y el relé RE_RC-1026_r ($I_f = 0.210\text{kA}$) la despejará en 268 ms.

Ante una falla monofásica remota al reconectador RC-1025_f ($I_f = 0.074\text{kA}$) con 50 ohmios de resistencia de falla; el relé RE_RC-1025_f despejará la falla en un tiempo de 940 ms, y el relé RE_RC-1026_r ($I_f = 0.039\text{kA}$) la despejará en 640 ms. Por lo tanto, en los dos casos de falla existe coordinación entre los relés.

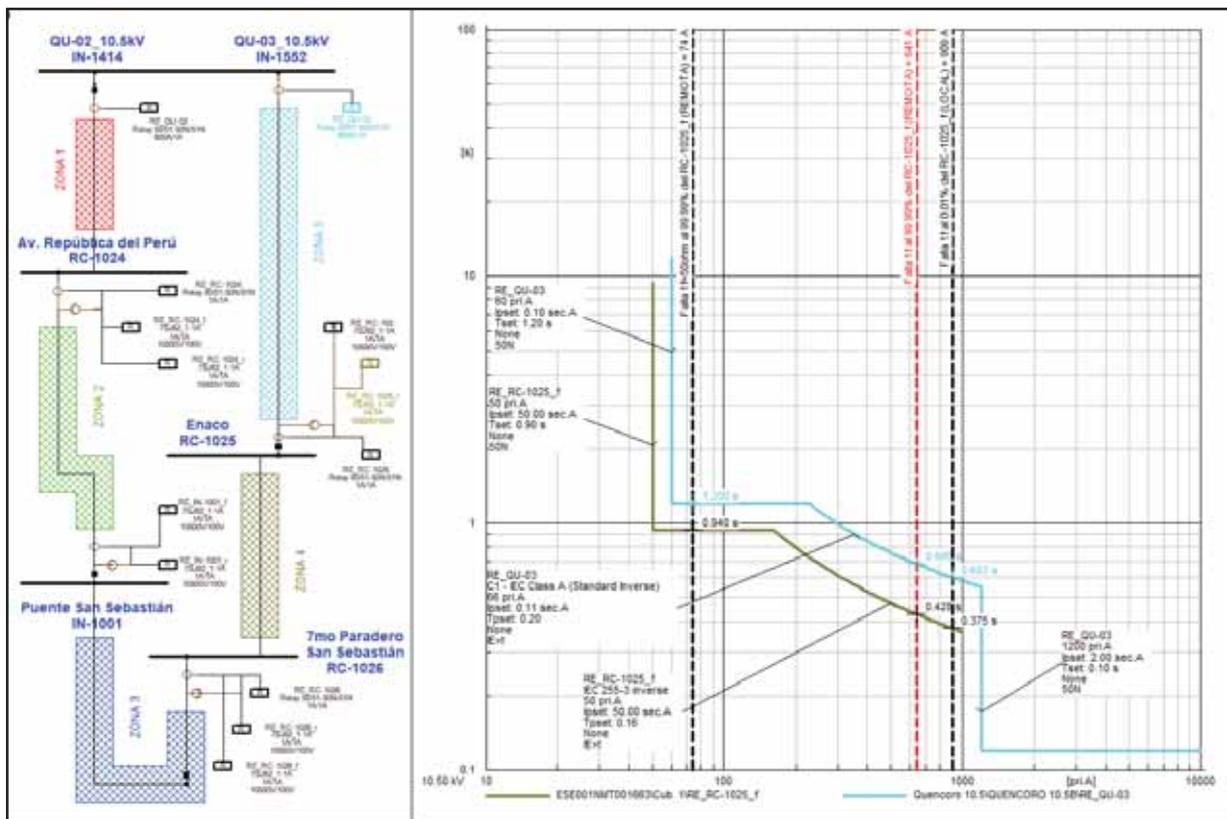


Ilustración 4.16 Ajustes de Sobrecorriente de Tierra de los relés RC-1026 y sus Respaldos hacia el relé IN_1552

Fuente: Elaboración Propia.

Ante una falla monofásica franca local al reconectador RC-1025_f ($I_f = 0.909\text{kA}$); el relé RE_RC-1025_f despejará la falla en un tiempo de 375 ms y el relé RE_IN-1552 en 603 ms.

Ante una falla monofásica franca remota al reconectador RC-1025_f ($I_f = 0.641\text{kA}$); el relé RE_RC-1025_f despejará la falla en un tiempo de 428 ms y el relé RE_IN-1552 en 685 ms.

Ante una falla monofásica remota al reconectador RC-1025_f ($I_f = 0.074\text{kA}$) con 50 ohmios de resistencia de falla; el relé RE_RC-1025_f despejará la falla en un tiempo de 940 ms y el relé RE_IN-1552 en 1200 ms. Por lo tanto, en los dos casos de falla existe coordinación entre los relés.

De la verificación hecha en el ítem 4.6.1 con respecto a los ajustes y coordinación de las protecciones de las zonas de protección propuestas para la operación en anillo de los alimentadores de media tensión QU-02 y QU-03 como respuesta a perturbaciones por falla de cualquier naturaleza (fallas trifásicas, bifásicas, bifásicas con impedancia, monofásicas y monofásicas con impedancia), podemos confirmar que este cumple correctamente con los criterios generales de seguridad, selectividad, rapidez y confiabilidad. Así mismo, garantiza la modalidad de operación propuesta para el sistema en estudio; es decir, si la falla se encuentra en la Zona “X”, el sistema de protección solo despeja la Zona “X” mientras que las otras zonas continúan siendo suministradas.

Capítulo V: Evaluación de la Mejora con la Alternativa

Propuesta

5.1. Introducción

Luego de establecer las condiciones y requerimientos de la alternativa propuesta para el sistema en estudio, la viabilidad de su implementación en los escenarios de régimen permanente y de contingencia, así como la verificación de la correcta operación de la selectividad del sistema de protección, corresponde evaluar la mejora que representa la operación en anillo de los alimentadores de media tensión QU-02 y QU-03.

Como se había mencionado anteriormente, el nivel de confiabilidad del sistema en estudio incrementa considerablemente con la implementación de la alternativa propuesta, es decir, se garantiza una mayor calidad y continuidad del suministro de energía eléctrica en comparación al escenario actual. Adicionalmente, y como resultado del nuevo modo de operación se mejoran los niveles de tensión y las pérdidas por efecto joule disminuyen a lo largo de la red en estudio.

Con el fin de cuantificar todo lo expuesto anteriormente, se han hecho estimaciones de la magnitud de los indicadores SAIDI y SAIFI, montos de compensación por interrupciones y cálculos de energía no vendida (por interrupciones y por pérdidas técnicas). El propósito de este capítulo radica en determinar todas las diferencias entre el escenario actual y el propuesto.

5.2. Estimación de los Indicadores SAIDI y SAIFI con la Alternativa Propuesta

Debido a que la alternativa propuesta es netamente de simulación y no está implementada, no se tiene un registro de interrupciones que permitan calcular los indicadores en este escenario. Sin embargo, se han utilizado las interrupciones suscitadas en el año 2018 que son exclusivas del tema de investigación según la Tabla 3.15 y se adecuó la información de estas en función al comportamiento del sistema en anillo (disparo selectivo por zonas de protección que resulta en una menor cantidad de suministros afectados ante perturbaciones por falla), obteniendo como resultado una mejora significativa.

Cabe precisar que en esta alternativa de solución propuesta no existe mejora cuando ocurra una perturbación en las zonas 2 y 3, debido que se tiene la misma zona interrumpida tanto en configuración radial como en anillo.

Tabla 5.1

Comparativo entre Zonas Afectadas en Configuración Radial y Anillo

		Zona Afectada									
		Configuración Radial					Configuración Anillo				
		Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 4	Zona 5	Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 4	Zona 5
Zona en Falla	Zona 1	X	X	-	-	-	X	-	-	-	-
	Zona 2	-	X	-	-	-	-	X	-	-	-
	Zona 3	-	-	X	-	-	-	-	X	-	-
	Zona 4	-	-	X	X	-	-	-	-	X	-
	Zona 5	-	-	X	X	X	-	-	-	-	X

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 5.2
Cálculo de Indicadores SAIDI y SAIFI de las Interrupciones Exclusivas del Caso de Estudio del Alimentador QU-03 - 2018

N°	Código Interrupción NTCSE	F. H. Inicio	F. H. Solución	Indicadores de Confiabilidad en Configuración Radial				Indicadores de Confiabilidad en Configuración Anillo				
				Sum. Afectados	Duración No Programada (h)	Zonas Afectadas	SAIDI	SAIFI	Sum. Afectados	Zonas Afectadas	SAIDI	SAIFI
01	0011800108	27/01/2018 08:02	27/01/2018 08:16	12860	0.23333	Zona 3 y 4	0.157	0.674	6175	Zona 4	0.075	0.323
02	0011800235	28/02/2018 09:38	28/02/2018 10:44	19417	1.45	Zona 3, 4 y 5	0.783	1.017	6557	Zona 5	0.413	0.343
03	0011800295	17/03/2018 05:02	17/03/2018 06:34	19087	1.53333	Zona 3, 4 y 5	0.459	1.000	6727	Zona 5	0.384	0.352
04	0011800296	17/03/2018 06:36	17/03/2018 06:41	19088	4.61667	Zona 3, 4 y 5	0.753	1.000	6727	Zona 5	0.696	0.352
05	0011800297	17/03/2018 08:10	17/03/2018 08:15	17636	1	Zona 3, 4 y 5	0.269	0.924	5275	Zona 5	0.212	0.276
06	0011800555	29/05/2018 04:52	29/05/2018 04:58	12360	0.1	Zona 3 y 4	0.065	0.647	6175	Zona 4	0.032	0.323
07	0011800661	13/07/2018 14:58	13/07/2018 15:10	19094	0.2	Zona 3, 4 y 5	0.200	1.000	6733	Zona 5	0.071	0.353
08	0011800833	3/09/2018 16:01	3/09/2018 13:30	19093	2.60833	Zona 3, 4 y 5	0.429	1.000	6733	Zona 5	0.400	0.353
09	0011801220	25/12/2018 18:30	25/12/2018 18:35	13756	5.05	Zona 3, 4 y 5	0.426	0.720	1395	Zona 5	0.369	0.073
TOTAL							3.542	7.981			2.652	2.749

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 5.3
Cálculo de Indicadores SAIDI y SAIFI de las Interrupciones Exclusivas del Caso de Estudio del Alimentador QU-02 - 2018

N°	Código Interrupción NTCSE	F. H. Inicio	F. H. Solución	Indicadores de Confiabilidad en Configuración Radial				Indicadores de Confiabilidad en Configuración Anillo				
				Sum. Afectados	Duración No Programada (h)	Zonas Afectadas	SAIDI	SAIFI	Sum. Afectados	Zonas Afectadas	SAIDI	SAIFI
01	0011801051	13/11/201 8 05:33	13/11/201 8 05:38	5154	4.3	Zona 1 y 2	1.334	0.800	1931	Zona 1	1.289	0.300
02	0011801213	24/12/201 8 15:36	24/12/201 8 19:25	6852	3.81667	Zona 1 y 2	1.698	1.064	3217	Zona 1	1.314	0.500
TOTAL							3.032	1.864			2.603	0.799

Fuente: Elaboración Propia

La disminución de los indicadores SAIDI y SAIFI se debe principalmente a que el sistema en estudio ofrece una mejor respuesta ante perturbaciones por falla con la operación en anillo de los AMT's QU-02 y QU-03, esto se refleja en una menor cantidad de suministros afectados (SAIFI) y de tiempos parciales de reposición (SAIDI).

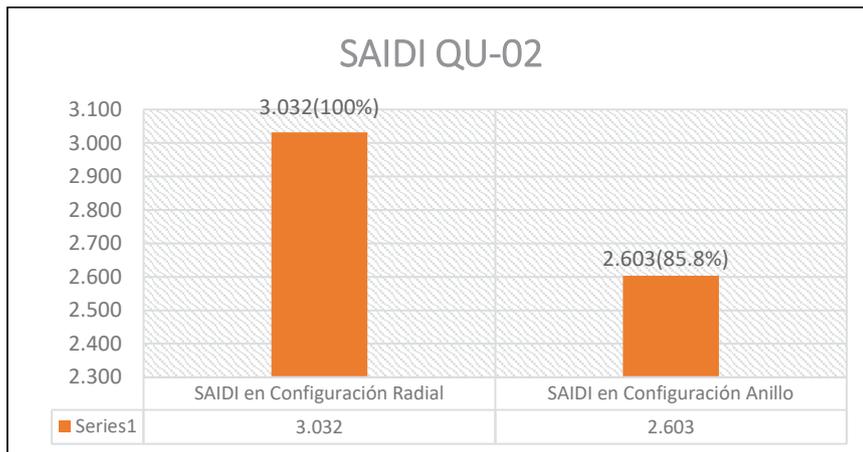


Ilustración 5.1 Comparativo del Indicador SAIDI entre los dos Escenarios de Operación del Alimentador QU-02 en el Año 2018

Fuente: Elaboración Propia.

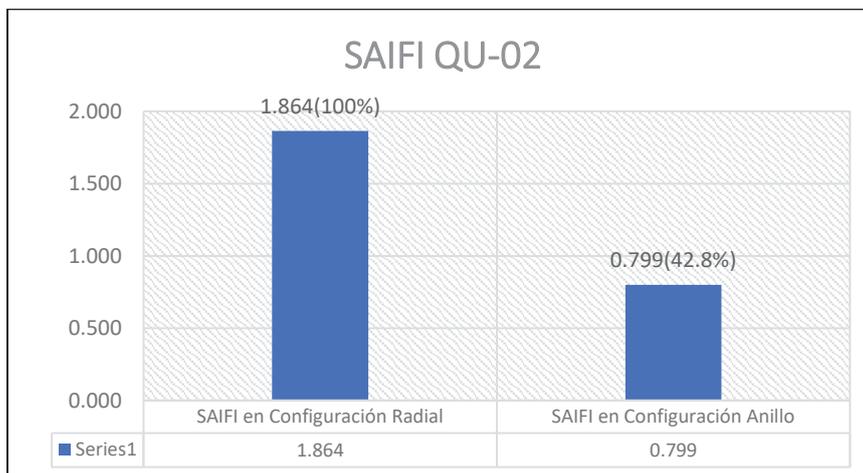


Ilustración 5.2 Comparativo del Indicador SAIFI entre los dos Escenarios de Operación del Alimentador QU-02 en el Año 2018

Fuente: Elaboración Propia.

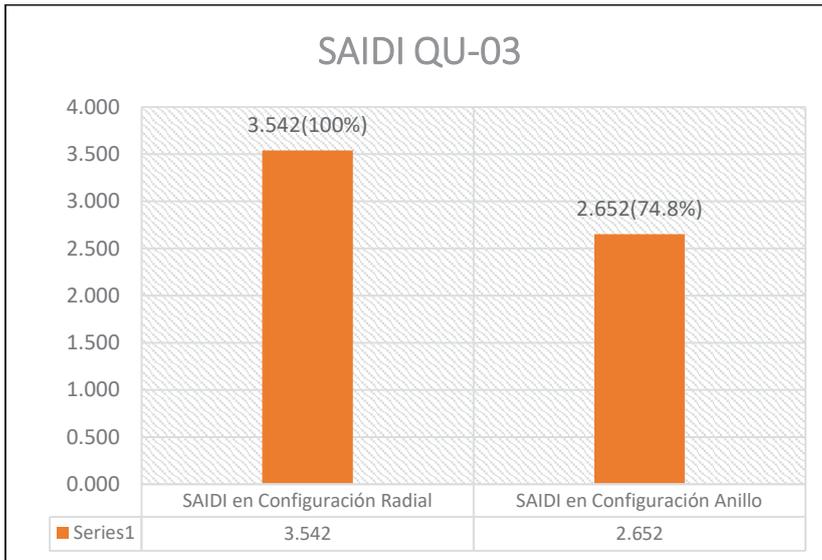


Ilustración 5.3 Comparativo del Indicador SAIDI entre los dos Escenarios de Operación del Alimentador QU-03 en el Año 2018

Fuente: Elaboración Propia.

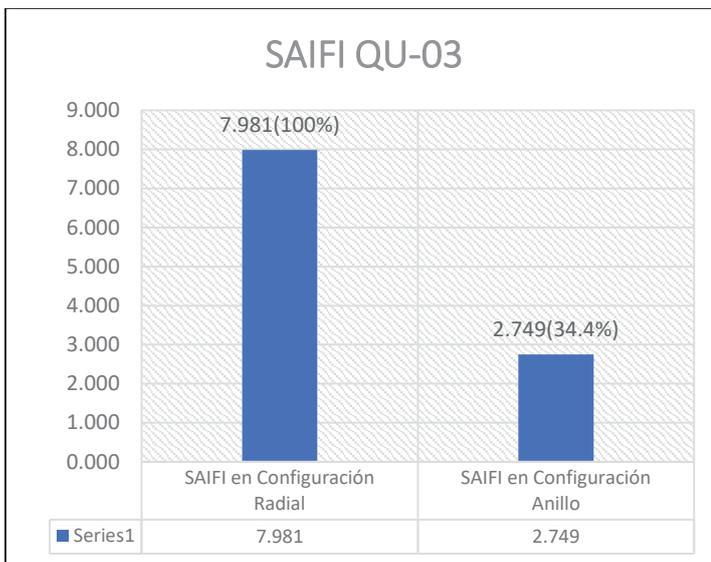


Ilustración 5.4 Comparativo del Indicador SAIFI entre los dos Escenarios de Operación del Alimentador QU-03 en el Año 2018

Fuente: Elaboración Propia.

Las variaciones descritas en las tablas 5.2 y 5.3 así como en las ilustraciones 5.1, 5.2, 5.3 y 5.4 se deben principalmente a la selectividad del sistema propuesto, por ejemplo, una interrupción en Zona 5 con la operación actual afectaría a las zonas 3, 4 y 5 (19094 suministros) mientras que con la operación en anillo la misma interrupción solo afectaría a la Zona 5 (6733 Suministros)

5.3. Estimación de los Montos de Compensación y Energía no Vendida por Interrupciones

Con el mismo criterio del ítem 5.2, se han estimado los montos de compensación simulando las interrupciones suscitadas el año 2018 en el sistema en estudio con la alternativa propuesta.



Ilustración 5.5 Comparativo de las Compensaciones entre los Escenario de Operación en el Año 2018

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 5.4
Cálculo de Compensaciones de las Interrupciones Exclusivos del Caso de Estudio en el Año 2018

N°	Código Interrupción NTCSE	F. H. Inicio	F. H. Solución	Compensaciones en Configuración Radial										Compensación en Configuración Anillo			
				D	n	D	n'	d'	E	ki	Horas Sem.	ENS	e(US)	C (\$)- Configuración Radial	Zonas Afectadas	ENS	C (\$)- Configuración en Anillo
01	0011800108	27/01/2018 08:02	27/01/2018 08:16	13.23	8	13	1.143	1	4344	33932	0.05	\$ 1,939.14	Zona 4	12494.9	\$ 714.05		
02	0011800235	28/02/2018 09:38	28/02/2018 10:44	14.45	8	13	1.237	1	4344	52491	0.05	\$ 3,110.84	Zona 5	17736.2	\$ 1,081.76		
03	0011800295	17/03/2018 05:02	17/03/2018 06:34	14.53	8	13	1.243	1	4344	49813	0.05	\$ 2,886.17	Zona 5	17823	\$ 1,072.38		
04	0011800296	17/03/2018 06:36	17/03/2018 06:41	17.62	8	13	1.480	1	4344	50478	0.05	\$ 2,966.36	Zona 5	18557.32	\$ 1,159.97		
05	0011800297	17/03/2018 08:10	17/03/2018 08:15	14.00	8	13	1.202	1	4344	47622	0.05	\$ 2,735.14	Zona 5	15701.7	\$ 928.75		
06	0011800555	29/05/2018 04:52	29/05/2018 04:58	13.10	8	13	1.133	1	4344	31949	0.05	\$ 1,809.43	Zona 4	12368.6	\$ 700.49		
07	0011800661	13/07/2018 14:58	13/07/2018 15:10	13.20	8	13	1.140	1	4416	48237	0.05	\$ 2,750.41	Zona 5	16567.6	\$ 944.67		
08	0011800833	3/09/2018 16:01	3/09/2018 13:30	15.61	8	13	1.326	1	4416	49194	0.05	\$ 2,867.05	Zona 5	17901.6	\$ 1,101.61		
09	0011801051	13/11/2018 05:33	13/11/2018 05:38	17.30	8	13	1.456	1	4416	17373	0.05	\$ 1,091.82	Zona 1	6709.7	\$ 488.39		
10	0011801213	24/12/2018 15:36	24/12/2018 19:25	16.82	8	13	1.419	1	4416	22530	0.05	\$ 1,407.51	Zona 1	10107.3	\$ 676.33		
11	0011801220	25/12/2018 18:30	25/12/2018 18:35	18.05	8	13	1.513	1	4416	33402	0.05	\$ 1,928.38	Zona 5	2001.4	\$ 151.45		
TOTAL														\$ 25,492.25			\$ 9,019.86

Fuente: Elaboración Propia

Así como el pago de compensaciones por interrupciones, la energía no vendida durante una interrupción representa una pérdida económica para Electro Sur Este S.A.A. Las simulaciones de flujo de carga efectuadas en el Capítulo 4 han servido para obtener diagramas de carga de la operación en anillo de los alimentadores de media tensión QU-02 y QU-03 en un día típico y con intervalos de 15 minutos. Así mismo, se ha obtenido el diagrama de carga de cada una de las zonas de protección con la finalidad de estimar los valores de Energía No Servida (ENS) para cada una de las interrupciones exclusivas del tema de investigación y así poder verificar la mejora que representa la implementación de la alternativa propuesta.

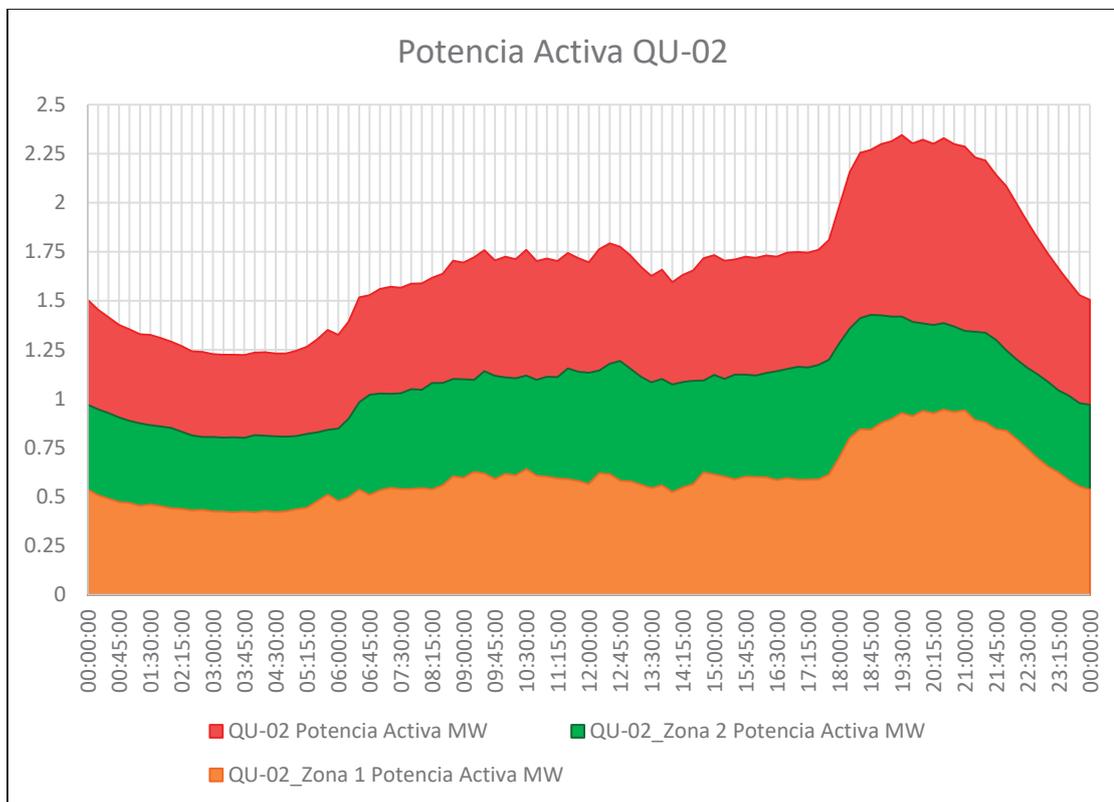


Ilustración 5.6 Potencia Activa del AMT QU-02 por Zonas de Protección 1 y 2 (MW)
 Fuente: Elaboración Propia.

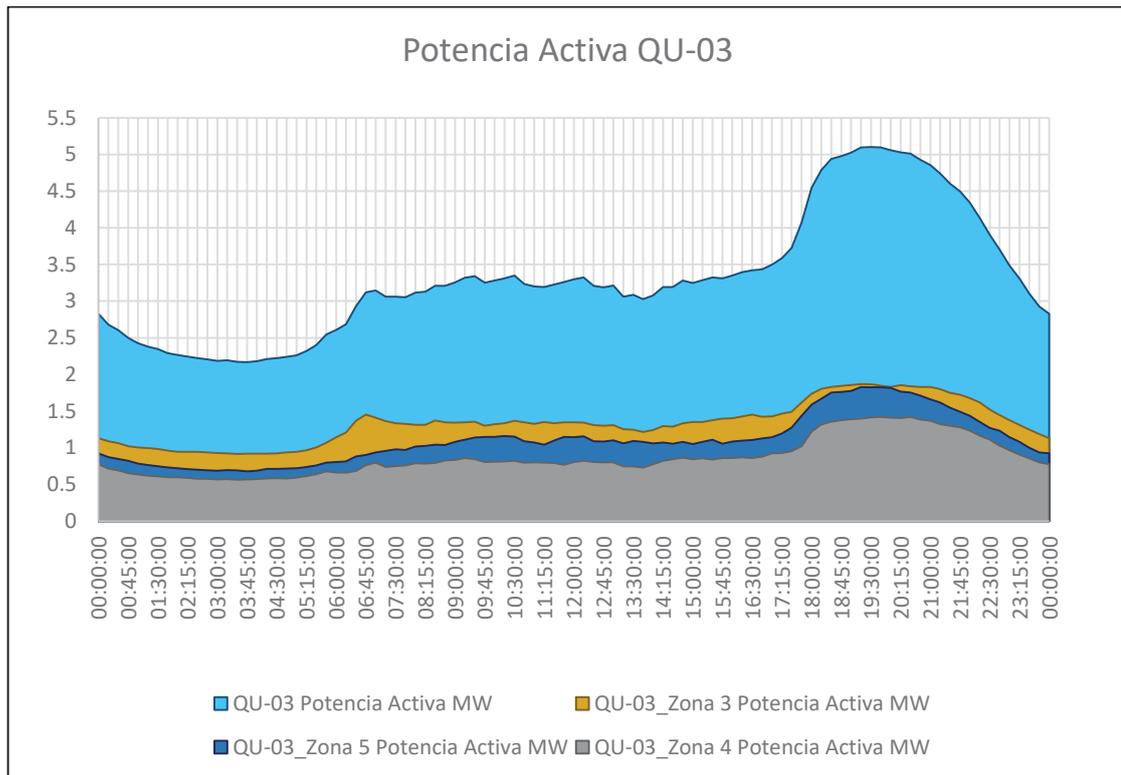


Ilustración 5.7 Potencia Activa del AMT QU-03 por Zonas de Protección 3, 4 y 5 (MW)
 Fuente: Elaboración Propia.

5.3.1. Energía no Vendida por la Interrupción 0011801213

Se ha simulado la ocurrencia de la interrupción 0011801213 en el diagrama de carga de los alimentadores de media tensión QU-02 y QU-03 en los escenarios de operación radial y en anillo como caso característico de fallas permanentes en la Zona 1, obteniéndose los siguientes resultados:

Tabla 5.5
Cálculo de Energía no Vendida a Causa de la Interrupción 0011801213

Interrupción 0011801213 Falla Permanente en la Zona 1 (Hora Inicio - Hora Solución)	ENS (Radial) MW.h	ENS (Anillo) MW.h
15:36:00 - 19:25:00	8.258	2.954
	S/5,037.22	S/1,802.22

Fuente: Elaboración Propia.
 ENS: Energía no Servida
 Costo del kW.h a S/. 0.61

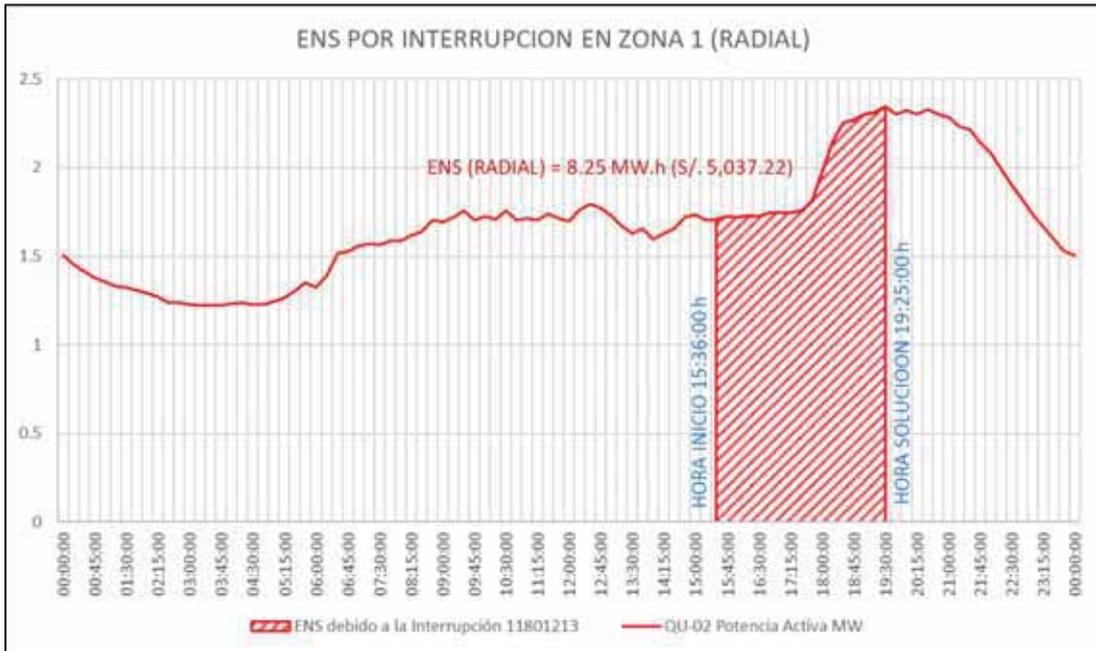


Ilustración 5.8 Diagrama de Carga del AMT QU-02 – Operación en Anillo
Fuente: Elaboración Propia

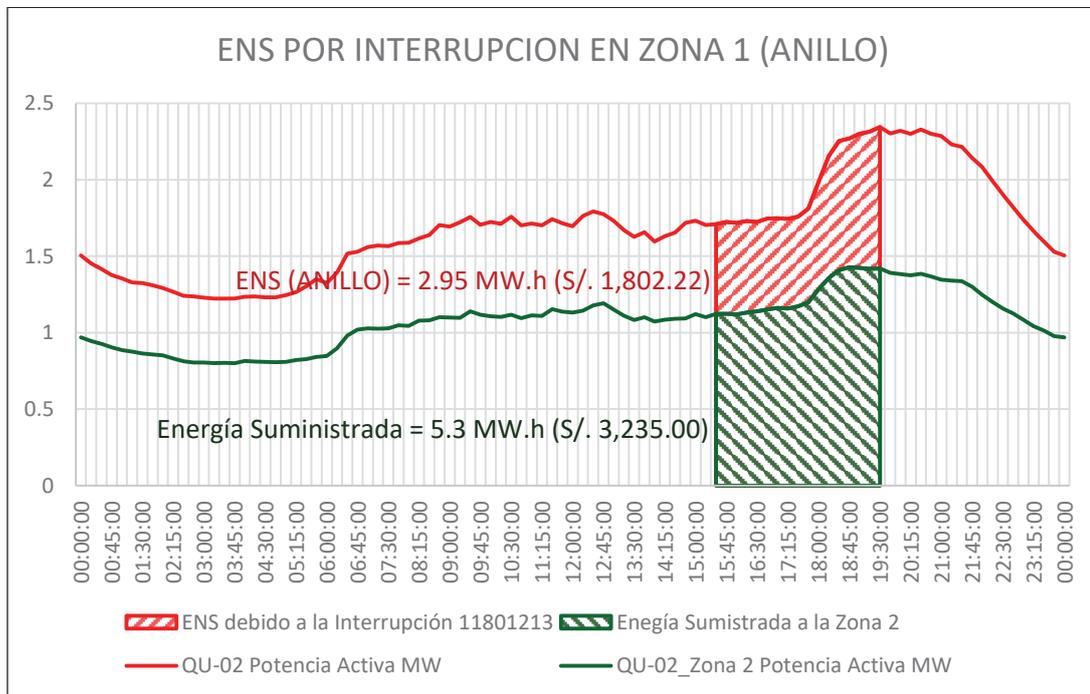


Ilustración 5.9 Diagrama de Carga del AMT QU-02 – Operación en Anillo
Fuente: Elaboración Propia

En la Ilustración 5.8 se presenta la energía no servida a causa de la interrupción 0011801213 con la operación radial del AMT QU-02 que asciende a S/. 5038.22, mientras que en la Ilustración 5.9 se presenta el mismo evento, pero con la operación en anillo y obteniéndose un resultado de S/. 1802.22. La diferencia de los S/. 3235.00 radica en que la operación en anillo de los AMT's QU-02 y QU-03 ante una falla en Zona 1 garantiza la continuidad de suministro de energía eléctrica para la Zona 2 con suministro desde el AMT QU-03 de forma automática; fenómeno que no sucede con la operación radial.

5.3.2. Energía no Vendida por la Interrupción 11800108

Se ha simulado la ocurrencia de la interrupción 0011800108 en el diagrama de carga de los alimentadores de media tensión QU-02 y QU-03 en los escenarios de operación radial y en anillo como caso característico de fallas permanentes en la Zona 4, obteniéndose lo siguientes resultados:

Tabla 5.6
Cálculo de Energía No Vendida a Causa de la Interrupción 11800108

Interrupción 0011800108 Falla Permanente en la Zona 4 (Hora Inicio - Hora Solución)	ENS (Radial) MW.h	ENS (Anillo) MW.h
08:02:00 - 08:16:00	1.050	0.393
	S/640.80	S/239.93

Fuente: Elaboración Propia. (Costo del kW.h a S/. 0.61)

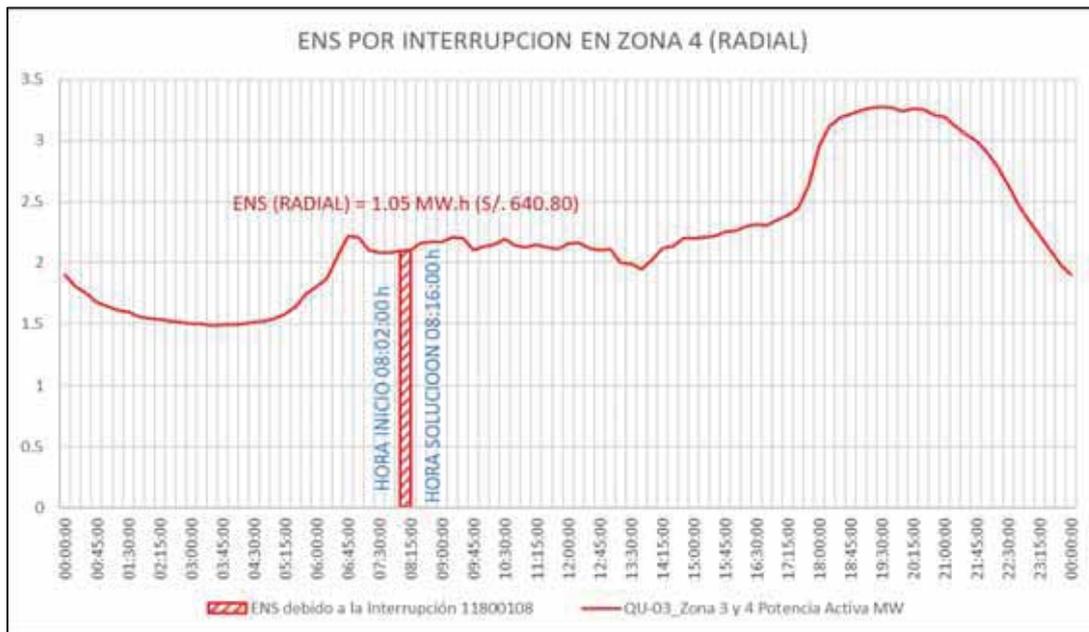


Ilustración 5.10 Diagrama de Carga de la Zona 3 y 4 en Presencia de la Interrupción 11800108

Fuente: Elaboración Propia

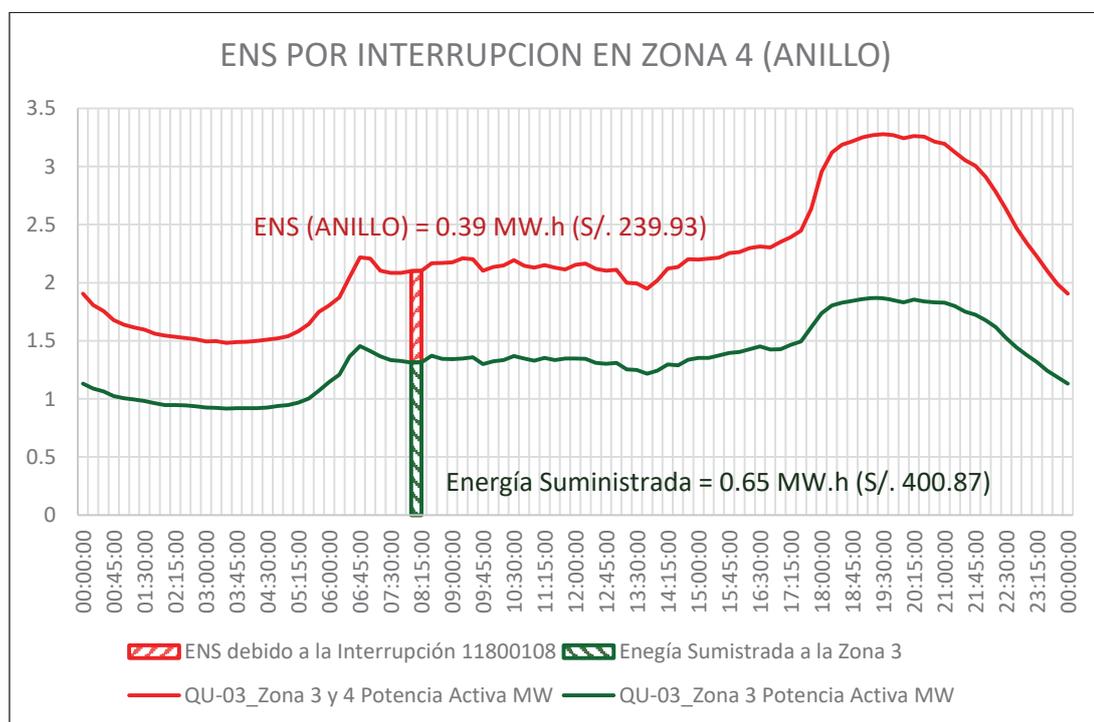


Ilustración 5.11 Diagrama de Carga de la Zona 3 y 4 en Presencia de la Interrupción 11800108 en Configuración Anillo

Fuente: Elaboración Propia

La zona sombreada de color rojo de la ilustración 5.10 representa de Energía dejada de Suministrar a consecuencia de esta interrupción en Zona 4, en una configuración radial las zonas afectadas serían la zona 3 y 4 del alimentador QU-03 tal como sucedió en el 2018. Caso contrario en la ilustración 5.11 el comportamiento del diagrama en configuración en anillo, solo sería afectada la zona 4 donde se encuentra la falla permanente (zona sombreada de color rojo), y la Zona 3 sería alimentada por el alimentador QU-02 (zona sombreada de color verde).

5.3.3. Energía no Vendida por la Interrupción 11800235

Se ha simulado la ocurrencia de la interrupción 0011800235 en el diagrama de carga de los alimentadores de media tensión QU-02 y QU-03 en los escenarios de operación radial y en anillo como caso característico de fallas permanentes en la Zona 5, obteniéndose lo siguientes resultados:

Tabla 5.7
Cálculo de Energía No Vendida a Causa de la Interrupción 11800235

Interrupción 0011800235 Falla Permanente en la Zona 5 (Hora Inicio - Hora Solución)	ENS (Radial) MW.h	ENS (Anillo) MW.h
09:38:00 - 11:05:00	5.742	1.978
	S/3,502.40	S/1,206.87

Fuente: Elaboración Propia. (Costo del kW.h a S/. 0.61)



Ilustración 5.12 Diagrama de Carga del AMT QU-03 en Presencia de la Interrupción 11800235

Fuente: Elaboración Propia

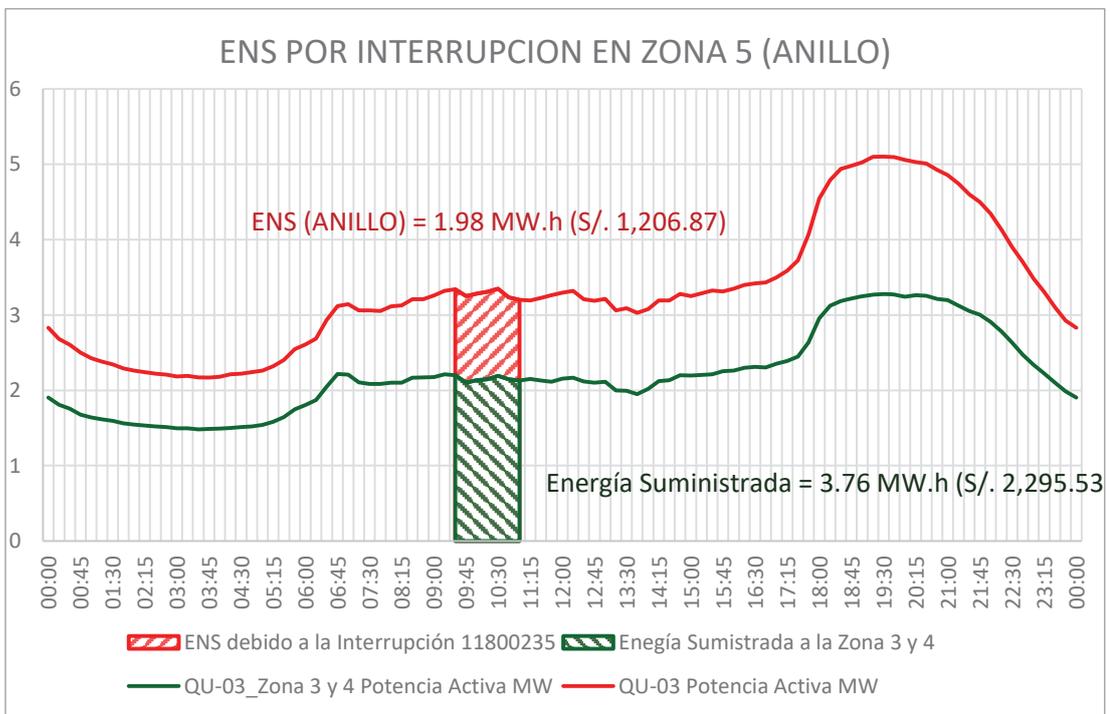


Ilustración 5.13 Diagrama de Carga del AMT QU-03 en Presencia de la Interrupción 11800235 en Configuración Anillo

Fuente: Elaboración Propia

La zona sombreada de color rojo de la ilustración 5.12 representa de Energía dejada de Suministrar a consecuencia de esta interrupción en Zona 5, en una configuración radial las zonas afectadas prácticamente serían todo el alimentador QU-03 tal como sucedió en el 2018. Caso contrario en la ilustración 5.13 el comportamiento del diagrama en configuración en anillo, solo sería afectada la zona 5 donde se encuentra la falla permanente (zona sombreada de color rojo), y la Zona 3 y 4 serían alimentadas por el alimentador QU-02 (zona sombreada de color verde).

En la Tabla 5.8 y en la Ilustración 5.14 se presentan los resultados finales en relación a la disminución de la energía no servida ante perturbaciones por falla en el sistema en estudio con la implementación de la alternativa propuesta.

Tabla 5.8
Energía no Vendida de las Interrupciones Exclusivas del Caso de Estudio en el Año 2018

N°	Código Interrupción NTCSE	Zona Falla Origen	F. H. Inicio	F. H. Solución	Duración No Programada d (h)	Zona no Afectada en Configuración Anillo	ENS (Radial) MW.h	Costo de Energía No Vendida en Configuración Radial	Costo de Energía No Vendida en Configuración Anillo	Costo de Energía Vendida en Configuración Anillo
1	0011800108	Zona 4	27/01/20 18 08:02	27/01/20 18 08:16	0.233	Zona 3	1.05	S/640.80	S/239.93	S/400.87
2	0011800235	Zona 5	28/02/20 18 09:38	28/02/20 18 11:05	1.450	Zona 3 y 4	5.74	S/3,502.41	S/1,206.87	S/2,295.53
3	0011800295	Zona 5	17/03/20 18 05:02	17/03/20 18 06:34	1.533	Zona 3 y 4	4.44	S/2,707.78	S/841.41	S/1,866.37
4	0011800296	Zona 5	17/03/20 18 06:36	17/03/20 18 06:41	0.083	Zona 3 y 4	0.26	S/158.58	S/45.83	S/112.75
5	0011800297	Zona 5	17/03/20 18 08:10	17/03/20 18 08:15	0.083	Zona 3 y 4	0.26	S/158.96	S/52.13	S/106.83
6	0011800555	Zona 4	29/05/20 18 04:52	29/05/20 18 04:58	0.100	Zona 3	0.15	S/93.98	S/36.28	S/57.70
7	0011800661	Zona 5	13/07/20 18 14:58	13/07/20 18 15:10	0.200	Zona 3 y 4	0.65	S/396.35	S/128.21	S/268.14
8	0011800833	Zona 5	3/09/201 8 16:01	3/09/201 8 16:04	0.042	Zona 3 y 4	0.14	S/85.13	S/27.63	S/57.50
9	0011801051	Zona 1	13/11/20 18 05:33	13/11/20 18 05:38	0.083	Zona 2	0.11	S/66.28	S/24.21	S/42.07
10	0011801213	Zona 1	24/12/20 18 15:36	24/12/20 18 19:25	3.817	Zona 2	8.26	S/5,037.22	S/1,802.22	S/3,235.00
11	0011801220	Zona 5	25/12/20 18 18:30	25/12/20 18 18:35	0.083	Zona 3 y 4	0.41	S/251.02	S/89.08	S/161.94
TOTAL							21.47	S/13,098.50	S/4,493.80	S/8,604.70

Fuente: Elaboración Propia



Ilustración 5.14 Comparativo de Costos de Energía no Vendida del Año 2018
Fuente: Elaboración Propia.

5.4. Estimación del Monto de Energía no Vendida por Pérdidas

La operación en anillo del sistema en estudio aporta de forma significativa en la disminución de pérdidas por efecto joule (pérdidas técnicas). Las simulaciones de flujo de carga de los capítulos 3 y 4 serán útiles para determinar las diferencias en cuestión de pérdidas en los AMT's QU-02 y QU-03.

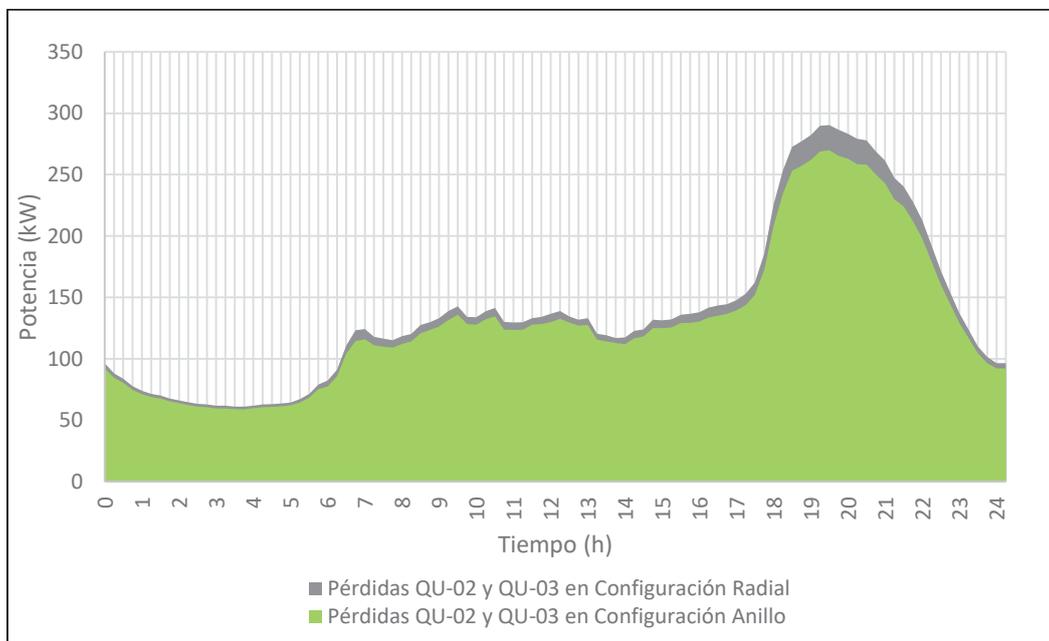


Ilustración 5.15 Diagrama de Carga de Pérdidas por Efecto Joule
Fuente: Elaboración Propia.

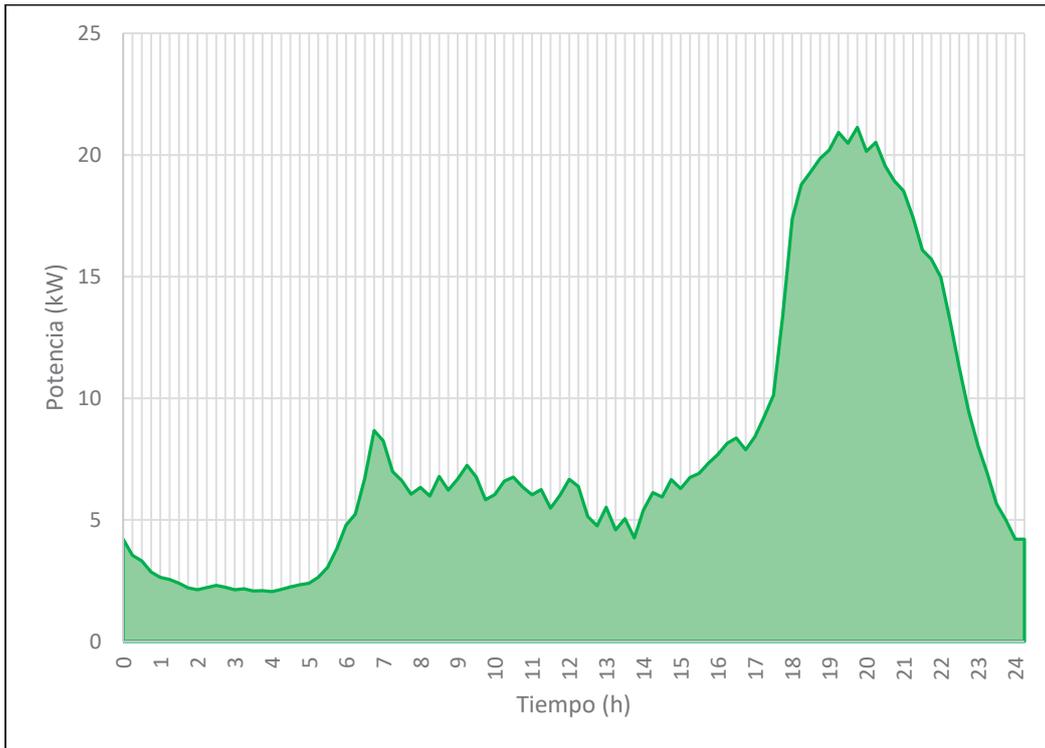


Ilustración 5.16 Diferencia de Pérdidas por Efecto Joule del Escenario Actual y Propuesto
 Fuente: Elaboración Propia.

Con la información de las Ilustraciones 5.15 y 5.16 podemos estimar un total de energía que se ahorrará por día y a lo largo del año correspondiente a la disminución de pérdidas por Efecto Joule con la operación en anillo de los AMT's QU-02 y QU-03.

Tabla 5.9
Energía Perdida por Efecto Joule en la Operación Actual y Propuesta

Energía Perdida en Configuración Radial Ep_radial (kW-h) Diaria	Energía Perdida en Configuración Anillo Ep_anillo (kW-h) Diaria	Energía Ahorrada Diaria (kW-h)	Dinero Ahorrado por día	Dinero Ahorrado al Año
3 400.145	3 207.338	192.808	S/117.61	S/42, 928.70

Fuente: Elaboración Propia
 Costo del kW.h a S/. 0.61

De lo expuesto en los ítems 5.2, 5.3 y 5.4 se obtiene la Tabla 5.10 que describe la mejora económica que representa la operación en anillo de los alimentadores de media tensión QU-02 y QU-03 para el sistema en estudio.

Tabla 5.10

Resumen Final de la mejora de la Propuesta de Operación del Año 2018

Ítem	En Configuración Radial	En Configuración Anillo	Mejora Económica
Por Pérdidas	S/757,042.34	S/714,113.69	S/42,928.65
Energía dejada de Suministrar ENS	S/13,098.50	S/4,493.80	S/8,604.70
	Total		S/51,533.35

Fuente: Elaboración Propia

Conclusiones

1. Se ha determinado que la configuración de operación en anillo de los alimentadores de media tensión QU-02 y QU-03 mejora considerablemente el nivel de confiabilidad en lo que concierne a la continuidad del suministro de energía eléctrica ante perturbaciones por falla en las troncales.
2. Se han calculado los indicadores SAIDI y SAIFI del año 2018 de los alimentadores de media tensión QU-02 y QU-03 con el fin de evaluar el nivel de confiabilidad actual de este sistema y se han obtenido valores elevados, en consecuencia, un bajo nivel de confiabilidad.
3. Se han seleccionado nuevos ajustes y funcionalidades para los equipos de protección de los alimentadores de media tensión QU-02 y QU-03, esta recalibración del sistema de protección garantizará rapidez, seguridad, selectividad y la correcta operación en anillo del sistema en estudio. Como resultado de la implementación de estos, el nivel de confiabilidad del sistema será alto ante perturbaciones por falla.
4. La diferencia de los indicadores SAIDI y SAIFI del sistema en estudio entre su operación actual y la propuesta disminuye en un promedio de 20% y 61% respectivamente, por lo tanto, se verifica una mejora significativa del nivel de confiabilidad con la operación en anillo de los alimentadores de media tensión QU-02 y QU-03.

Recomendaciones

1. Implementar un laboratorio de sistemas de protección en nuestra escuela profesional donde se pueda demostrar la hipótesis general de la tesis, y como también comprobar que la propuesta de operación en anillo de los AMT's QU-02 y QU-03 actuará correctamente con los nuevos ajustes de protección.
2. Es recomendable utilizar otros paquetes informáticos para poder corroborar los resultados obtenidos por el software Power Factory en cuanto a flujo de carga, corto circuito y coordinación de protecciones. Entre los programas a utilizar se recomienda:
 - Matlab
 - Neplan
 - Cypelec Networks
3. Con la finalidad de ser presentado como un proyecto atractivo para la empresa concesionaria Electro Sur Este S.A.A. se sugiere la elaboración de estudios complementarios que mejoren, garanticen y otorguen mayor sustento a la tesis. Entre los estudios a ser realizados se sugieren:
 - Estudio de Coordinación de Aislamiento
 - Perturbaciones Sag y Swell
 - Análisis de Armónicos
 - Análisis de Contingencias Simultáneas

Bibliografía

- Grainger, J. & Stevenson, W., (1996). *Análisis de sistemas de potencia*, México: McGraw-Hill.
- Ramírez S., (2003). *Protección de sistemas eléctricos*. Universidad Nacional de Colombia, Manizales, Colombia.
- Zapata, C., (2011). *Confiabilidad de sistemas eléctricos de potencia*. Universidad Tecnológica de Pereira, Pereira, Colombia.
- Alfaro, C., (2012). *Metodología de investigación científica aplicado a la ingeniería* (Proyecto de Investigación). Universidad Nacional del Callao, Callao, Perú.
- COES SINAC, (2014). *Criterios de ajuste y coordinación de los sistemas de protección del SEIN*, Lima, Perú.
- NOJA Power, (2015). *OSM Manual del Usuario Reconectador automático OSM 15kV, 27kV, 38kV Control RC10*, Australia.

ANEXOS

ANEXO A - Relación de Subestaciones Eléctricas de Distribución de los AMT's QU-02 y

QU-03.

N°	AMT	CÓDIGO SED	NOMBRE	DIRECCIÓN	POTENCIA (kVA)	CANTIDAD DE SUMINISTROS
1	QU02	0010119	CONJ. HAB. CAHUIDE II	CONJ. HAB. CAHUIDE II	100	281
2	QU02	0010128	CALLE SUCRE I S.S.	CALLE SUCRE I S.S.	250	913
3	QU02	0010146	CALLE CHIMA S.S.	CALLE CHIMA S.S.	100	230
4	QU02	0010166	CONJ. HAB. CAHUIDE I	CONJ. HAB. CAHUIDE I	80	114
5	QU02	0010168	VISTA ALEGRE I	VIA EXPRESA	100	146
6	QU02	0010250	HIPOLITO TUPAC AMARU V	HIPOLITO TUPAC AMARU V	80	148
7	QU02	0010254	VISTA ALEGRE III	VIA EXPRESA	100	177
8	QU02	0010255	APV. LAS MERCEDES	VIA EXPRESA	80	171
9	QU02	0010256	AV. CUSCO I S.S.	AV. CUSCO I S.S.	250	355
10	QU02	0010257	URB. 28 DE JULIO	VIA EXPRESA	100	228
11	QU02	0010297	URB. MARIATEGUI S.S.	URB. MARIATEGUI S.S.	160	225
12	QU02	0010305	VISTA ALEGRE II	VIA EXPRESA	80	160
13	QU02	0010358	PARQUE INDUSTRIAL V	INTERSEC. LAS AMERICAS - REP. DE ARGENTINA	250	130
14	QU02	0010359	PARQUE INDUSTRIAL VI	LAS AMERICAS	100	64
15	QU02	0010360	URB. LOS SAUCES	URB. LOS SAUCES	100	76
16	QU02	0010418	URB. WISPAMPA II	URB. WISPAMPA II	100	189
17	QU02	0010419	URB. WISPAMPA I	URB. WISPAMPA I	160	310
18	QU02	0010463	VILLA MANANTIAL	VILLA MANANTIAL	100	159
19	QU02	0010499	PERIODISTAS MARCAVALLE	PERIODISTAS MARCAVALLE	100	245
20	QU02	0010540	URB. GC. SANTA ROSA II	URB. GC. SANTA ROSA II	160	202
21	QU02	0010558	INDUSTRIAS MOLICUSCO	REP. DE PARAGUAY (INDUSTRIAS MOLICUSCO)	50	1
22	QU02	0010624	APROVICOP	APROVICOP (APV LOS PINOS)	25	54
23	QU02	0010710	MOLINERA	REP. DE ARGENTINA	200	1
24	QU02	0010711	PARQUE INDUSTRIAL VII	VIA EXPRESA	80	62
25	QU02	0010717	TUPAC AMARU 02	VIA EXPRESA	100	138
26	QU02	0010812	AV. CUSCO	AV. CUSCO	75	61
27	QU02	0010952	APV. QUISPIQUILLA GRANDE	QUISPIQUILLA GRANDE	100	92
28	QU02	0011008	MADEREROS QUISPIQUILLA	QUISPIQUILLA	160	1
29	QU02	0011014	VILLA RINCONADA	APV. VILLA RINCONADA	160	500
30	QU02	0011015	BERNARDO TAMBOHUACSO	VIA EXPRESA	100	241
31	QU02	0011016	TUPAC AMARU	VIA EXPRESA	160	157
32	QU02	0011017	TUPAC AMARU I	VIA EXPRESA	50	57
33	QU02	0011030	APV FEDETAC FRACCION A	FEDETAC	50	59
34	QU02	0011084	REPUBLICA DEL PERU	AV. REPUBLICA DEL PERU	100	94

35	QU02	0011086	SANTA URSULA II	AV. TÚPAC AMARU	160	43
36	QU02	0011125	CENTRO DE SALUD SAN SEBASTIAN	ESQUINA MARCO ZAPATA CON GARCILASO	100	1
37	QU02	0011128	AV CUSCO I	AV CUSCO - I PARADERO SAN SEBASTIAN	100	117
38	QU02	0011166	CONCRETOS SUPERMIX	REPUBLICA DE VENEZUELA - PARQUE INDUSTRIAL	250	1
39	QU02	0011191	URB. SANTA MONICA	URB. SANTA MONICA	100	155
40	QU02	0011311	PLAZOLETA URB. TUPAC AMARU	PLAZA URB. TUPAC AMARU - SAN SEBASTIAN	250	81
41	QU02	0011318	S.T. CAMELIDOS CUSCO	PARQUE INDUSTRIAL CALLE LAS AMERICAS	100	1
42	QU03	0010002	FERNANDO TUPAC AMARU	FERNANDO TUPAC AMARU	100	170
43	QU03	0010004	URB. LA PLANICIE I	URB. LA PLANICIE I	25	105
44	QU03	0010045	MINISTERIO DE AGRICULTURA	MINISTERIO DE AGRICULTURA	75	1
45	QU03	0010058	URB. SAN JUAN	URB. SAN JUAN	200	289
46	QU03	0010102	FABRICA CERAMICA LUIS ZAMANES	FABRICA CERAMICA LUIS ZAMANES	200	1
47	QU03	0010124	SAUCES DE LA PRADERA	SAUCES DE LA PRADERA	100	276
48	QU03	0010125	ISTE TUPAC AMARU	PROLOL. AV. CUSCO (ISTE TUPAC AMARU)	250	1
49	QU03	0010126	TUYRUTUPA S. S	TUYRUTUPA S. S	160	218
50	QU03	0010127	FLOR DE LA CANTUTA	FLOR DE LA CANTUTA	100	200
51	QU03	0010129	ALFAPATA I S.S.	ALFAPATA I S.S.	160	433
52	QU03	0010143	URB. LA PLANICIE II	URB. LA PLANICIE II	100	117
53	QU03	0010169	CALLE CAJAÑAN	CALLE CAJAÑAN	160	206
54	QU03	0010251	LARAPA	LARAPA	160	480
55	QU03	0010253	CAMINO REAL S.S.	CAMINO REAL S.S.	160	197
56	QU03	0010258	LARAPA I	LARAPA I	320	514
57	QU03	0010259	LARAPA II	LARAPA II	250	361
58	QU03	0010283	URB. CACHIMAYO I	URB. CACHIMAYO I	320	373
59	QU03	0010284	URB. SANTA MARIA	URB. SANTA MARIA	100	156
60	QU03	0010285	URB. SANTA MARIA II	URB. SANTA MARIA II	80	64
61	QU03	0010286	URB. SANTA MARIA I	URB. SANTA MARIA I	80	63
62	QU03	0010287	URB. SANTA ROSA I	URB. SANTA ROSA I	100	236
63	QU03	0010288	AV. FRANCIA (NAC. UNIDAS)	AV. FRANCIA (NAC. UNIDAS)	160	237
64	QU03	0010289	JR. DINAMARCA (NAC. UNIDAS)	JR. DINAMARCA (NAC. UNIDAS)	160	248
65	QU03	0010290	AV. ALEMANIA I (NAC. UNIDAS)	AV. ALEMANIA I (NAC. UNIDAS)	100	304
66	QU03	0010291	URB. SANTA ROSA II	URB. SANTA ROSA II	160	302
67	QU03	0010292	URB. SANTA ROSA III	URB. SANTA ROSA III	160	225
68	QU03	0010293	J.C. MARIATEGUI SANTA ROSA IV	J.C. MARIATEGUI SANTA ROSA IV	160	462
69	QU03	0010304	ASOC. SAN MIGUEL	ASOC. SAN MIGUEL	80	245
70	QU03	0010318	PUEBLO LIBERTADOR	PUEBLO LIBERTADOR	100	188
71	QU03	0010319	SEGURO SOCIAL IPSS (S.J.)	SEGURO SOCIAL IPSS (S.J.)	80	1
72	QU03	0010320	ENACO SAN TUTIS	ENACO SAN TUTIS	50	1

73	QU03	0010321	SOL DE ORO	SOL DE ORO	50	128
74	QU03	0010324	AV. CULTURA S.S.	AV. CULTURA S.S.	100	79
75	QU03	0010374	AA.HH. VILLA LOS PROCERES	AA.HH. VILLA LOS PROCERES	100	336
76	QU03	0010378	CCORAO 1	C.C CCORAO	50	149
77	QU03	0010380	COMUNIDAD SEQUERACCAY	COMUNIDAD SEQUERACCAY	25	58
78	QU03	0010396	COMUNIDAD PUMAMARKA	COMUNIDAD PUMAMARKA	37.5	122
79	QU03	0010397	COMUNIDAD CHITAPAMPA	COMUNIDAD CHITAPAMPA	37.5	90
80	QU03	0010398	COMUNIDAD WILCAPATA	COMUNIDAD WILCAPATA	50	106
81	QU03	0010399	COMUNIDAD QUILLAHUATA	COMUNIDAD QUILLAHUATA	35	104
82	QU03	0010400	COVIDUC	COVIDUC	100	223
83	QU03	0010417	COVIPONA LARAPA	COVIPONA LARAPA	160	258
84	QU03	0010440	TELEFONICA DEL PERU (LARAPA)	TELEFONICA DEL PERU (LARAPA)	50	1
85	QU03	0010441	LARAPA PICOL	LARAPA PICOL	25	110
86	QU03	0010442	COMUNIDAD YUNCAYPATA	COMUNIDAD YUNCAYPATA	50	67
87	QU03	0010443	COMUNIDAD MANDORANI	COMUNIDAD MANDORANI	50	67
88	QU03	0010444	CENT. RECR. PEDRO HUILLCA	CENT. RECR. PEDRO HUILLCA	50	1
89	QU03	0010445	C.E.O. GUADALUPE	C.E.O. GUADALUPE	100	1
90	QU03	0010446	SUCSU AUCAYLLY	SUCSU AUCAYLLY	100	307
91	QU03	0010508	COMUNIDAD TICAPATA	COMUNIDAD TICAPATA	50	98
92	QU03	0010509	DIEGO QUISPE TITO	DIEGO QUISPE TITO	100	228
93	QU03	0010510	AA.HH. LA UNION	AA.HH. LA UNION	100	182
94	QU03	0010511	URB. SAN JOSE	URB. SAN JOSE	50	206
95	QU03	0010512	URB. VILLA EL MIRADOR	URB. VILLA EL MIRADOR	100	312
96	QU03	0010513	URB. LOS ANGELES	URB. LOS ANGELES	100	316
97	QU03	0010514	URB. VALLECITO	URB. VALLECITO	100	409
98	QU03	0010515	SICLLAPATA	SICLLAPATA	100	374
99	QU03	0010516	AA.HH. INKAWASI	AA.HH. INKAWASI	75	187
100	QU03	0010518	LARAPA	LARAPA	250	498
101	QU03	0010541	ALFAPATA II	ALFAPATA II	100	113
102	QU03	0010563	COMUNIDAD CCORIMARCA	COMUNIDAD CCORIMARCA	50	45
103	QU03	0010604	SAN AGUSTIN-NIÑO DE PRAGA	SAN AGUSTIN-NIÑO DE PRAGA	50	285
104	QU03	0010606	SANTUTIS	SANTUTIS	50	64
105	QU03	0010614	MARCACHAYOC	MARCACHAYOC	75	115
106	QU03	0010676	PROL. AV. CUSCO	PROL. AV. CUSCO (SAN SEBASTIAN)	160	143
107	QU03	0010677	VILLA MANANTIAL II	VILLA MANANTIAL	160	218
108	QU03	0010679	SAN JUAN II	PROL.AV DE LA CULTURA 5 PARADERO	160	82
109	QU03	0010689	MULTIMADERAS S.R.L.	PROL.AV DE LA CULTURA 5 PARADERO	50	1
110	QU03	0010690	FLOR DE LA KANTUTA II	FLOR DE LA KANTUTA II	50	146
111	QU03	0010691	ISTE TUPAC AMARU II	ISTE TUPAC AMARU II	125	58
112	QU03	0010701	RESIDENCIAL JARDINES	URB. LARAPA GRANDE	100	69

113	QU03	0010702	PROL. AV. DE LA CULTURA 4TO. PARADERO	PROL. AV. DE LA CULTURA 4TO. PARADERO	125	115
114	QU03	0010716	TUPAC AMARU SED 0010716	TUPAC AMARU 01	75	260
115	QU03	0010720	ASOCIACION PUKLLASUNCHIS	TIKAPATA - TENERIA	50	2
116	QU03	0010770	URB. SANTA ROSA IV	PROL. AV. DE LA CULTURA - SAN SEBASTIAN	100	84
117	QU03	0010785	LA CAMPIÑA	CALLE JOSE OLAYA	100	298
118	QU03	0010820	QUESER	QUESER	10	12
119	QU03	0010826	MINKA	APV. MINKA	75	86
120	QU03	0010858	APV. MIRADOR PACHACUTEQ	APV. MIRADOR PACHACUTEQ	50	208
121	QU03	0010891	TICAPATA I	TICAPATA I	100	137
122	QU03	0010892	TICAPATA II	TICAPATA II	85	100
123	QU03	0010893	TICAPATA III	TICAPATA III	50	40
124	QU03	0010894	TICAPATA IV	TICAPATA IV	75	58
125	QU03	0010895	TICAPATA V	TICAPATA V	75	52
126	QU03	0010899	VILLA NUEVA ESPERANZA	VILLA NUEVA ESPERANZA	25	43
127	QU03	0010924	FERIA ARTESANAL INTIHUATANA	FERIA ARTESANAL INTIHUATANA- CORAO	75	75
128	QU03	0010936	SED TENERIAPATA	SOL DE ORO	50	148
129	QU03	0010949	APV. LOS SALVADORES	LOS SALVADORES	50	148
130	QU03	0010950	APV. ATAHUALLPA	ATAHUALLPA	50	80
131	QU03	0010951	APV. UNUNCHIS	CALLE LA PAZ CON MOQUEGUA	100	239
132	QU03	0010960	MOISES BARREDA	SAN SEBASTIAN	50	80
133	QU03	0010973	ANTENA NEXTEL SOL DE ORO	ANTENA NEXTEL SOL DE ORO	10	1
134	QU03	0011018	URB. VILLA YACANORA	AV. CAMINO REAL	100	412
135	QU03	0011022	GRIFO REPSOL	AV. LA CULTURA - COLEGIO DE INGENIEROS	75	83
136	QU03	0011028	APV. REPUBLICA DE FRANCIA	REPUBLICA DE FRANCIA	50	64
137	QU03	0011035	APV SOL DE LOS ANDES - SOL NACIENTE	APV SOL DE LOS ANDES	75	137
138	QU03	0011039	APV MIRADOR DE LOS 4 SUYOS I	APV MIRADOR DE LOS 4 SUYOS	75	143
139	QU03	0011040	APV MIRADOR DE LOS 4 SUYOS II	APV MIRADOR DE LOS 4 SUYOS	50	55
140	QU03	0011048	RADIO TUPAC AMARU	ABRA CCORAO	15	1
141	QU03	0011057	APV. MICAELA POMPILLA Y LOS CLAVELES	ALTO QOSQO - SAN SEBASTIAN	50	34
142	QU03	0011058	APV. INTIKAWARINA Y V. CONVENCIANA	ALTO QOSQO SAN SEBASTIAN	200	50
143	QU03	0011059	APV. CONFRATERNIDAD	ALTO QOSQO - SAN SEBASTIAN	100	33
144	QU03	0011061	COMUNIDAD DE CORAO	CORAO	75	155
145	QU03	0011062	APV. QUINTA JARDIN, NUEVO MUNDO, SAN LAZARO, PROGRESO Y MIRAFLORES	ALTO QOSQO - SAN SEBASTIAN	75	92
146	QU03	0011063	APV. ALTO ALIANZA	ALTO QOSQO - SAN SEBASTIAN	100	20
147	QU03	0011064	APV. MIRADOR STA. ROSA, LUZ DEL SUR, SOL Y LUNA, VILLA PROGRESO	ALTO QOSQO - SAN SEBASTIAN	100	88

148	QU03	0011065	APV. VIRGEN DEL CARMEN	ALTO QOSQO - SAN SEBASTIAN	50	57
149	QU03	0011067	VILLA RINCONADA -CCORAO	CCORAO	25	17
150	QU03	0011068	APV. SAN HILARION Y ALTO QOSQO I	ALTO QOSQO - SAN SEBASTIAN	100	145
151	QU03	0011069	APV. FLORESTA DEL INCA Y PIEDRA DORADA	ALTO QOSQO - SAN SEBASTIAN	75	58
152	QU03	0011070	APV.ALTO QOSQO II, SAN VALENTIN Y PORVENIR	ALTO QOSQO - SAN SEBASTIAN	50	27
153	QU03	0011071	APV. NIETOS DE QUISPERROCA Y PORVENIR TAHUANTINSUYO I	ALTO QOSQO - SAN SEBASTIAN	75	18
154	QU03	0011072	APV. LOS PROCERES	ALTO QOSQO SAN SEBASTIAN	75	93
155	QU03	0011073	APV. REALES DEL BOSQUE	ALTO QOSQO - SAN SEBASTIAN	75	49
156	QU03	0011074	APV. FUTURO, FLORIDA, ESTRELLA DE DAVID Y MIRADOR NIHUAS	ALTO QOSQO - SAN SEBASTIAN	50	90
157	QU03	0011075	APV.BALCON DEL CIELO, BELLA LA PARADA	ALTO QOSQO - SAN SEBASTIAN	50	47
158	QU03	0011076	APV. VISTA PANORAMICA I	ALTO QOSQO - SAN SEBASTIAN	50	27
159	QU03	0011077	APV. HUAYNA CCAPAC	ALTO QOSQO - SAN SEBASTIAN	50	42
160	QU03	0011078	APV. BUENA FORTUNA, HERMOSO PAISAJE Y VILLA VICTORIA	ALTO QOSQO - SAN SEBASTIAN	50	50
161	QU03	0011079	APV. VILLA HERMOSA, SUMAC HUASI	ALTO QOSQO - SAN SEBASTIAN	50	32
162	QU03	0011080	APV. HANAN QOSQO, VILLA REAL, JOSE MARIA Y SANTO TOMAS	ALTO QOSQO - SAN SEBASTIAN	75	89
163	QU03	0011081	APV. MONTERRICO, BOBEDAYOC, URPICHAYOC, SAN FRANCISCO	ALTO QOSQO - SAN SEBASTIAN	75	193
164	QU03	0011082	APV. METODISTAS Y METROPOLITANO	ALTO QOSQO - SAN SEBASTIAN	50	36
165	QU03	0011083	APV. PILLPINTO MOCCO Y SALVADOR	ALTO QOSQO - SAN SEBASTIAN	75	56
166	QU03	0011092	CONDOR APUCHIN	PROLONGACION AV.LA CULTURA	160	171
167	QU03	0011093	AV.LA CULTURA-2DO PARADERO	AV.LA CULTURA-2DO PARADERO	160	143
168	QU03	0011094	CONDOMINIO LAS AMERICAS	AV.LOS SAUCOS	160	124
169	QU03	0011112	HOSPITAL DE LA SOLIDARIDAD (SISOL)	CALLE LOS QUISUARES - LARAPA	250	1
170	QU03	0011114	INTIQ SAMANAN - CHITAPAMPA	CCORAO - ENTRADA A CHITAPAMPA	50	31
171	QU03	0011115	SIERVOS DEL TERCER MUNDO	URB. SANT MARIA MANZANARES	75	2
172	QU03	0011124	PATAPATAYOC PARCELA B	PATAPATAYOC ALTO QOSQO	100	63
173	QU03	0011126	SUNAT	CUSCO - SAN SEBASTIAN	125	1
174	QU03	0011127	CENTRO DE ATENCION DE LA MUJER EN SITUACION DE VIOLENCIA	ESQUINA AVENIDA CUSCO CON MARCO ZAPATA	50	1
175	QU03	0011150	A.P.V. HUAYNA PICOL 01	SAN JERONIMO	100	124
176	QU03	0011151	A.P.V. HUAYNA PICOL 02	SAN JERONIMO	100	73
177	QU03	0011159	APV. PRADERAS DEL INCA	SAN SEBASTIAN	75	74

178	QU03	0011160	APV CLORINDA MATTO - SUTEP	SAN SEBASTIAN	50	28
179	QU03	0011162	PUYOC PATAPATAYOC	SAN SEBASTIAN	75	49
180	QU03	0011204	CALLQUIPATA	CALLQUIPATA	15	1
181	QU03	0011230	PUMAMARCA	COMUNIDAD DE PUMAMARCA	50	54
182	QU03	0011235	CUS091 VIETTEL PERU S.A.C. CCORAO	ANTENA CCORAO	10	1
183	QU03	0011238	SERVICIOS DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO	ALTO QOSQO	10	1
184	QU03	0011253	HIPERMERCADOS TOTTUS	HIPERMERCADOS TOTTUS SAN SEBASTIAN	1000	1
185	QU03	0011256	QUILLAHUATA	SAN SEBASTIAN	25	19
186	QU03	0011257	QUILLAHUATA 2	SAN SEBASTIAN	25	5
187	QU03	0011288	SSEE AMERICA MOVIL CCORAO	SAN SESASTIAN CCORAO	15	1
188	QU03	0011289	ASOCIACION GRANJA SAN LUIS SAN JERONIMO	PICOL ORCOPUCGIO	50	28
189	QU03	0011291	LOS ALAMOS	LOS ALAMOS	160	107
190	QU03	0011296	VERSALLES	LARAPA	160	201
191	QU03	0011302	UNIDAD ESCOLAR INKA RIPAC	CCORAO	100	1

Fuente: Oficina de Sistema Informático de Distribución – Electro Sur Este S.A.A.

ANEXO B - Características de Transformadores de Distribución

TRANSFORMADOR	HV (kV)	LV (kV)	Vcc 75 °C (%)	Perdidas (kW)	Grupo de Conexión	X1 (p.u.)	X0 (p.u.)
10KVA_10.5/0.46- 0.23_Yyn0	10.5	0.46	3	0.1	Yyn0	0.0283	0.0300
15KVA_10.5/0.46- 0.23_Yyn0	10.5	0.46	3	0.3	Yyn0	0.0224	0.0300
15KVA_10.5/0.4_Dyn5	10.5	0.4	3.8	0.3	Dyn5	0.0323	0.0380
25KVA_10.5/0.4_Dyn5	10.5	0.4	3.68	0.5	Dyn5	0.0309	0.0368
37.5KVA_10.5/0.4_Dyn5	10.5	0.4	3	0.5	Dyn5	0.0269	0.0300
50KVA_10.5/0.4_Dyn5	10.5	0.4	3.14	0.5	Dyn5	0.0298	0.0314
75KVA_10.5/0.4_Dyn5	10.5	0.4	3.6	1.5	Dyn5	0.0299	0.0360
100KVA_10.5/0.4_Dyn5	10.5	0.4	3.5	1.88	Dyn5	0.0295	0.0350
125KVA_10.5/0.4_Dyn5	10.5	0.4	4.5	2	Dyn5	0.0421	0.0450
160KVA_10.5/0.4_Dyn5	10.5	0.4	3.8	2.55	Dyn5	0.0345	0.0380
200KVA_10.5/0.4_Dyn5	10.5	0.4	3.7	2.9	Dyn5	0.0340	0.0370
250KVA_10.5/0.4_Dyn5	10.5	0.4	4	3.4	Dyn5	0.0376	0.0400
320KVA_10.5/0.4_Dyn5	10.5	0.4	4.7	4.1	Dyn5	0.0452	0.0470
1000KVA_10.5/0.4_Dyn5	10.5	0.4	6	8.8	Dyn5	0.0594	0.0600

Fuente: Digsilent Power Factory

ANEXO C - Características de Líneas de Media Tensión

LINEA MT	R1 Ohm/km	R2 Ohm/km	R0 Ohm/km	X1 Ohm/km	X2 Ohm/km	X0 Ohm/km
CU_10mm2	1.870	1.870	2.040	0.519	0.519	1.881
CU_16mm2	1.170	1.170	1.340	0.502	0.502	1.864
CU_25mm2	0.741	0.741	0.911	0.484	0.484	1.847
AAAC_25mm2	1.370	1.370	1.540	0.483	0.483	1.845
AAAC_35mm2	0.979	0.979	1.149	0.470	0.470	1.832
AAAC_50mm2	0.681	0.681	0.851	0.457	0.457	1.819
AAAC_70mm2	0.478	0.478	0.648	0.393	0.393	1.755
AAAC_120mm2	0.284	0.284	0.454	0.423	0.423	1.785
AAAC_185mm2	0.185	0.185	0.355	0.407	0.407	1.769
AAAC_240mm2	0.143	0.143	0.313	0.397	0.397	1.759

Fuente: Digsilent Power Factory

ANEXO D - Medición de potencia activa y reactiva de los alimentadores DO-01, DO-02, DO-03, DO-04, DO-05, DO-06 y DO-07

HORA	DO-01		DO-02		DO-03		DO-04		DO-05		DO-06		DO-07	
	P (kW)	Q (kVAR)												
00:00:00	1745	41	1715	241	1905	294	3223	549	1694	97	1717	45	1785	91
00:15:00	1642	33	1614	239	1843	290	3109	556	1588	95	1634	34	1710	90
00:30:00	1561	26	1538	248	1801	272	3026	524	1518	86	1572	37	1663	86
00:45:00	1502	24	1485	241	1761	262	3093	606	1444	82	1511	29	1594	64
01:00:00	1458	32	1448	236	1742	270	3158	790	1397	76	1468	26	1533	58
01:15:00	1425	32	1374	237	1713	256	3207	766	1362	75	1427	21	1516	79
01:30:00	1397	42	1332	235	1679	240	3221	773	1331	72	1389	12	1483	82
01:45:00	1365	41	1311	238	1653	237	3025	635	1310	76	1370	9	1460	78
02:00:00	1344	30	1297	244	1654	251	2971	612	1280	76	1344	4	1437	72
02:15:00	1332	39	1270	229	1634	240	2941	695	1266	77	1331	5	1407	80
02:30:00	1322	54	1269	234	1617	245	2769	558	1245	79	1315	6	1376	67
02:45:00	1309	47	1260	226	1618	241	2725	572	1237	77	1319	15	1359	62
03:00:00	1303	37	1261	232	1580	227	2847	626	1232	74	1304	4	1349	59
03:15:00	1299	42	1255	242	1573	220	3056	736	1218	71	1296	6	1359	49
03:30:00	1301	54	1231	225	1575	232	3213	818	1219	77	1281	5	1360	58
03:45:00	1300	35	1218	228	1563	233	3082	694	1209	71	1277	0	1381	81
04:00:00	1314	54	1226	235	1553	219	3117	668	1195	70	1268	-5	1373	89
04:15:00	1315	42	1241	236	1565	218	3161	712	1192	65	1261	-9	1378	87
04:30:00	1337	41	1273	250	1563	228	3145	665	1209	74	1273	-8	1357	85

04:45:00	1375	42	1259	231	1534	231	2863	530	1222	71	1286	-2	1341	85
05:00:00	1403	40	1293	230	1526	221	2778	480	1241	77	1308	4	1353	79
05:15:00	1482	65	1358	235	1561	234	2809	458	1290	86	1350	19	1370	60
05:30:00	1534	46	1442	255	1547	241	2812	519	1316	85	1401	27	1381	53
05:45:00	1608	55	1472	261	1501	244	3023	639	1291	90	1392	20	1368	81
06:00:00	1707	46	1506	267	1539	266	3083	700	1401	106	1465	39	1446	104
06:15:00	1807	46	1640	280	1583	256	3301	752	1513	114	1577	52	1509	129
06:30:00	1915	47	1760	284	1636	264	3335	753	1719	137	1780	74	1656	139
06:45:00	2039	60	1927	301	1707	297	3514	798	1897	162	1872	89	1786	135
07:00:00	2116	61	2073	310	1803	301	3447	792	1951	171	2010	117	1947	148
07:15:00	2204	91	2117	298	1847	333	3136	630	2075	189	2258	200	2088	179
07:30:00	2186	89	2094	306	1940	362	3085	625	2261	225	2483	281	2166	205
07:45:00	2173	112	2114	322	1998	385	3185	629	2279	252	2612	365	2229	237
08:00:00	2172	123	2052	313	2124	406	3203	699	2355	264	2838	409	2270	277
08:15:00	2094	101	2128	335	2272	470	3561	879	2429	291	2964	439	2278	279
08:30:00	2079	120	2114	338	2304	495	3667	890	2462	312	3070	481	2365	340
08:45:00	1987	124	2071	358	2319	486	3672	945	2420	310	3089	472	2463	401
09:00:00	1947	122	2089	389	2461	517	3668	884	2385	306	3169	489	2466	400
09:15:00	1938	130	2038	407	2586	564	3699	839	2388	315	3209	513	2419	406
09:30:00	1878	131	1990	418	2682	588	3781	877	2443	343	3290	529	2433	430
09:45:00	1814	141	2073	450	2751	617	3788	895	2495	364	3354	544	2373	442
10:00:00	1815	155	2074	468	2809	645	3682	814	2457	371	3371	557	2373	422
10:15:00	1845	170	2088	460	2807	667	3607	861	2491	384	3368	554	2379	444
10:30:00	1809	194	2070	463	2826	674	3507	857	2388	373	3388	567	2407	454
10:45:00	1812	174	2055	490	2907	699	3785	1018	2422	376	3423	568	2378	446
11:00:00	1816	175	2020	481	2864	682	3769	1071	2386	375	3401	579	2324	436
11:15:00	1830	174	1986	472	2904	700	3884	1165	2399	374	3393	578	2338	437
11:30:00	1824	179	1943	465	2960	719	3787	1117	2363	367	3428	582	2310	403
11:45:00	1779	175	1909	463	2920	701	3741	1039	2381	375	3409	577	2327	422
12:00:00	1766	159	1947	473	2939	701	3702	1044	2359	369	3410	590	2375	456
12:15:00	1807	176	2006	490	3010	740	3587	922	2369	381	3448	597	2327	466
12:30:00	1833	199	1978	491	3013	752	3438	920	2341	372	3460	585	2367	421
12:45:00	1826	201	2069	510	3018	742	3284	844	2335	372	3436	572	2322	393
13:00:00	1833	210	1988	469	2976	733	3221	816	2337	373	3392	569	2283	390
13:15:00	1759	153	1941	422	2969	737	3619	984	2313	354	3282	542	2300	396
13:30:00	1789	174	1981	433	2922	726	3657	1002	2297	350	3236	532	2215	320
13:45:00	1762	154	1960	428	2891	712	3931	1191	2142	358	3286	504	2146	298
14:00:00	1783	140	1926	404	2886	706	3931	1147	2050	362	3266	485	2139	289
14:15:00	1822	167	1950	411	2891	708	4074	1137	2113	356	3234	464	2183	307
14:30:00	1845	180	1933	406	2904	699	3858	952	2250	347	3190	501	2241	395
14:45:00	1853	171	1948	425	2834	663	3588	810	2255	354	3178	509	2344	448
15:00:00	1886	184	1940	428	2816	669	3598	840	2249	345	3188	494	2333	448
15:15:00	1954	224	2001	490	2879	693	3697	997	2302	374	3290	534	2398	505

15:30:00	1964	239	1991	489	2903	713	3726	1062	2324	373	3298	530	2433	508
15:45:00	1954	244	1979	469	2912	716	3968	1156	2336	383	3315	542	2411	497
16:00:00	1971	238	2013	474	2885	701	4039	1211	2314	370	3315	542	2351	497
16:15:00	1986	232	2021	485	2931	723	4028	1205	2347	373	3359	556	2356	486
16:30:00	2027	240	2041	477	2980	733	4150	1223	2343	364	3428	559	2383	477
16:45:00	1999	218	2055	497	2986	718	4147	1190	2406	398	3435	555	2426	511
17:00:00	2032	235	2109	496	2968	729	4200	1194	2431	381	3492	575	2461	522
17:15:00	2091	256	2131	491	3028	739	4102	1146	2447	378	3548	598	2521	520
17:30:00	2157	270	2160	500	3092	747	4027	1073	2522	401	3606	615	2561	521
17:45:00	2169	249	2238	487	3139	734	4026	1122	2650	433	3652	647	2599	514
18:00:00	2269	249	2338	488	3174	754	3978	1023	2685	454	3728	669	2575	492
18:15:00	2481	286	2523	512	3297	782	4398	1233	2811	463	3850	694	2708	501
18:30:00	2819	325	2839	567	3460	794	4693	1421	2993	488	4009	716	2884	492
18:45:00	2967	350	2966	570	3486	789	4799	1332	3131	500	4089	727	2972	473
19:00:00	3111	359	3087	586	3520	776	4618	1290	3181	491	4059	723	2998	446
19:15:00	3190	379	3179	598	3526	791	4633	1239	3238	501	4009	732	3000	418
19:30:00	3233	388	3237	604	3444	795	4497	1111	3227	469	4001	719	2997	395
19:45:00	3277	384	3310	617	3399	791	4242	947	3217	455	3917	698	3082	349
20:00:00	3320	382	3346	635	3383	781	4147	924	3160	434	3817	668	3098	370
20:15:00	3335	375	3350	630	3288	740	4072	860	3134	397	3706	617	2917	366
20:30:00	3317	344	3307	591	3210	678	3983	797	3096	358	3613	564	2850	332
20:45:00	3311	334	3289	563	3131	638	4072	873	3066	357	3534	554	2783	309
21:00:00	3305	326	3282	549	3056	614	4184	1060	3047	337	3400	512	2797	299
21:15:00	3253	320	3242	541	2944	577	4232	1053	2952	309	3263	474	2730	278
21:30:00	3164	278	3159	490	2858	509	4090	978	2883	285	3145	419	2708	264
21:45:00	3055	245	3078	464	2783	481	4138	1043	2819	252	3007	361	2667	233
22:00:00	2931	215	2964	422	2726	469	4054	961	2731	224	2879	315	2574	208
22:15:00	2810	198	2817	391	2582	435	3734	735	2614	193	2734	269	2520	204
22:30:00	2646	163	2650	362	2490	409	3595	676	2473	185	2585	237	2448	207
22:45:00	2468	146	2484	351	2400	403	3537	652	2316	162	2419	199	2343	189
23:00:00	2314	134	2304	340	2296	366	3386	584	2185	163	2279	187	2229	177
23:15:00	2140	101	2112	298	2184	334	3407	703	2043	142	2093	122	2147	155
23:30:00	1957	71	1939	271	2096	318	3571	846	1908	124	1948	90	2025	117
23:45:00	1831	54	1801	266	1979	292	3447	792	1744	117	1916	69	1857	67

Fuente: Oficina de Centro de Control – Electro Sur Este S.A.A.

HORA	DO-08		DO-09		QU-01		QU-04		QU-05		QU-06		QU-07	
	P (kW)	Q (kVAR)												
00:00:00	2147	148	1856	177	1279	269	1805	130	425	119	974	173	947	325
00:15:00	2051	150	1755	173	1194	259	1732	124	421	113	917	149	922	307
00:30:00	1949	136	1714	176	1148	262	1667	120	419	110	861	113	913	324
00:45:00	1904	159	1642	148	1103	263	1606	104	416	108	833	111	897	333
01:00:00	1836	156	1609	137	1057	272	1548	93	415	105	795	103	888	330
01:15:00	1780	152	1592	143	1022	271	1510	100	415	104	765	102	861	308
01:30:00	1752	154	1571	142	985	265	1467	87	412	103	744	101	846	309
01:45:00	1716	156	1540	141	969	271	1454	90	410	100	737	107	826	304
02:00:00	1683	145	1507	131	952	266	1436	82	411	95	730	96	815	302
02:15:00	1667	156	1490	133	935	263	1421	89	408	97	721	79	827	314
02:30:00	1652	159	1479	128	919	257	1397	79	406	101	703	82	815	302
02:45:00	1634	157	1476	134	921	265	1393	79	408	97	679	101	806	305
03:00:00	1634	164	1457	117	911	259	1382	75	410	94	672	92	808	302
03:15:00	1609	150	1444	118	904	262	1379	80	407	95	666	95	824	295
03:30:00	1573	124	1432	110	905	262	1371	73	406	96	654	97	815	300
03:45:00	1577	132	1435	123	896	254	1365	70	408	94	653	90	821	315
04:00:00	1579	129	1429	111	896	258	1356	76	407	98	655	92	809	324
04:15:00	1597	133	1434	96	901	254	1377	75	410	104	650	90	796	306
04:30:00	1619	138	1446	107	910	262	1389	77	419	106	645	86	826	304
04:45:00	1641	134	1447	94	932	265	1415	83	421	122	652	86	828	319
05:00:00	1686	163	1473	112	942	268	1450	88	423	132	662	91	864	343
05:15:00	1732	157	1502	115	984	271	1505	102	427	149	672	81	950	315
05:30:00	1778	161	1501	119	1027	266	1568	95	434	168	696	93	944	298
05:45:00	1772	162	1466	130	1084	268	1693	113	441	184	742	92	983	320
06:00:00	1765	149	1510	161	1214	262	1828	122	442	161	800	96	1015	341
06:15:00	1948	170	1578	194	1174	220	1925	114	421	112	822	76	936	296
06:30:00	2041	181	1658	201	1439	230	2070	144	421	103	964	91	988	327
06:45:00	2150	179	1762	214	1501	231	2243	180	414	102	1021	97	1039	336
07:00:00	2293	188	1854	240	1506	248	2301	196	412	100	1087	100	1039	332
07:15:00	2335	187	1958	279	1511	248	2390	226	405	90	1076	115	1105	395
07:30:00	2516	221	2080	306	1521	247	2356	188	415	78	1106	115	1199	497
07:45:00	2495	238	2122	310	1452	261	2309	217	409	74	1065	114	1328	638
08:00:00	2591	257	2181	336	1478	288	2318	251	392	64	1102	130	1509	829
08:15:00	2490	249	2309	379	1479	278	2325	265	397	71	1121	139	1571	885
08:30:00	2483	277	2404	451	1441	263	2297	254	387	57	1138	138	1549	848
08:45:00	2455	280	2483	491	1458	295	2311	291	395	51	1228	169	1692	950
09:00:00	2423	290	2633	537	1462	303	2358	340	391	53	1214	171	1845	1102
09:15:00	2443	313	2794	586	1436	314	2492	438	392	54	1270	171	1893	1165
09:30:00	2422	317	2963	641	1496	329	2579	473	383	51	1334	179	2012	1226

09:45:00	2465	339	3028	688	1491	331	2617	529	387	47	1406	183	2095	1278
10:00:00	2421	343	3190	740	1464	343	2641	559	388	48	1481	204	2117	1324
10:15:00	2416	368	3260	764	1478	329	2592	559	383	52	1605	239	1745	1050
10:30:00	2438	365	3252	780	1482	355	2672	587	385	51	1629	238	1577	913
10:45:00	2417	368	3285	788	1467	358	2718	640	390	69	1665	253	1739	1043
11:00:00	2403	362	3300	829	1451	364	2641	611	392	66	1689	269	2056	1303
11:15:00	2441	387	3377	858	1428	374	2653	595	389	52	1716	296	2176	1347
11:30:00	2419	385	3363	873	1374	368	2646	603	389	51	1768	296	2250	1435
11:45:00	2447	381	3332	868	1366	367	2642	636	397	56	1839	324	2341	1555
12:00:00	2405	401	3432	909	1446	407	2623	622	399	64	1807	320	2368	1572
12:15:00	2416	443	3400	876	1408	382	2680	669	396	58	1791	320	1951	1219
12:30:00	2447	429	3401	882	1426	379	2655	649	396	65	1808	313	1555	868
12:45:00	2352	420	3387	851	1473	386	2677	618	393	55	1860	340	1590	895
13:00:00	2371	410	3347	838	1444	363	2616	581	388	44	1855	327	1399	772
13:15:00	2449	390	3346	818	1353	358	2584	530	383	37	1872	345	1526	881
13:30:00	2457	374	3289	807	1340	336	2538	498	386	33	1889	366	1818	1102
13:45:00	2412	371	3249	782	1380	318	2541	493	392	38	1920	378	2040	1296
14:00:00	2480	375	3211	756	1445	315	2547	514	389	36	1907	354	2220	1373
14:15:00	2486	383	3207	735	1459	310	2631	550	387	30	1942	375	2315	1489
14:30:00	2559	374	3225	714	1501	336	2638	557	391	37	1936	379	2541	1723
14:45:00	2612	378	3241	733	1501	347	2649	580	394	49	1938	383	2631	1730
15:00:00	2641	387	3318	768	1499	346	2672	589	393	44	1976	391	2706	1733
15:15:00	2681	411	3330	807	1434	354	2682	596	393	36	1998	408	2120	1274
15:30:00	2667	399	3372	839	1464	351	2657	569	396	47	2002	411	1750	1072
15:45:00	2642	406	3383	840	1448	334	2702	598	397	40	2000	403	2029	1229
16:00:00	2660	414	3390	864	1517	347	2677	591	387	37	2026	406	2292	1430
16:15:00	2688	398	3485	874	1541	362	2685	587	390	33	2045	417	2352	1492
16:30:00	2728	422	3566	892	1556	374	2681	555	395	37	2025	419	2296	1450
16:45:00	2713	415	3572	930	1541	366	2670	498	393	38	2062	444	2402	1491
17:00:00	2762	430	3663	932	1530	353	2618	485	393	46	2079	450	2292	1443
17:15:00	2818	424	3696	938	1540	366	2516	427	397	46	2084	432	2078	1232
17:30:00	2869	441	3791	970	1569	352	2493	388	400	60	2066	414	1640	948
17:45:00	2942	467	3844	988	1546	375	2584	414	405	82	2103	416	1366	728
18:00:00	3079	517	3886	993	1561	383	2703	435	410	114	2176	448	1194	531
18:15:00	3321	561	4027	1006	1771	446	3045	513	450	226	2275	489	1275	498
18:30:00	3653	610	4291	1045	2093	466	3326	486	505	304	2316	471	1430	454
18:45:00	3809	617	4361	1056	2193	452	3473	491	531	367	2371	476	1496	445
19:00:00	3927	631	4392	1056	2278	473	3545	479	558	425	2363	472	1553	449
19:15:00	4059	665	4334	1027	2353	472	3600	481	568	447	2384	474	1597	441
19:30:00	4075	660	4296	1008	2413	457	3640	458	576	462	2379	480	1598	425
19:45:00	4070	652	4259	1011	2445	457	3596	434	575	453	2384	492	1571	402
20:00:00	4092	638	4207	969	2448	460	3567	423	571	449	2417	491	1545	398
20:15:00	4071	626	4024	881	2454	469	3566	422	567	440	2402	469	1544	382

20:30:00	4054	575	3865	810	2477	494	3533	412	558	422	2383	474	1535	371
20:45:00	4033	571	3699	731	2461	479	3494	379	553	394	2391	481	1540	376
21:00:00	3970	537	3538	672	2473	461	3396	368	545	366	2318	436	1502	365
21:15:00	3856	511	3321	602	2431	460	3307	357	532	335	2291	424	1491	365
21:30:00	3748	448	3082	506	2344	401	3246	341	515	310	2261	414	1465	339
21:45:00	3650	402	2988	465	2286	381	3116	323	502	276	2225	392	1415	317
22:00:00	3539	370	2836	413	2221	358	2954	302	490	250	2189	399	1385	301
22:15:00	3399	348	2691	376	2125	340	2788	290	475	217	1949	371	1320	284
22:30:00	3223	331	2561	329	2031	335	2628	267	464	197	1746	312	1169	287
22:45:00	3025	297	2477	323	1879	322	2493	237	456	176	1627	275	1030	300
23:00:00	2832	265	2329	292	1769	315	2360	233	449	164	1514	247	991	292
23:15:00	2641	233	2141	230	1636	310	2207	225	441	152	1385	249	959	293
23:30:00	2436	196	2019	191	1497	302	2082	213	435	143	1249	243	910	292
23:45:00	2298	187	1921	195	1370	304	1968	202	430	139	1086	209	887	319

Fuente: Oficina de Centro de Control – Electro Sur Este S.A.A.

ANEXO E - Medición de potencia activa de algunas Subestaciones Eléctricas de Distribución (SED) de alimentadores QU-02 y QU-03

HORA	QU-02					QU-03				
	0010463	0010168	0010419	0010711	0011191	0010324	0010513	0010291	0010143	0011018
	P (kW)									
00:00:00	18.31	32.20	44.21	27.88	36.77	5.12	31.65	35.29	11.87	49.32
00:10:00	18.36	29.86	44.00	27.17	34.40	5.09	29.97	31.45	11.31	47.75
00:20:00	17.98	29.82	44.43	26.20	32.93	4.93	29.32	29.85	10.74	46.27
00:30:00	17.34	28.96	39.94	24.98	31.32	5.12	27.56	29.03	10.18	46.27
00:40:00	16.50	28.02	38.24	25.21	30.29	5.38	27.69	26.87	10.18	44.00
00:50:00	16.42	27.88	37.76	25.08	30.42	4.92	26.64	25.63	10.18	40.56
01:00:00	15.86	27.44	36.61	25.60	28.18	4.44	26.61	25.81	9.61	39.62
01:10:00	15.54	27.23	35.07	25.76	28.07	4.67	25.72	25.29	9.61	40.58
01:20:00	15.64	27.29	35.08	25.71	27.58	4.81	24.60	25.82	9.61	38.66
01:30:00	15.76	26.53	35.22	25.86	27.02	4.38	24.99	25.77	9.61	43.06
01:40:00	14.50	25.80	35.66	25.86	25.57	4.28	23.40	25.25	9.05	37.61
01:50:00	14.82	25.55	36.26	25.52	26.88	4.24	23.48	24.09	9.05	37.61
02:00:00	14.90	26.04	32.78	25.28	25.76	4.29	21.79	26.34	9.05	37.21
02:10:00	15.78	26.35	30.98	25.76	24.84	4.32	22.54	23.35	8.48	36.43
02:20:00	15.34	25.04	30.81	24.18	25.52	4.16	21.35	22.70	9.05	35.08
02:30:00	15.06	24.96	31.95	24.52	24.10	4.22	21.81	22.63	9.05	36.57
02:40:00	13.99	25.04	33.07	24.98	23.04	3.98	21.47	23.15	9.05	35.64

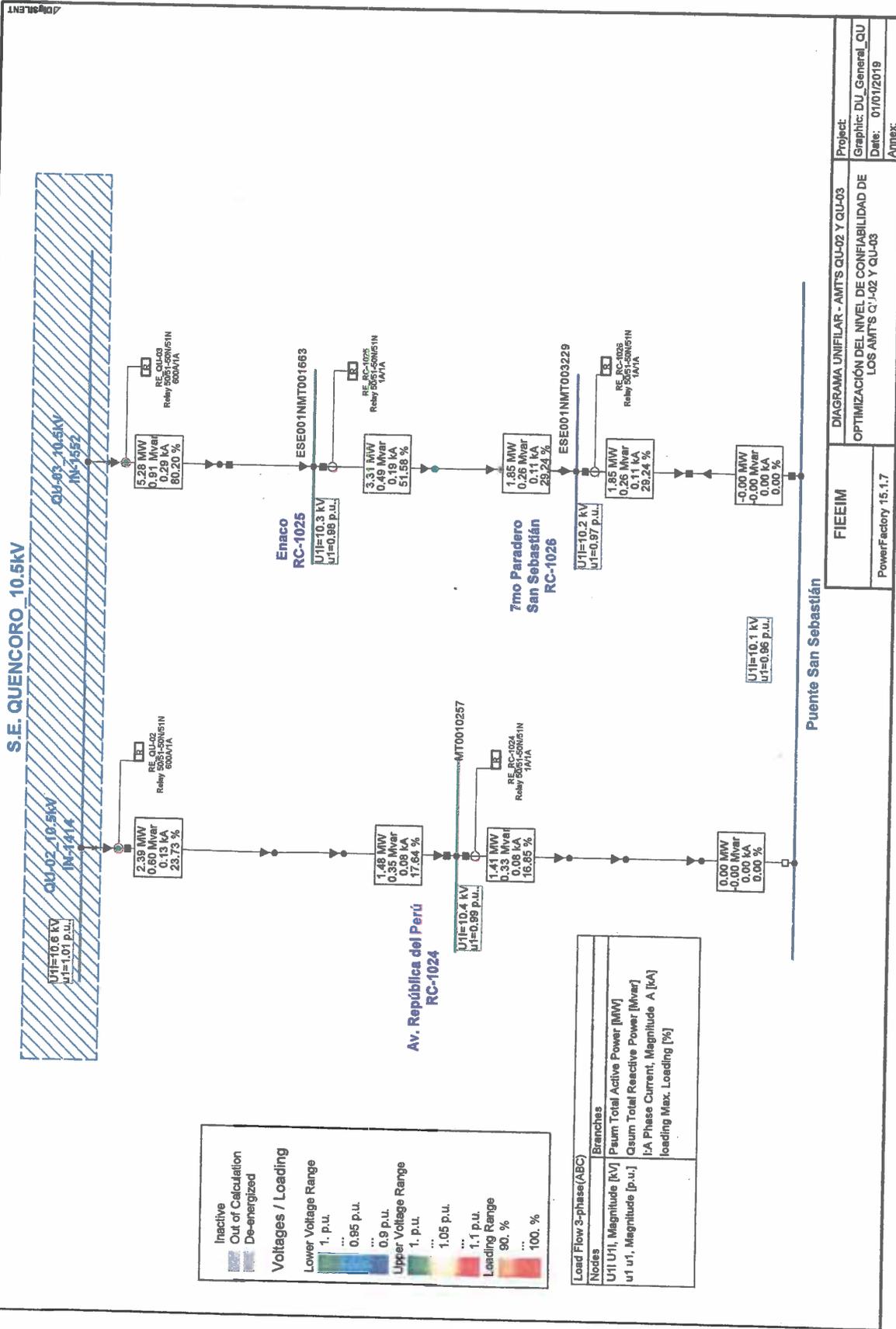
02:50:00	13.93	24.51	36.64	25.18	25.75	4.16	20.32	21.71	9.05	35.18
03:00:00	13.82	24.43	32.55	24.43	24.91	4.47	22.10	21.87	8.48	34.80
03:10:00	13.64	24.21	30.50	24.67	24.75	4.16	21.11	23.93	9.05	34.44
03:20:00	14.09	23.40	30.72	24.49	24.23	4.28	22.39	25.80	9.05	36.06
03:30:00	13.90	24.99	31.10	25.18	24.25	4.44	20.53	23.27	8.48	33.71
03:40:00	13.47	24.59	30.03	24.91	24.18	4.26	20.75	21.48	7.92	34.44
03:50:00	13.95	24.64	30.77	24.56	23.99	4.21	20.47	22.52	8.48	35.31
04:00:00	14.69	25.41	30.17	25.39	25.36	4.38	20.63	22.35	9.05	34.85
04:10:00	14.56	25.46	31.82	25.75	23.77	4.33	20.56	21.59	7.92	34.76
04:20:00	14.32	26.00	33.77	34.04	25.18	4.17	21.26	22.97	7.35	34.24
04:30:00	14.56	25.63	30.30	27.97	25.55	4.28	22.24	22.72	7.92	37.83
04:40:00	15.27	24.64	29.67	26.65	26.83	4.09	22.10	22.91	7.92	36.01
04:50:00	15.00	24.91	32.59	25.59	28.11	3.84	23.31	22.91	8.48	37.46
05:00:00	14.84	25.71	34.41	26.84	28.31	3.69	24.62	23.38	7.92	40.30
05:10:00	16.02	25.99	32.26	24.88	31.62	3.77	23.80	22.91	7.92	36.56
05:20:00	15.77	26.08	33.71	24.03	28.19	3.92	27.65	24.66	9.05	37.87
05:30:00	19.92	26.81	32.86	23.41	32.43	4.06	23.28	24.81	9.05	41.37
05:40:00	19.39	30.83	36.33	16.97	28.23	4.15	24.07	25.74	9.61	46.19
05:50:00	18.81	32.16	34.78	18.38	32.99	4.02	24.66	27.93	8.48	47.28
06:00:00	19.00	37.42	41.53	19.43	35.74	3.73	23.92	19.60	13.57	46.81
06:10:00	33.07	34.88	47.91	14.53	50.29	4.83	26.53	20.81	14.14	70.85
06:20:00	27.94	17.98	46.42	16.02	47.26	4.46	22.19	26.24	17.53	79.21
06:30:00	26.44	24.58	59.21	15.46	55.99	4.85	23.04	26.00	20.92	91.70
06:40:00	29.92	22.67	56.45	19.82	64.25	4.05	27.26	25.56	11.87	109.78
06:50:00	21.29	24.74	54.93	19.01	73.93	4.16	28.74	24.65	21.49	106.10
07:00:00	20.74	25.05	61.76	16.05	74.59	4.05	32.47	28.32	23.18	105.28
07:10:00	25.23	21.75	56.51	18.57	72.14	3.56	33.76	34.57	13.00	89.46
07:20:00	27.62	19.99	57.02	16.30	76.22	4.13	27.49	33.90	10.18	94.50
07:30:00	19.70	22.08	58.75	19.56	71.59	5.73	36.06	33.63	14.14	84.59
07:40:00	18.12	26.03	54.27	24.02	68.54	4.99	31.59	29.11	14.70	91.56
07:50:00	17.07	25.51	57.49	16.52	56.48	5.36	29.84	34.39	15.83	87.68
08:00:00	23.79	25.93	51.93	18.93	52.08	8.05	37.02	33.18	10.74	93.62
08:10:00	20.18	24.77	52.55	25.91	52.81	5.12	34.73	35.72	10.74	82.82
08:20:00	25.13	25.37	51.42	23.14	46.14	4.55	33.93	40.35	12.44	81.00
08:30:00	23.40	26.54	48.19	18.16	45.88	5.01	37.59	37.19	16.40	84.90
08:40:00	18.05	22.43	59.19	23.23	49.13	4.63	34.70	35.69	12.44	78.30
08:50:00	19.53	25.98	55.74	22.21	46.25	4.65	31.16	37.41	18.66	67.21
09:00:00	22.74	21.15	51.45	27.35	51.53	5.77	44.07	36.85	20.35	69.15
09:10:00	21.84	19.17	54.61	26.46	53.10	8.51	42.13	39.75	13.57	70.43
09:20:00	23.48	20.85	53.05	21.76	49.77	8.60	44.90	38.14	13.00	75.18
09:30:00	21.82	19.11	53.38	35.48	53.08	10.07	52.18	41.49	14.70	76.20
09:40:00	21.89	19.34	53.68	28.19	53.74	7.11	45.86	42.20	16.40	80.63
09:50:00	23.86	21.34	57.18	33.96	50.32	6.44	35.85	38.02	12.44	83.64

10:00:00	22.34	22.40	55.85	31.37	44.86	6.49	44.50	32.49	13.00	86.70
10:10:00	22.94	20.88	57.42	37.88	45.05	8.04	47.09	35.72	16.40	67.28
10:20:00	20.42	23.41	53.74	33.24	47.63	8.82	37.37	44.78	16.40	72.01
10:30:00	21.13	20.78	55.38	30.33	49.88	9.39	40.26	38.20	17.53	72.31
10:40:00	21.52	23.12	47.80	24.54	46.62	9.49	40.51	37.90	15.27	65.45
10:50:00	20.41	23.41	49.55	23.16	48.29	9.23	47.37	37.04	16.40	90.91
11:00:00	20.77	21.22	49.23	31.47	52.35	8.37	43.81	31.96	16.96	81.77
11:10:00	22.20	23.67	52.37	39.63	49.44	8.27	46.25	35.18	16.40	80.68
11:20:00	21.91	21.45	49.99	32.85	47.02	8.19	46.76	32.13	16.40	76.88
11:30:00	18.19	23.16	53.88	37.78	43.56	8.41	44.00	31.55	16.96	75.65
11:40:00	17.27	23.69	57.12	34.05	41.08	9.46	43.57	32.63	17.53	71.13
11:50:00	17.28	20.63	56.76	31.56	46.75	9.35	41.28	35.30	17.53	89.91
12:00:00	20.91	26.81	50.83	28.00	46.90	9.68	36.01	39.06	17.53	90.67
12:10:00	18.81	28.71	48.53	28.86	45.57	9.81	30.17	43.40	17.53	83.54
12:20:00	19.07	26.16	55.66	24.54	42.65	8.48	30.02	39.63	23.75	80.68
12:30:00	24.00	22.05	52.42	28.17	48.22	10.03	30.78	38.87	18.09	76.69
12:40:00	24.91	25.23	49.08	31.00	51.89	9.60	30.37	39.68	19.79	75.36
12:50:00	20.60	25.42	47.55	23.14	51.17	9.12	31.26	36.50	18.66	90.93
13:00:00	19.34	22.55	49.00	25.69	47.83	9.66	29.65	37.70	14.14	88.99
13:10:00	20.04	27.82	44.53	21.58	50.17	8.51	33.60	34.47	14.70	77.60
13:20:00	18.18	28.34	41.67	19.87	50.00	8.47	37.09	34.48	13.57	72.89
13:30:00	21.09	23.47	45.57	20.56	48.71	8.19	34.32	32.89	15.27	77.58
13:40:00	21.11	25.51	45.88	23.15	52.59	8.91	35.30	32.41	18.66	80.89
13:50:00	19.28	24.67	46.63	20.93	52.42	9.40	34.32	30.52	14.70	72.27
14:00:00	17.14	20.72	44.12	18.87	47.35	9.26	41.63	29.67	16.96	67.95
14:10:00	20.21	26.77	41.80	19.64	45.51	8.64	34.12	31.29	14.14	68.34
14:20:00	19.60	24.20	48.51	20.70	44.68	8.42	37.04	33.58	13.00	65.08
14:30:00	21.25	28.45	47.60	22.82	48.46	8.15	38.32	37.33	11.87	58.04
14:40:00	22.41	26.35	45.29	26.44	43.15	8.72	38.62	30.71	15.27	61.62
14:50:00	18.75	26.34	48.54	25.46	43.82	8.57	37.28	31.78	11.87	55.50
15:00:00	21.74	25.92	49.42	30.20	43.84	9.29	30.15	31.68	12.44	59.26
15:10:00	21.40	25.45	46.78	24.47	44.26	9.83	32.01	31.89	12.44	58.35
15:20:00	17.82	27.69	51.76	20.23	51.47	12.22	38.81	36.91	10.74	61.29
15:30:00	20.49	26.06	48.60	22.14	44.81	10.50	39.42	45.18	13.57	73.39
15:40:00	20.85	26.68	47.59	25.92	38.56	9.68	35.85	42.65	12.44	73.51
15:50:00	21.42	28.44	48.37	21.73	44.23	10.73	33.90	42.06	13.57	64.40
16:00:00	22.20	26.65	47.51	26.91	41.47	9.89	33.37	37.93	14.14	62.21
16:10:00	21.93	25.95	47.32	26.73	41.76	10.22	35.97	38.60	13.00	61.88
16:20:00	24.86	25.77	51.36	24.84	44.48	10.25	34.15	42.32	16.40	68.40
16:30:00	21.52	24.27	49.71	27.57	41.33	9.61	38.51	45.07	13.00	69.72
16:40:00	20.80	24.80	49.31	28.03	42.07	10.28	41.36	41.99	11.87	72.09
16:50:00	20.54	27.39	51.64	27.76	43.29	11.31	33.07	45.42	19.79	75.52
17:00:00	19.02	24.01	53.78	25.99	41.43	11.84	39.26	47.24	22.05	72.41

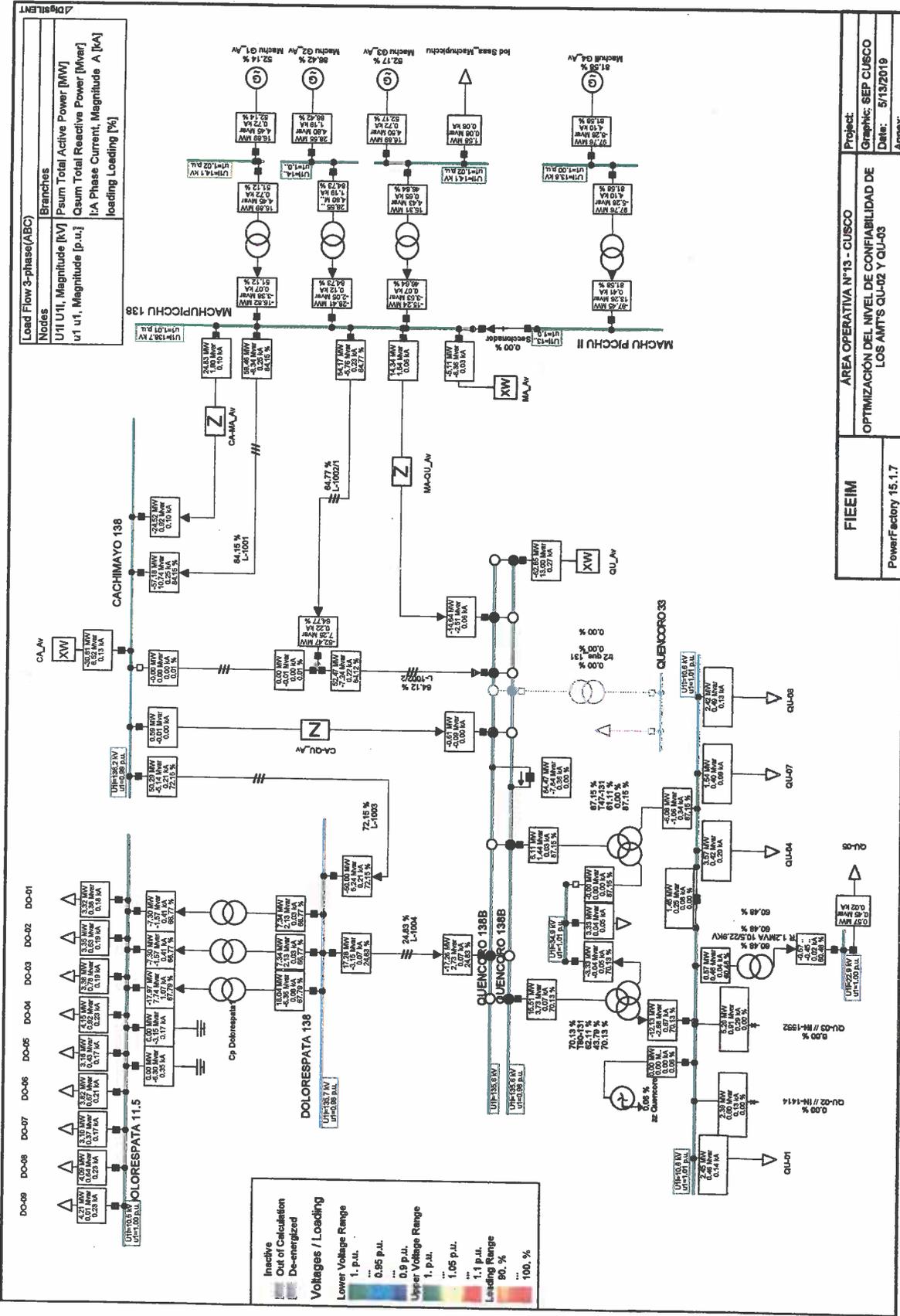
17:10:00	20.06	24.33	56.39	29.71	37.35	11.71	39.51	36.51	24.88	65.23
17:20:00	17.28	26.38	51.63	23.30	37.51	12.92	40.97	38.87	19.79	58.69
17:30:00	19.39	27.87	50.80	22.84	38.15	13.67	40.98	36.05	18.09	58.00
17:40:00	23.83	25.83	50.23	21.39	41.38	24.42	42.92	39.90	24.88	63.31
17:50:00	24.95	23.52	58.49	22.49	47.98	26.67	46.19	42.92	28.27	68.27
18:00:00	31.52	30.89	62.24	28.51	44.64	28.54	51.79	49.87	29.40	76.24
18:10:00	37.87	36.83	75.28	33.77	45.68	29.25	54.88	53.79	29.40	79.38
18:20:00	36.91	37.84	78.41	37.04	48.04	32.72	53.97	55.52	29.97	81.23
18:30:00	35.65	40.44	80.29	39.17	50.36	36.06	57.71	57.22	36.75	86.22
18:40:00	34.67	41.21	77.15	37.75	52.75	35.79	58.89	59.49	33.92	87.01
18:50:00	36.20	40.45	76.95	39.55	46.56	33.88	60.54	59.62	31.10	99.87
19:00:00	38.54	39.43	80.92	37.25	49.00	30.57	65.59	60.50	26.57	92.79
19:10:00	40.43	40.41	82.97	42.07	49.94	31.34	61.10	64.63	27.14	95.51
19:20:00	40.33	43.02	83.38	45.76	50.46	28.83	62.12	62.13	24.31	98.59
19:30:00	36.75	43.02	87.66	36.29	54.82	29.19	62.60	63.81	26.57	97.66
19:40:00	36.73	44.91	82.09	35.22	56.51	30.19	62.79	72.07	26.01	99.49
19:50:00	37.96	44.97	82.02	37.19	56.42	27.21	62.36	70.06	26.01	98.75
20:00:00	43.18	43.72	87.85	35.58	56.26	21.23	65.57	67.93	26.01	94.50
20:10:00	36.40	44.39	88.94	35.72	54.92	18.11	63.99	64.67	24.88	92.02
20:20:00	36.21	47.60	86.47	39.71	55.70	16.63	65.01	65.05	24.88	90.59
20:30:00	34.82	48.02	94.81	34.51	58.20	14.92	65.13	64.52	24.31	96.95
20:40:00	34.20	45.99	92.58	34.41	60.88	13.27	64.00	63.52	25.44	95.39
20:50:00	34.28	48.54	91.37	36.35	61.34	12.84	65.30	66.47	24.31	96.57
21:00:00	34.35	46.24	91.21	35.18	58.75	10.53	70.99	69.61	22.62	96.00
21:10:00	34.22	47.07	86.34	33.82	56.01	9.72	64.50	66.25	23.75	93.95
21:20:00	35.62	46.54	89.04	33.69	56.44	9.29	67.52	61.36	24.88	93.28
21:30:00	33.00	45.61	86.85	33.73	58.56	8.85	63.36	61.19	25.44	87.68
21:40:00	32.25	46.38	87.21	29.80	59.30	8.27	65.10	58.70	23.75	87.61
21:50:00	31.44	43.31	84.50	30.70	57.81	7.43	60.95	59.05	24.31	89.43
22:00:00	31.30	43.26	89.02	30.87	59.04	7.61	55.46	57.33	22.62	88.33
22:10:00	30.22	42.21	85.72	30.62	60.05	7.39	52.94	51.05	19.79	80.23
22:20:00	31.16	40.31	81.05	31.08	53.44	6.88	49.59	49.64	19.79	76.98
22:30:00	31.32	39.02	76.60	29.63	51.64	6.97	47.23	46.96	19.22	73.56
22:40:00	28.66	38.45	72.08	28.21	51.16	6.85	43.93	45.39	16.96	72.65
22:50:00	27.37	36.97	63.70	27.81	48.49	6.45	43.23	43.25	16.96	68.44
23:00:00	24.93	35.13	60.91	27.29	50.38	5.88	39.96	40.31	16.96	66.76
23:10:00	23.76	33.98	55.46	29.37	43.43	6.05	40.76	37.88	15.27	61.11
23:20:00	23.04	33.56	59.28	27.77	42.84	6.48	38.17	37.69	15.27	59.21
23:30:00	22.22	31.81	52.04	27.85	43.54	7.05	35.47	35.74	14.70	57.04
23:40:00	22.09	30.79	48.78	25.62	40.30	6.36	32.66	34.54	13.00	54.41
23:50:00	20.83	30.44	47.14	26.57	36.28	5.55	32.89	32.84	13.00	52.73

Fuente: Oficina de Control de Calidad – Electro Sur Este S.A.A.

**ANEXO F – Resultados de Flujo de Carga con la
Operación Actual del Sistema en Estudio**

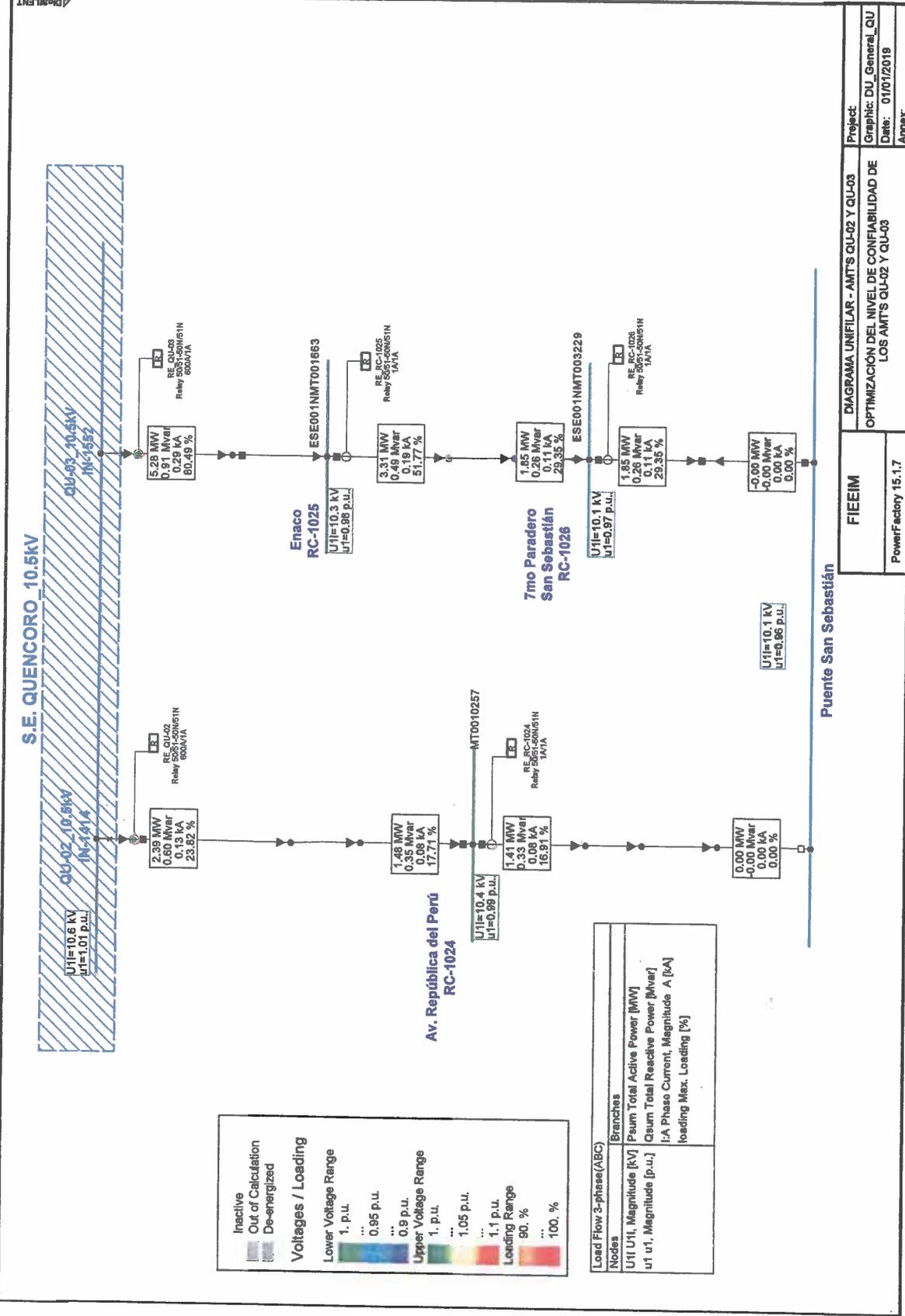


Máxima Demanda - Avenida 2019_QU-02 y QU-03



FIEEIM	ÁREA OPERATIVA N°13 - CUSCO
OPTIMIZACIÓN DEL NIVEL DE CONFIABILIDAD DE LOS AMTS QU-02 Y QU-03	
PowerFactory 15.1.7	Project: SEP CUSCO Graphic: 5/13/2019 Date: 5/13/2019 Annex:

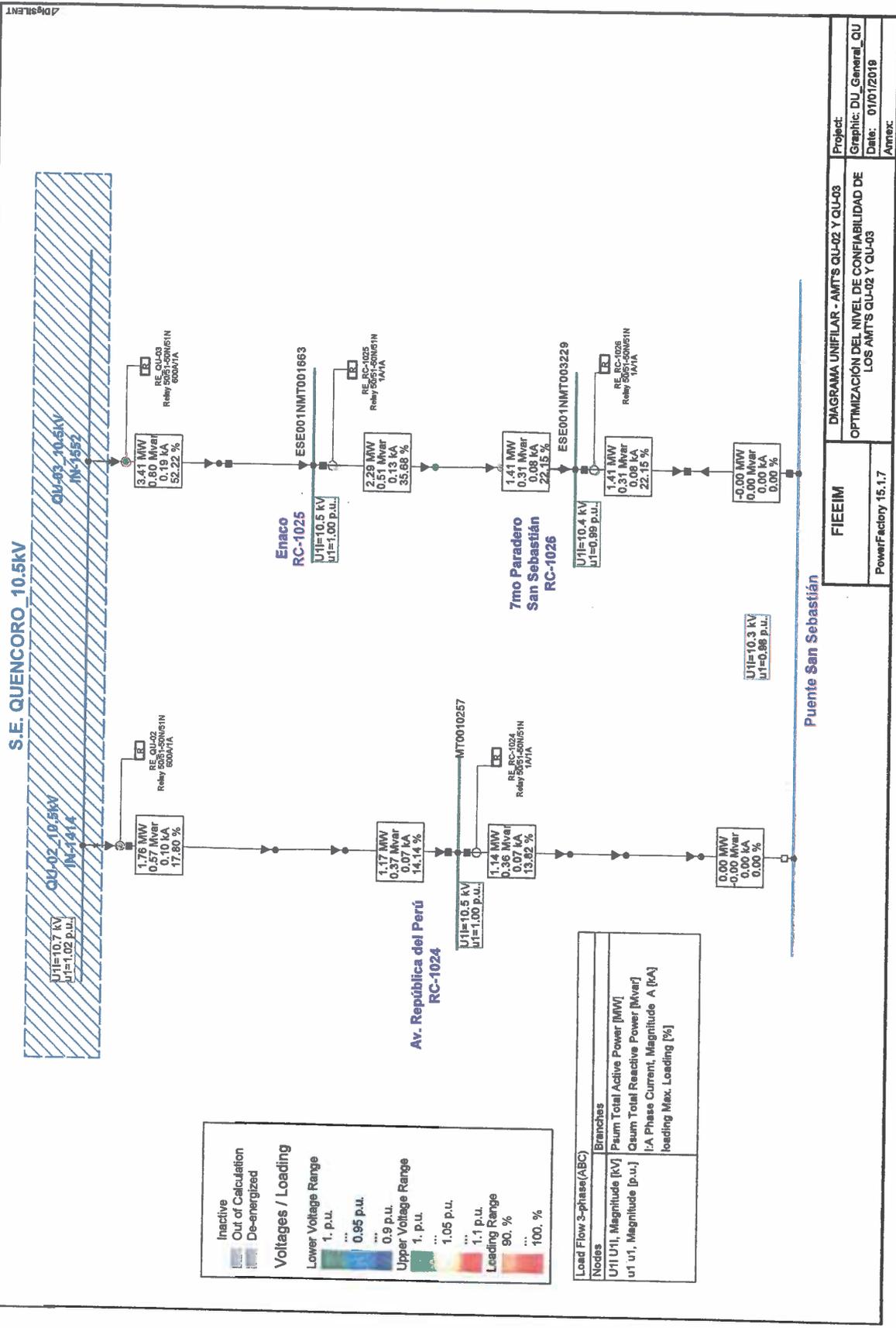
Máxima Demanda - Avenida 2019_SEP



Máxima Demanda - Estiaje 2019_QU-02 y QU-03

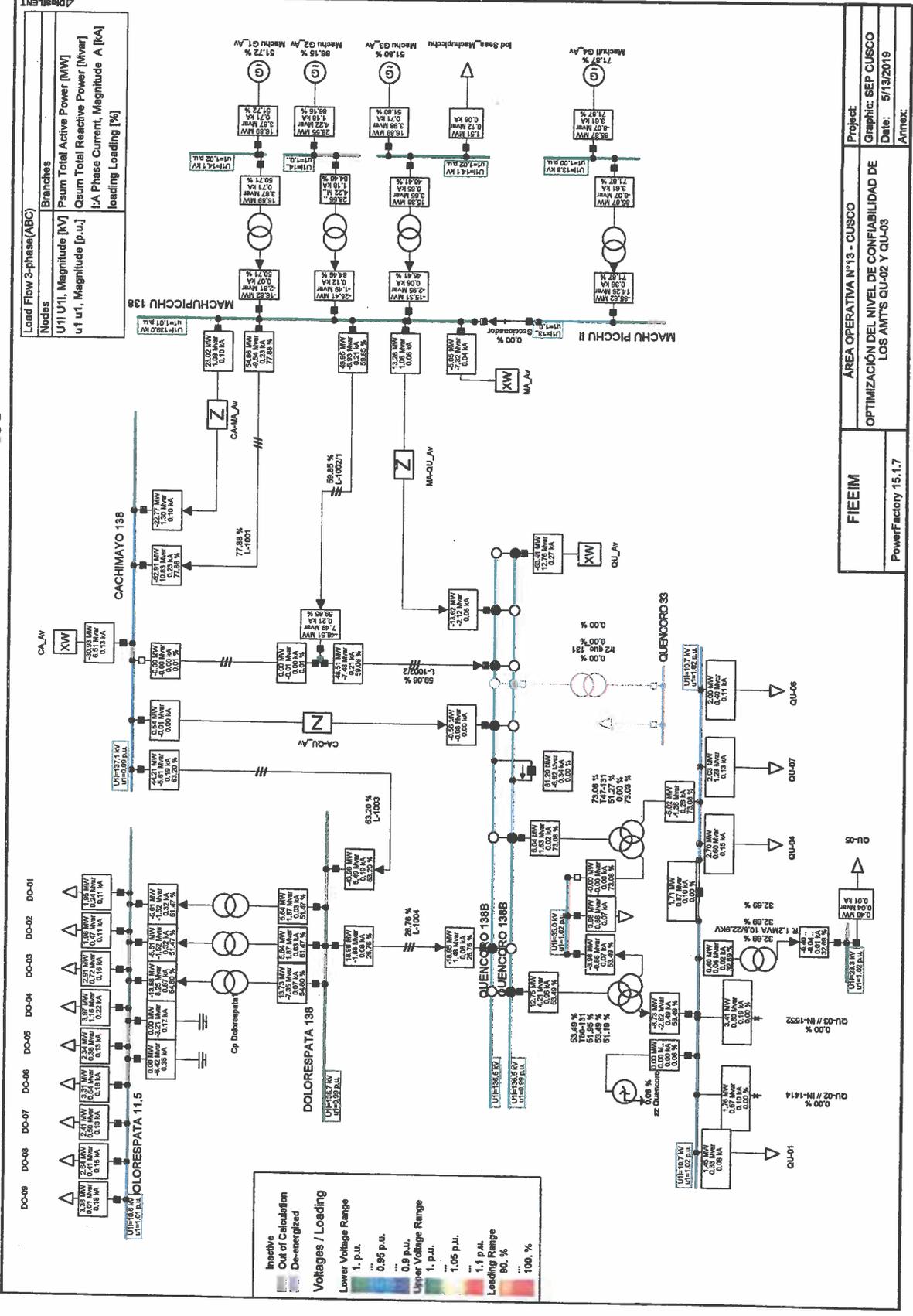
Project: FIEEIM
 Graph: DU_General_QU
 Date: 01/01/2019
 Annex:

DIAGRAMA UNIFILAR - AMTS QU-02 Y QU-03
 OPTIMIZACIÓN DEL NIVEL DE CONFIABILIDAD DE
 LOS AMTS QU-02 Y QU-03
 PowerFactory 15.1.7



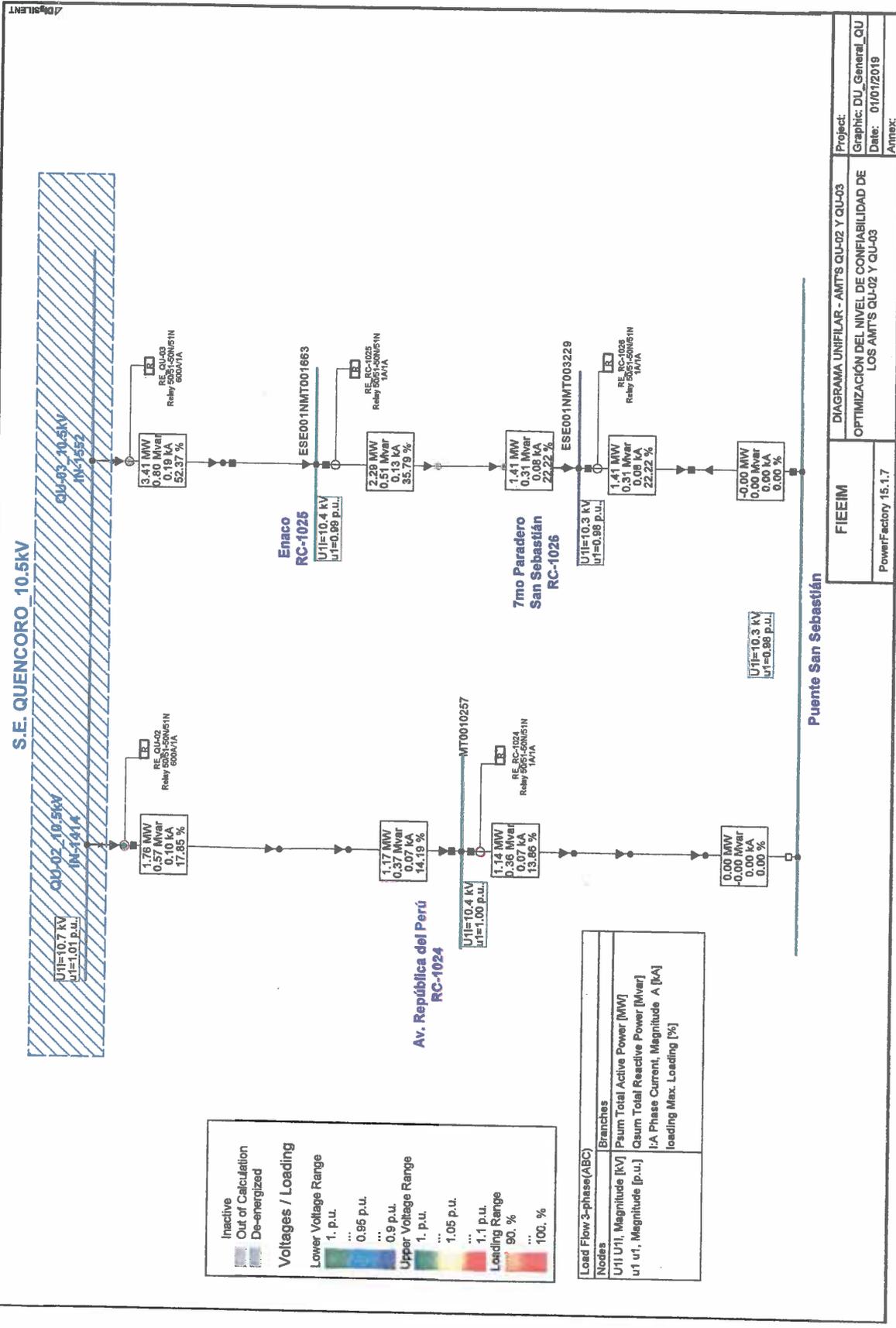
FIEEIM		Project: DIAGRAMA UNIFILAR - AMTS QU-02 Y QU-03
PowerFactory 15.1.7		Graphic: DU_General_QU
		Date: 01/01/2019
		Annex:

Media Demanda - Avenida 2019_QU-02 y QU-03

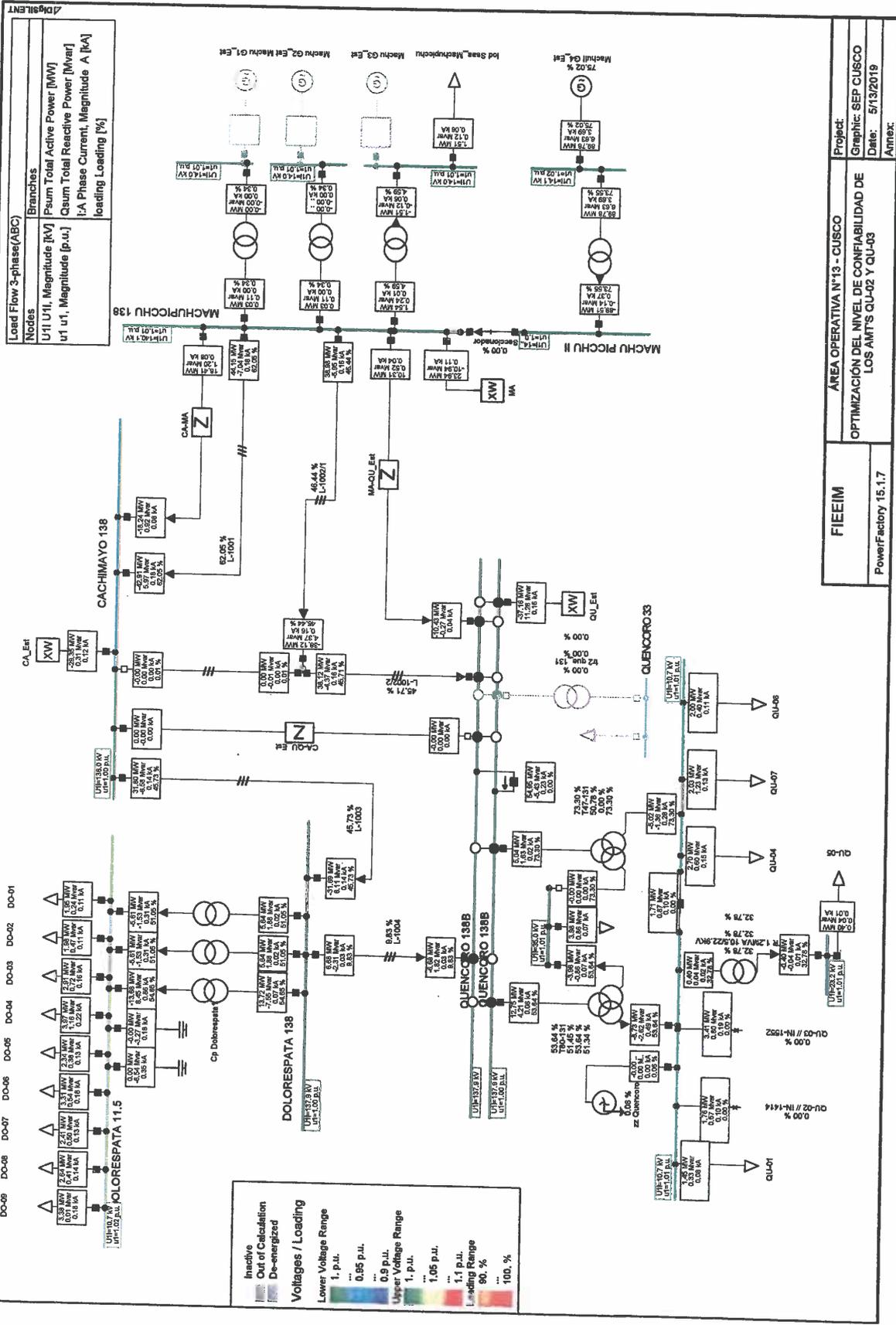


FIEEIM		ÁREA OPERATIVA N°13 - CUSCO		Project:
PowerFactory 15.1.7		OPTIMIZACIÓN DEL NIVEL DE CONFIABILIDAD DE LOS AMTS QU-02 Y QU-03		Graphic: SEP CUSCO
				Date: 5/13/2019
				Annex:

Media Demanda - Avenida 2019_SEP

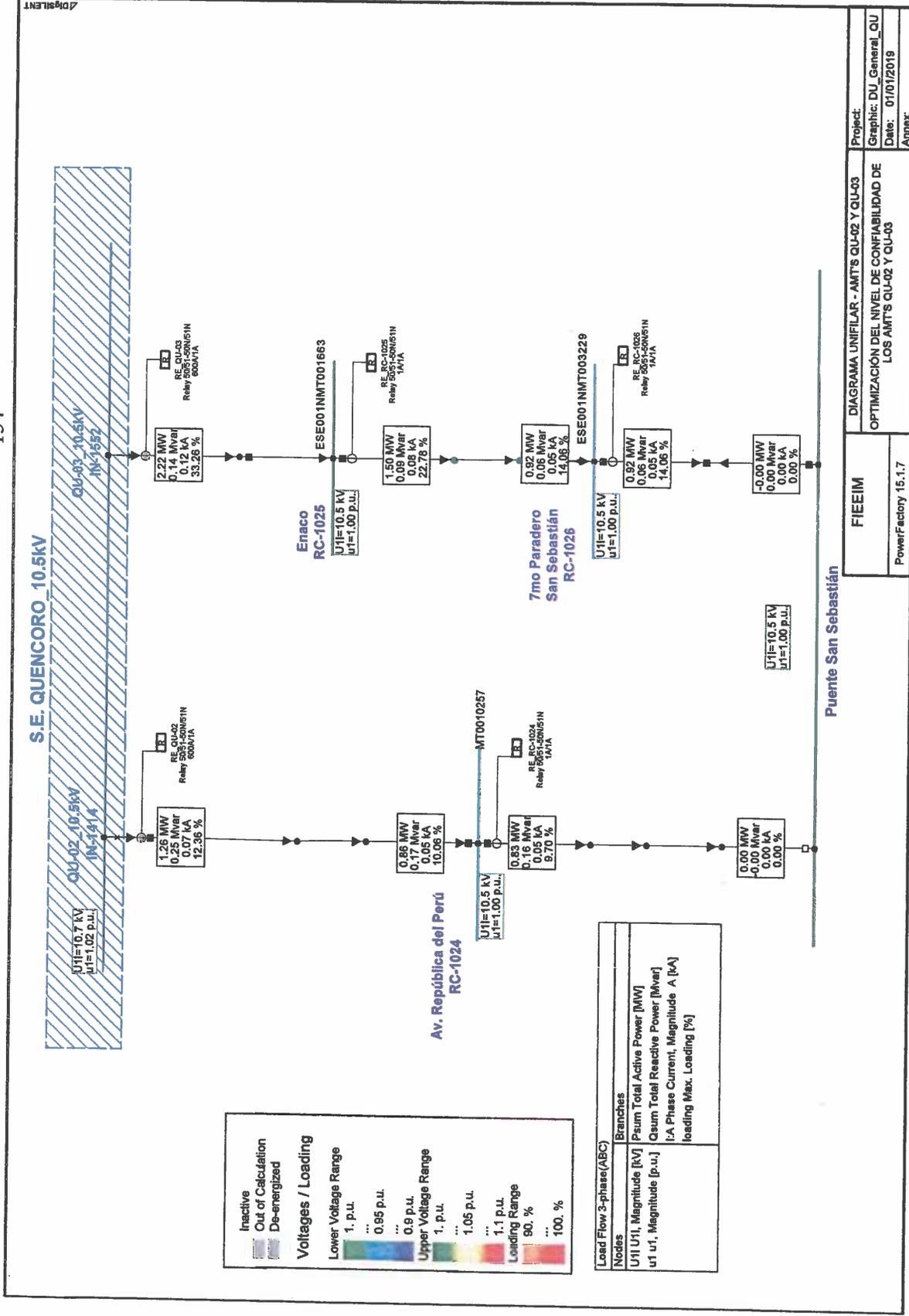


Media Demanda - Estiaje 2019_QU-02 y QU-03



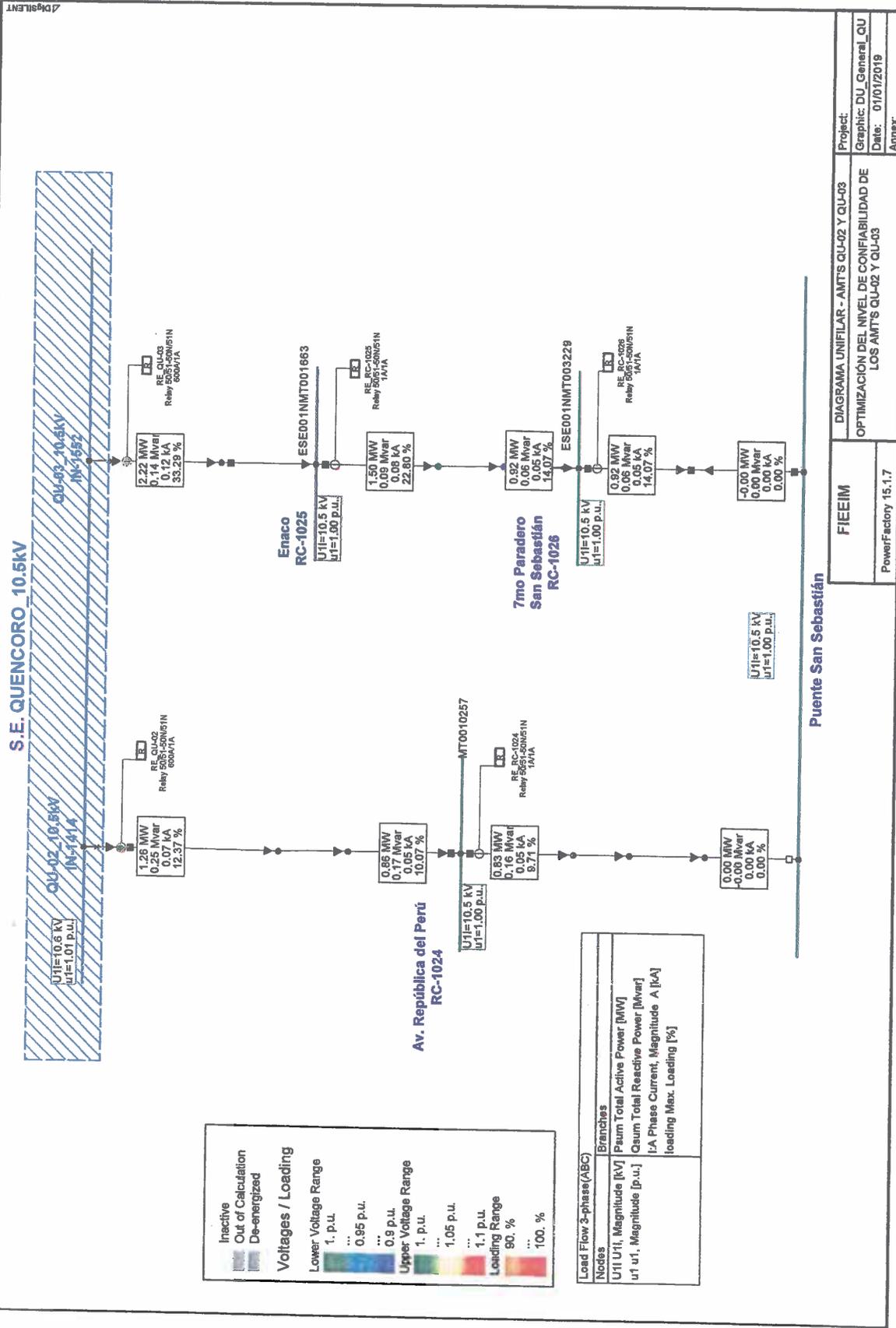
Media Demanda - Estiaje 2019_SEP

FIEEIM	ÁREA OPERATIVA N°13 - CUSCO	Project
	OPTIMIZACIÓN DEL NIVEL DE CONFIABILIDAD DE LOS AMTS QU-02 Y QU-03	Graphic: SEP CUSCO
PowerFactory 15.1.7		Date: 5/13/2019
		Annex:



FIEEIM	DIAGRAMA UNIFILAR - AMTS QU-02 Y QU-03	Project:
PowerFactory 15.1.7	OPTIMIZACIÓN DEL NIVEL DE CONFIABILIDAD DE LOS AMTS QU-02 Y QU-03	Graphic: DU_General_QU
		Date: 01/07/2019
		Annex:

Mínima Demanda - Avenida 2019_QU-02 y QU-03

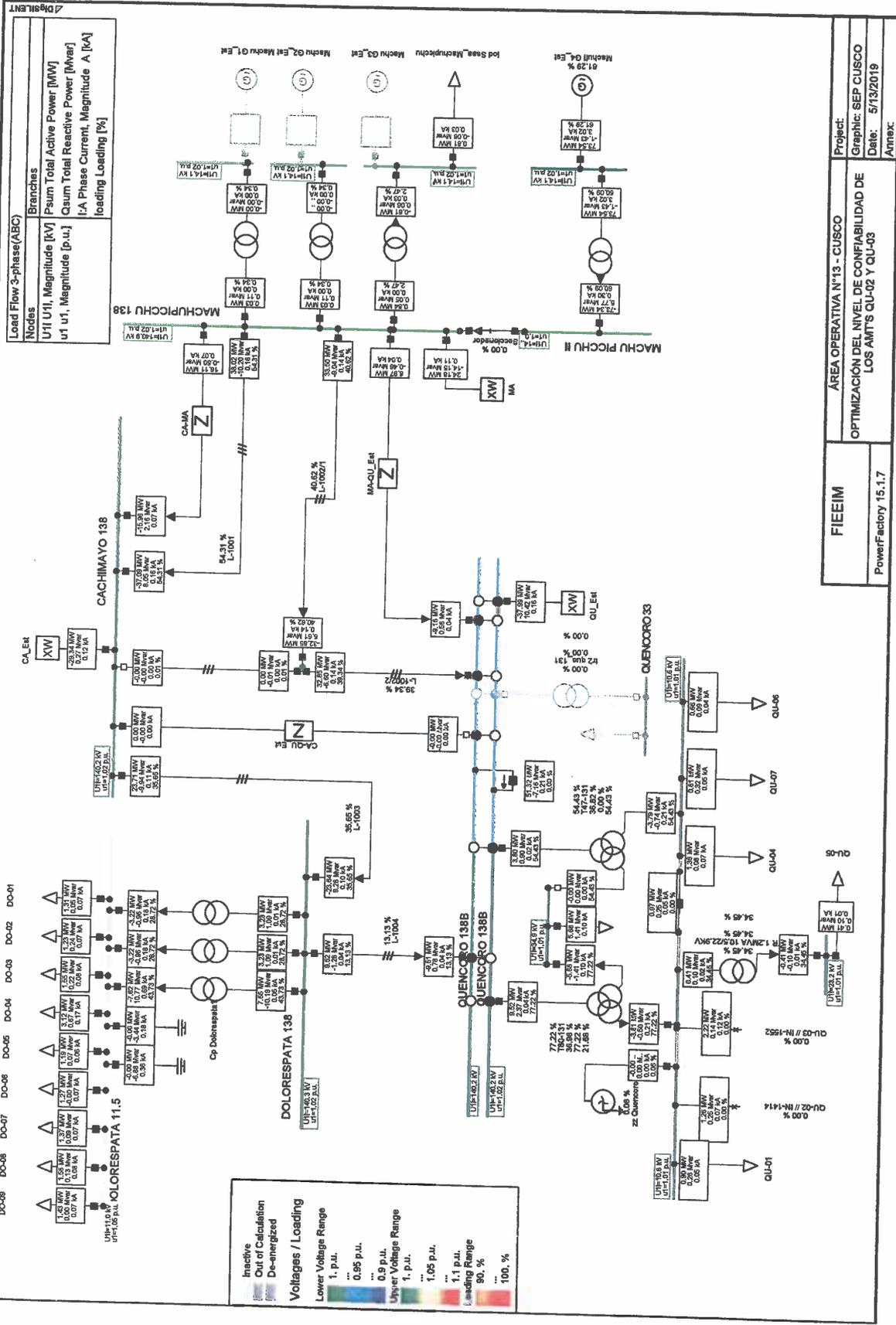


Project: DIAGRAMA UNIFILAR - AMTS QU-02 Y QU-03
 Graphic: DU_General_QU
 Date: 01/01/2019
 Annex:

DIAGRAMA UNIFILAR - AMTS QU-02 Y QU-03
 OPTIMIZACIÓN DEL NIVEL DE CONFIABILIDAD DE
 LOS AMTS QU-02 Y QU-03

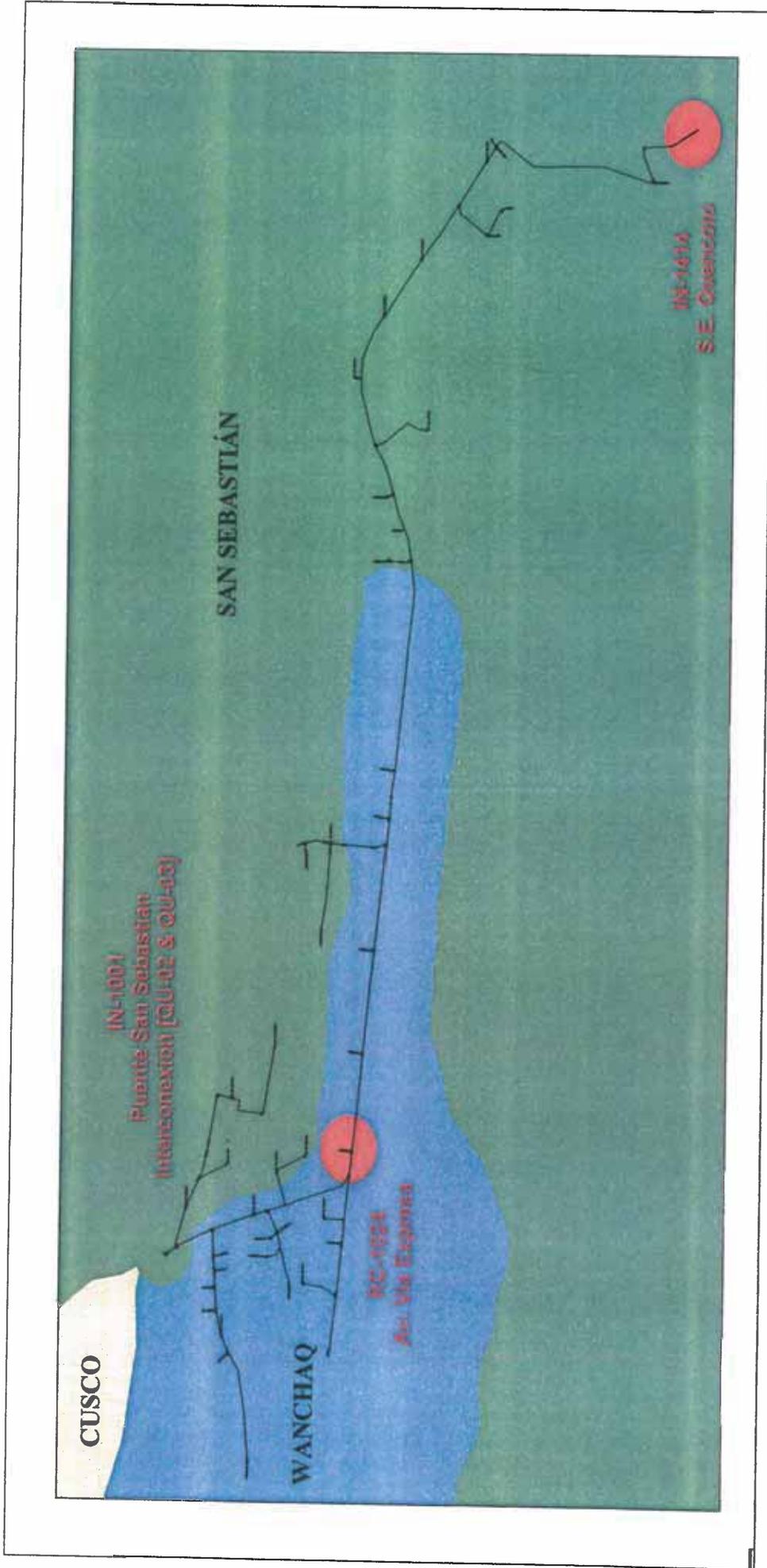
FIEEIM
 PowerFactory 15.1.7

Mínima Demanda - Estiaje 2019_QU-02 y QU-03

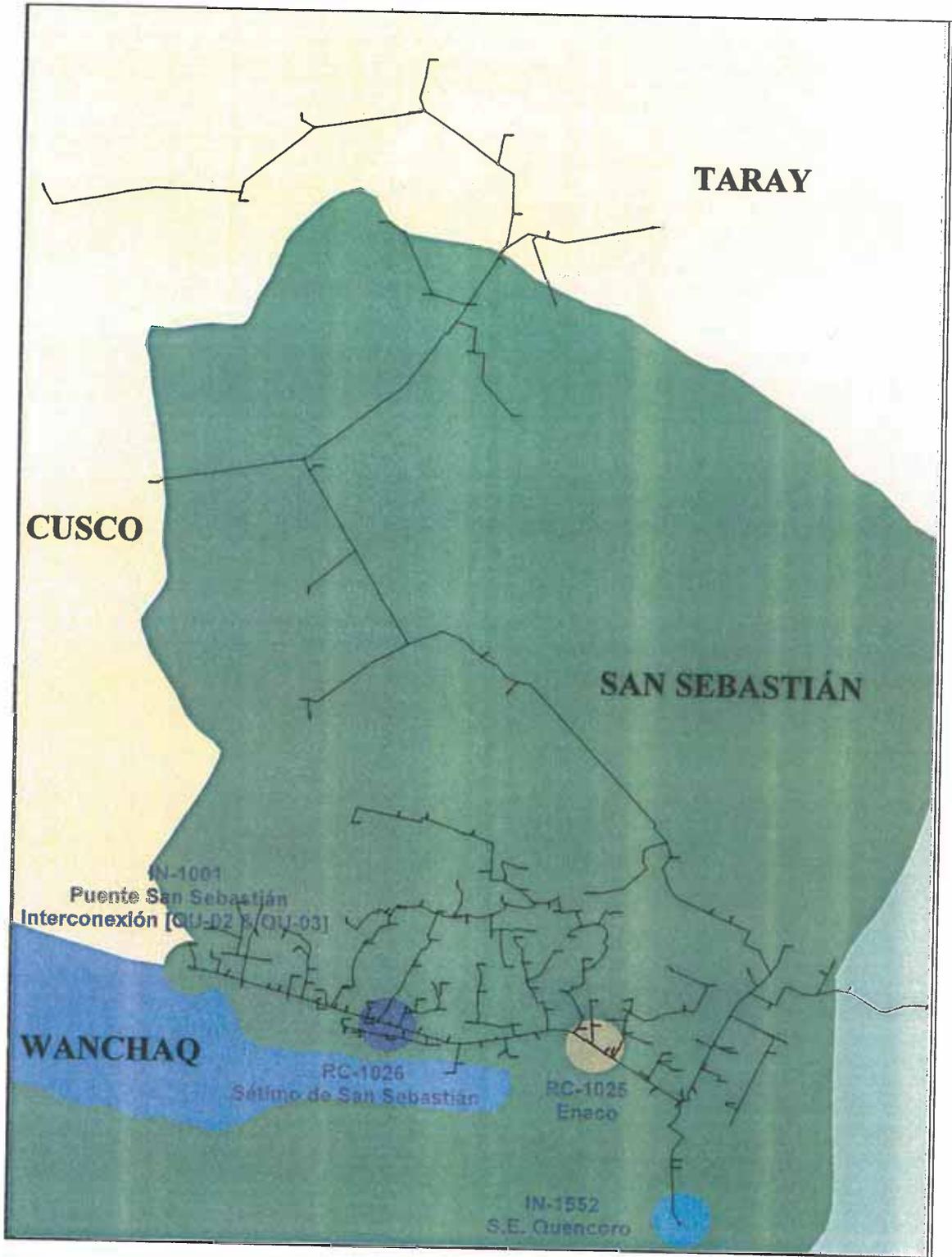


Mínima Demanda - Estiaje 2019_SEP

Project: FIEEIM
 AREA OPERATIVA N°13 - CUSCO
 OPTIMIZACION DEL NIVEL DE CONFIABILIDAD DE LOS AMTS QU-02 Y QU-03
 Graphic: SEP CUSCO
 Date: 5/13/2019
 Annex: PowerFactory 15.1.7

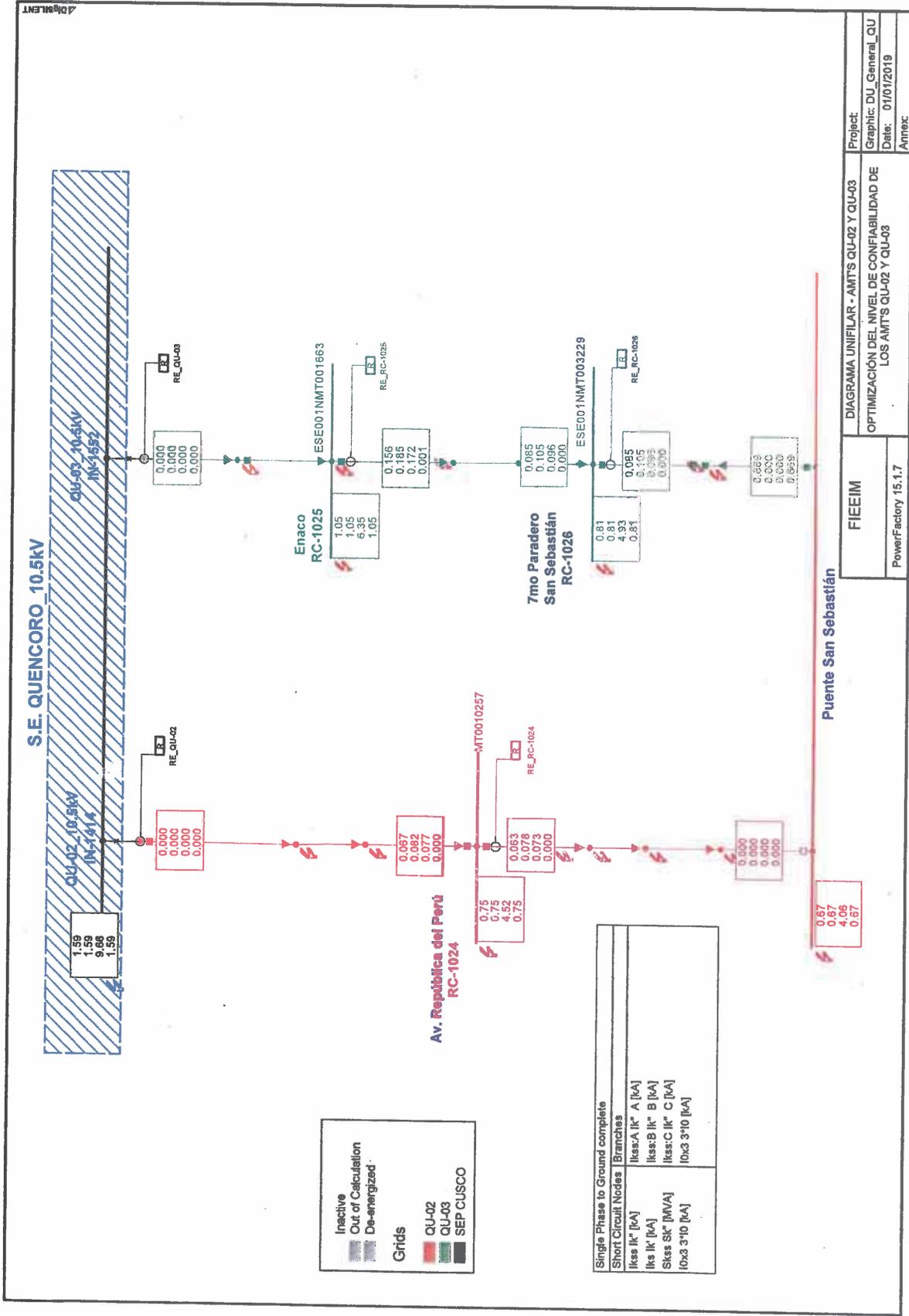


AMT QU-02

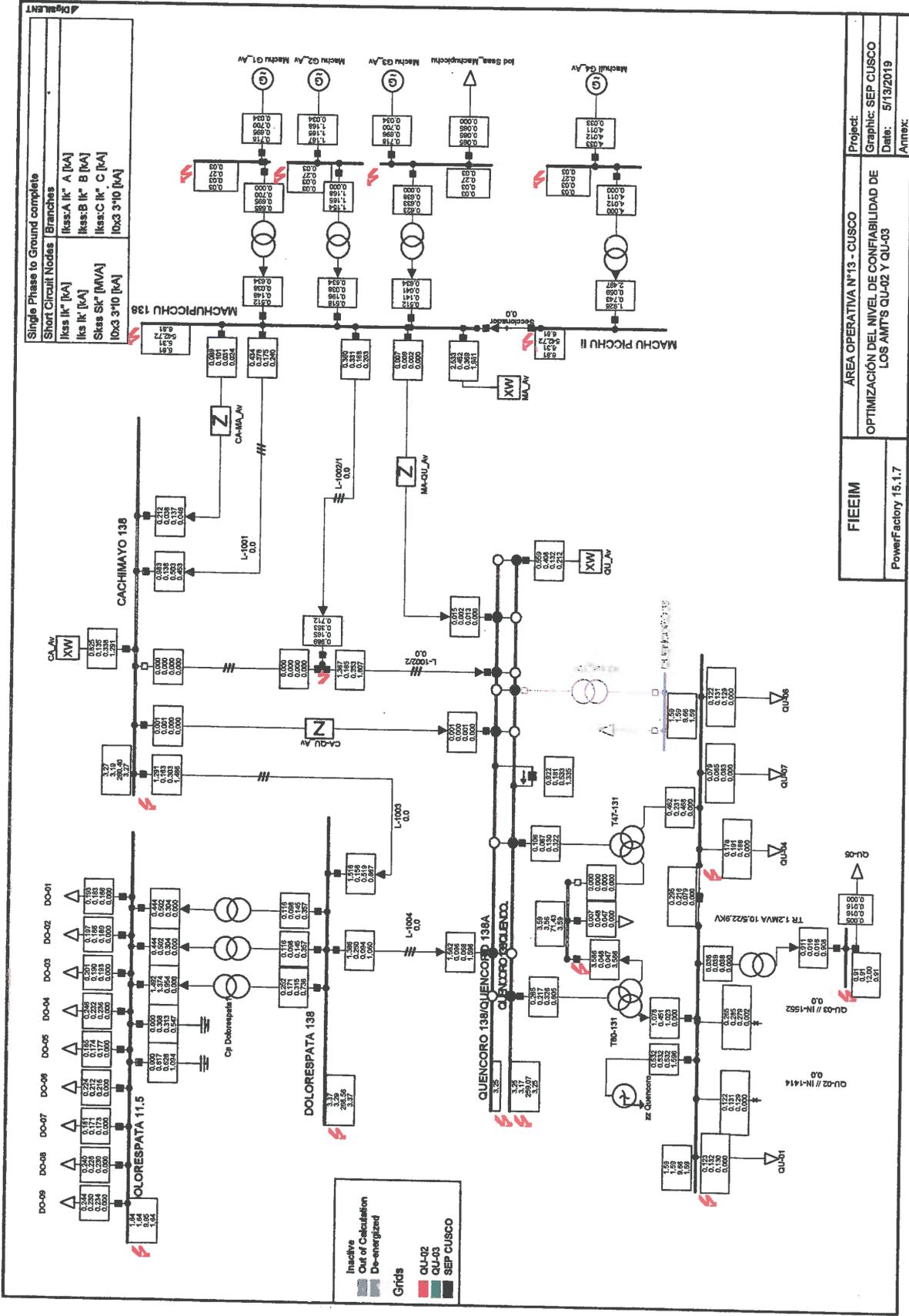


AMT QU-03

**ANEXO G – Resultados de Cortocircuito con la
Operación Actual del Sistema en Estudio**

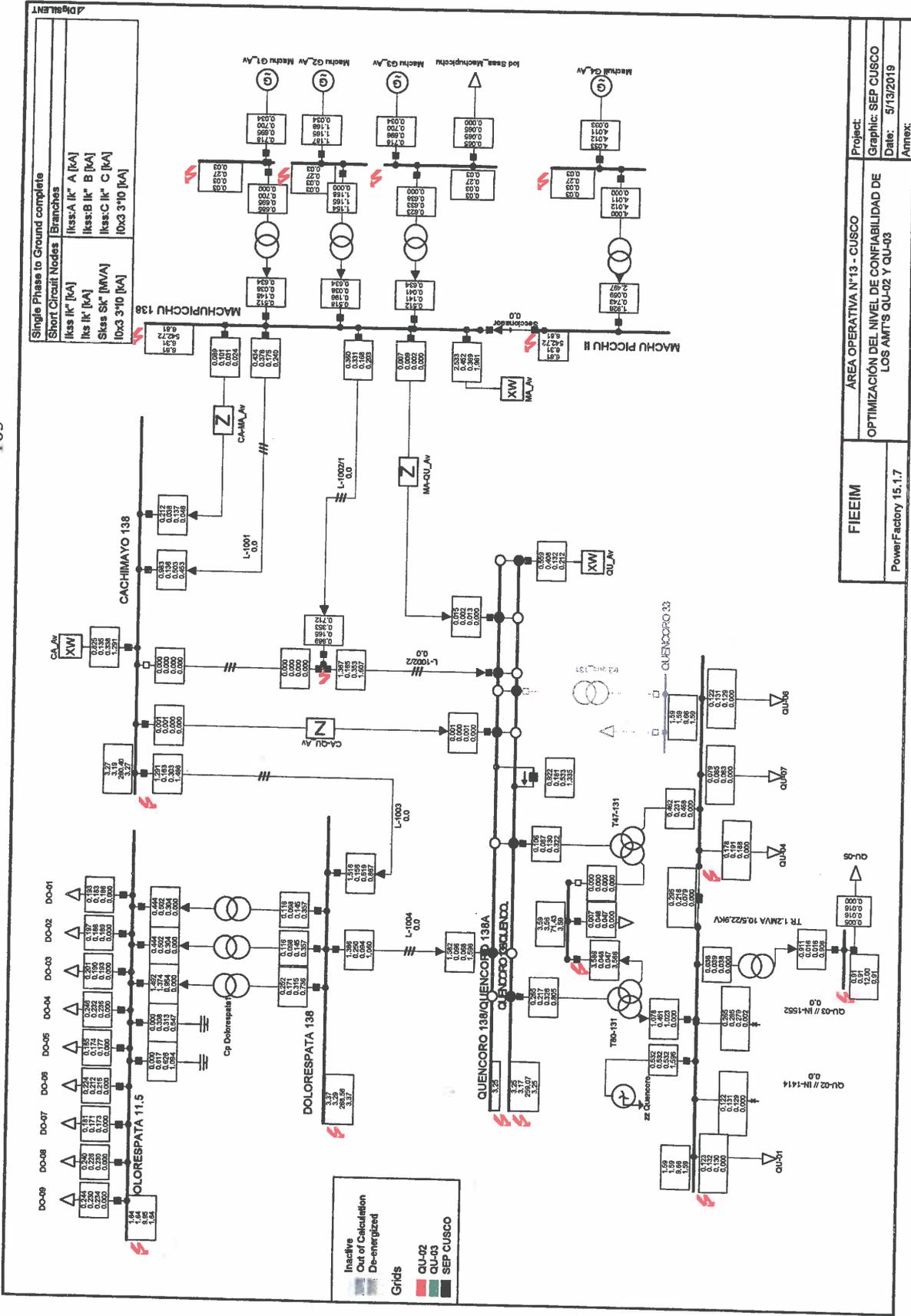


Falla 1f Avenida 2019_QU-02 y QU-03



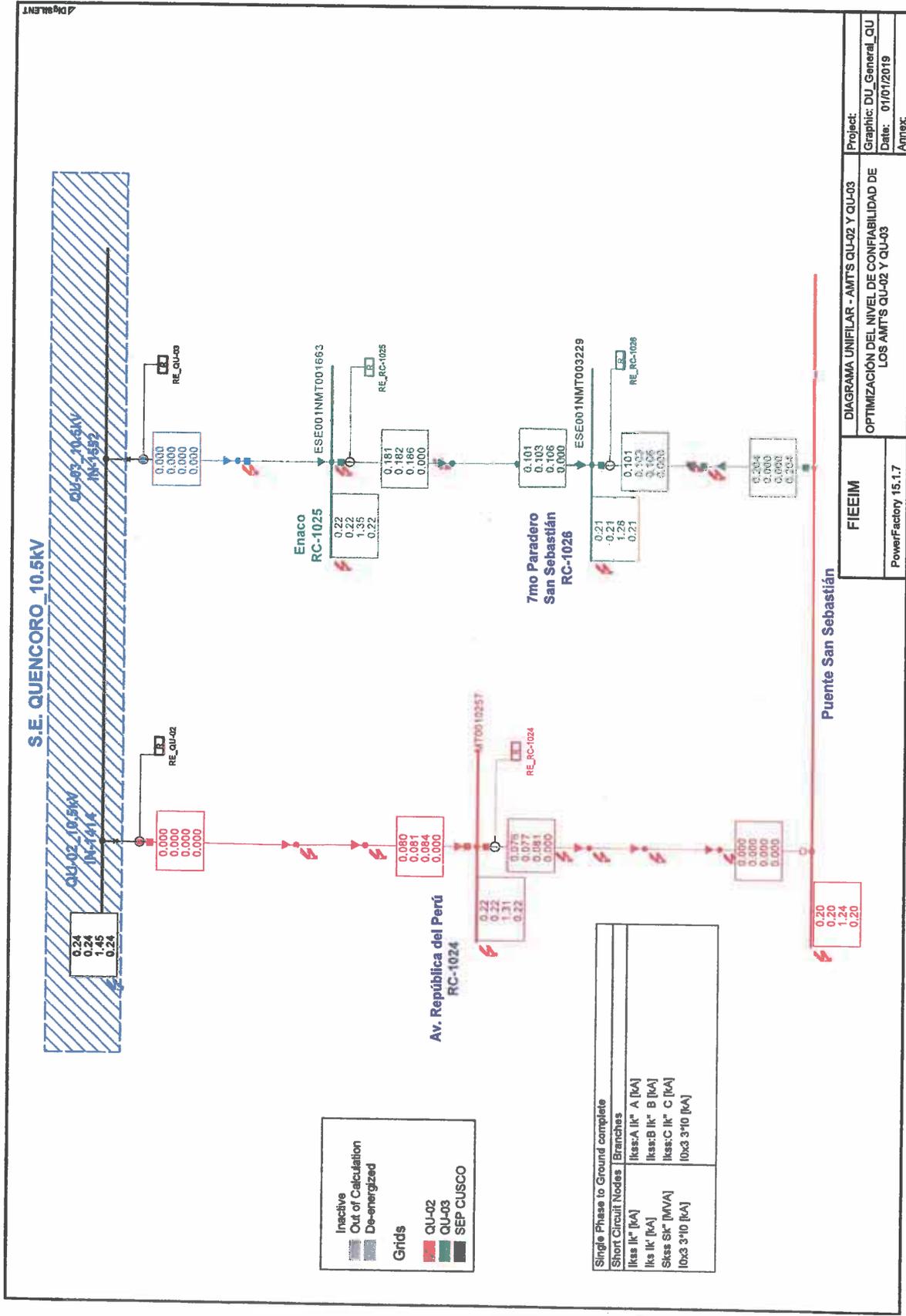
FIEEIM	AREA OPERATIVA N°13 - CUSCO	Project:
	OPTIMIZACIÓN DEL NIVEL DE CONFIABILIDAD DE LOS AMTS QU-02 Y QU-03	Graphic: SEP CUSCO
PowerFactory 15.1.7		Date: 5/13/2019
		Annex:

Falla 1f Avenida 2019_SEP Cusco



FIEEIM	ÁREA OPERATIVA N°13 - CUSCO	Project
	OPTIMIZACIÓN DEL NIVEL DE CONFIABILIDAD DE LOS AMTS QU-02 Y QU-03	Graphic: SEP CUSCO
PowerFactory 15.1.7		Date: 5/13/2019
		Annex:

Falla 1f=25ohm Avenida 2019_QU-02 y QU-03

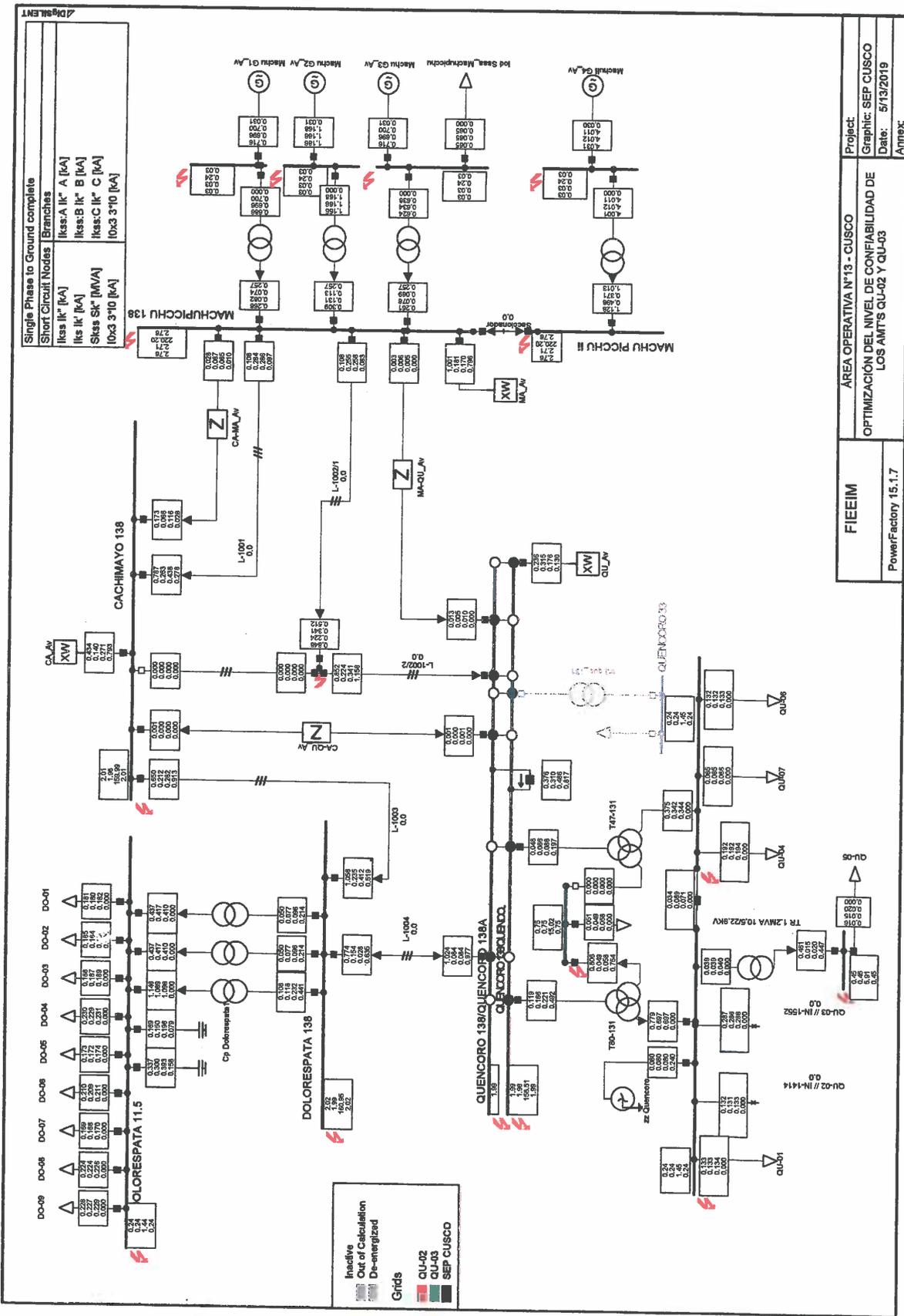


Falla 1f=25ohm Avenida 2019_SEP Cusco

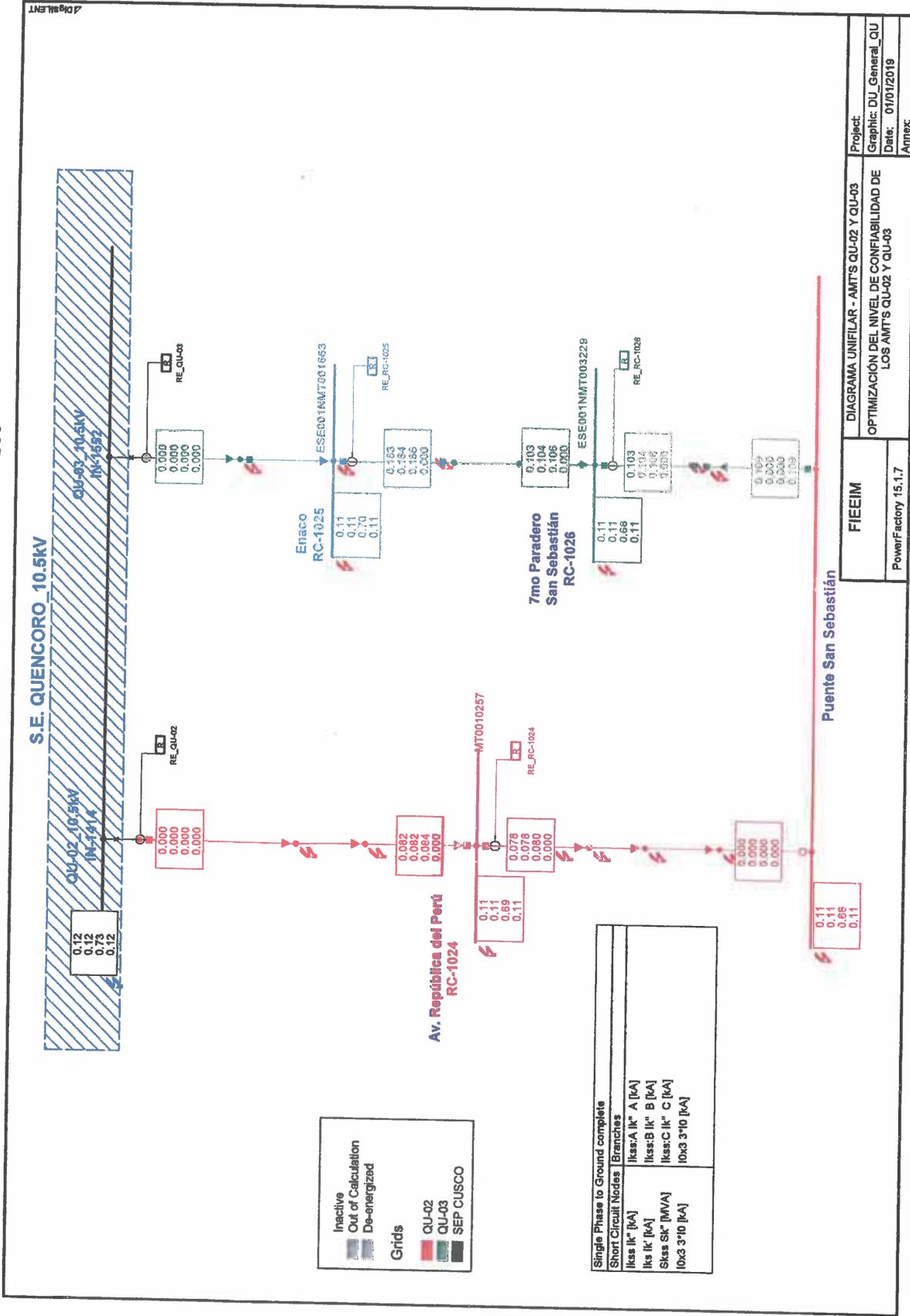
Project: Graphic: DIJ_General_QU
Date: 01/01/2019
Annex:

DIAGRAMA UNIFILAR - AMTS QU-02 Y QU-03
OPTIMIZACIÓN DEL NIVEL DE CONFIABILIDAD DE LOS AMTS QU-02 Y QU-03

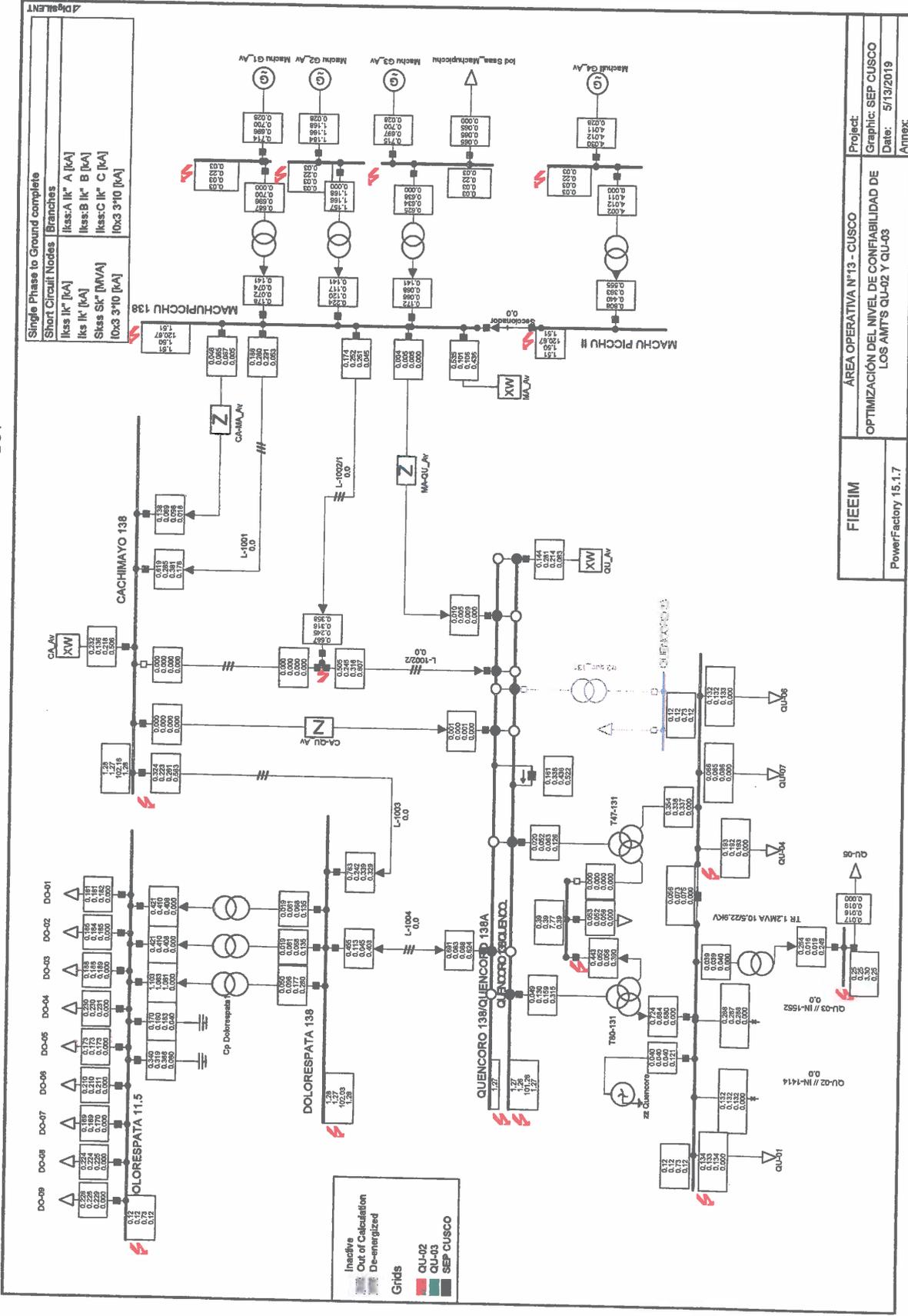
FIEEIM
PowerFactory 15.1.7



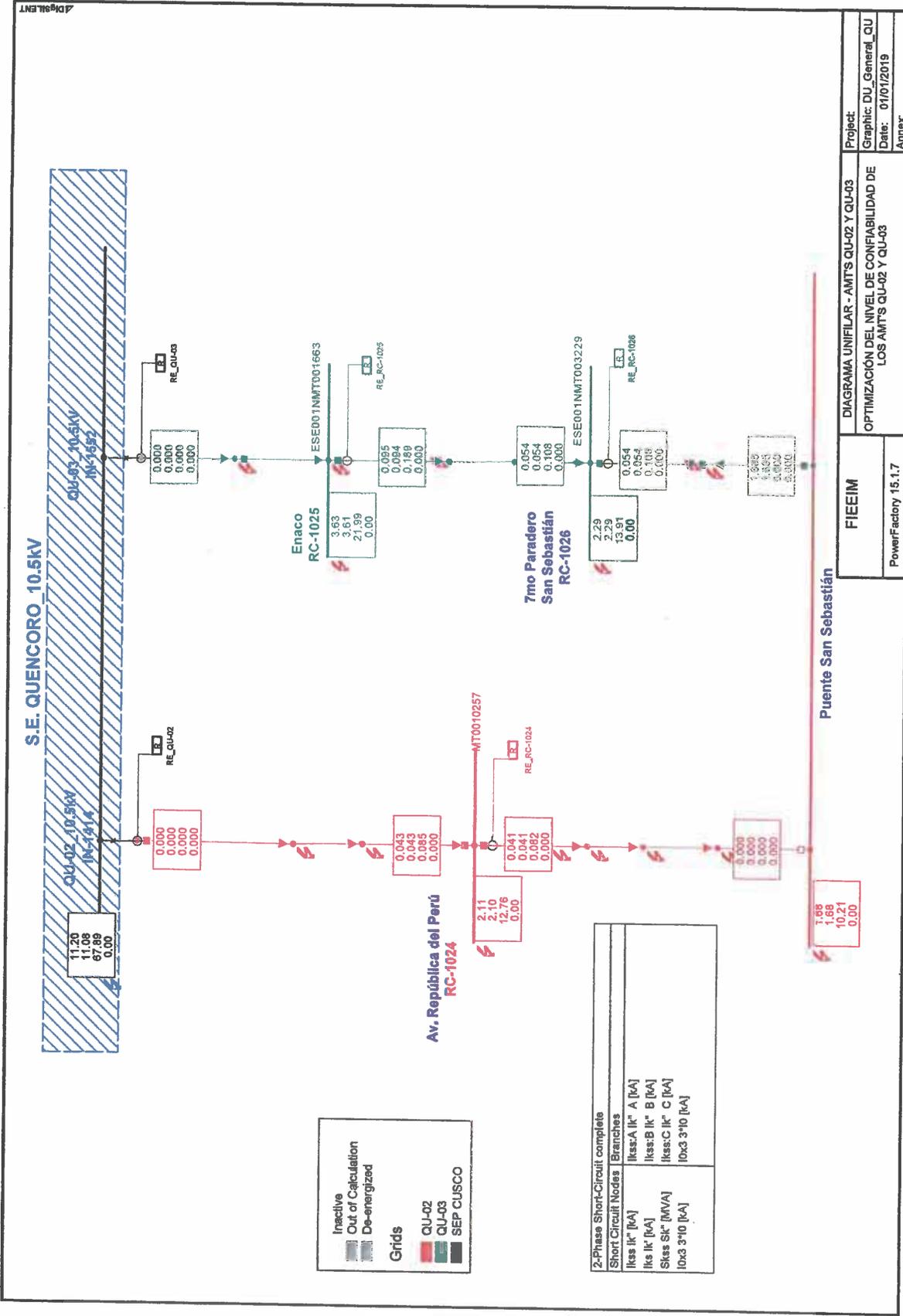
Falla 1f=50ohm Avenida 2019_QU-02 y QU-03



Falla 1f=50ohm Avenida 2019_SEP Cusco



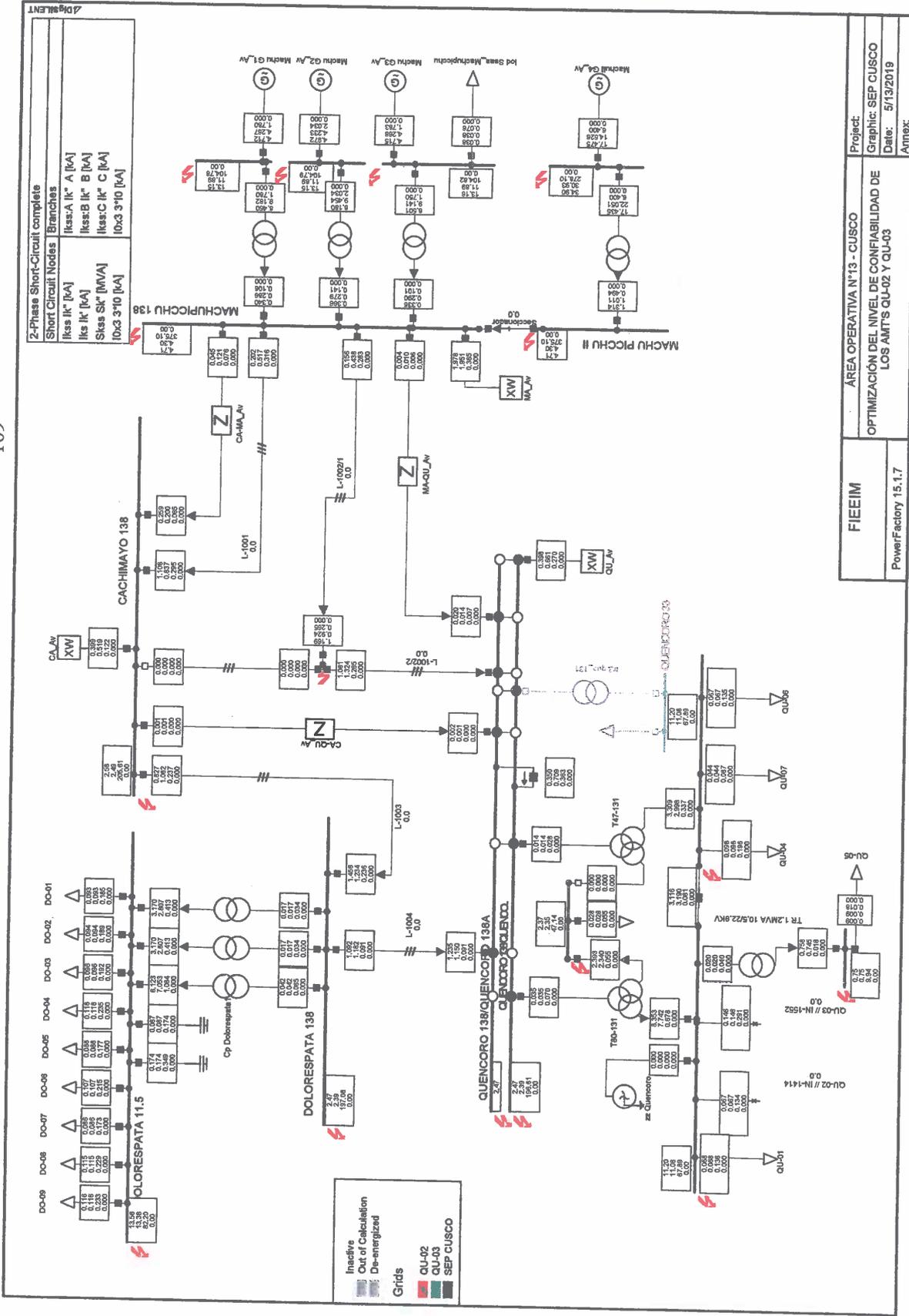
Falla 2f Avenida 2019_QU-02 y QU-03



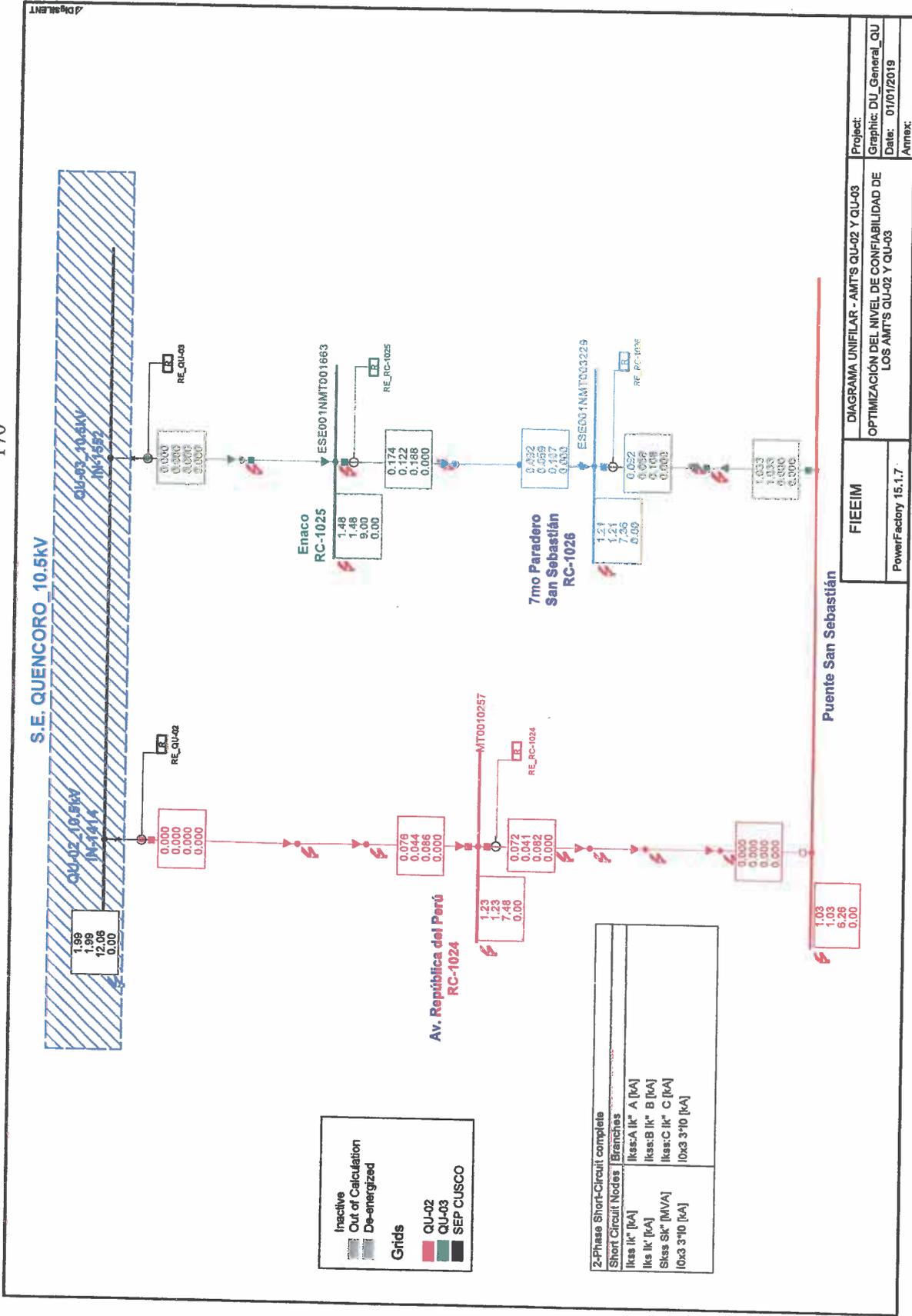
Project: **DIAGRAMA UNIFILAR - AMTS QU-02 Y QU-03**
 Graphic: DU_General_QU
 Date: 01/01/2019
 Annex:

FIEEIM
 PowerFactory 15.1.7

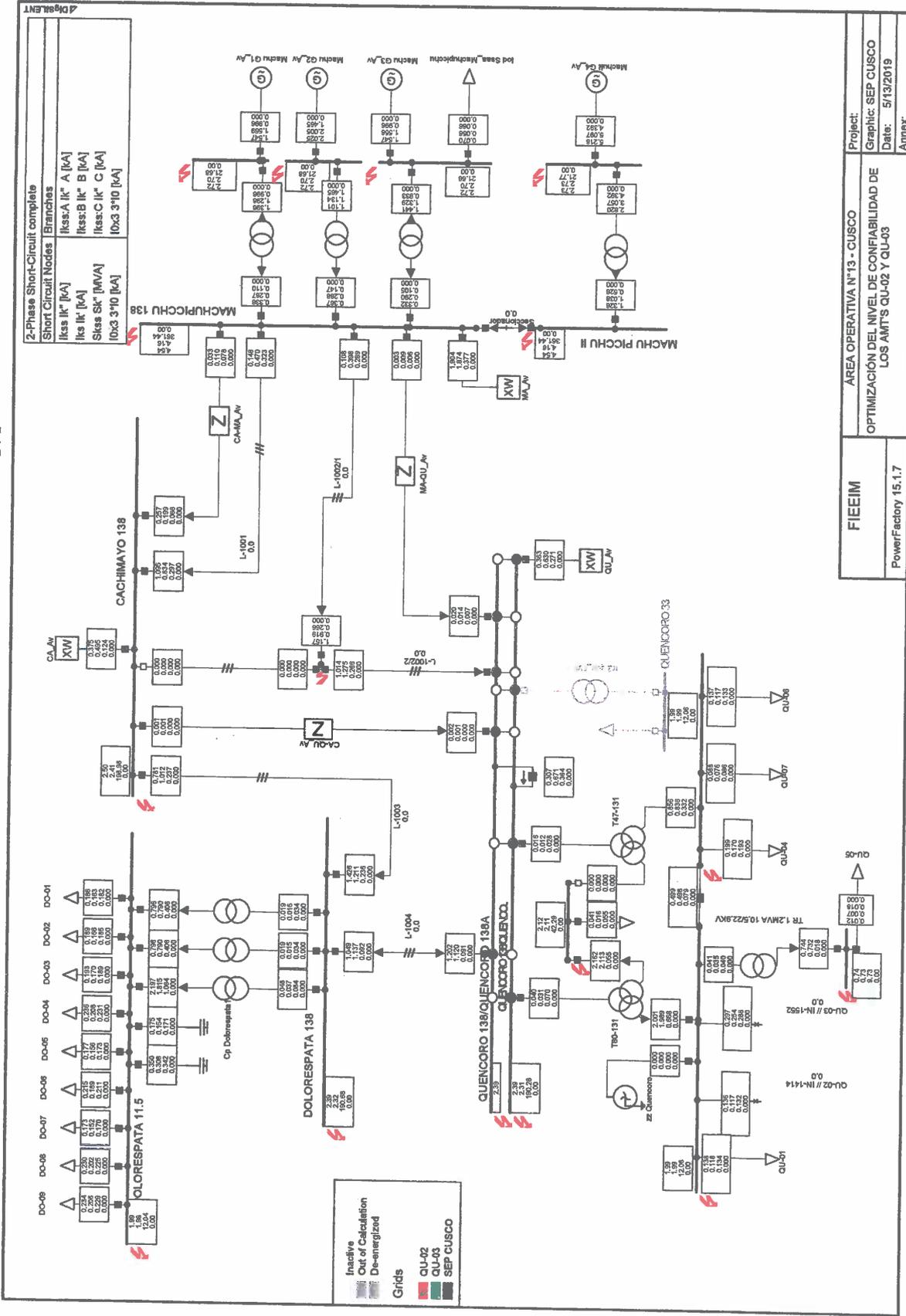
Falla 2f Avenida 2019_SEP Cusco



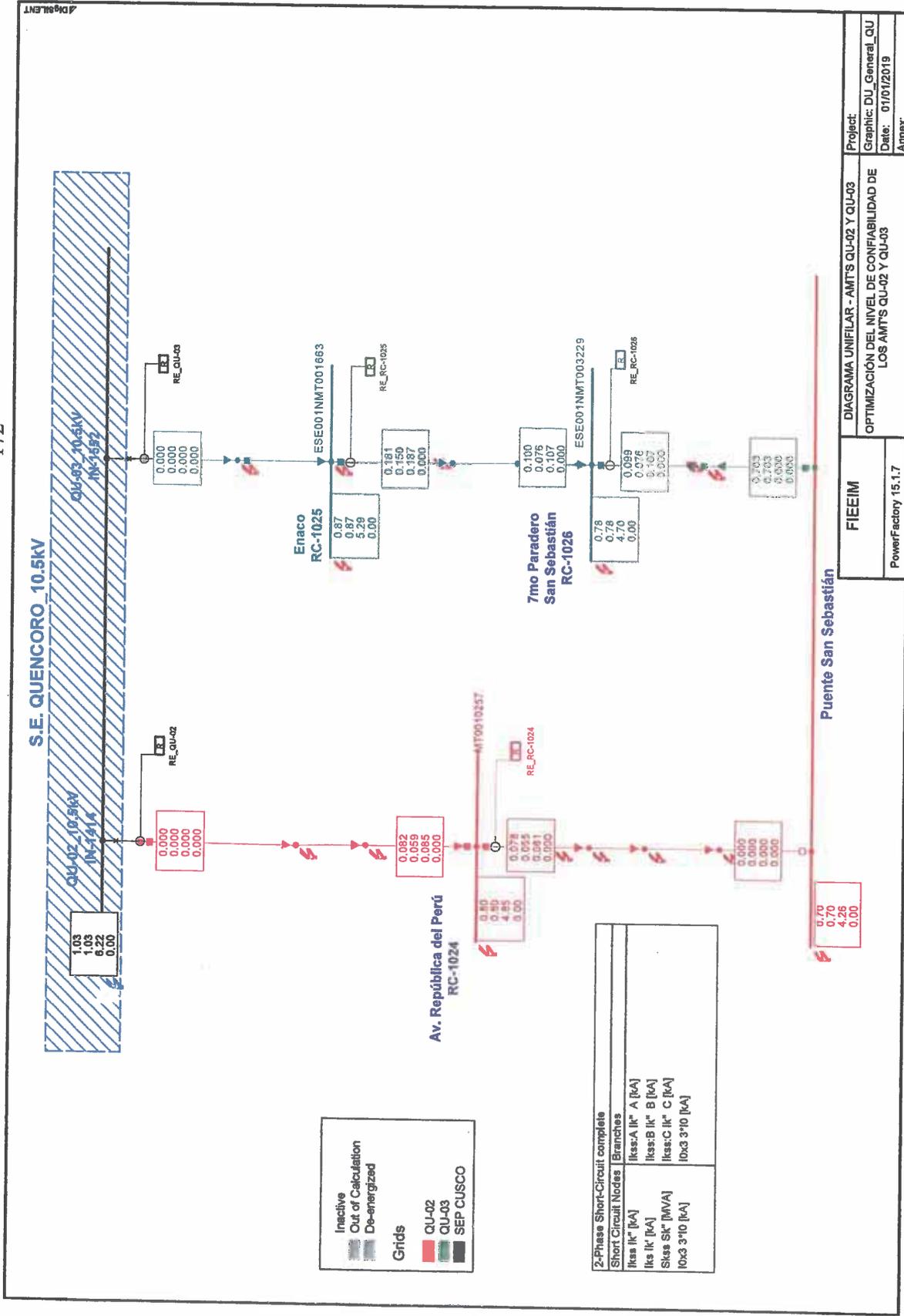
Falla 2f=5ohm Avenida 2019_QU-02 y QU-03



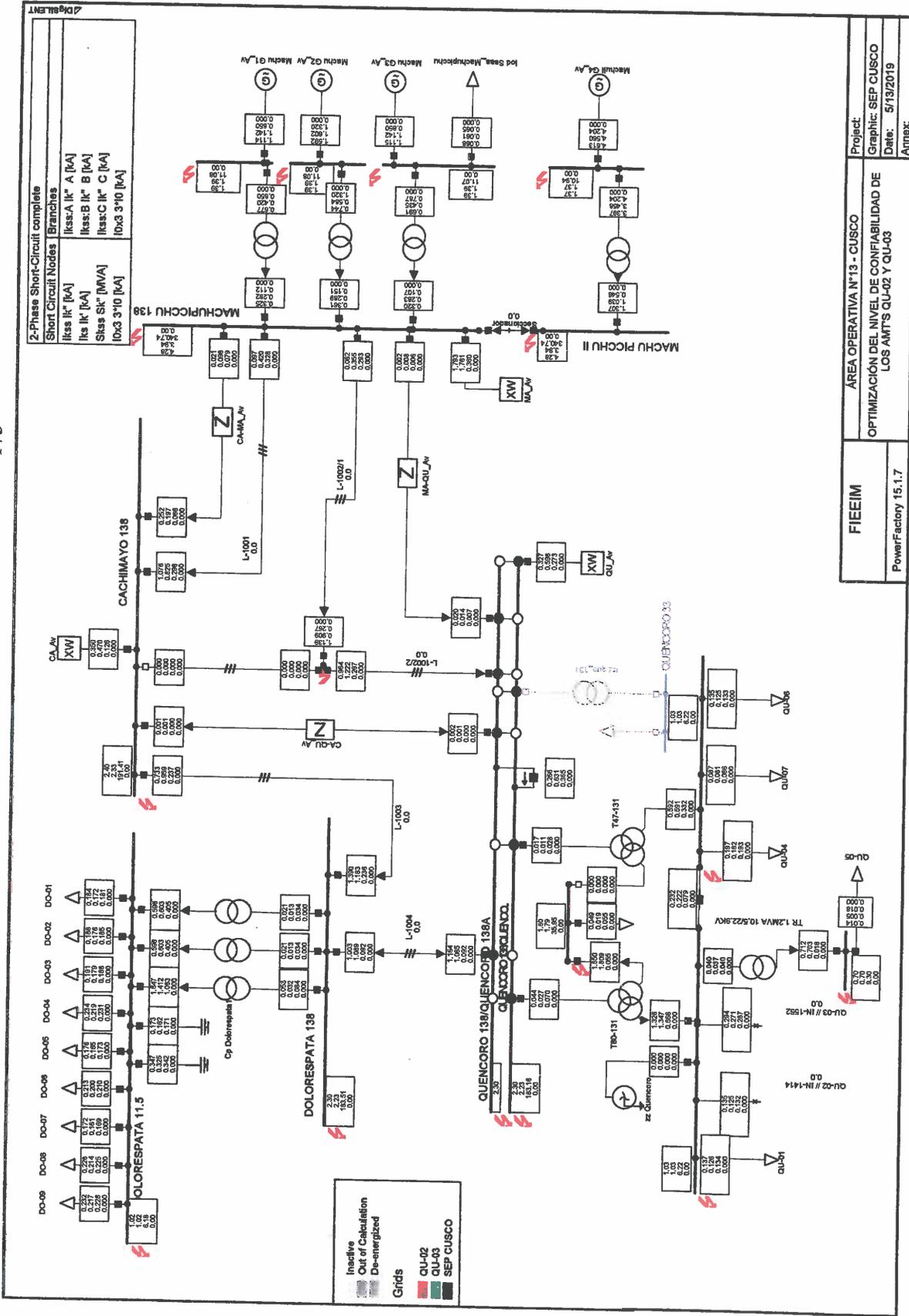
Falla 2f=5ohm Avenida 2019_SEP Cusco



Falla 2f=10ohm Avenida 2019_QU-02 y QU-03

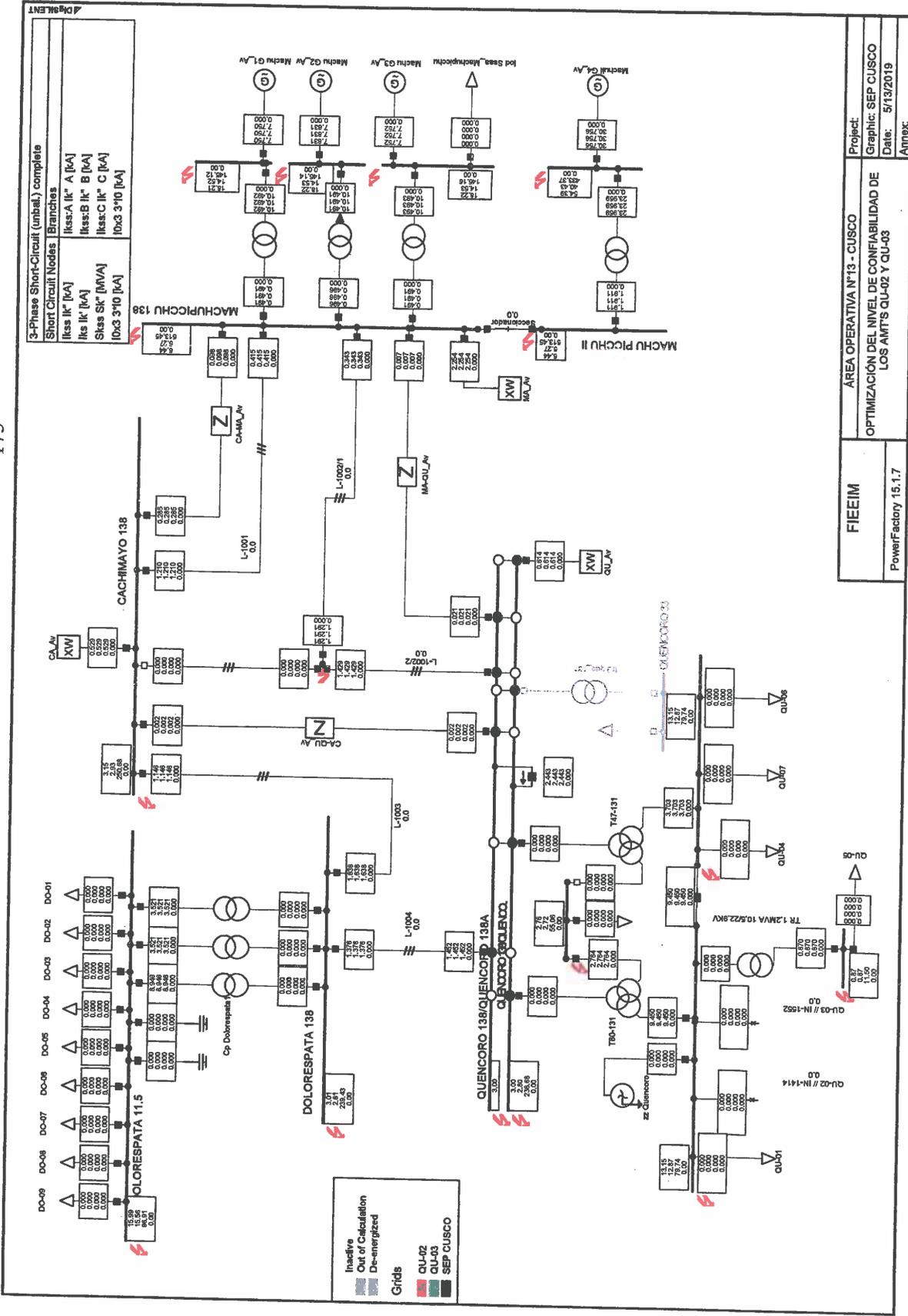


Falla 2f=10ohm Avenida 2019_SEP Cusco



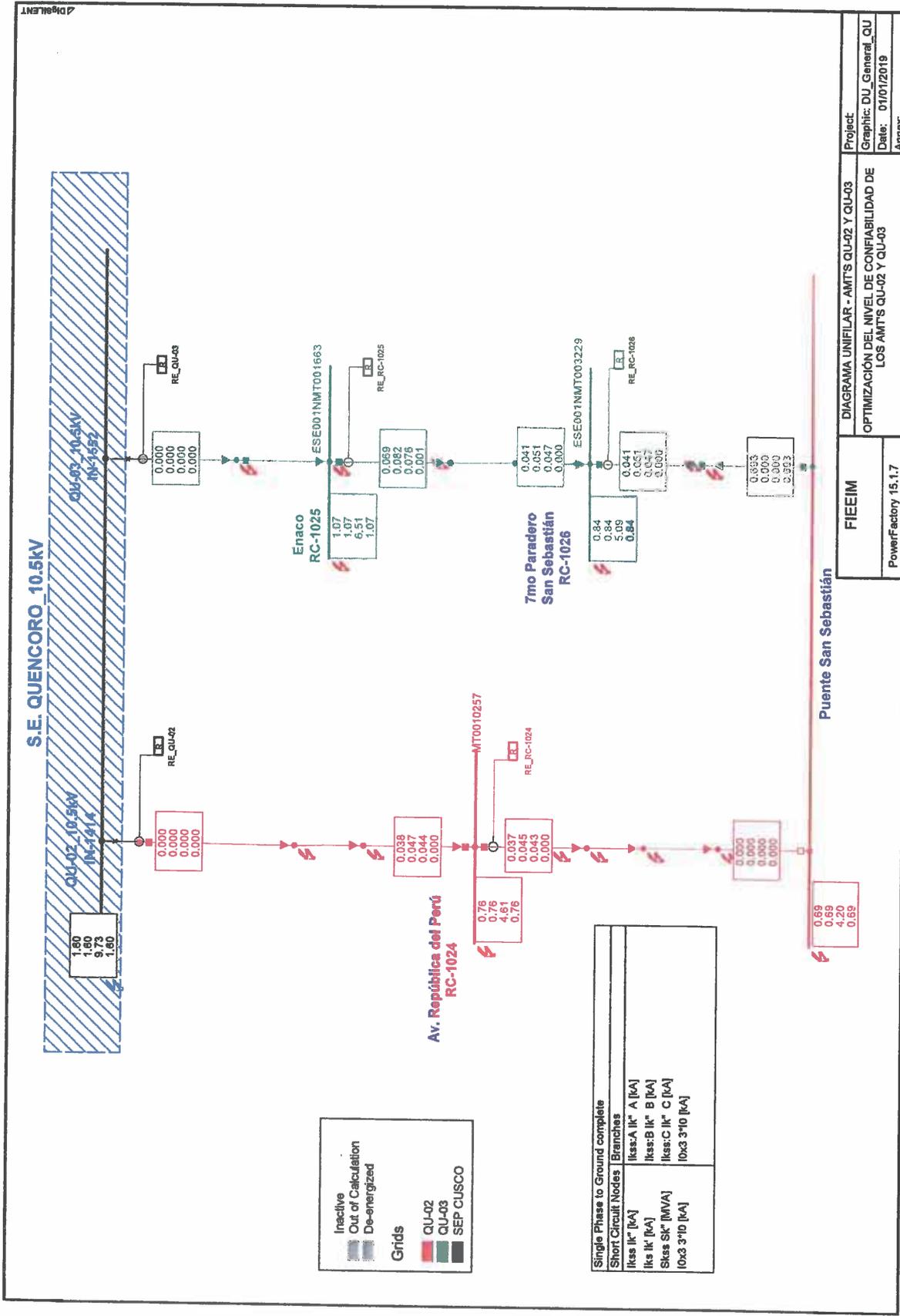
FIEEIM	ÁREA OPERATIVA N°13 - CUSCO	Project:
	OPTIMIZACIÓN DEL NIVEL DE CONFIABILIDAD DE LOS AMT'S QU-02 Y QU-03	Graphic: SEP CUSCO
PowerFactory 15.1.7		Date: 5/13/2019
		Annex:

Falla 3f Avenida 2019_QU-02 y QU-03

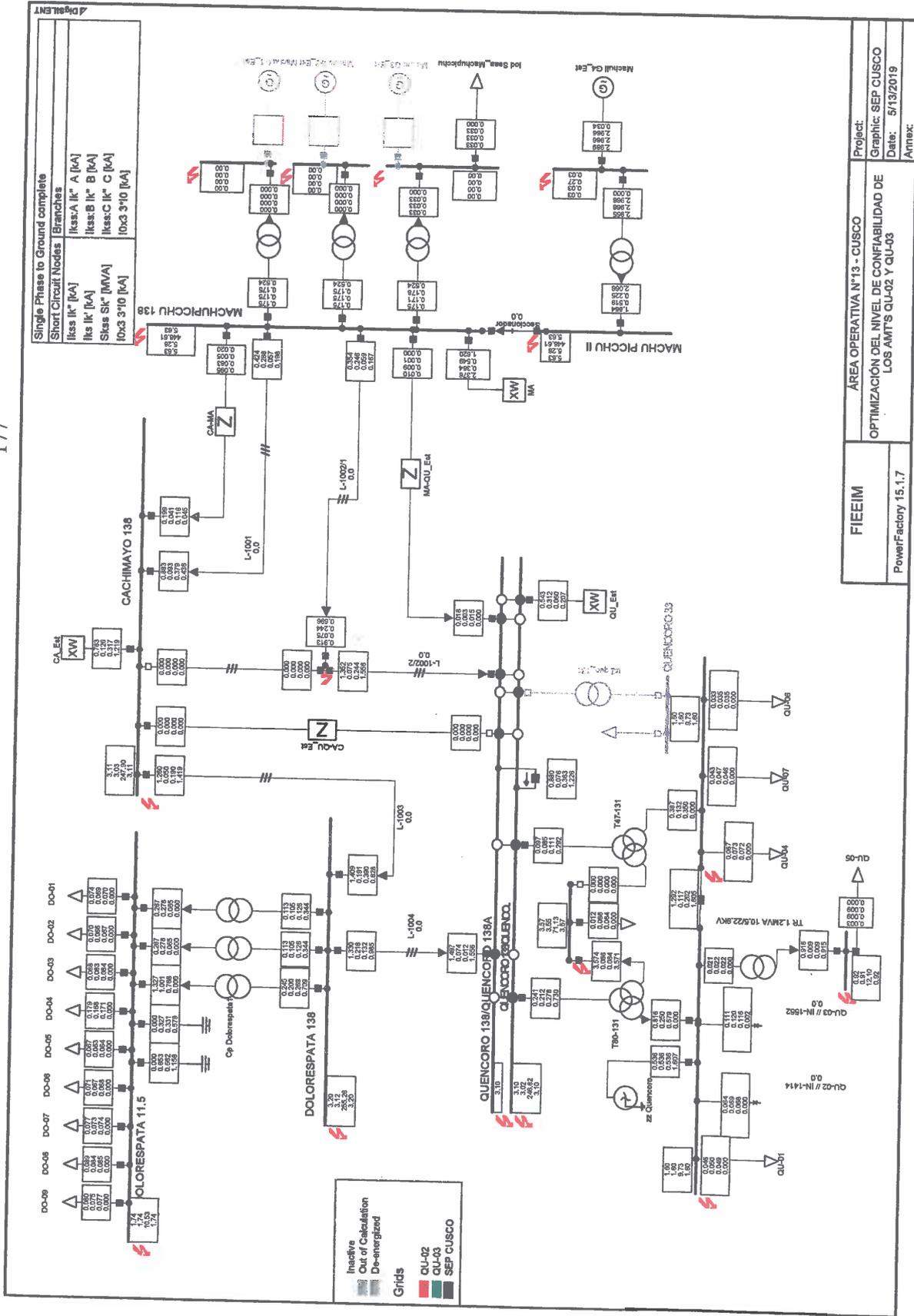


FIEEIM	ÁREA OPERATIVA N°13 - CUSCO	Project:
	OPTIMIZACIÓN DEL NIVEL DE CONFIABILIDAD DE LOS AIRTS QU-02 Y QU-03	Graphic: SEP CUSCO
PowerFactory 15.1.7		Date: 5/13/2019
		Annex

Falla 1fEstiaje 2019_QU-02 y QU-03



Falla 1f Estiaje 2019_SEP



FIEEIM

PowerFactory 15.1.7

ÁREA OPERATIVA N°13 - CUSCO

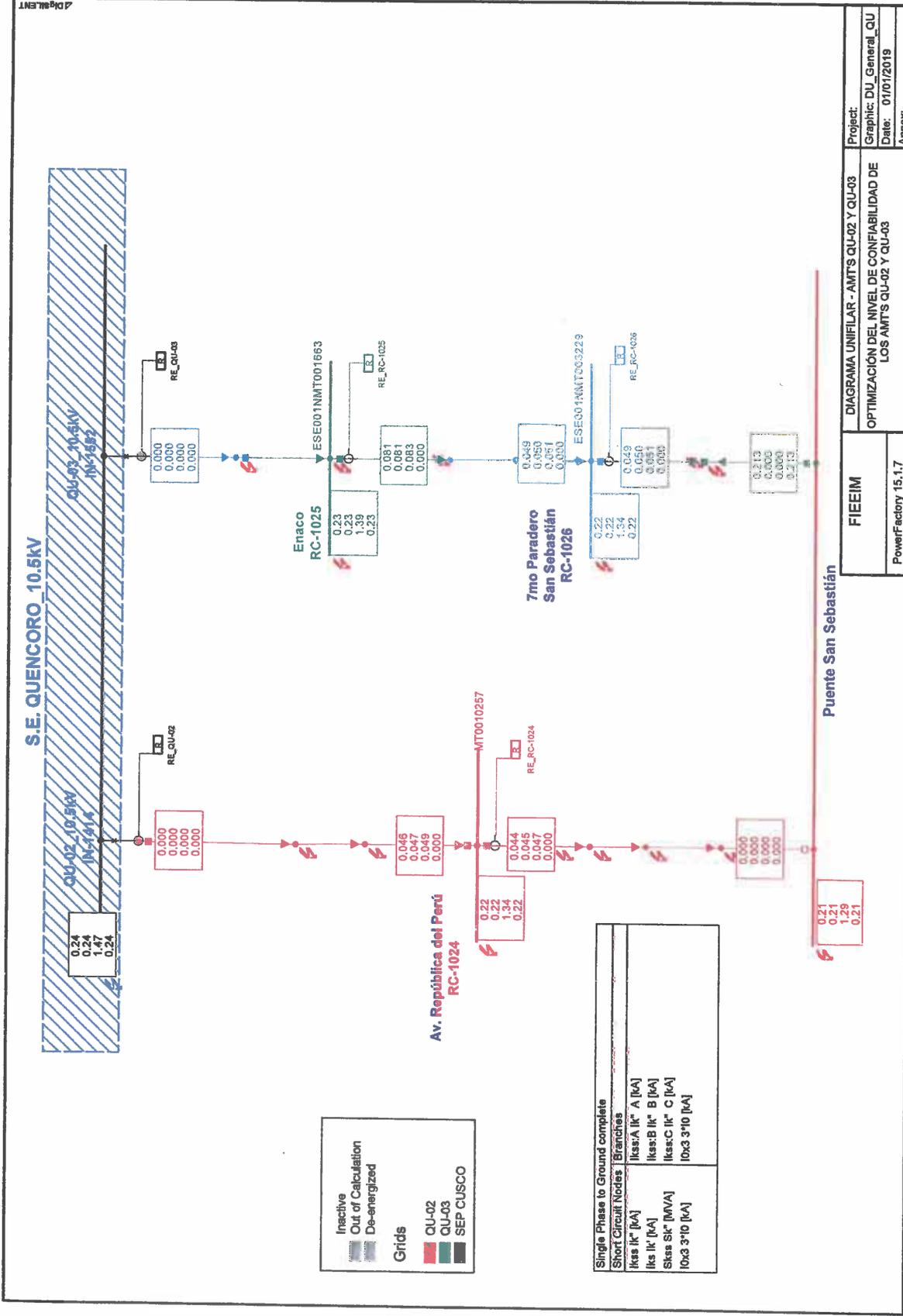
OPTIMIZACIÓN DEL NIVEL DE CONFIABILIDAD DE LOS AMTS QU-02 Y QU-03

Project: **Graphic: SEP CUSCO**

Date: **5/13/2019**

Annex:

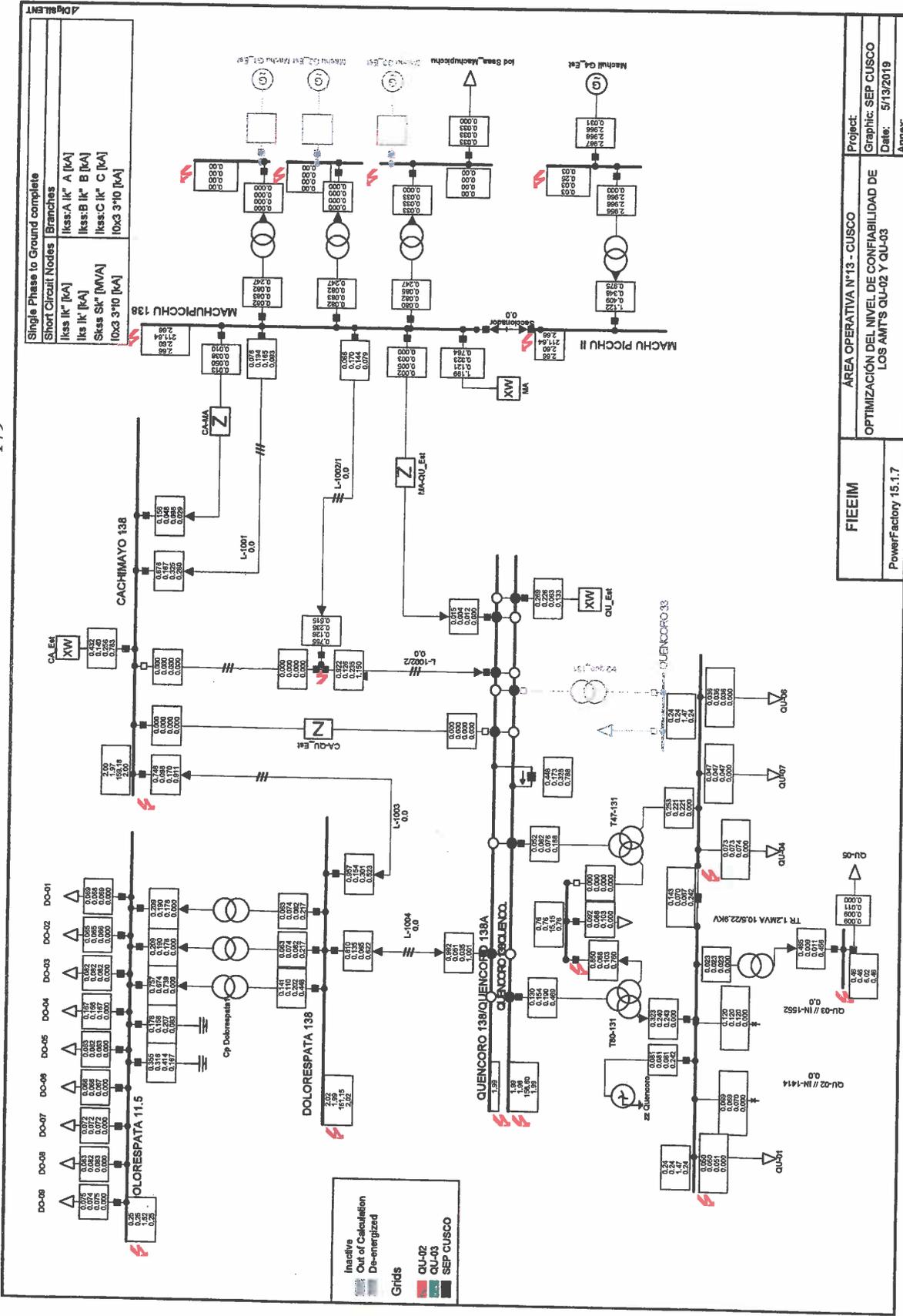
Falla 1f=25ohm Estiaje 2019_QU-02 y QU-03



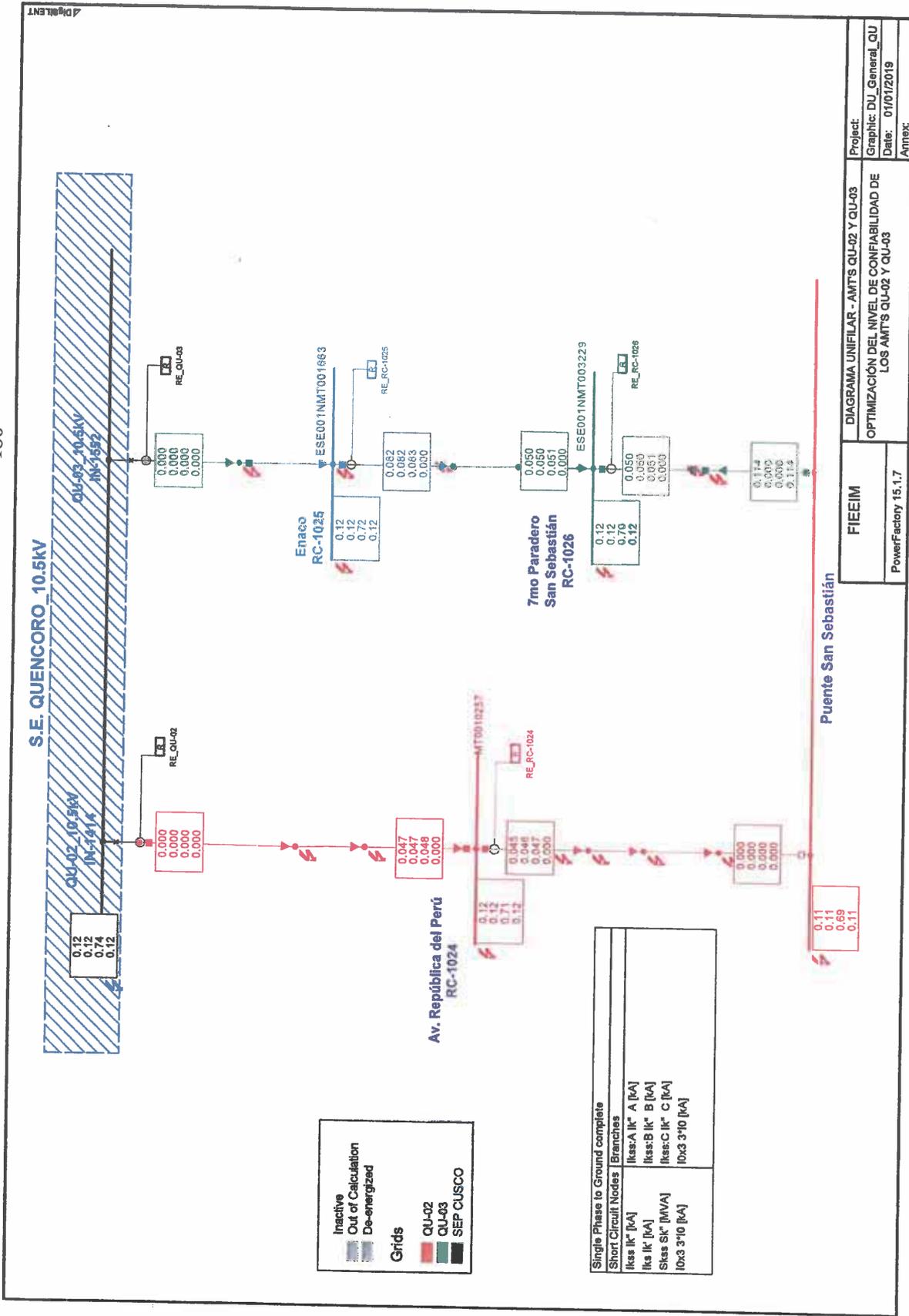
Falla 1f=25ohm Estiaje 2019_SEP

Project: **DIAGRAMA UNIFILAR - AMTS QU-02 Y QU-03**
 Graphic: **DU_General_QU**
 Date: **01/07/2019**
 Annex

FIEEIM
 PowerFactory 15.1.7



Falla 1f=50ohm Estiaje 2019_QU-02 y QU-03

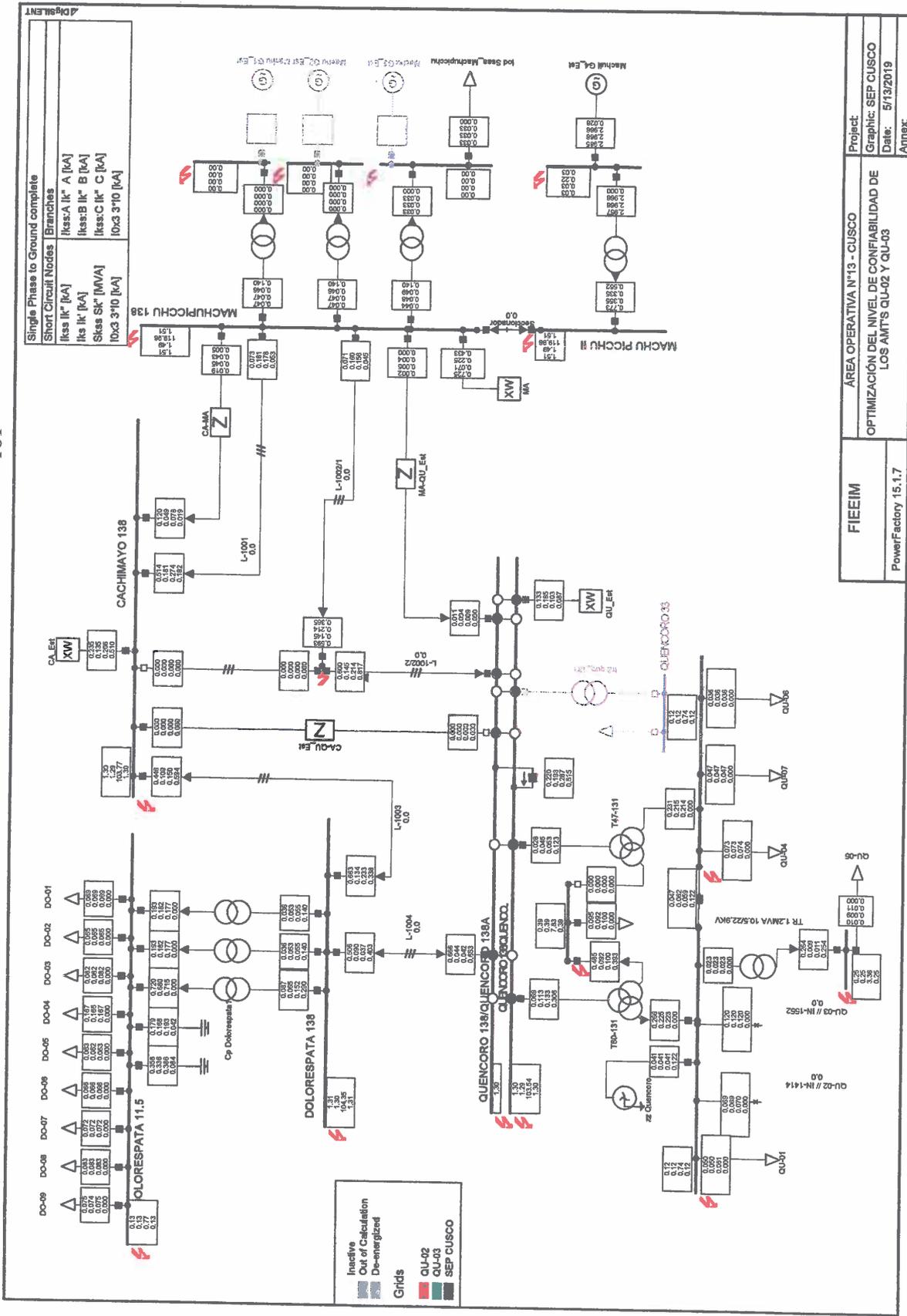


Falla 1f=50ohm Estiaje 2019_SEP

Project: DIJ_General_QU
 Graphic: DIJ_General_QU
 Date: 01/01/2019
 Annex:

DIAGRAMA UNIFILAR - AMTS QU-02 Y QU-03
 OPTIMIZACIÓN DEL NIVEL DE CONFIABILIDAD DE
 LOS AMTS QU-02 Y QU-03

FIEEIM
 PowerFactory 15.1.7



PROYECTO

ÁREA OPERATIVA N°13 - CUSCO

OPTIMIZACIÓN DEL NIVEL DE CONFIABILIDAD DE LOS AMT'S QU-02 Y QU-03

FEIEEIM

PowerFactory 15.1.7

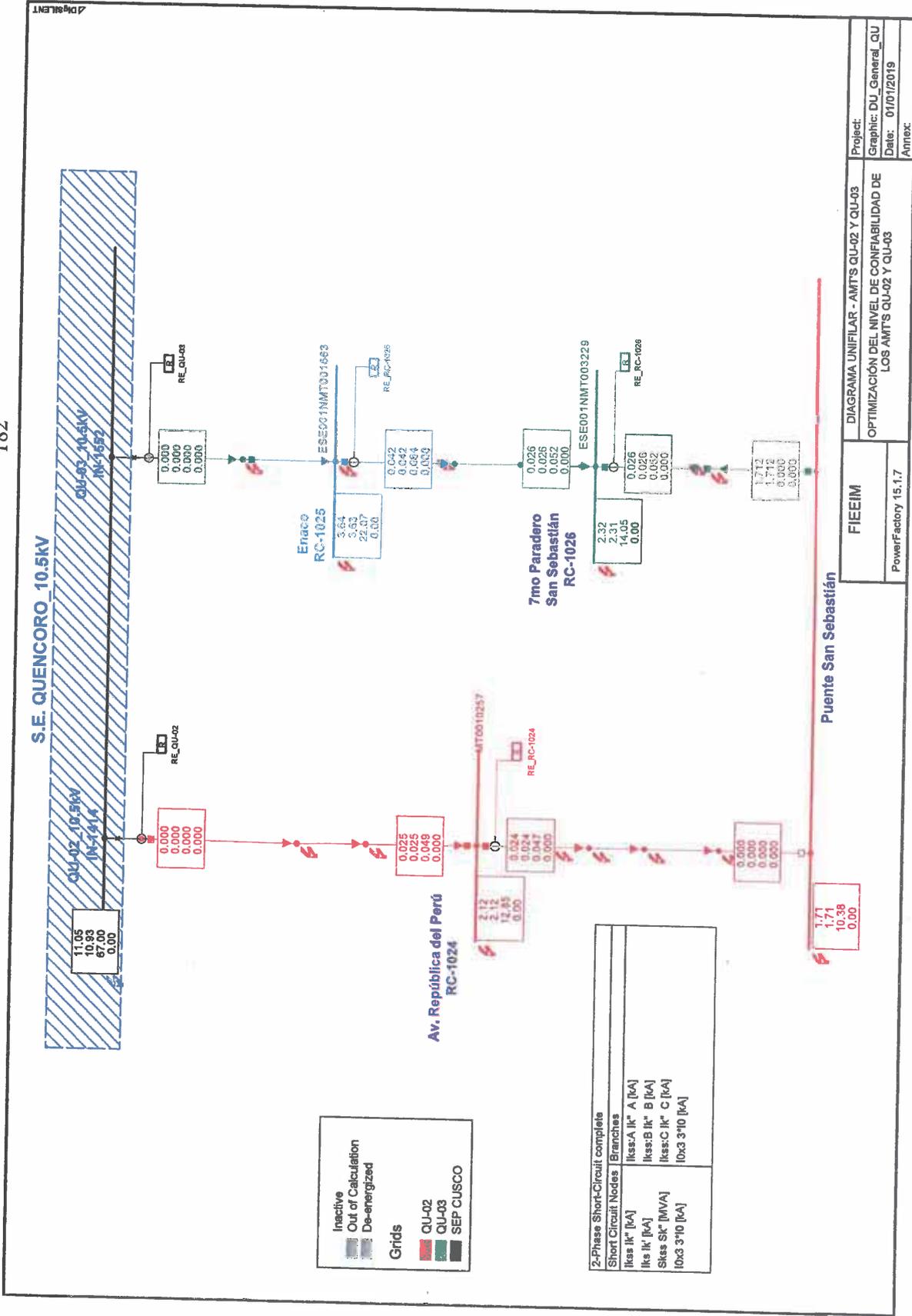
Project: SEP CUSCO

Graphic: 5/13/2019

Date: 5/13/2019

Annex:

Falla 2f Estiaje 2019_QU-02 y QU-03

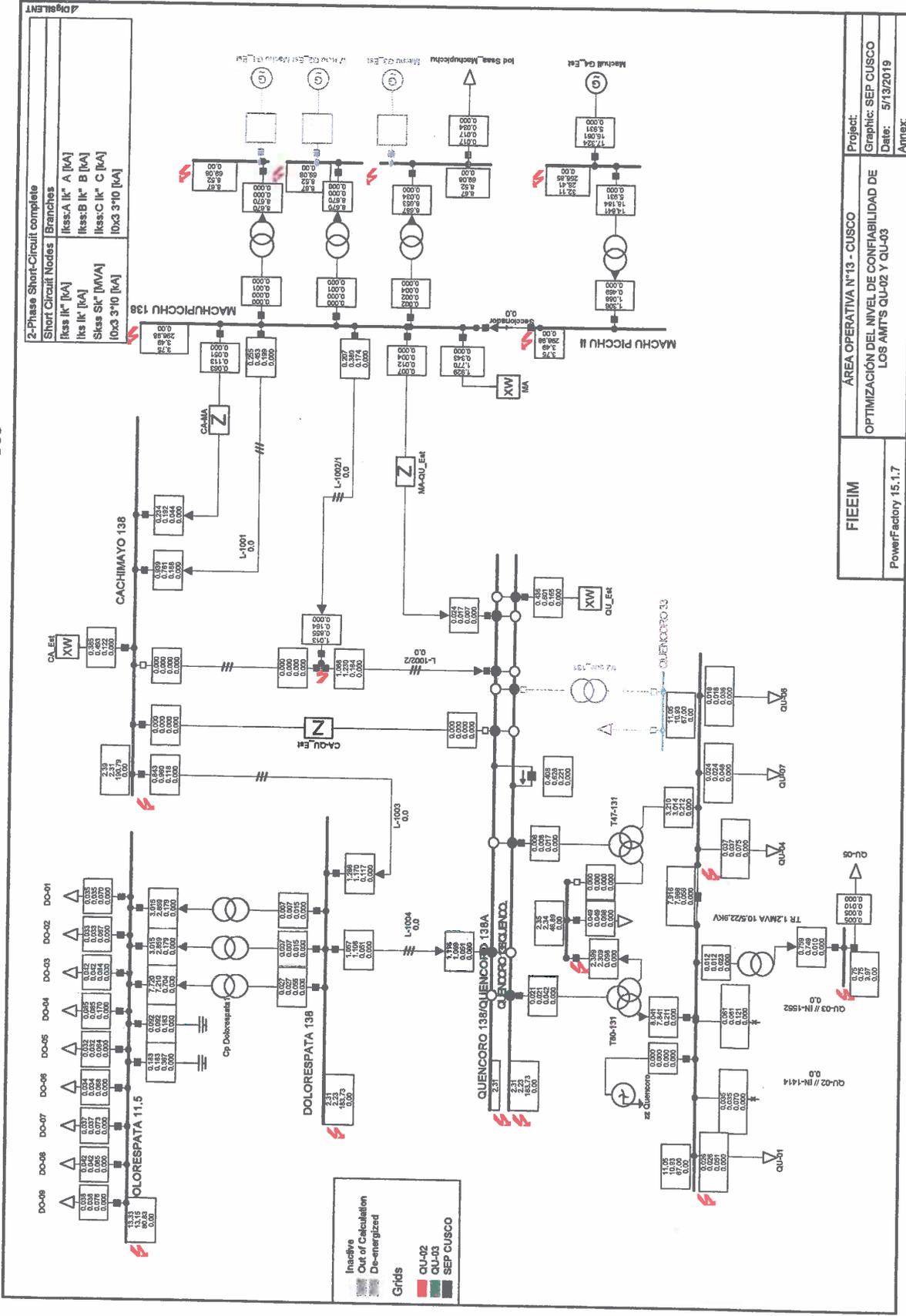


Falla 2f Estiaje 2019_SEP

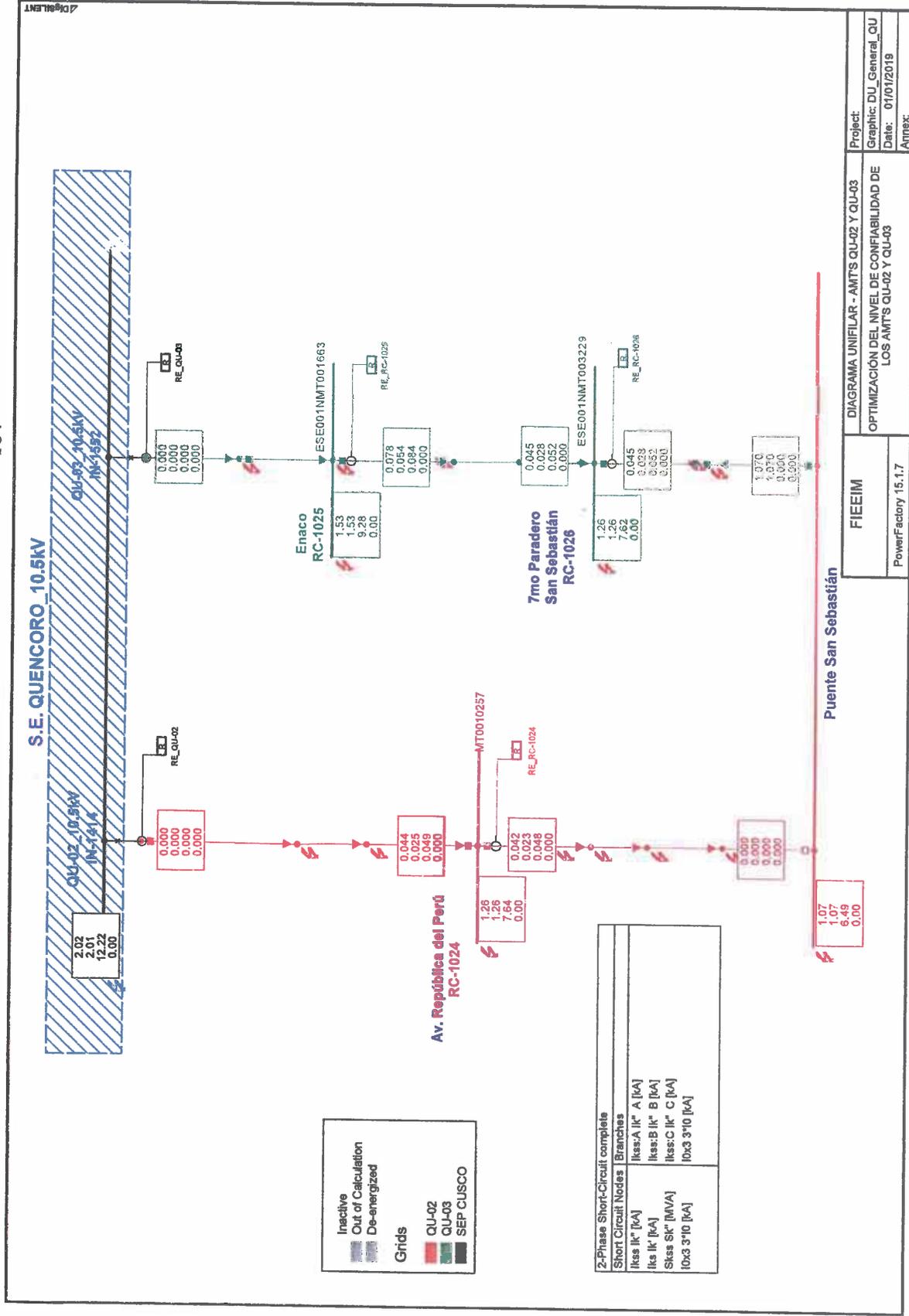
Project: **DIAGRAMA UNIFILAR - AMTS QU-02 Y QU-03**
 Graphic: **DU_General_QU**
 Date: **01/01/2019**
 Annex:

Optimization of Reliability Level of AMTS QU-02 and QU-03

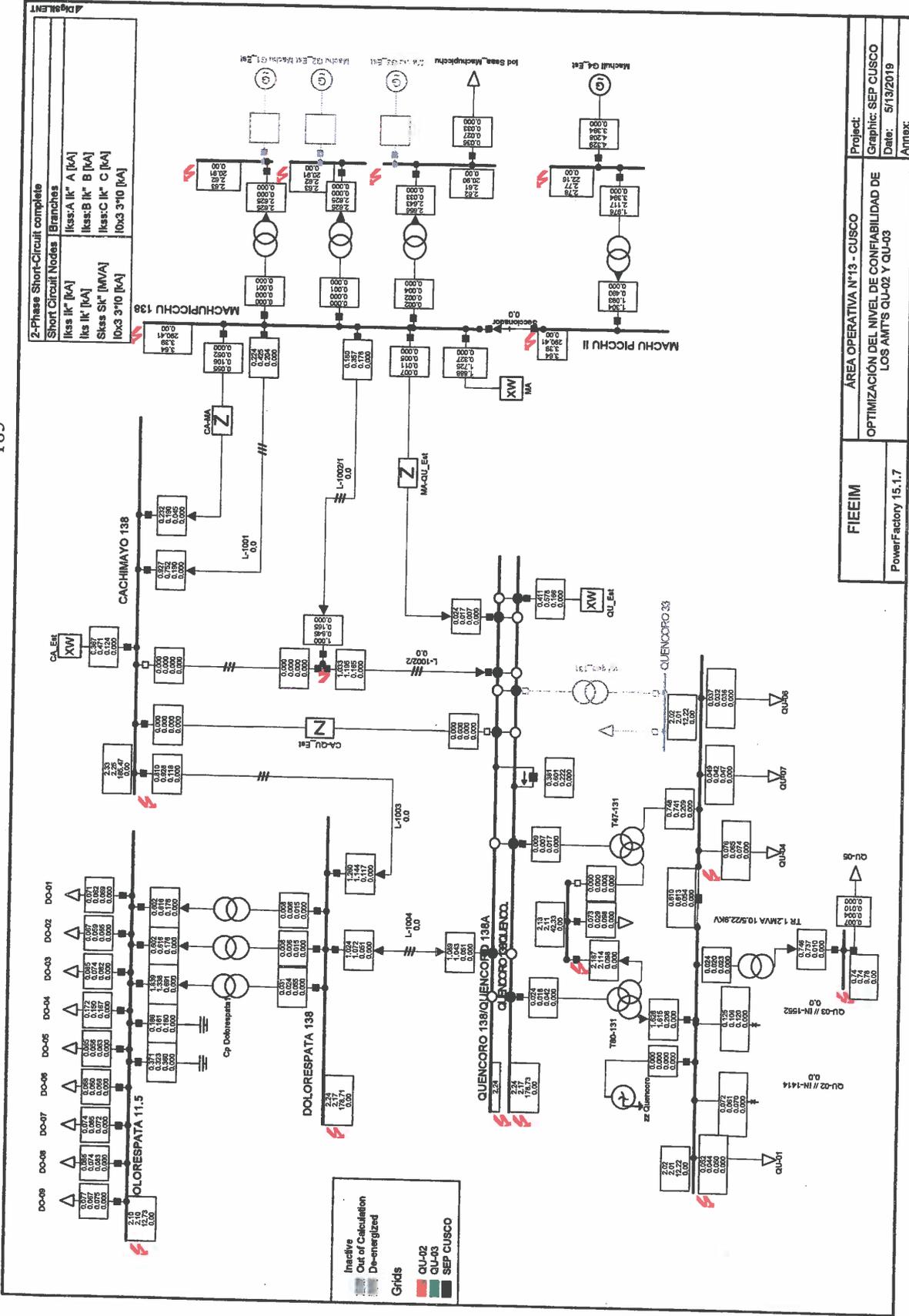
PowerFactory 15.1.7



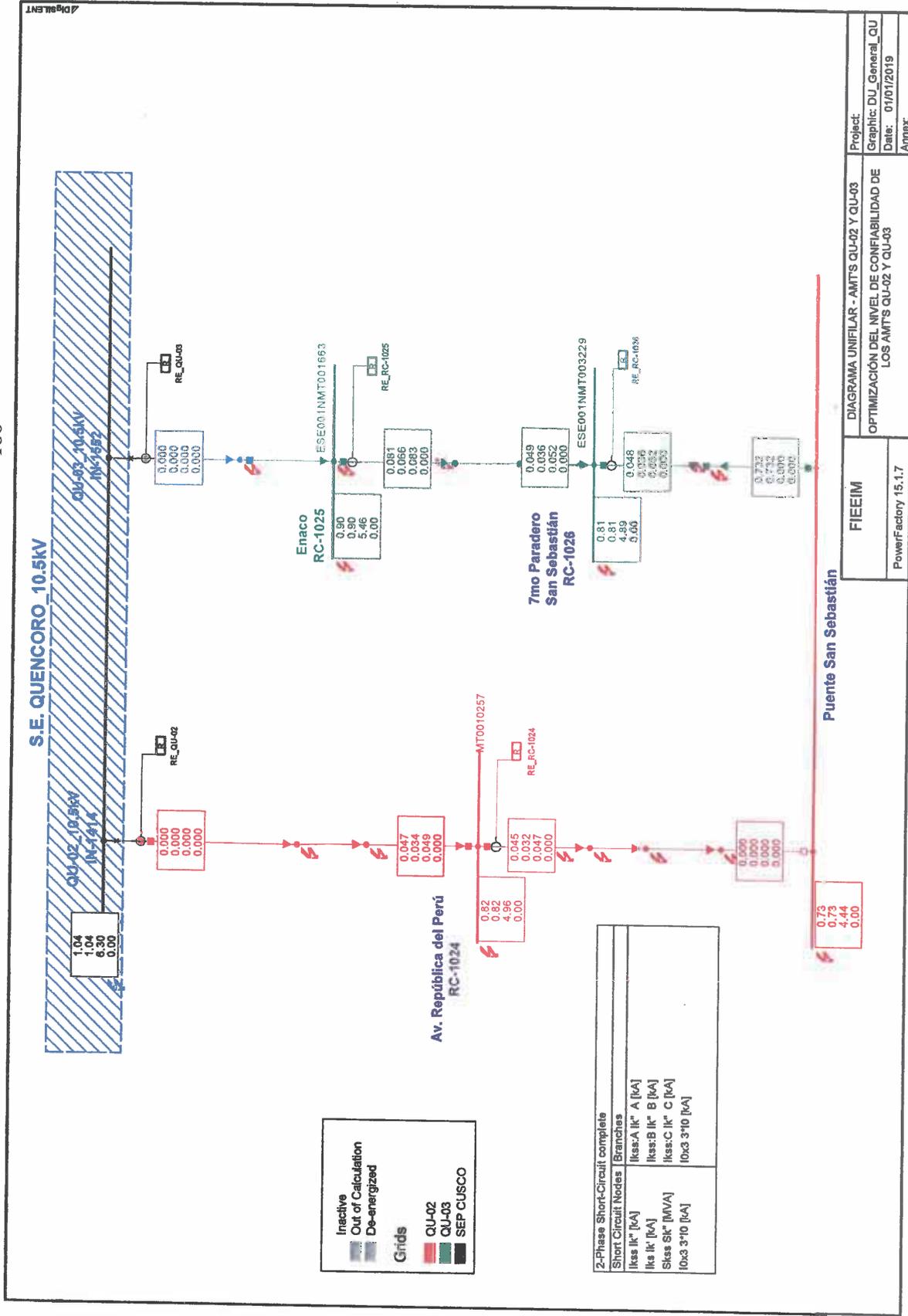
Falla 2f=5ohm Estiaje 2019_QU-02 y QU-03



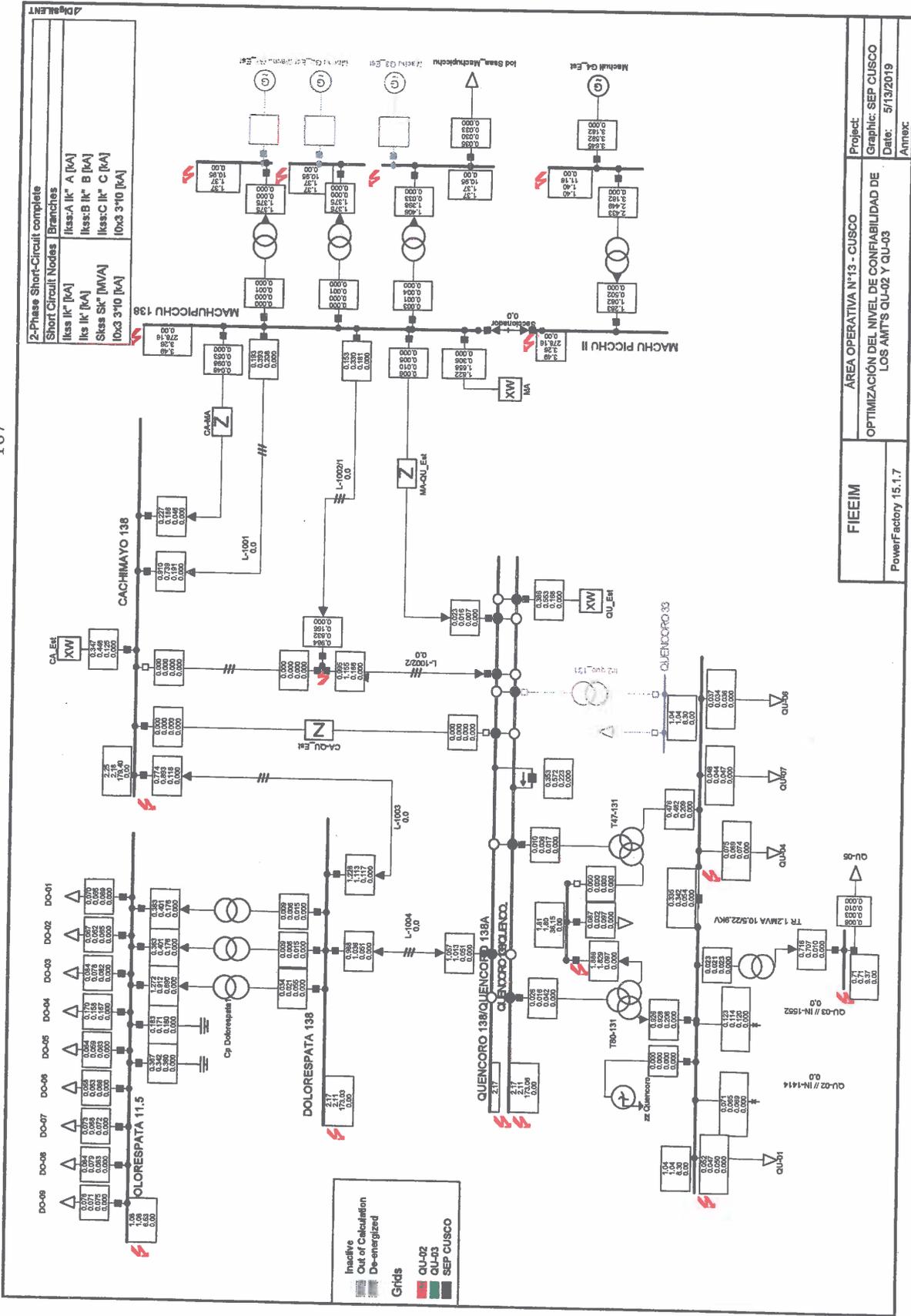
Falla 2f=5ohm Estiaje 2019_SEP



Falla 2f=10ohm Estiaje 2019_QU-02 y QU-03



Falla 2f=10ohm Estiaje 2019_SEP



Project: FIEEIM

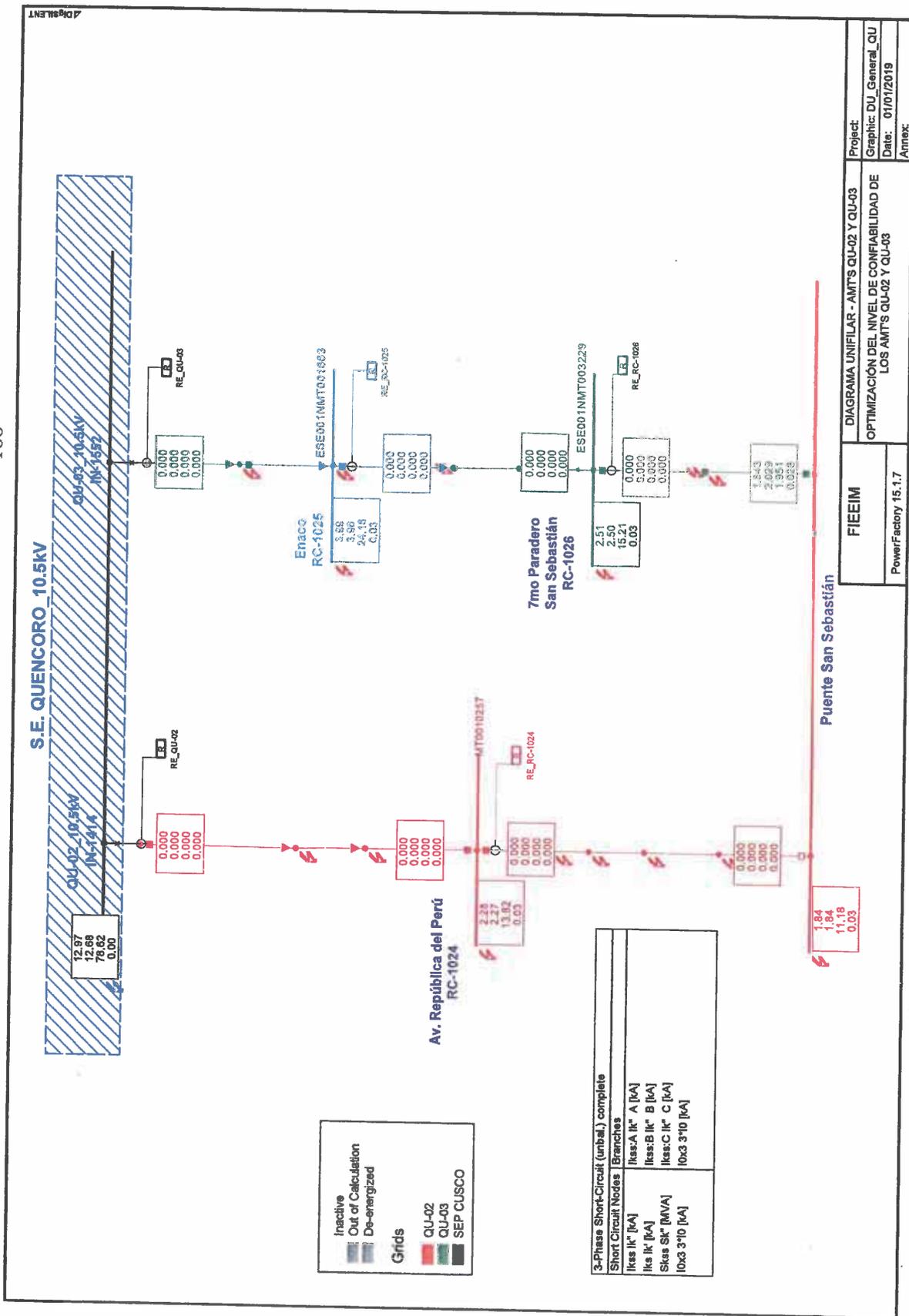
AREA OPERATIVA N°13 - CUSCO

OPTIMIZACIÓN DEL NIVEL DE CONFIABILIDAD DE LOS AMTS QU-02 Y QU-03

Date: 5/13/2019

Annex: PowerFactory 15.1.7

Falla 3f Estiaje 2019_QU-02 y QU-03



Falla 3f Estiaje 2019_SEP

Project: **DIAGRAMA UNIFILAR - AMT'S QU-02 Y QU-03**
 Graphic: **DU_General_QU**
 Date: **01/01/2019**
 Annex:

FIGEIM
 OPTIMIZACIÓN DEL NIVEL DE CONFIABILIDAD DE LOS AMT'S QU-02 Y QU-03

PowerFactory 15.1.7

ANEXO H - Registro Total de Interrupciones de los Alimentadores QU-02 y QU-03**durante el Año 2018**

N°	AMT	Codigo Interrupción NTCSE	FechaInicio	Fecha 1era Reposicion	FechaFin	Nro Usuarios Afectados	Código Causa Interrupción	Descripción Origen Interrupción
1	QU02	11800052	18/01/2018 09:43:00H		18/01/2018 12:32:00H	50	1	CORTE PROGRAMADO PARA EL CAMBIO DE TABLERO DE B.T EN LA SED 1017 DE GUARDIA CIVIL SANTA ROSA.
2	QU02	11800091	25/01/2018 12:02:00H		25/01/2018 17:18:00H	508	24	DESCONECTA RECLOSER RC-1024 (VÍA EXPRESA AV. PERÚ) DE LA SECCIÓN DE LÍNEA DEL ALIMENTADOR QU02 DE 10.5KV
3	QU02	11800105	4/02/2018 05:30:00H		4/02/2018 07:30:00H	1778	1	CORTE PROGRAMADO PARA LA INSTALACION DE ARMADO Y RETIRO DE CONDUCTORES PARA EL AMT QU01.
4	QU02	11800173	16/02/2018 07:44:00H		16/02/2018 07:56:00H	3217	15	DESCONECTA EL RC-1024 DEL AMT QU02 Y EL RC-1018 DEL AMT DO07 POR FALLA MONOFÁ• SICA EN LA FASE "T" OCURRIDA DESPUÉS DE LA INTERCONEXIÓN ENTRE LOS ALIMENTADORES EN MENCIÓN
5	QU02	11800174	16/02/2018 09:11:00H		16/02/2018 09:48:00H	3217	17	DESCONECTA EL RC-1024 DEL AMT QU02 POR FALLA TRIFÁSICA CUANDO SE EL AMT QU02 SE ENCONTRABA ALIMENTANDO LA CARGA HASTA EL RC-1018 DEL AMT DO07
6	QU02	11800179	16/02/2018 15:27:00H	16/02/2018 15:43:00H	16/02/2018 16:25:00H	3217	4	DESCONECTA RECLOSER RC-1024 (AV. PERÚ CON VÍA EXPRESA) POR FALLA TRIFÁSICA ENTRE FASES CON CORRIENTES DE FALLA DE IR=1989/ IS=2296/IT=2120/IN=13 AMP.
7	QU02	11800248	8/03/2018 05:00:00H		8/03/2018 06:00:00H	325	1	CAMBIO DE INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO POR SOBRECARGA EN LA SED 256 DEL AMT QU02
8	QU02	11800249	8/03/2018 10:00:00H		8/03/2018 12:09:00H	166	1	CAMBIO DE ARMADO POR DMS EN NMT937 TRAMO DERIV. A SED 356 DE AMT DO06
9	QU02	11800300	22/03/2018 05:13:00H		22/03/2018 10:00:00H	429	1	MANTENIMIENTO PROGRAMADO PARA EL CAMBIO DE CELDA DE MT DE LA SED0138 - URB MAGISTERIO
10	QU02	11800347	7/04/2018 00:11:00H		7/04/2018 04:25:00H	406	1	CAMBIO DE CELDAS DE MT EN LA SED 0010111 (MARCAVALLE)
11	QU02	11800381	10/04/2018 09:12:00H		10/04/2018 12:11:00H	435	1	CAMBIO DE TABLERO DE BT EN LA SED1014
12	QU02	11800389	12/04/2018 09:09:00H		12/04/2018 12:10:00H	189	1	REUBICACION DE REDES DE BT - SED0540
13	QU02	11800390	13/04/2018 05:05:00H		13/04/2018 10:38:00H	113	1	CAMBIO DE TABLERO DE BT EN LA SED0358 - AV. LAS AMERICAS

ANEXOS

190

14	QU02	11800564	9/06/2018 05:06:00H	9/06/2018 07:00:00H	113	1	CAMBIO DE CONDUCTORES DE ALIMENTADOR DE SERVICIO PARTICULAR EN SED 358	
15	QU02	11800597	14/06/2018 13:03:00H	14/06/2018 15:03:00H	505	12	SE REGISTRA LA APERTURA DE LAS FASES "S" Y "T" DE SECCIONADOR CUT OUT DE NMT 819 DEL AMT QU02	
16	QU02	11800601	20/06/2018 15:17:00H	20/06/2018 15:48:00H	56	1	POSICIONAMIENTO DE ESTRUCTURA DE SOPORTE DE TRANSFORMADOR DE SED1030 DE AMT QU02	
17	QU02	11800605	22/06/2018 05:00:00H	22/06/2018 07:00:00H	166	1	CAMBIO DE TABLERO DE BT EN LA SED0481	
18	QU02	11800616	26/06/2018 15:30:00H	26/06/2018 18:00:00H	169	2	CONEXIONADO DE NUEVA RED Y REUBICACION DE TRANSFORMADOR POR DMS EN EL AMT QU02 - URB. TUPAC AMARU.	
19	QU02	11800623	4/07/2018 00:35:00H	4/07/2018 03:45:00H	331	1	CAMBIO DE TABLERO DE DISTRIBUCION AUTOSOPORTADO EN LA SED0256 - AV. CUSCO - SAN SEBASTIAN	
20	QU02	11800628	10/07/2018 05:12:00H	10/07/2018 07:05:00H	288	1	REUBICACION DE REDES DE B.T. EN LA SED0419	
21	QU02	11800966	23/10/2018 09:00:00H	23/10/2018 11:58:00H	331	1	REUBICACIÓN DE REDES DE B.T.	
22	QU02	11800993	23/10/2018 20:30:00H	23/10/2018 21:30:00H	149	6	FALLA EN RED SUBTERRANEA DE BAJA TENSIÓN AFECTO PROTECCIÓN DE TRANSFORMADOR	
23	QU02	11800997	24/10/2018 17:30:00H	24/10/2018 17:47:00H	267	14	CORTE DE EMERGENCIA PARA REPARACION DE SECCIONADOR CUT OUT EN SED 113 DE SANTA URSULA DE SECCION DE LINEA DE AMT QU02	
24	QU02	11801005	3/11/2018 09:00:00H	3/11/2018 09:45:00H	149	1	TRABAJOS CORRECTIVOS EN EL SECCIONADOR DE PROTECCIÓN DE LA SED1191 DEL AMT QU02	
25	QU02	11801047	15/11/2018 09:11:00H	15/11/2018 12:00:00H	174	1	REUBICACIÓN DE REDES DE BT DE LA SED 0010250 (HIPOLITO TÚPAC AMARU) DEL AMT QU02	
26	QU02	11801051	13/11/2018 05:33:00H	13/11/2018 09:51:00H	1800	24	APERTURA DEL INTERRUPTOR IN-1414 DEL AMT QU02 DESDE LA S.E. QUENCORO POR ACTUACIÓN DE SU RELÉ DE PROTECCIÓN DE SOBRECORRIENTE A TIERRA DE TIEMPO INVERSO	
27	QU02	11801065	14/11/2018 16:38:00H	14/11/2018 17:13:00H	1800	14	SE APERTURA EL SBC-1024 DEL AMT QU02 POR CIERRE DE CUELLOS EN EL NMT 5837 DEL AMT QU02	
28	QU02	11801072	21/11/2018 09:26:00H	21/11/2018 10:45:00H	857	1	CAMBIO DE TERMINALES DE BT DE LOS CIRCUITOS I Y II DE LA SED0128 DEL AMT QU02	
29	QU02	11801198	21/12/2018 10:36:00H	21/12/2018 11:00:00H	331	1	INSTALACION DE DE ITM EN LA SED 0010256 DEL AMT QU02.	
30	QU02	11801213	24/12/2018 15:36:00H	24/12/2018 16:15:00H	24/12/2018 19:25:00H	6440	20	DESCONECTÓ LOS AMTS QU02 Y QU06

31	QU03	11800053	19/01/2018 10:00:00H		19/01/2018 15:00:00H	321	1	CORTE PROGRAMADO PARA LA REUBICACION DE POSTE Y LINEA DE MT EN LA COMUNIDAD DE SEQUERECCAY Y CHITAPAMPA.
32	QU03	11800073	22/01/2018 13:00:00H		22/01/2018 16:00:00H	244	1	CORTE PROGRAMADO PARA LA REUBICACION DE REDES EN BT - SED0417
33	QU03	11800074	23/01/2018 08:01:00H		23/01/2018 17:00:00H	321	2	CORTE PROGRAMADO PARA EL CAMBIO DE 3 POSTES DE MT EN LOS NMT 1485
34	QU03	11800076	23/01/2018 09:00:00H		23/01/2018 14:00:00H	503	1	CORTE PROGRAMADO PARA LA REUBICACION DE REDES EN BT - SED0518
35	QU03	11800078	24/01/2018 08:01:00H		24/01/2018 17:00:00H	321	1	CORTE PROGRAMADO PARA LA REUBICACION DE LA SED0398 Y CAMBIO DE ARMADO EN EL NMT1479
36	QU03	11800079	24/01/2018 09:35:00H		24/01/2018 11:00:00H	275	1	CORTE PROGRAMADO PARA EL CAMBIO DE CABLES DE CONEXION DEL TRANSFORMADOR AL TABLERO DE BT SED0785
37	QU03	11800088	23/01/2018 07:01:00H		23/01/2018 10:00:00H	760	28	SE ENCONTRO 2 PORTAFUSIBLES APERTURADO LAS FASES " S Y T " EN LA DERIVACION
38	QU03	11800099	30/01/2018 11:30:00H		30/01/2018 12:00:00H	99	1	CORTE PROGRAMADO PARA EL CAMBIO DE TRANSFORMADOR DE CORRIENTE DE MEDICION GENERAL DE LA SED 0010398
39	QU03	11800108	27/01/2018 08:02:00H		27/01/2018 08:16:00H	11438	27	DESCONECTA RECLOSER RC-1025 (ENACO)
40	QU03	11800142	14/02/2018 09:00:00H		14/02/2018 13:02:00H	760	1	CAMBIO DE CONDUCTOR DE MT POR DMS CON VIVIENDA EN APV MINKA
41	QU03	11800201	28/02/2018 09:38:00H		28/02/2018 11:12:00H	145	1	CAMBIO DE INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO EN TABLERO DE DISTRIBUCION DE B.T. DE LA SED 0010002 DEL AMT QU03
42	QU03	11800235	28/02/2018 09:38:00H	28/02/2018 10:10:00H	28/02/2018 11:05:00H	17101	17	DESCONECTA INTERRUPTOR DEL AMT QU03 POR FALLA MONOFASICA FASE "S" A TIERRA DEBIDO A QUIEBRE DE SECCIONADOR CUT-OUT Y DESPRENDIMIENTO DE CONDUCTOR EN LAS MANIOBRAS DE INICIO DEL CORTE PROGRAMADO EN LA SED0002
43	QU03	11800204	1/03/2018 07:30:00H		1/03/2018 08:45:00H	97	1	CAMBIO DE TRANSFORMADOR DE DISTRIBUCION POR SOBRECARGA DE LA SED 0143 CORRESPONDIENTE AL AMT QU03
44	QU03	11800242	1/03/2018 17:53:00H		1/03/2018 18:15:00H	529	14	CORTE DE EMERGENCIA PARA TRABAJOS CORRECTIVOS POR CONDUCTOR DESPRENDIDO DE LA PROTECCION DEL T/F (CUT-OUT) DE LA SED0417
45	QU03	11800251	9/03/2018 09:13:00H		9/03/2018 13:00:00H	737	2	INSTALACION DE SECCIONADOR Y CAMBIO DE POSTE POR DMS

ANEXOS

192

46	QU03	11800258	3/03/2018 08:35:00H		3/03/2018 08:50:00H	401	14	CORTE DE EMERGENCIA PARA REALIZAR CONEXION A LA BARRAS DEL CIRCUITO 03 POR CONSTANTES APERTURAS Y FALLA EN EL EQUIPO
47	QU03	11800260	5/03/2018 08:47:00H		5/03/2018 09:32:00H	683	17	DESCONECTA RESCLOSER RC-1003 DE LA SECCIÓN DE LINEA DEL AMT QU03 SE REGISTRA FALLA MONOFÁSICA A TIERRA FASE R
48	QU03	11800273	15/03/2018 10:00:00H		15/03/2018 12:30:00H	401	1	CAMBIO DE TABLERO DE DISTRIBUCION EN LA SED 293 - JOSE CARLOS MARIATEGUI
49	QU03	11800274	16/03/2018 00:21:00H		16/03/2018 02:50:00H	342	1	CAMBIO DE CELDA DE MT EN LA SED 283 - URB. CACHIMAYO
50	QU03	11800285	11/03/2018 19:33:00HH		11/03/2018 20:46:00H	172	28	FUSIBLES FUSIONADOS EN LA PROTECCION DE LA SED
51	QU03	11800292	13/03/2018 11:31:00H		13/03/2018 13:21:00H	161	7	CORTE POR EMERGENCIA PARA REALIZAR CAMBIO DE TERMINAL EN LOS BUSHING DEL NEUTRO DEL TRANSFORMADOR
52	QU03	11800293	15/03/2018 13:05:00H		15/03/2018 13:59:00H	2210	14	CORTE POR EMERGENCIA EN SLI DE DE AMT QU03 SE INFORMA CONDUCTOR DESPRENDIDO DE CUT OUT POR FALLA EN EL EQUIPO
53	QU03	11800295	17/03/2018 05:02:00H	17/03/2018 05:09:00H	17/03/2018 06:34:00H	16787	10	DESCONECTA INTERRUPTOR DE AMT QU03 SE REGISTRA UNA FALLA BIFASICA EN LAS FASES R-S SE INFORMA CONDUCTOR CAIDO EN SET SANTA MARIA Y DESPRENDIMIENTO DE CONECTORES EN APV LA RINCONADA Y APV SANTA MARIA
54	QU03	11800296	17/03/2018 06:36:00H	17/03/2018 07:29:00H	17/03/2018 11:13:00H	5810	8	CORTE POR EMERGENCIA DE SECCION DE LINEA DE AMT QU03 SE VERIFICA CONECTOR APERTURADO POR CUELLO DESPRENDIDO EN APV LA RINCONADA Y CONDUCTOR CAIDO EN EL SECTOR DE SANTA MARIA
55	QU03	11800297	17/03/2018 08:10:00H	17/03/2018 08:35:00H	17/03/2018 09:10:00H	4513	9	DESCONECTA INTERRUPTOR DEL AMT QU03 POR CAIDA DE ESTRUCTURA EN EL NMT 5238 SECTOR DE TICAPATA
56	QU03	11800299	21/03/2018 09:00:00H	21/03/2018 11:30:00H	21/03/2018 13:00:00H	912	1	MANTENIMIENTO PROGRAMADO PARA LA CONEXION A LA RED DE MT DE LA DERIVACION DEL SISTEMA DE UTILIZACION DE CE CCORAO Y CAMBIO DE AISLADORES DE MT
57	QU03	11800306	18/03/2018 05:25:00H		18/03/2018 06:24:00H	1844	14	CORTE POR EMERGENCIA POR CAMBIO DE CONDUCTOR DE 70 MM CON CONDUCTOR 150 MM EN CUELLO DAÑADO EL DÍA 17/03/2018 POR FALLA

ANEXOS

193

58	QU03	11800314	18/03/2018 11:17:00H	18/03/2018 12:41:00H	55	28	AL VERIFICAR SE ENCONTRO FUSIONADO 2 PORTAFUSIBLES DE LAS FASES R-S EN EL SECCIONADOR TIPO CUTOCT EN LA DERIVACION A NUEVO AMANESER NODO II SE PROCEDE EL CAMBIO DE 2 FUSIBLES TIPO CHICOTE DEJANDO CON SERVICIO NORMAL AL SECTOR SE PUSO 02 FUSIBLES DE 5
59	QU03	11800323	27/03/2018 10:08:00H	27/03/2018 12:39:00H	331	1	REUBICACION DE POSE DE MT EN TICAPATA Y PUMAMARCA POR RIESGO ELECTRICO
60	QU03	11800368	4/04/2018 08:27:00H	4/04/2018 10:16:00H	382	27	FUSIBLE FUSIONADO EN MT DERIVACION SED YACANORA
61	QU03	11800373	5/04/2018 08:23:00H	5/04/2018 10:58:00H	382	12	AL VERIFICAR SE ENCONTRO EN LA SED 1018 PROTECTOR DEL TRANSFORMADOR APERTURADO FASE "R" SE REALIZA CAMBIO DE FUSIBLE DE 6AMP
62	QU03	11800383	10/04/2018 10:03:00H	10/04/2018 12:05:00H	749	1	REPARACION DE CABLE DE MT - SECTOR CCORAO
63	QU03	11800384	10/04/2018 12:00:00H	10/04/2018 17:00:00H	97	1	REFORZAMIENTO DE REDES DE BT
64	QU03	11800388	12/04/2018 05:16:00H	12/04/2018 09:39:00H	204	1	CAMBIO DE TABLERO DE BT EN LA SED0292 - SANTA ROSA.
65	QU03	11800391	7/04/2018 09:15:00H	7/04/2018 11:13:00H	321	14	CORTE POR EMERGENCIA POR RIESGO ELECTRICO - CONDUCTOR A PUNTO DE DESPRENDERSE DEL AISLADOR
66	QU03	11800420	13/04/2018 06:56:00H	13/04/2018 10:15:00H	375	29	FUSIBLES FUSIONADOS POR ACCION DE VIENTOS HURACANADOS EN LA ZONA
67	QU03	11800427	16/04/2018 16:31:00H	16/04/2018 17:10:00H	937	29	SE ENCONTRO FUSIBLES FUSIONADOS EN LA DERIVACION HACIA SANTA ROSA DEL NMT 1648 DOS FASES R-S SE PROCEDE A REALIZAR EL CAMBIO DE FUSIBLES EN EL CUT - OUT SE DEJA CON SERVICIO NORMAL EN EL SECTOR.
68	QU03	11800469	26/04/2018 18:02:00H	26/04/2018 18:30:00H	322	28	NODO=4090
69	QU03	11800470	26/04/2018 19:02:00H	26/04/2018 21:00:00H	98	28	NODO=7295
70	QU03	11800521	21/05/2018 05:10:00H	21/05/2018 07:00:00H	65	1	REUBICACIÓN DE REDES DE BT DE LA SED 1022
71	QU03	11800549	29/05/2018 09:05:00H	29/05/2018 11:30:00H	298	1	CAMBIO DE TABLERO DE BT EN LA SED 0010513
72	QU03	11800551	31/05/2018 00:00:00H	31/05/2018 03:40:00H	342	1	CAMBIO DE TABLERO DE BT AUTOSOPORTADO EN LA SED 283
73	QU03	11800555	29/05/2018 04:52:00H	29/05/2018 04:58:00H	10971	17	DESCONECTO RECLOSE RC-1025(ENACO) POR FALLA MONOFASICA FASE "R" A TIERRA

ANEXOS

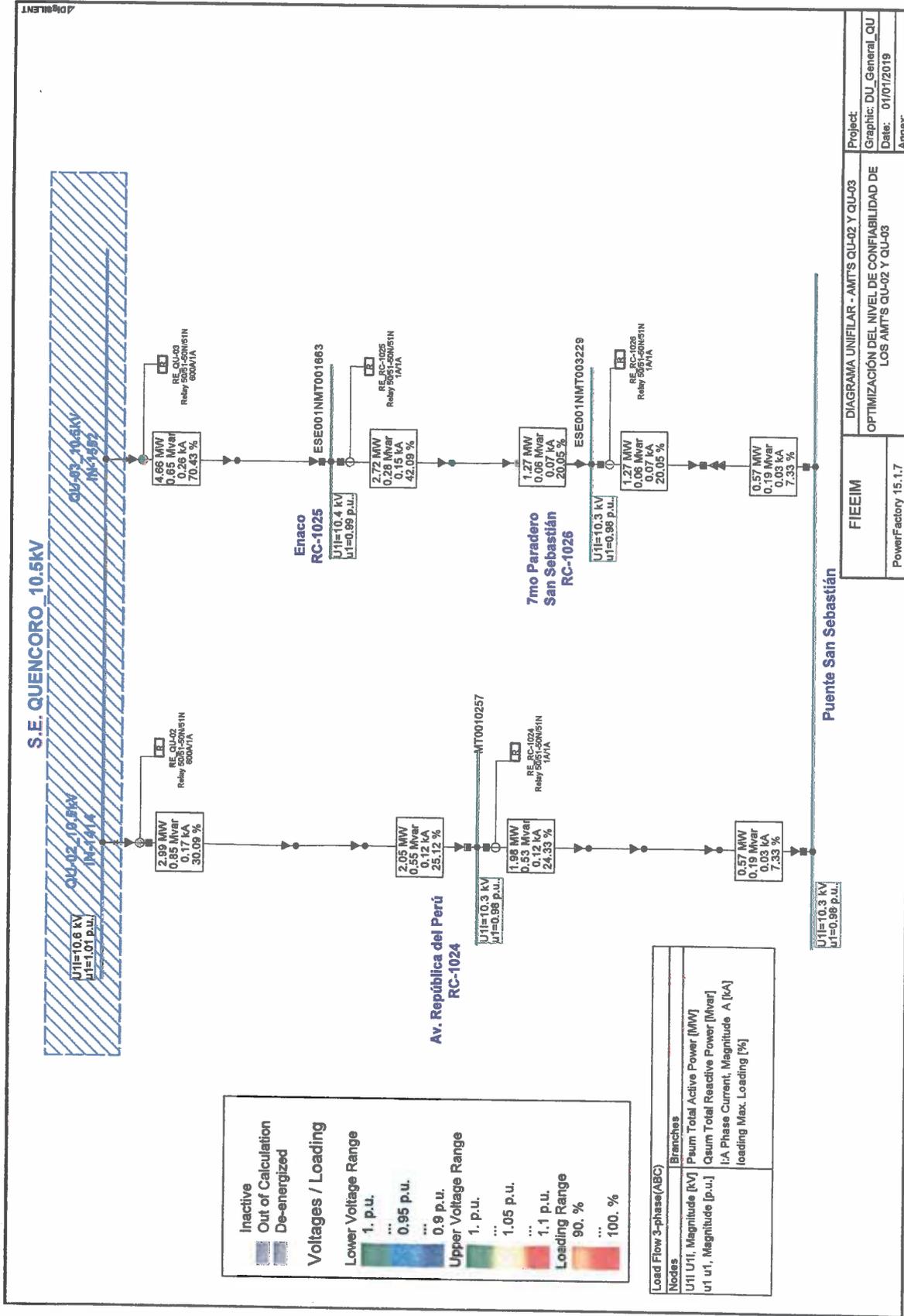
194

74	QU03	11800585	13/06/2018 09:40:00H		13/06/2018 12:10:00H	278	1	PROFUNDIZACION DE REDES SUBTERRANEAS EN BT
75	QU03	11800591	12/06/2018 09:32:00H		12/06/2018 10:11:00H	295	14	CORTE POR EMERGENCIA PARA EL CAMBIO DE EMPAQUETADURA DEL T/F DE LA SED0512 POR FILTRACION DE ACEITE
76	QU03	11800633	12/07/2018 05:10:00H		12/07/2018 08:59:00H	281	1	REUBICACION DE REDES DE B.T. DE LA SED 0010259
77	QU03	11800634	12/07/2018 09:10:00H		12/07/2018 11:18:00H	1041	1	CAMBIO DE ARMADOS POR DMS CON VIVIENDA.
78	QU03	11800635	12/07/2018 09:45:00H		12/07/2018 12:45:00H	279	1	CAMBIO DE TABLERO DE B.T. POR DETERIORO DE LA SED0010446
79	QU03	11800661	13/07/2018 14:58:00H		13/07/2018 15:10:00H	17464	29	DESCONECTA INTERRUPTOR IN-0132 DEL AMT QU03
80	QU03	11800672	21/07/2018 08:30:00H		21/07/2018 10:00:00H	461	1	ESTUCADO DEL CIELO RASO DE LA SED 0010258 (LARAPA I) DEL AMT QU03
81	QU03	11800696	20/07/2018 14:19:00H		20/07/2018 15:31:00H	148	17	CONTACTO DE RED MT FASE "R" CON ESTRUCTURA DE BAJA TENSION POR ENCONTRASE MUY PROXIMO
82	QU03	11800716	30/07/2018 09:50:00H		30/07/2018 11:55:00H	148	1	INCREMENTO DE NMT POR DMS ENTRE LAS FASES DERV. A SED 0010284 DEL AMT QU03
83	QU03	11800772	14/08/2018 09:00:00H		14/08/2018 10:45:00H	174	1	CAMBIO DE CABLE ALIMENTADOR DEL TRAFO A TABLERO DE B.T. EN SED 0318 EN ALIMENTADOR QU03 EN APV PUEBLO LIBERTADOR - CACHIMAYO
84	QU03	11800786	23/08/2018 09:31:00H		23/08/2018 15:30:00H	944	1	REUBICACION DE POSTE DE MEDIA TENSION DEL NMT 6112 DEL AMT QU03 EN ALTO QOSQO
85	QU03	11800787	24/08/2018 09:07:00H		24/08/2018 15:00:00H	449	1	CAMBIO DE CONDUCTOR DESNUDO CON AISLADORES POR DMS EN AMT QU03 EN URB. NINO DE PRAGA
86	QU03	11800788	24/08/2018 09:07:00H		24/08/2018 12:20:00H	970	1	CAMBIO DE ARMADOS POR DMS CON VIVENDA EN AMT QU03 EN URB. LOS LICENCIADOS
87	QU03	11800829	5/09/2018 10:04:00H		5/09/2018 14:00:00H	958	1	CAMBIO DE CONDUCTOR DE MT EN EL SECTOR DE UNUNCHIS-URB. STA ROSA POR RIESGO ELECTRICO
88	QU03	11800833	3/09/2018 16:01:00H	3/09/2018 16:04:00H	3/09/2018 18:38:00H	17455	8	DESCONECTA AMT QU03 POR FALLA MONOFÁSICA A TIERRA EN LA FASE "R"
89	QU03	11800875	8/09/2018 08:39:00H		8/09/2018 11:26:00H	932	29	FUSIBLE FUSIONADO EN SECCIONADOR NMT
90	QU03	11800886	16/09/2018 05:07:00H		16/09/2018 07:00:00H	1922	1	CAMBIO DE CONDUCTOR DESHILADO EN EL NMT 1717 (AV. EXPRESA) DEL AMT QU03
91	QU03	11800908	19/09/2018 15:21:00H		19/09/2018 17:10:00H	59	29	NMT 4147

92	QU03	11800934	3/10/2018 14:32:00H	3/10/2018 14:50:00H	109	1	LIMPIEZA DE LA SED0541 URB. ALFAPATA
93	QU03	11800958	16/10/2018 09:02:00H	16/10/2018 12:30:00H	432	1	REUBICACION DE REDES DE BT EN LA SED 0010518
94	QU03	11801056	9/11/2018 14:55:00H	9/11/2018 17:48:00H	448	25	SE ENCONTRO FUSIBLE FUSIONADO FASES RST EM NMT 00410, SE REPONE FUSIBLES DEJANDO CON SERVICIO NORMAL
95	QU03	11801071	20/11/2018 09:00:00H	20/11/2018 12:00:00H	186	1	REUBICACION DE REDES DE BT EN LA SED 858 MIRADOR PACHAQUTEC
96	QU03	11801157	14/12/2018 09:30:00H	14/12/2018 11:05:00H	138	1	CAMBIO DE EMPAQUETADURA DEL PASATAPA DE BT DEL TRAF0 EN SED 690 EN SAN SEBASTIAN
97	QU03	11801197	20/12/2018 10:30:00H	20/12/2018 11:05:00H	387	1	CAMBIO DE ITM POR SOBRECARGA EN LA SED 0010514 DEL AMT QU03
98	QU03	11801199	21/12/2018 14:15:00H	21/12/2018 14:48:00H	225	1	CAMBIO DE ITM POR DETERIORO EN LA SED 0010304 DEL AMT QU03
99	QU03	11801210	28/12/2018 09:32:00H	28/12/2018 10:10:00H	109	1	CAMBIO DE ITM EN LA SED0541 DEL AMT QU03
100	QU03	11801212	29/12/2018 08:39:00H	29/12/2018 09:17:00H	131	1	CAMBIO DE ITM POR DETERIORO EN LA SED 0010949 DEL AMT QU03
101	QU03	11801220	25/12/2018 18:30:00H	25/12/2018 23:33:00H	1272	28	DESCONECTA POR FALLA BIFÁSICA A TIERRA DE LAS FASES R-T

Fuente: Oficina de Centro de Control – Electro Sur Este S.A.A.

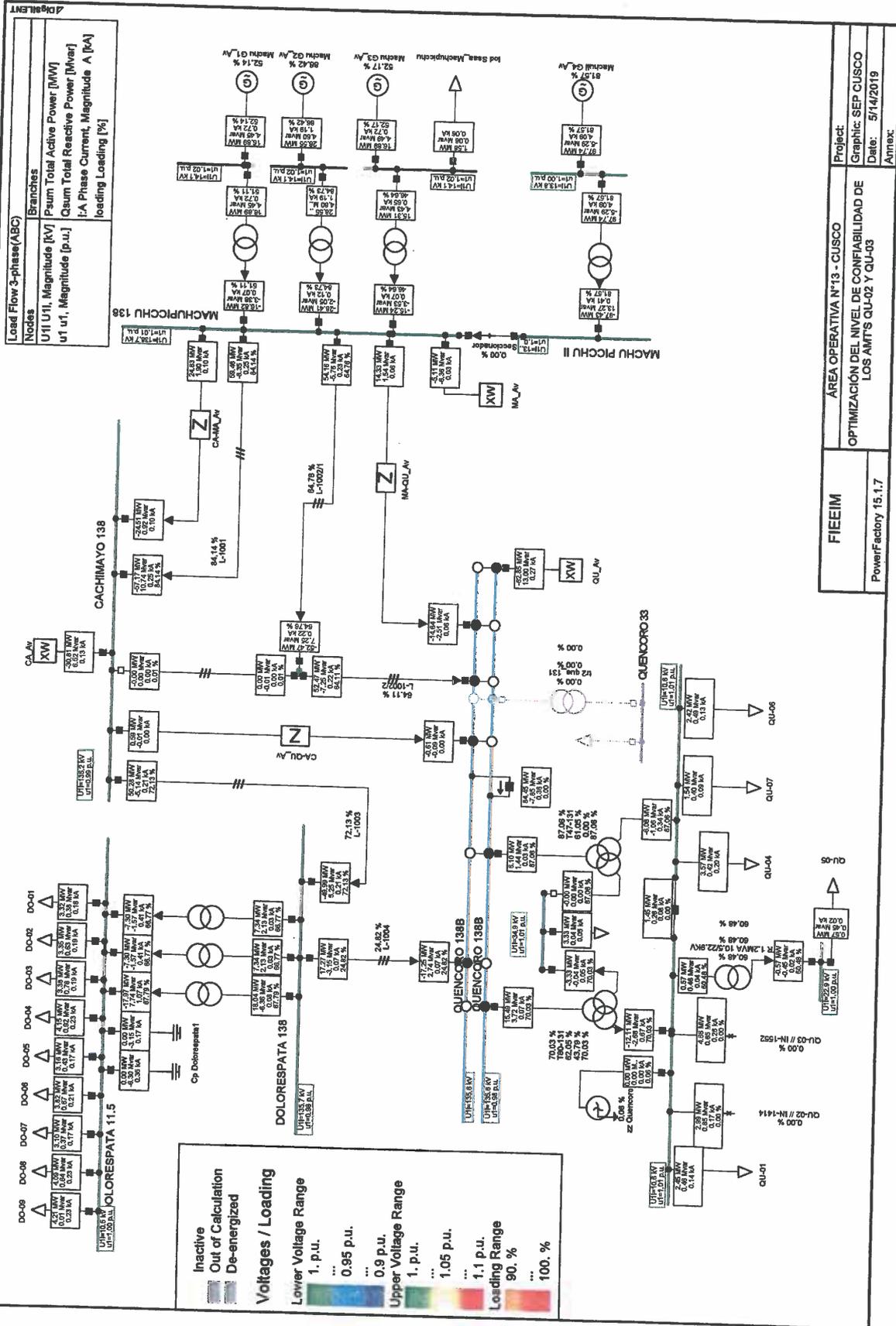
**ANEXO I – Resultados de Flujo de Carga con la
Operación Propuesta para el Sistema en Estudio**



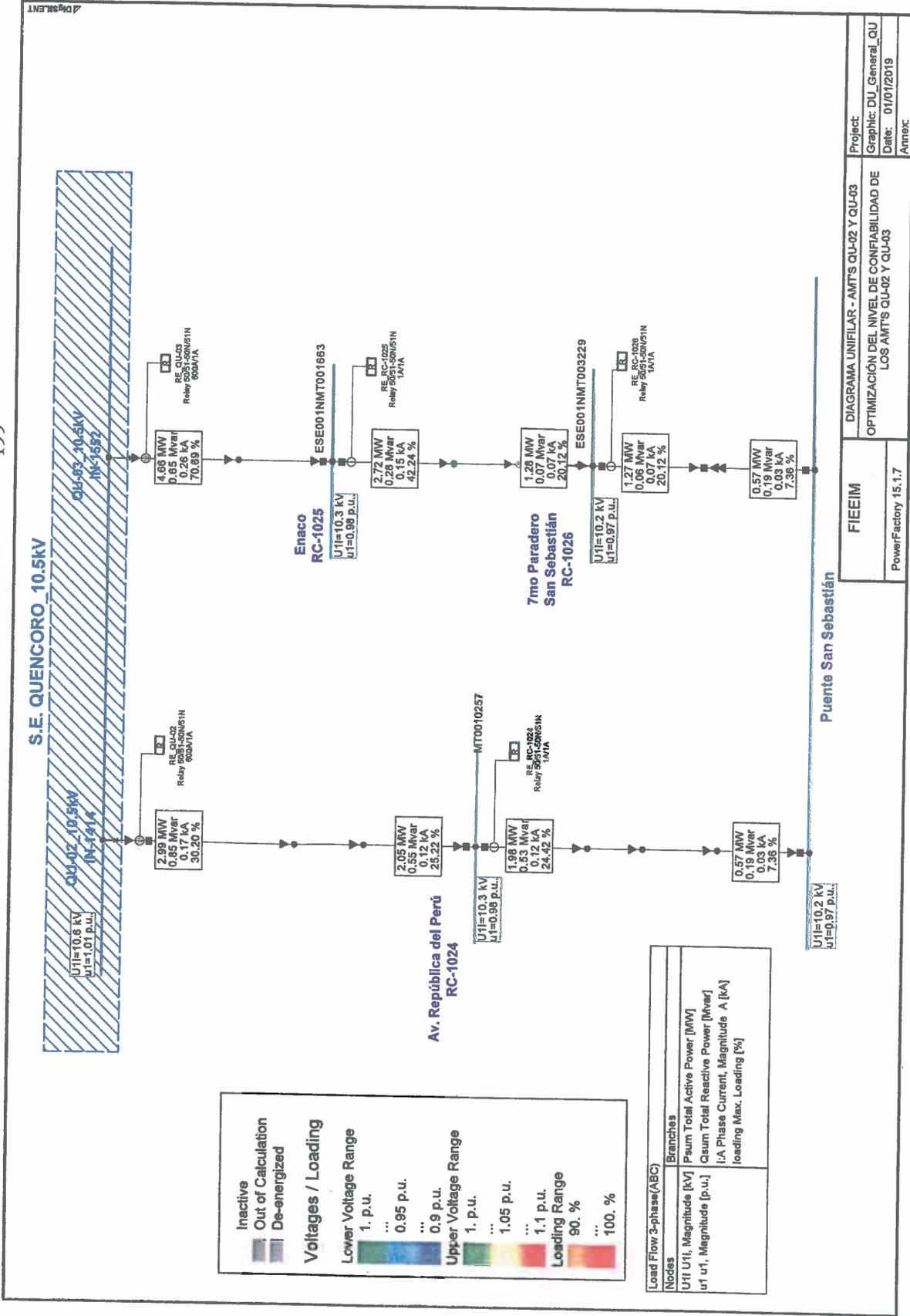
Project: DIAGRAMA UNIFILAR - AMT'S QU-02 Y QU-03
 Graphic: DU_General_QU
 Date: 01/01/2019
 Annex:

Project: OPTIMIZACIÓN DEL NIVEL DE CONFIABILIDAD DE LOS AMT'S QU-02 Y QU-03
 Graphic: FIEEIM
 Date: PowerFactory 15.1.7

Máxima Demanda - Avenida 2019_QU-02 y QU-03



Máxima Demanda - Avenida 2019_SEP



Project: DIAGRAMA UNIFILAR - AMT'S QU-02 Y QU-03

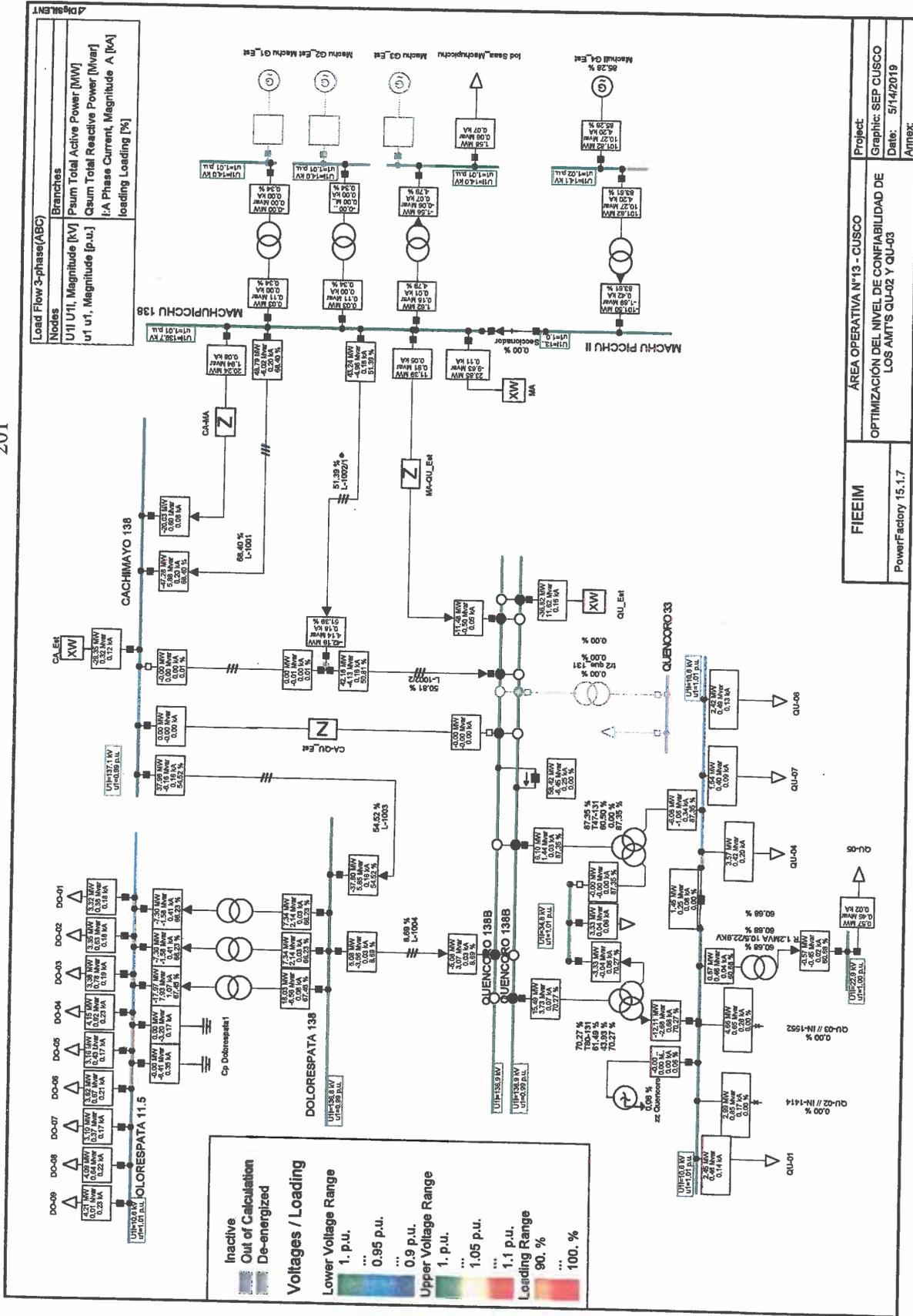
Graphic: DU_General_QU

Date: 01/01/2019

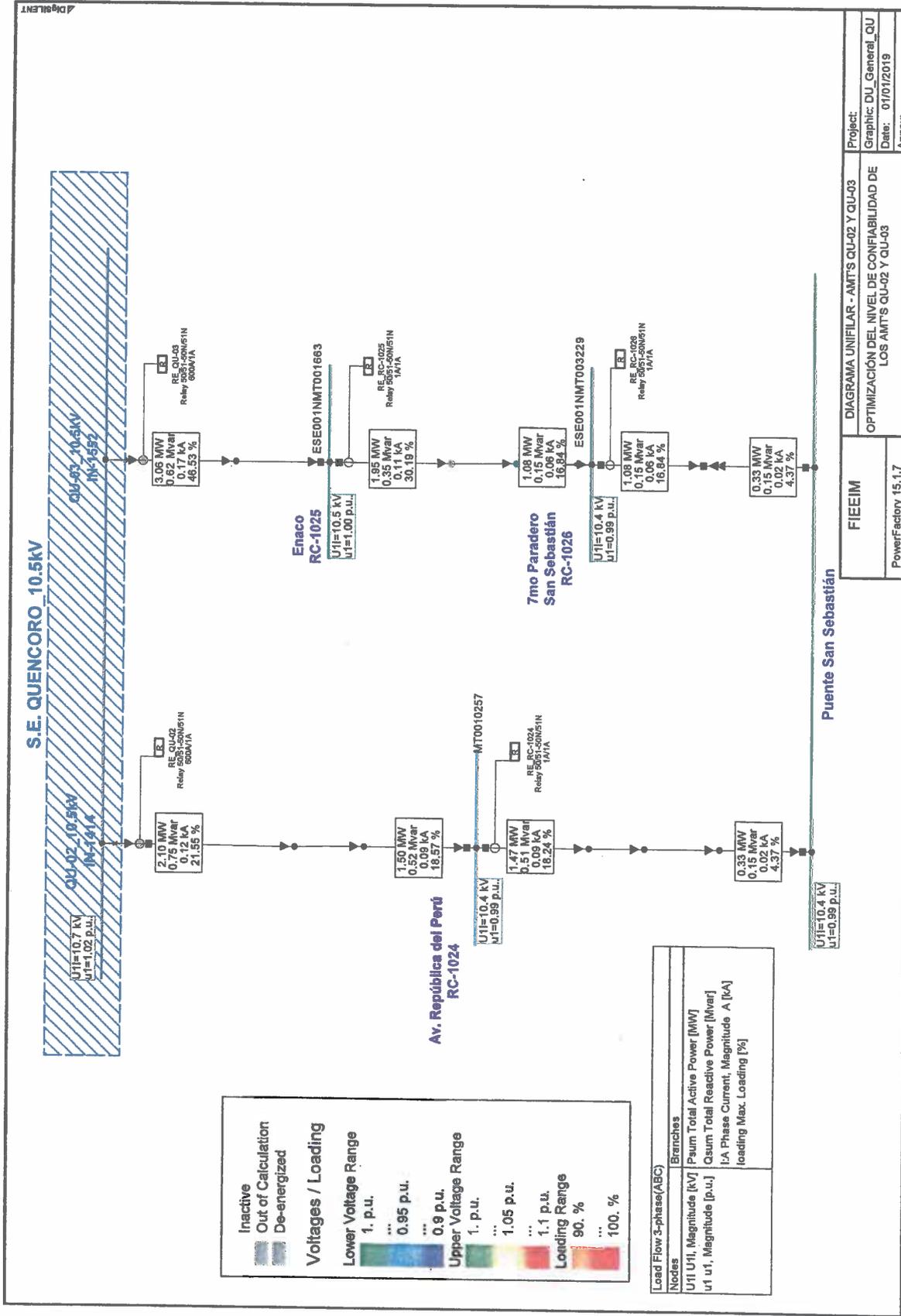
Annex:

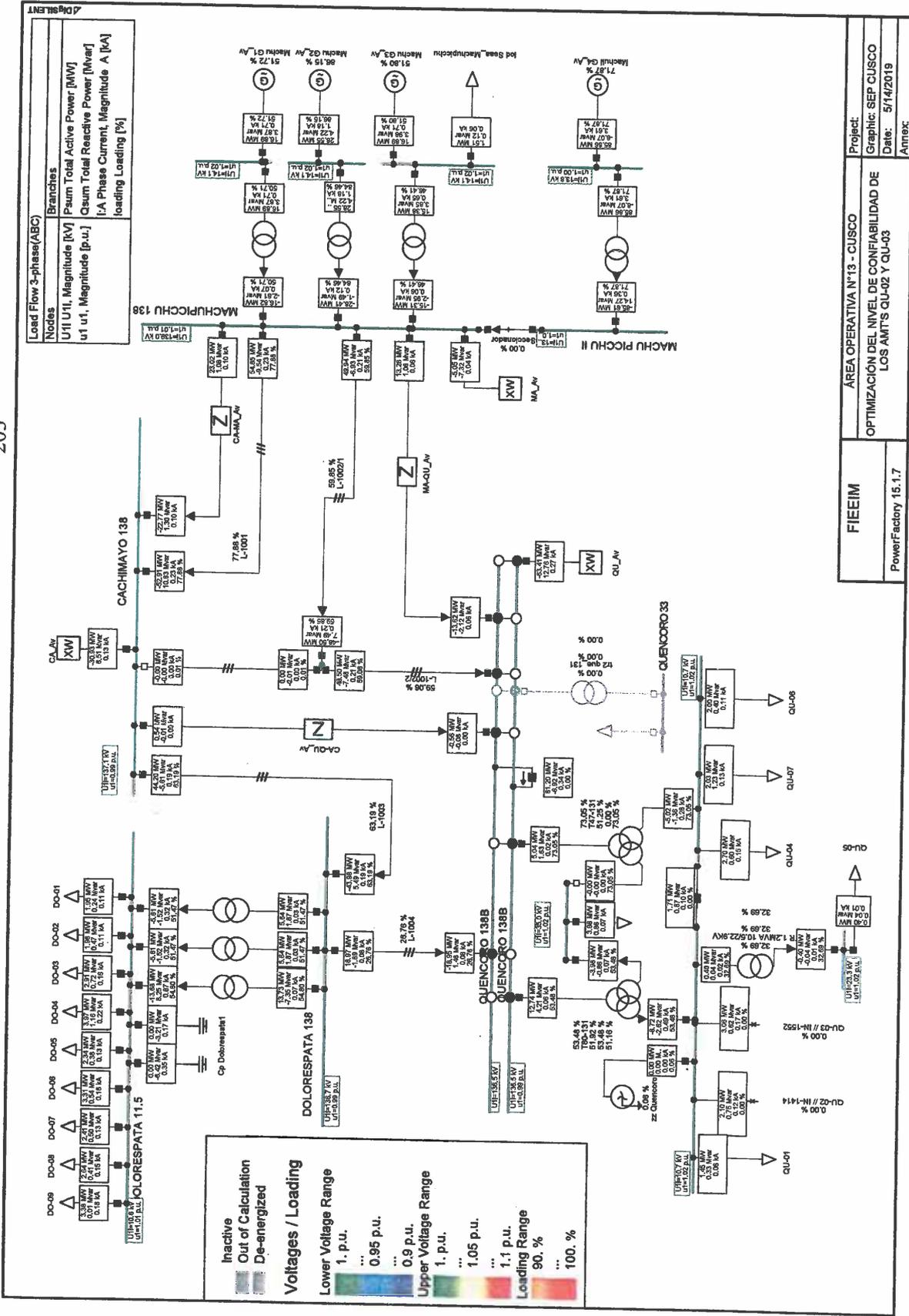
PowerFactory 15.1.7

Máxima Demanda - Estiaje 2019_QU-02 y QU-03



Media Demanda - Avenida 2019_QU-02 y QU-03

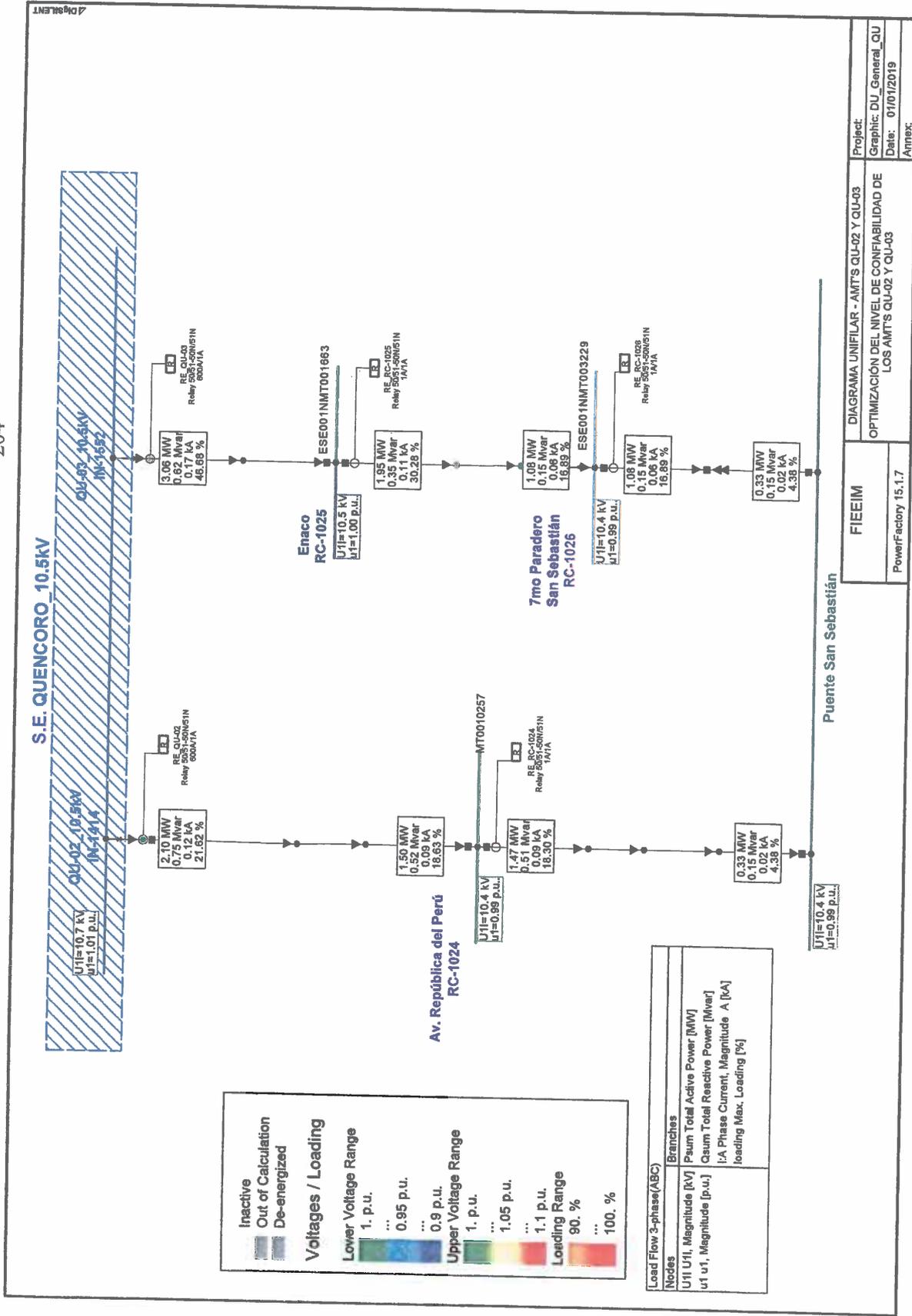




Media Demanda - Estiaje 2019_QU-02 y QU-03

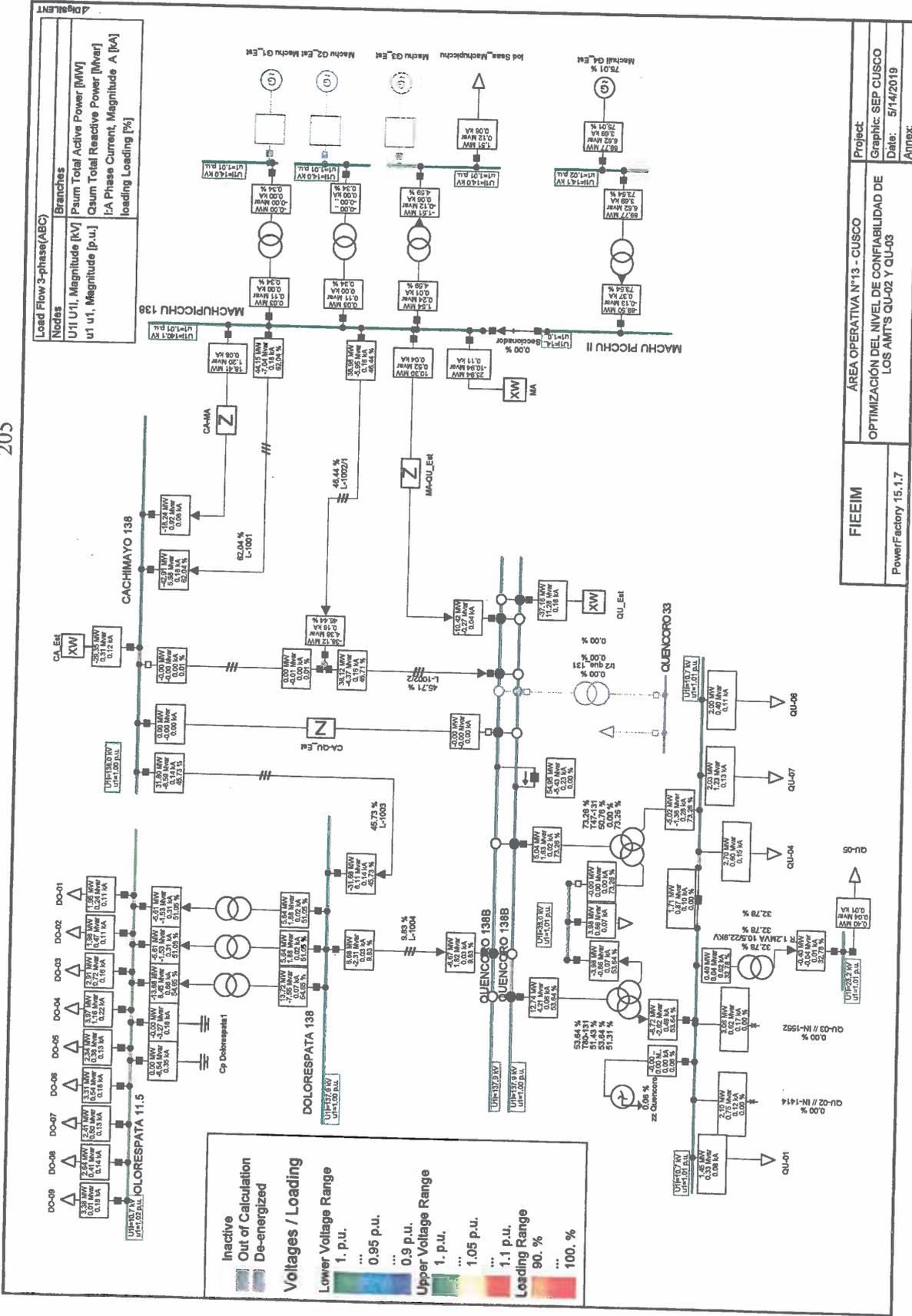
Project: AREA OPERATIVA N°13 - CUSCO
Graphic: SEP CUSCO
Date: 5/14/2019
Annex:

PowerFactory 15.1.7



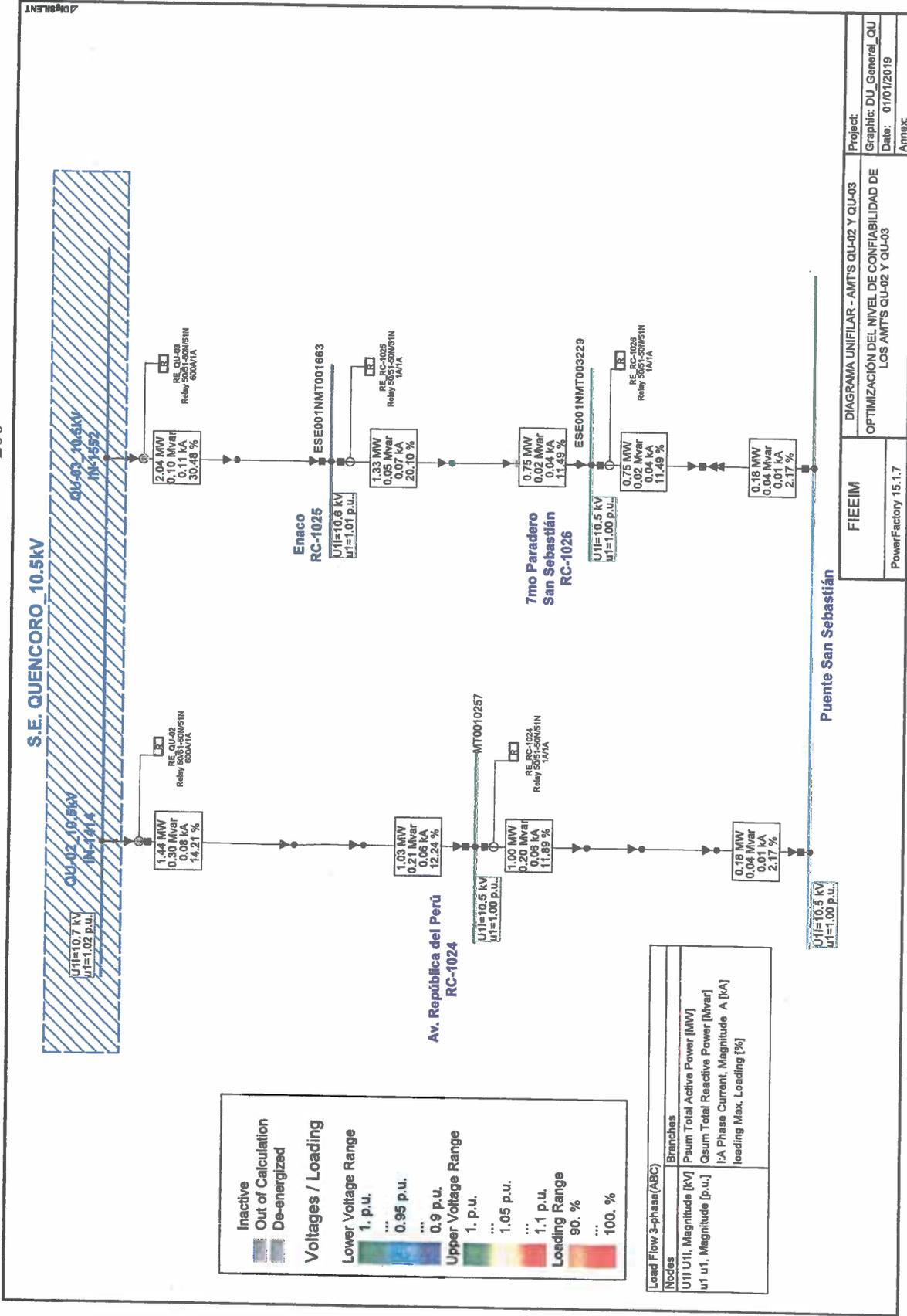
Project:		DIAGRAMA UNIFILAR - AMT'S QU-02 Y QU-03
Graphic:		DJ_General_QU
Date:		01/01/2019
Annex:		
FIEEIM		OPTIMIZACIÓN DEL NIVEL DE CONFIABILIDAD DE LOS AMT'S QU-02 Y QU-03
PowerFactory 15.1.7		

Media Demanda - Estiaje 2019_SEP



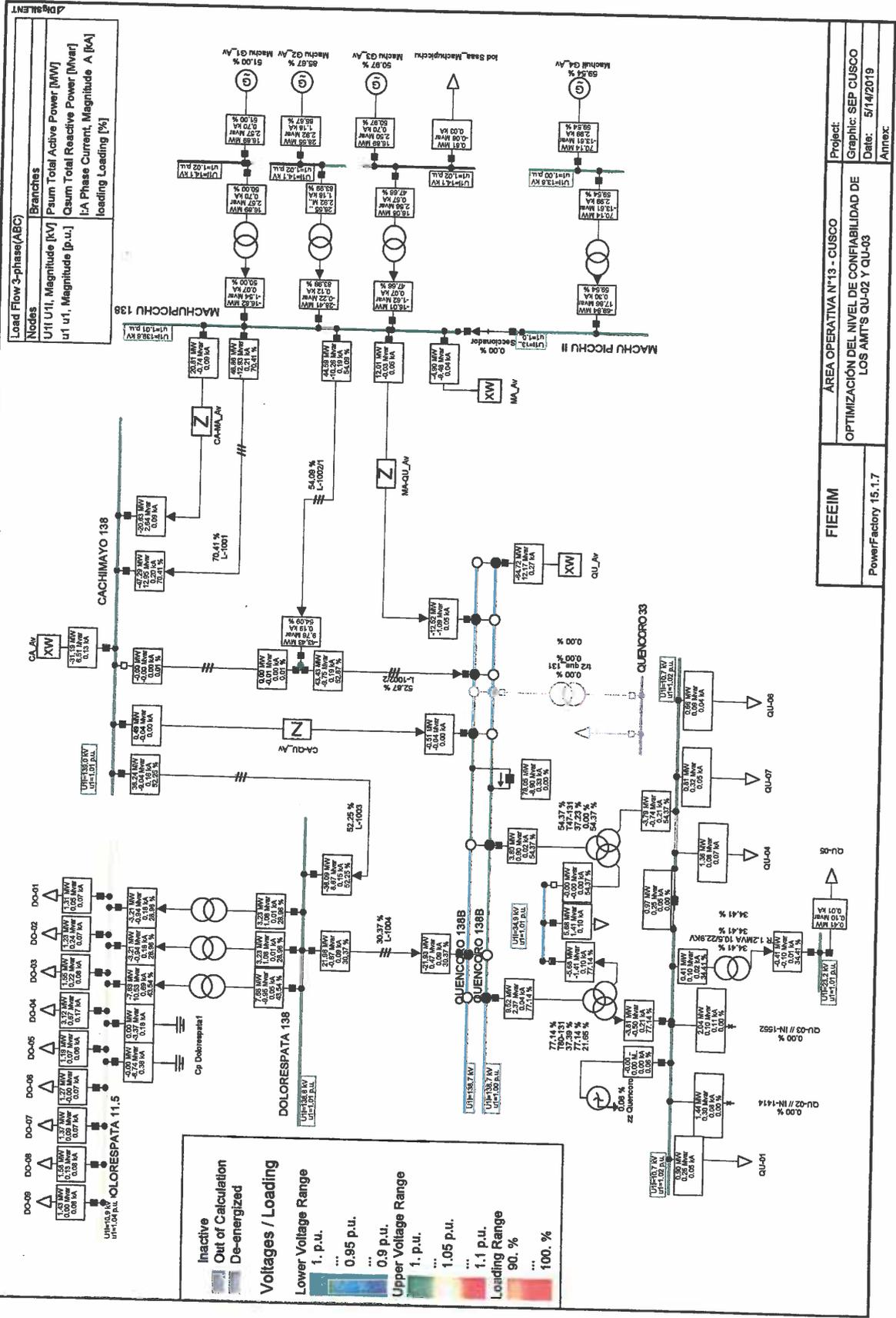
FIEEIM		ÁREA OPERATIVA N°13 - CUSCO	
PowerFactory 15.1.7		OPTIMIZACIÓN DEL NIVEL DE CONFIABILIDAD DE LOS AMT'S QU-02 Y QU-03	
Project:		Graphic: SEP CUSCO	
Date:		5/14/2019	
Annex:			

Mínima Demanda - Avenida 2019_QU-02 y QU-03



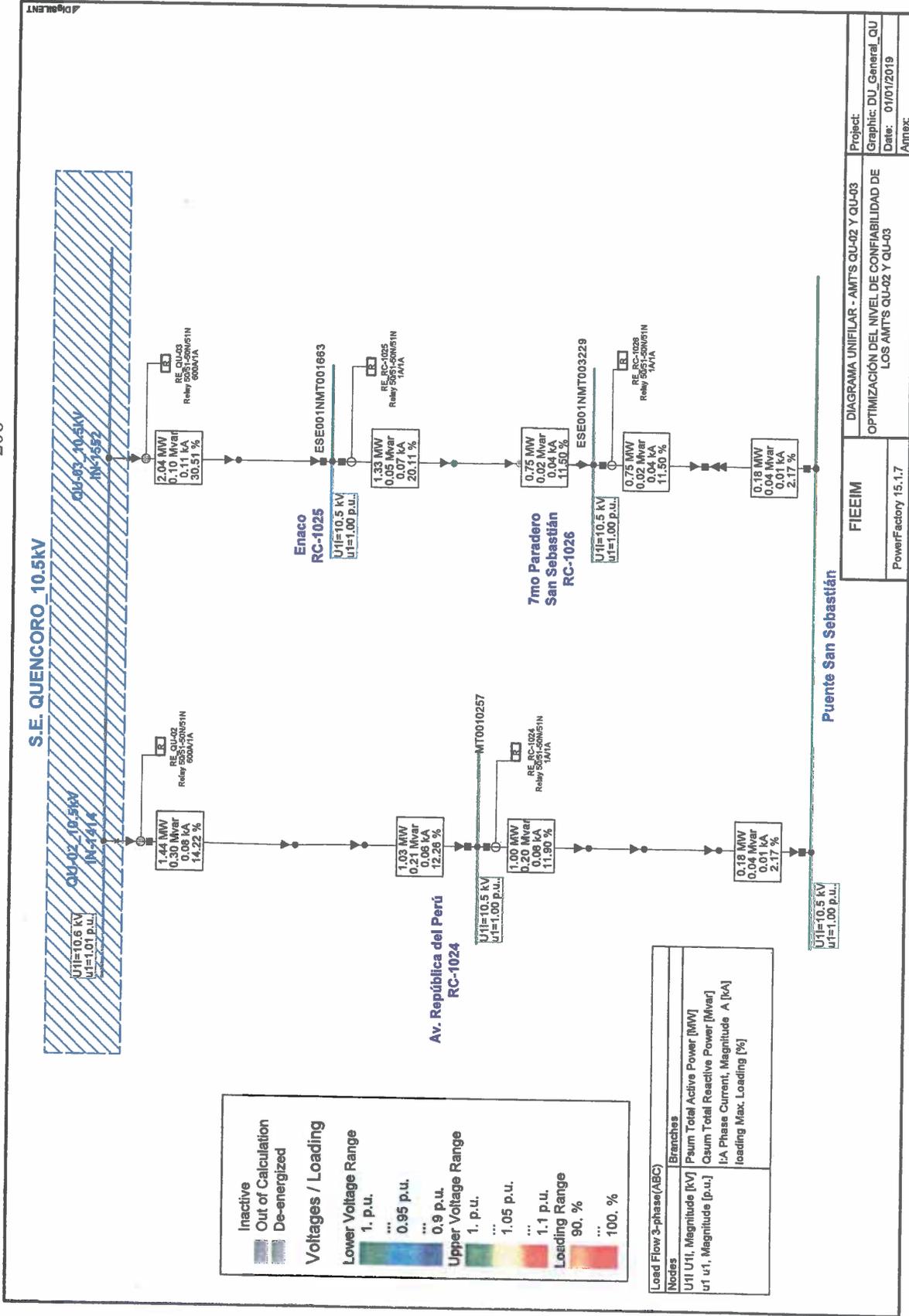
FIEEIM	DIAGRAMA UNIFILAR - AMTS QU-02 Y QU-03	Project:
	OPTIMIZACIÓN DEL NIVEL DE CONFIABILIDAD DE LOS AMTS QU-02 Y QU-03	Graphic: DU_General_QU
PowerFactory 15.1.7		Date: 01/01/2019
		Annex:

Mínima Demanda - Avenida 2019_SEP

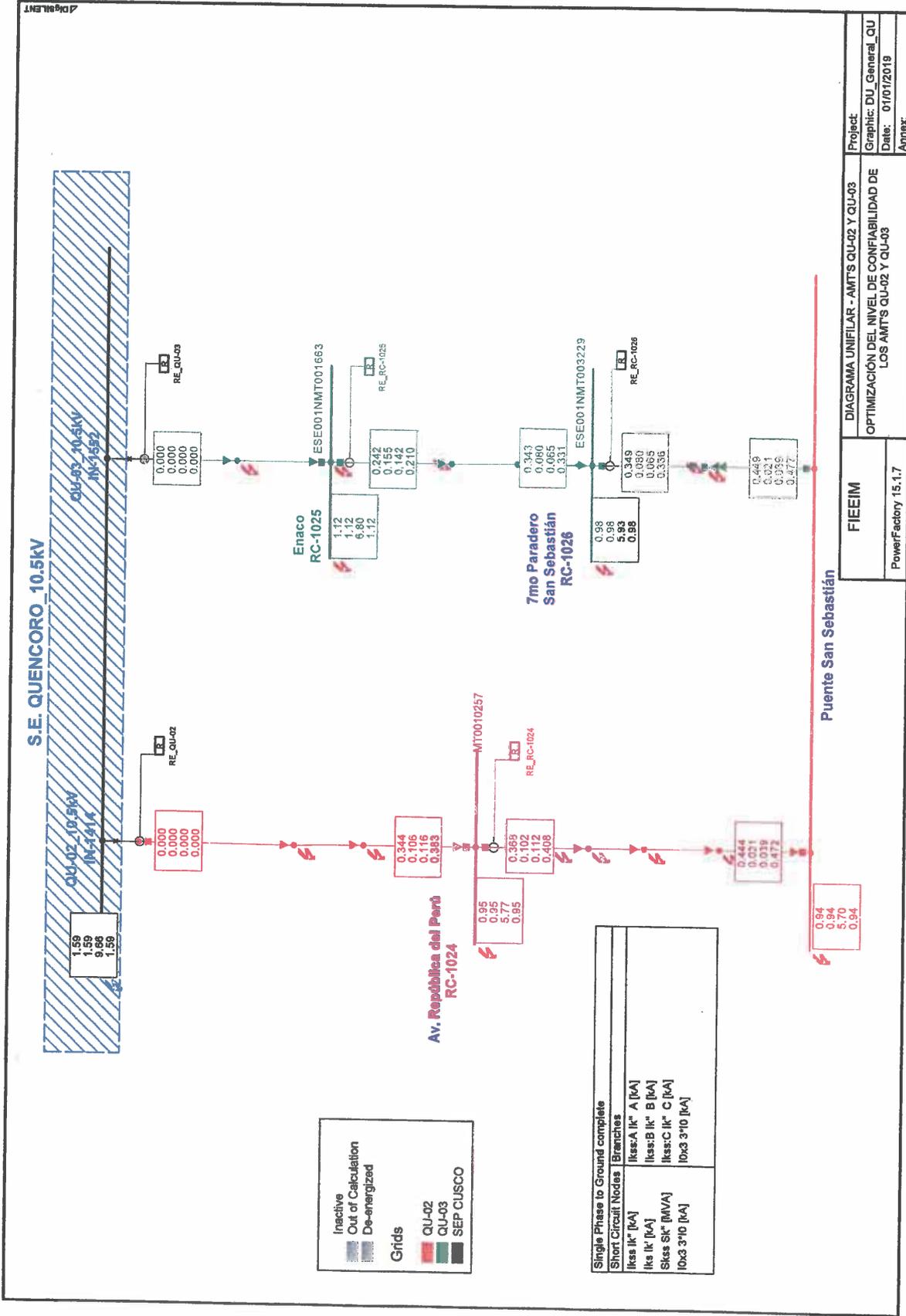


Mínima Demanda - Estiaje 2019_QU-02 y QU-03

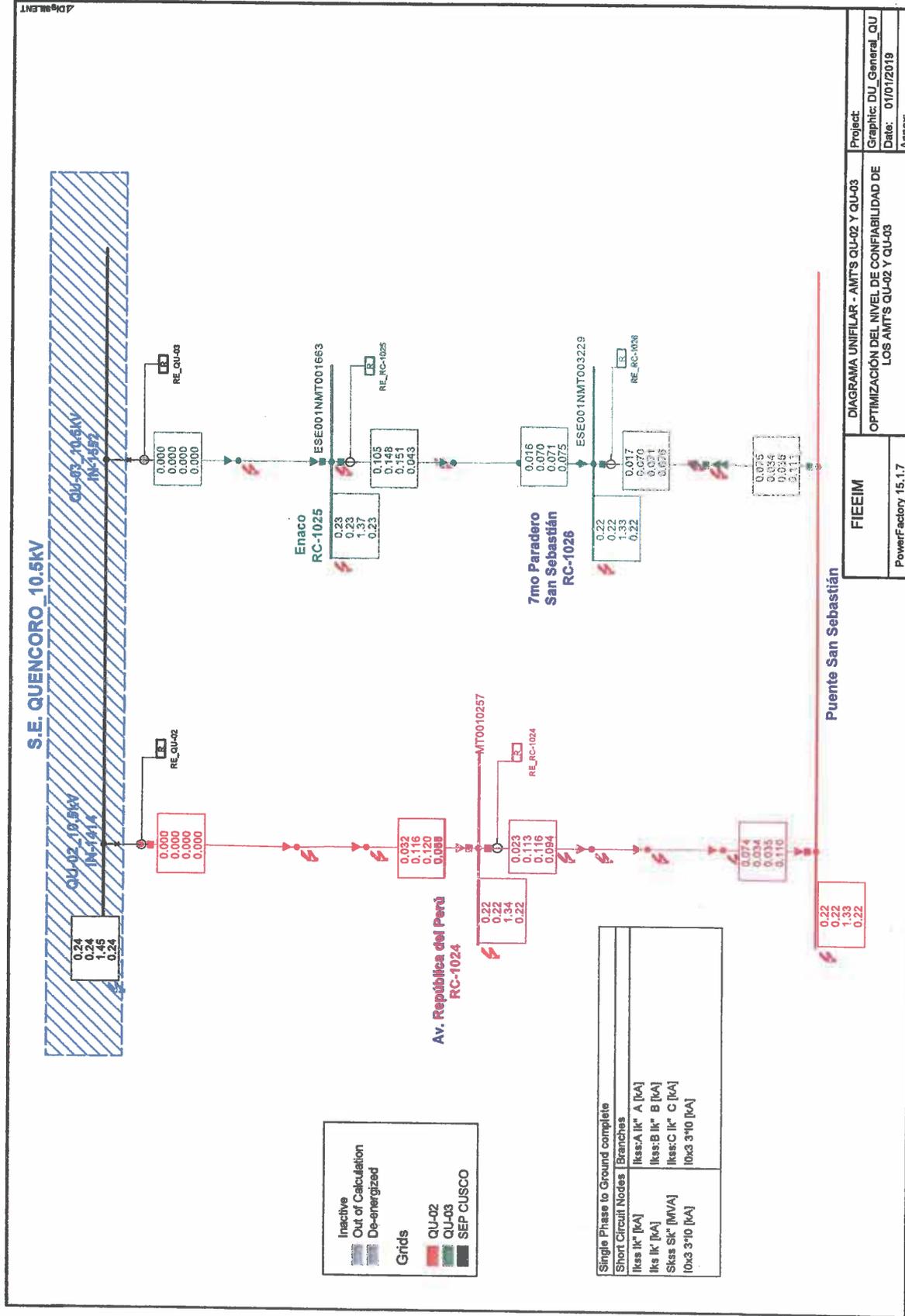
AREA OPERATIVA N°13 - CUSCO
 OPTIMIZACIÓN DEL NIVEL DE CONFIABILIDAD DE
 LOS AMT'S QU-02 Y QU-03
 Project: Graphic: SEP CUSCO
 Date: 5/14/2019
 Annex: PowerFactory 15.1.7



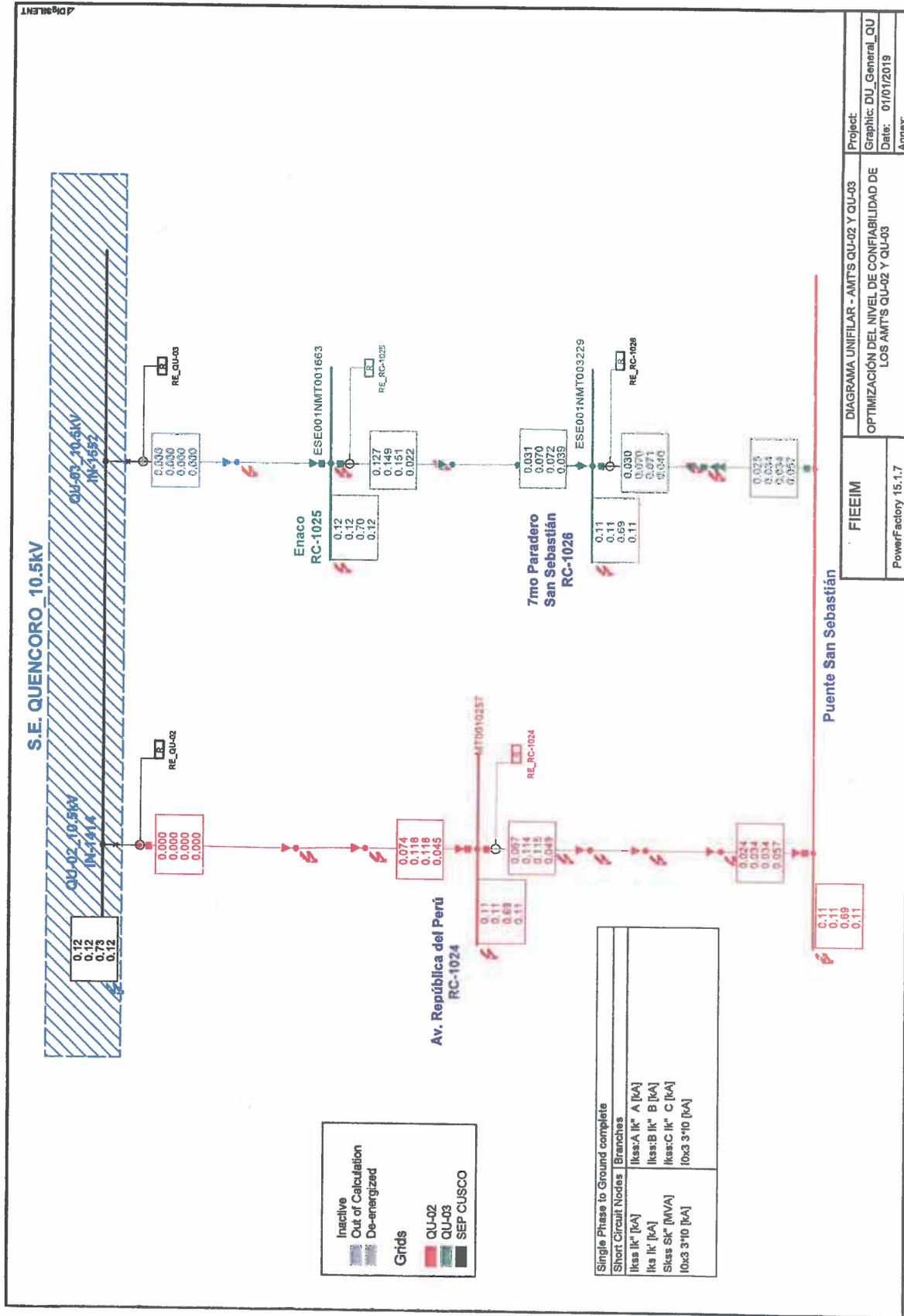
**ANEXO J – Resultados de Cortocircuito con la
Operación Propuesta para el Sistema en Estudio**



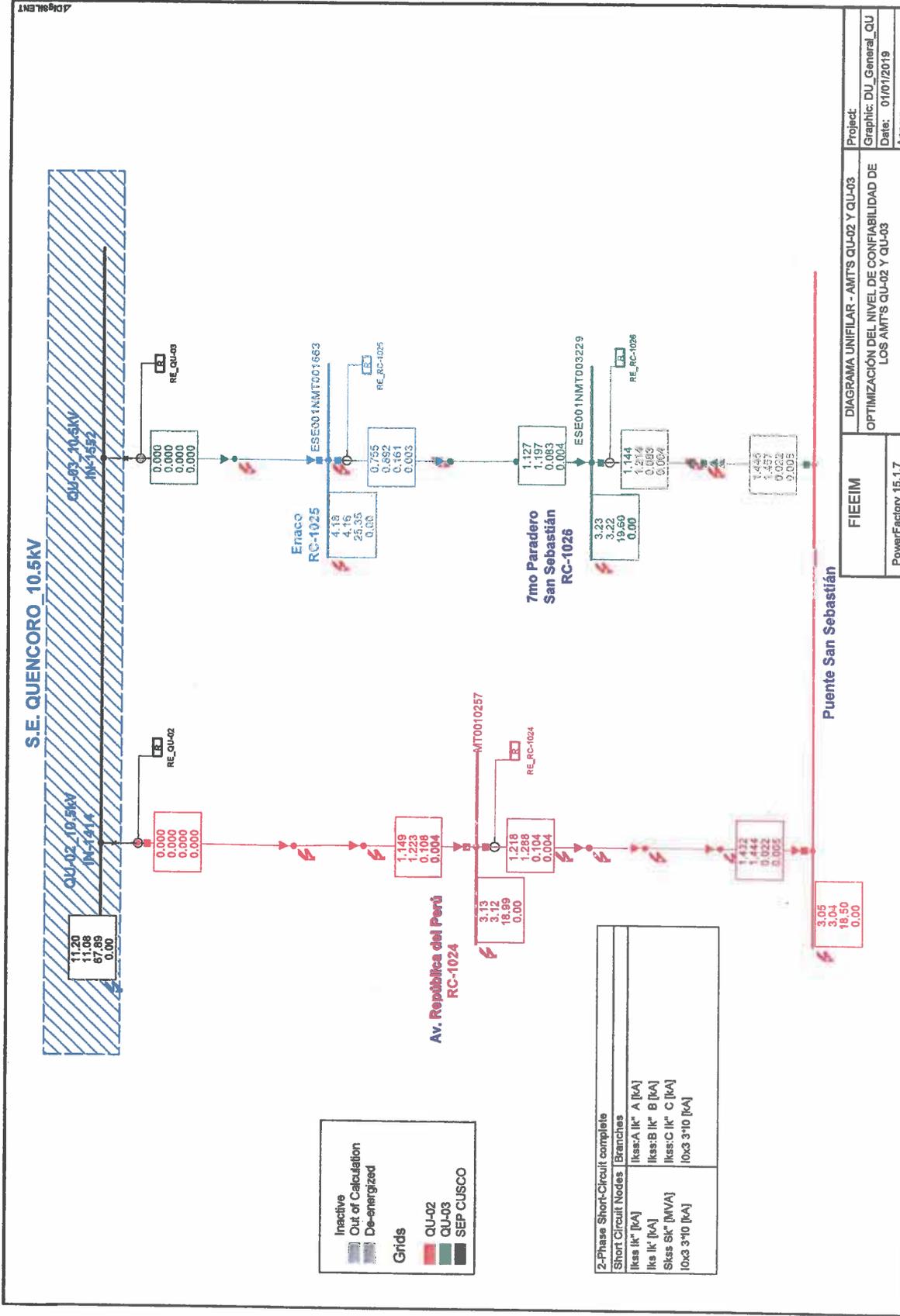
Falla 1f Avenida 2019_QU-02 y QU-03



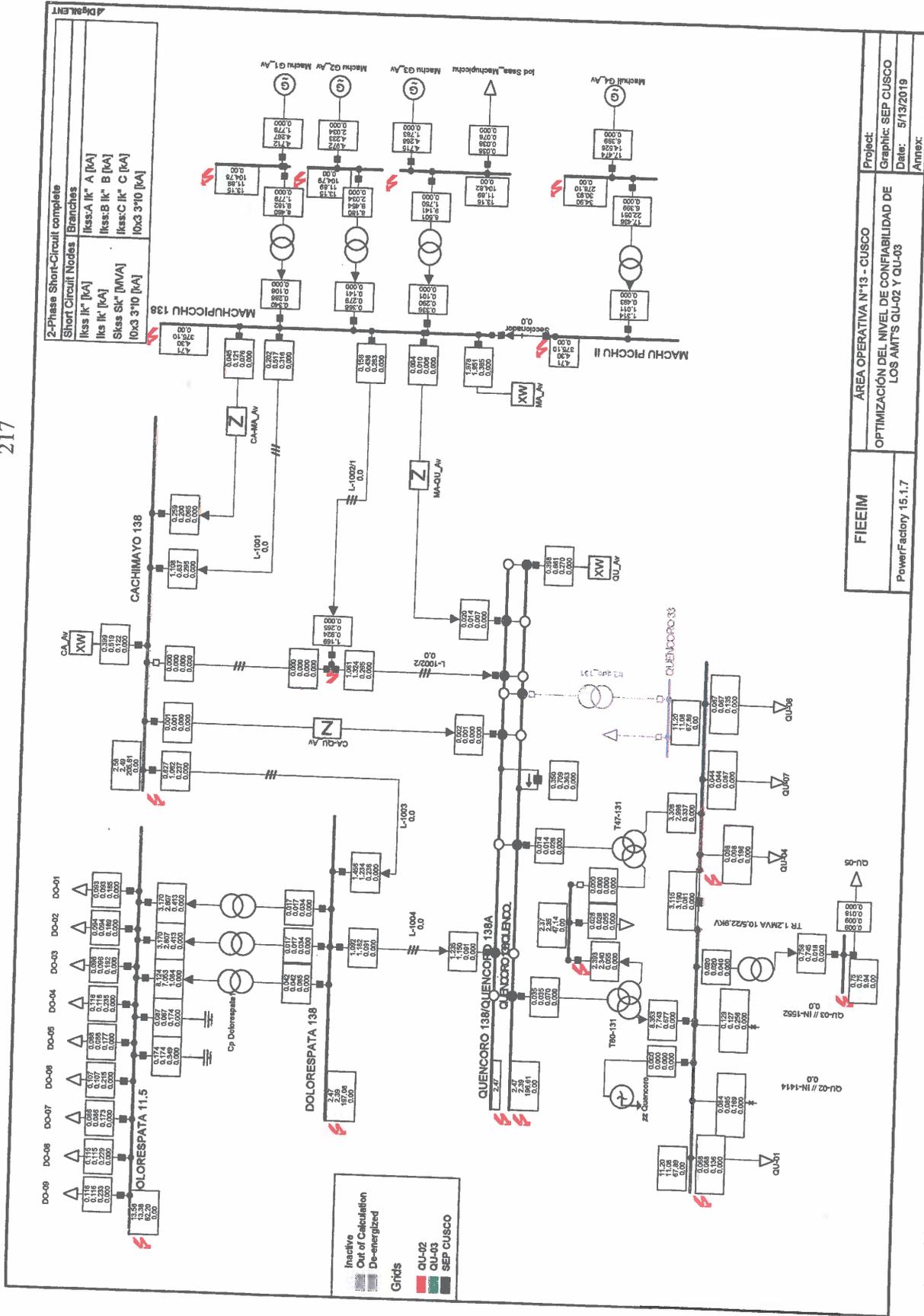
Falla 1f=25ohm Avenida 2019_QU-02 y QU-03

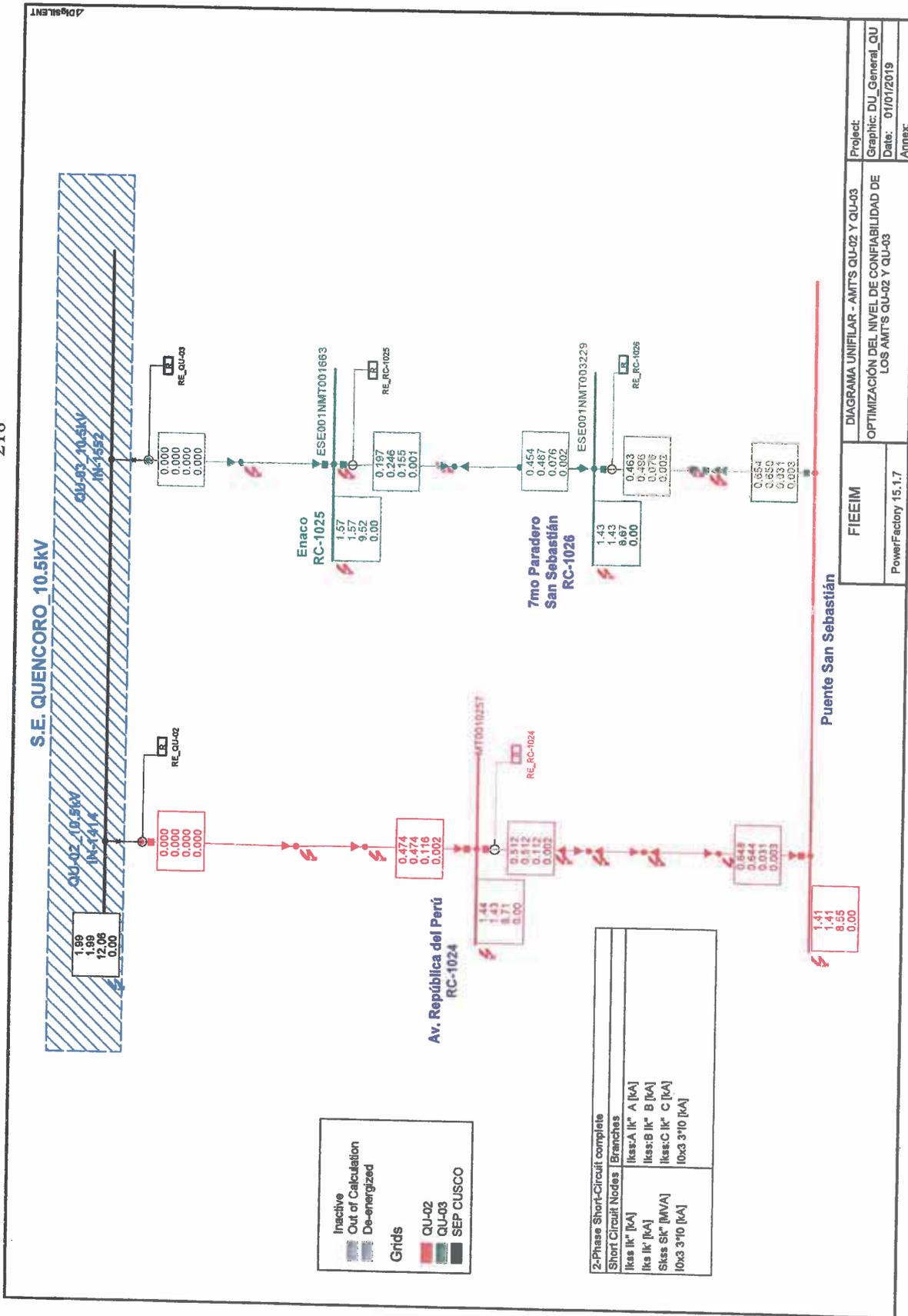


Falla 1f=50ohm Avenida 2019_QU-02 y QU-03

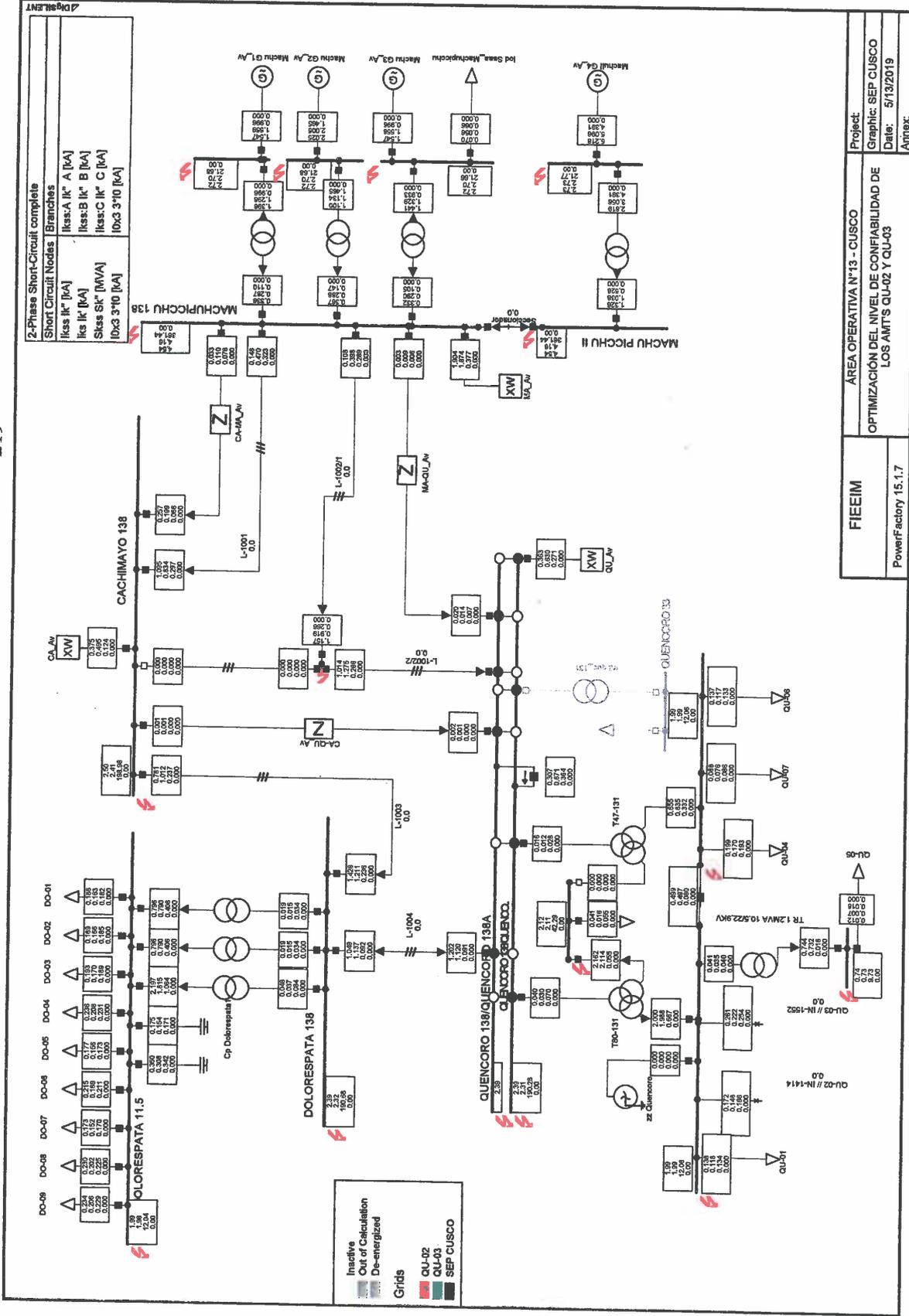


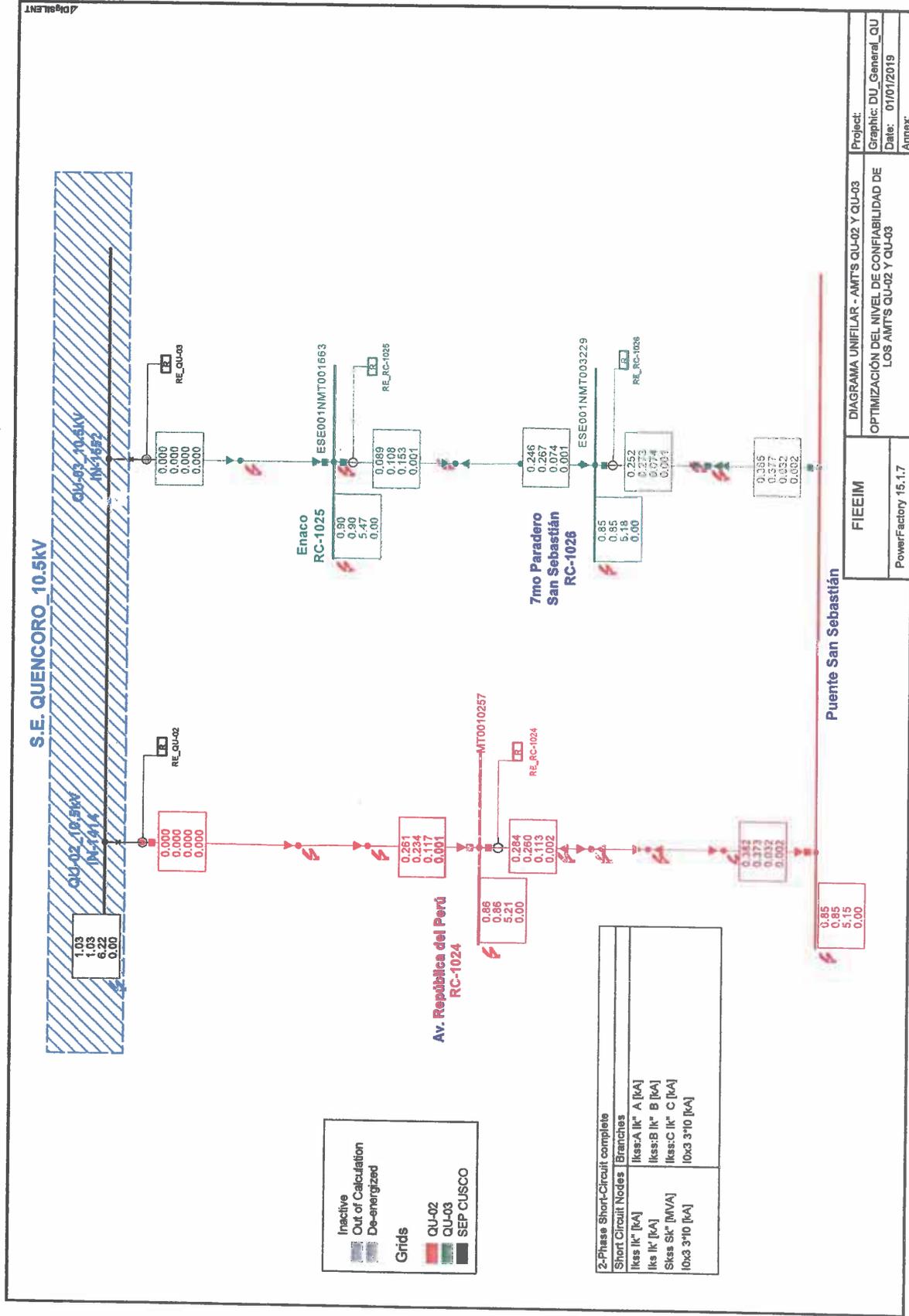
Falla 2f Avenida 2019_QU-02 y QU-03



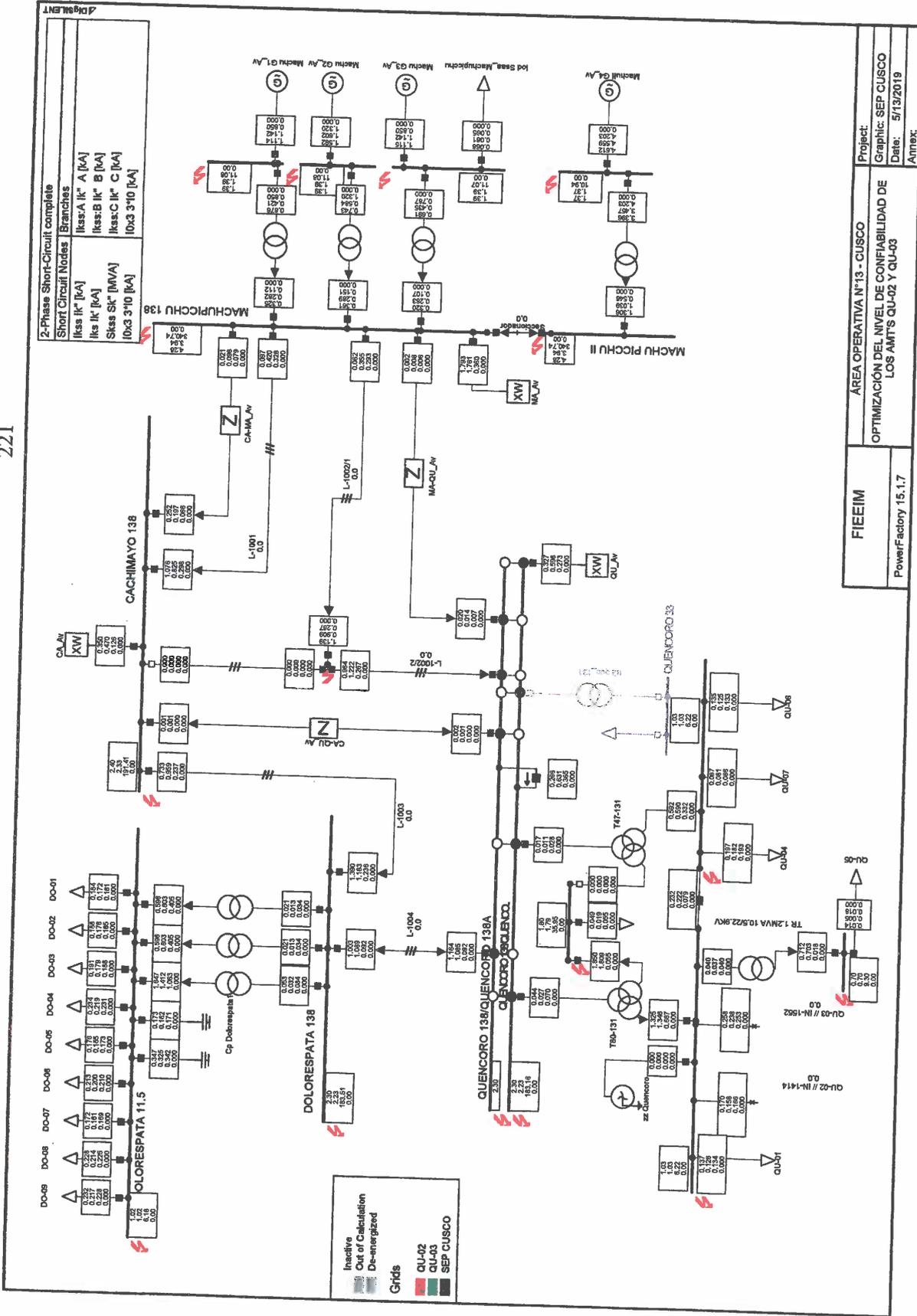


Falla 2f=5ohm Avenida 2019_QU-02 y QU-03

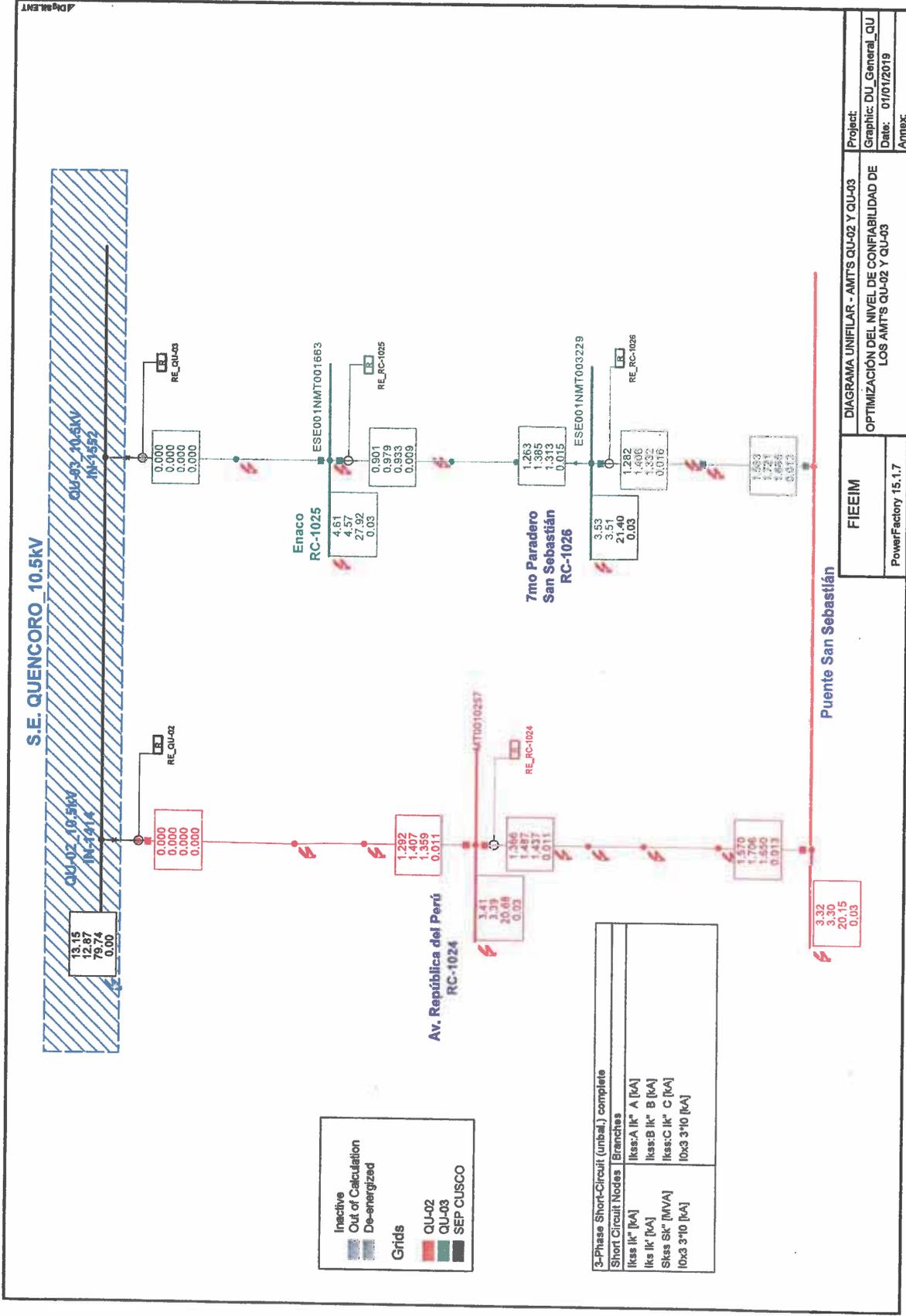




Falla 2f=10ohm Avenida 2019_QU-02 y QU-03

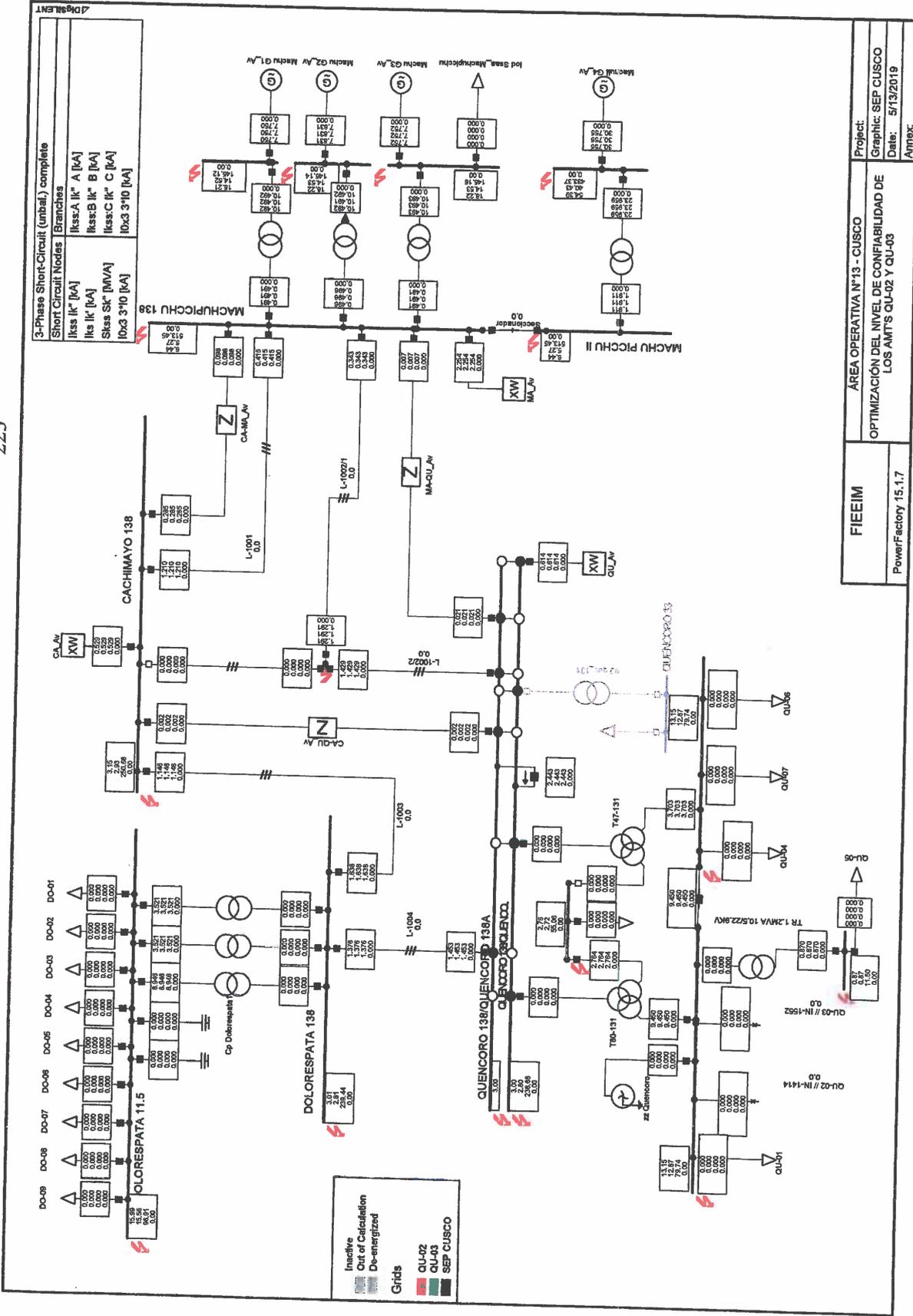


Falla 2f=10ohm Avenida 2019_SEP_Cusco



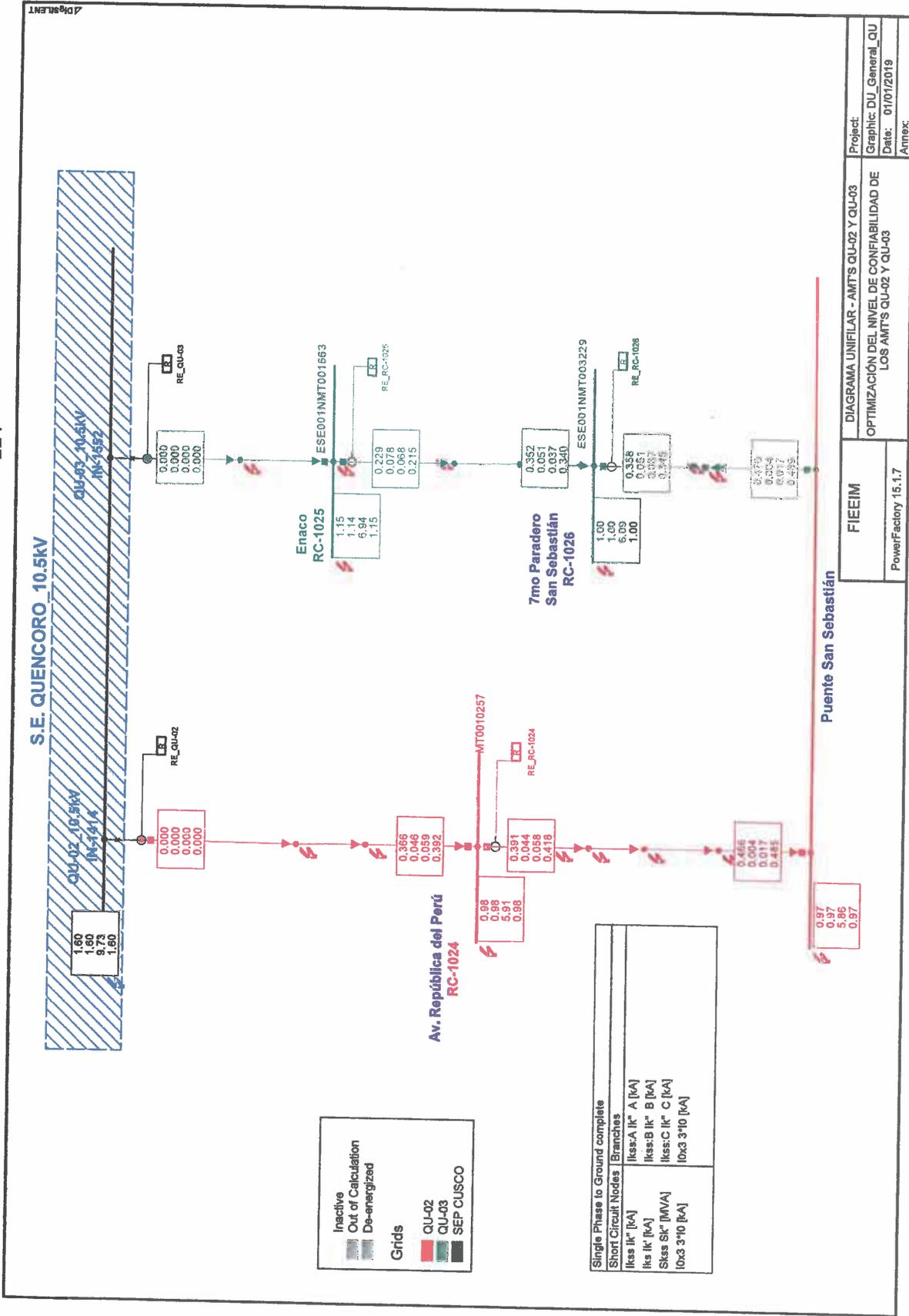
FIEEIM	DIAGRAMA UNIFILAR - AMTS QU-02 Y QU-03
PowerFactory 15.1.7	OPTIMIZACIÓN DEL NIVEL DE CONFIABILIDAD DE LOS AMTS QU-02 Y QU-03
	Project: Graphic: DUJ_General_QU
	Date: 01/01/2019
	Annex:

Falla 3f Avenida 2019_QU-02 y QU-03

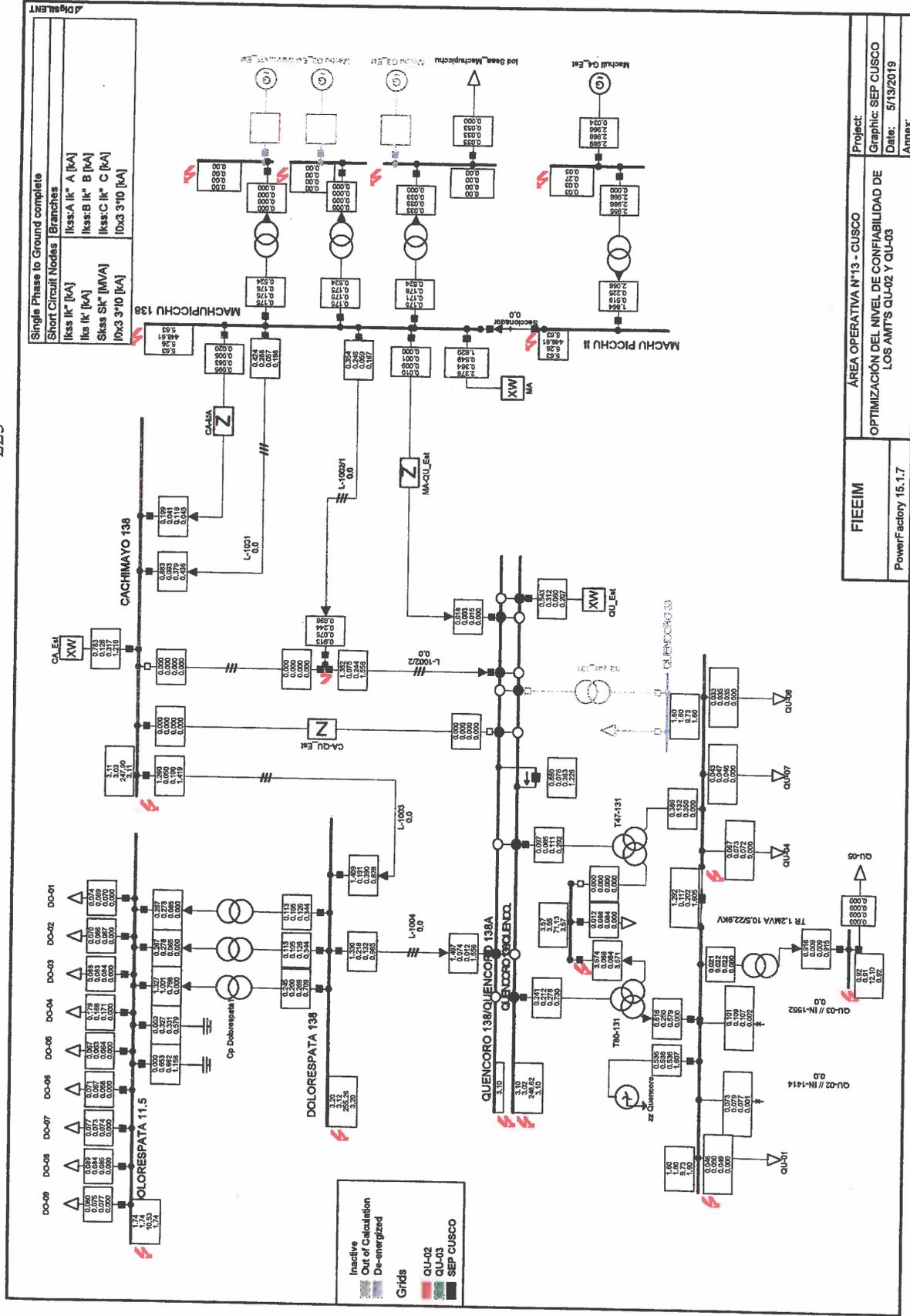


FIEEIM	ÁREA OPERATIVA N°13 - CUSCO	Project:
	OPTIMIZACIÓN DEL NIVEL DE CONFIABILIDAD DE LOS AMTS QU-02 Y QU-03	Graphic: SEP CUSCO
PowerFactory 15.1.7		Date: 5/13/2019
		Ambrx:

Falla 3f Avenida 2019_SEP_Cusco

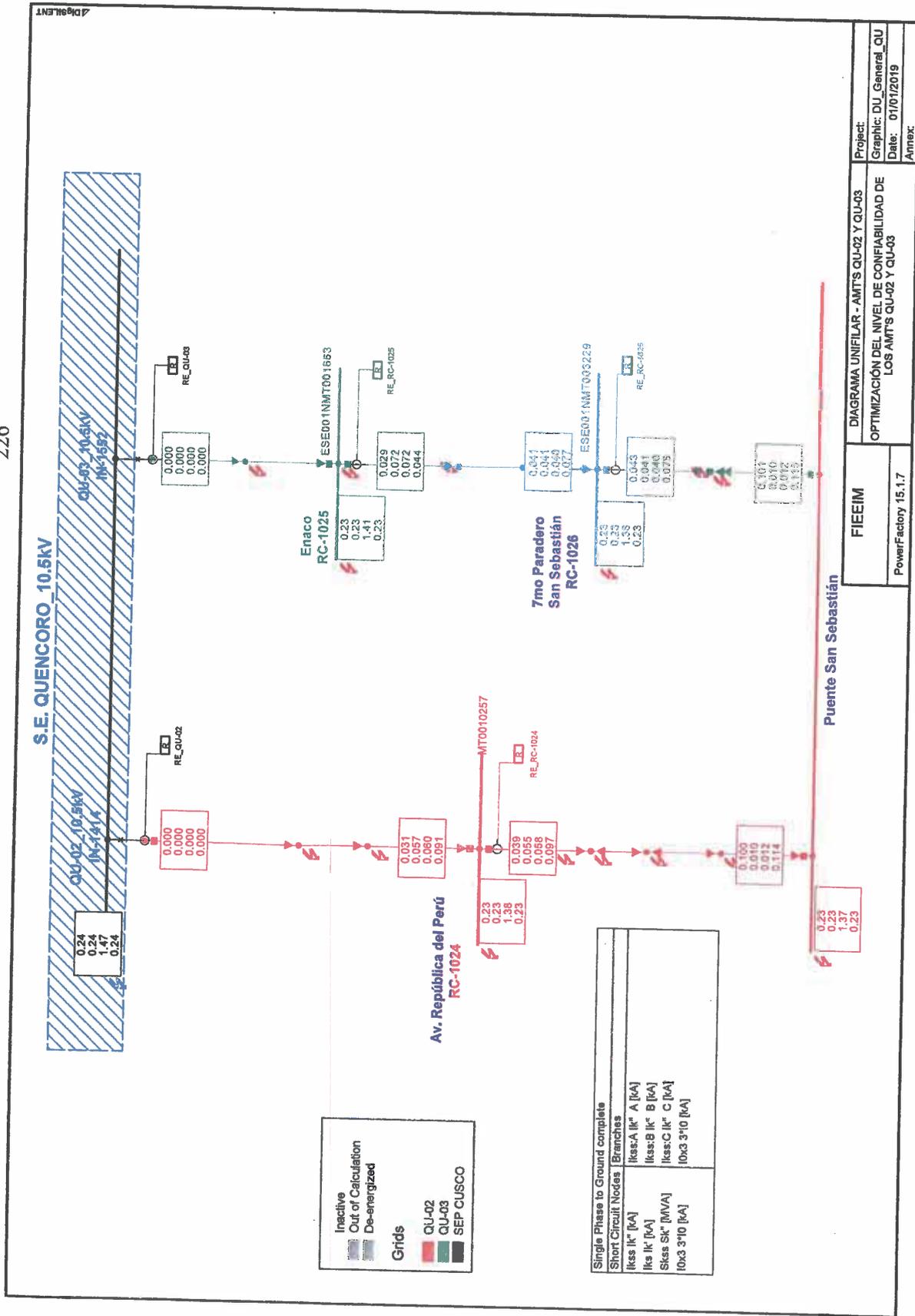


Falla 1f Estiaje 2019_QU-02 y QU-03

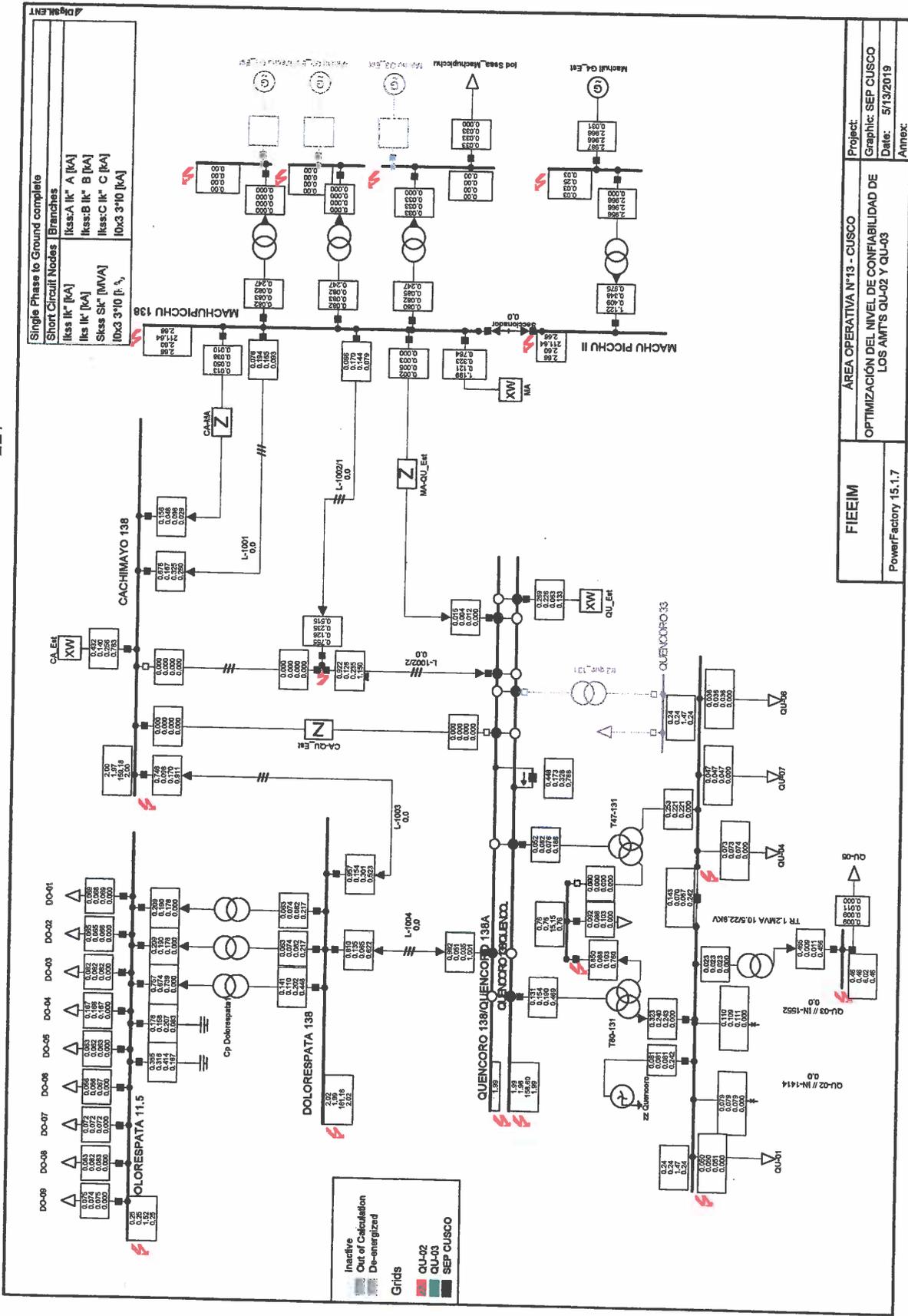


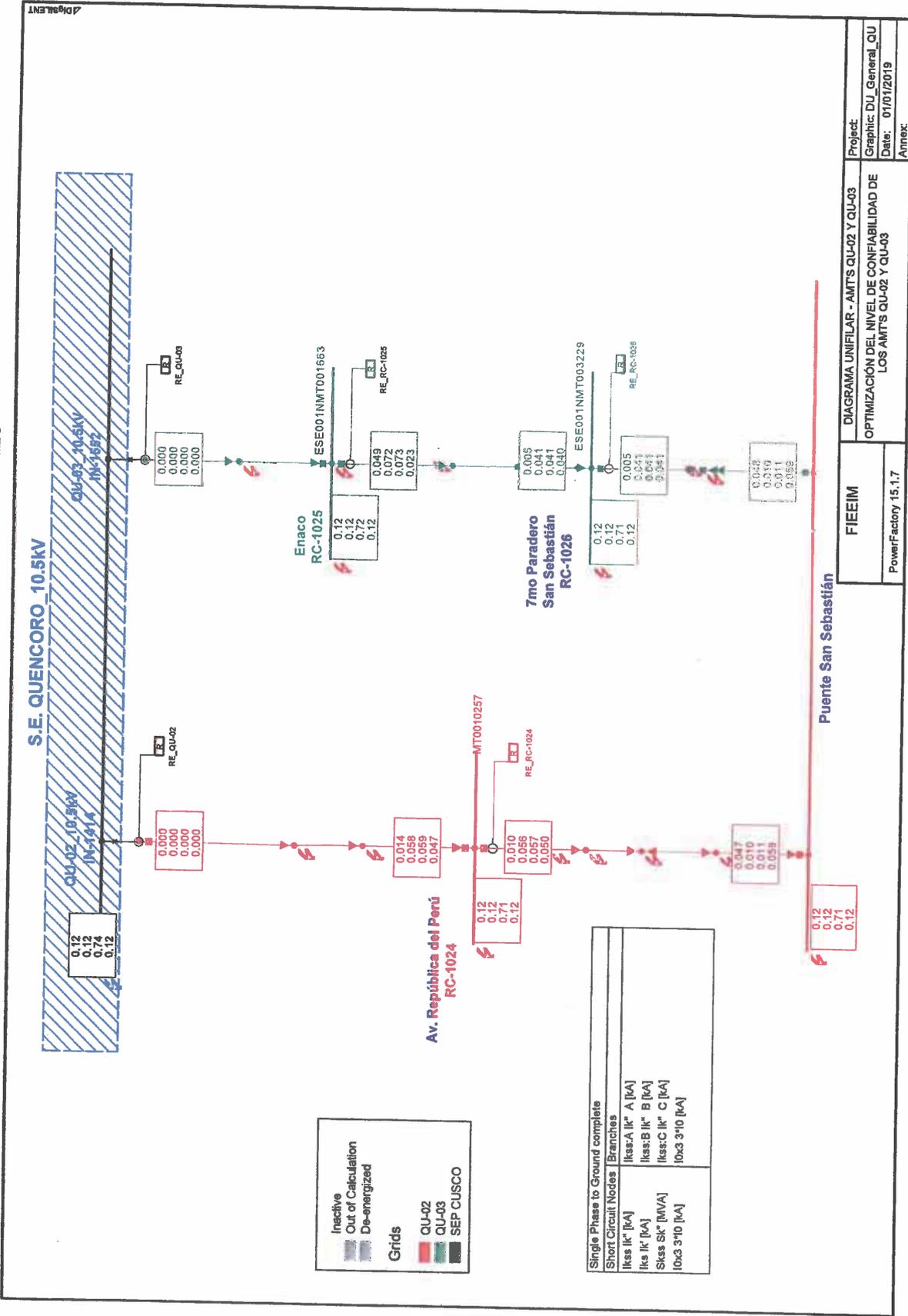
FIEEIM	AREA OPERATIVA N°13 - CUSCO
	OPTIMIZACIÓN DEL NIVEL DE CONFIABILIDAD DE LOS AMTS QU-02 Y QU-03
PowerFactory 15.1.7	Project: AREA OPERATIVA N°13 - CUSCO
	Graphic: SEP_CUSCO
	Date: 5/13/2019
	Annex:

Falla 1f Estiaje 2019_SEP



Falla 1f=25ohm Estiaje 2019_QU-02 y QU-03

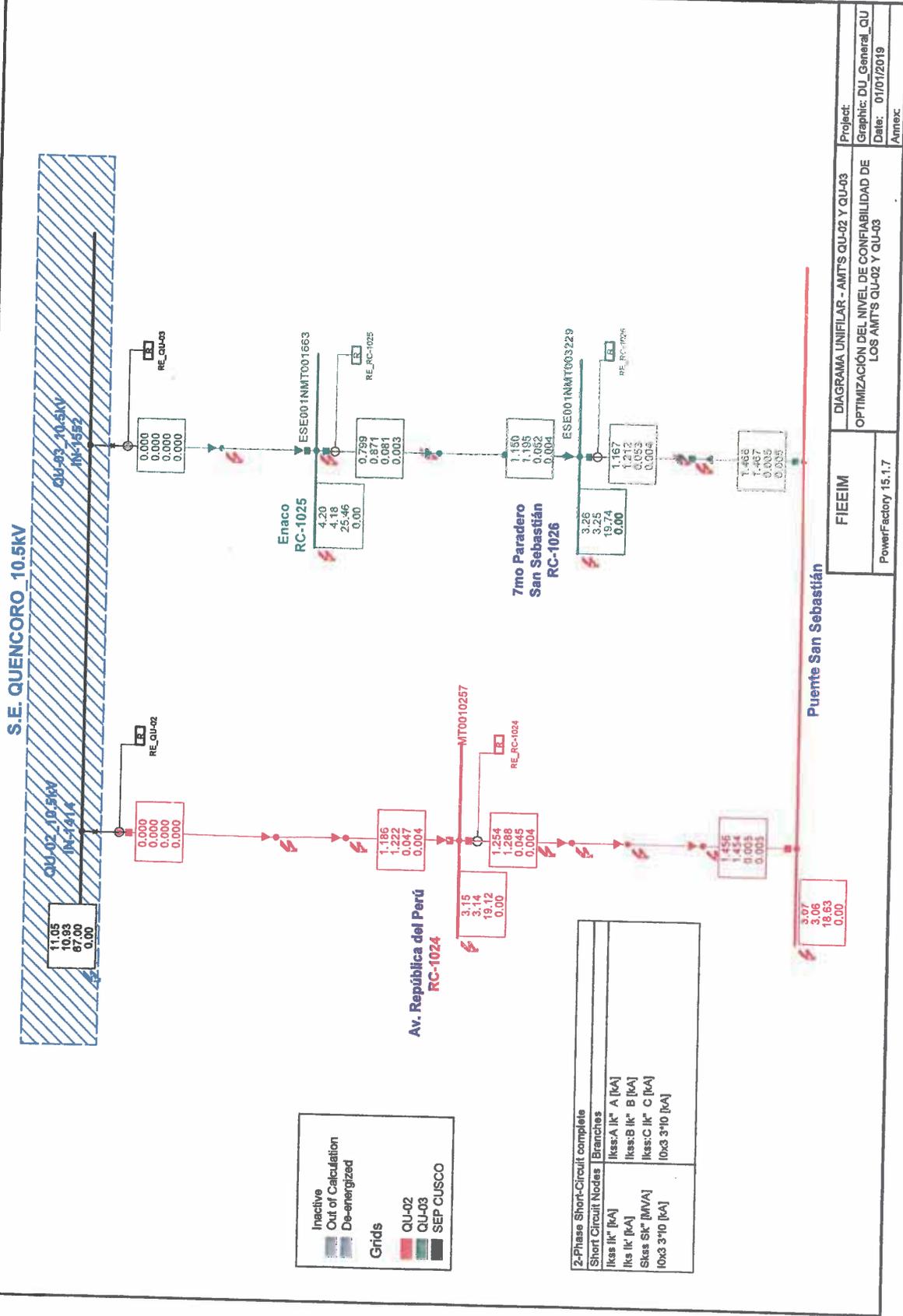




FIEEIM	DIAGRAMA UNIFILAR - AMTS QU-02 Y QU-03	Project:
PowerFactory 15.1.7	OPTIMIZACIÓN DEL NIVEL DE CONFIABILIDAD DE LOS AMTS QU-02 Y QU-03	Graphic: DJ_General_QU
		Date: 01/01/2019
		Annex:

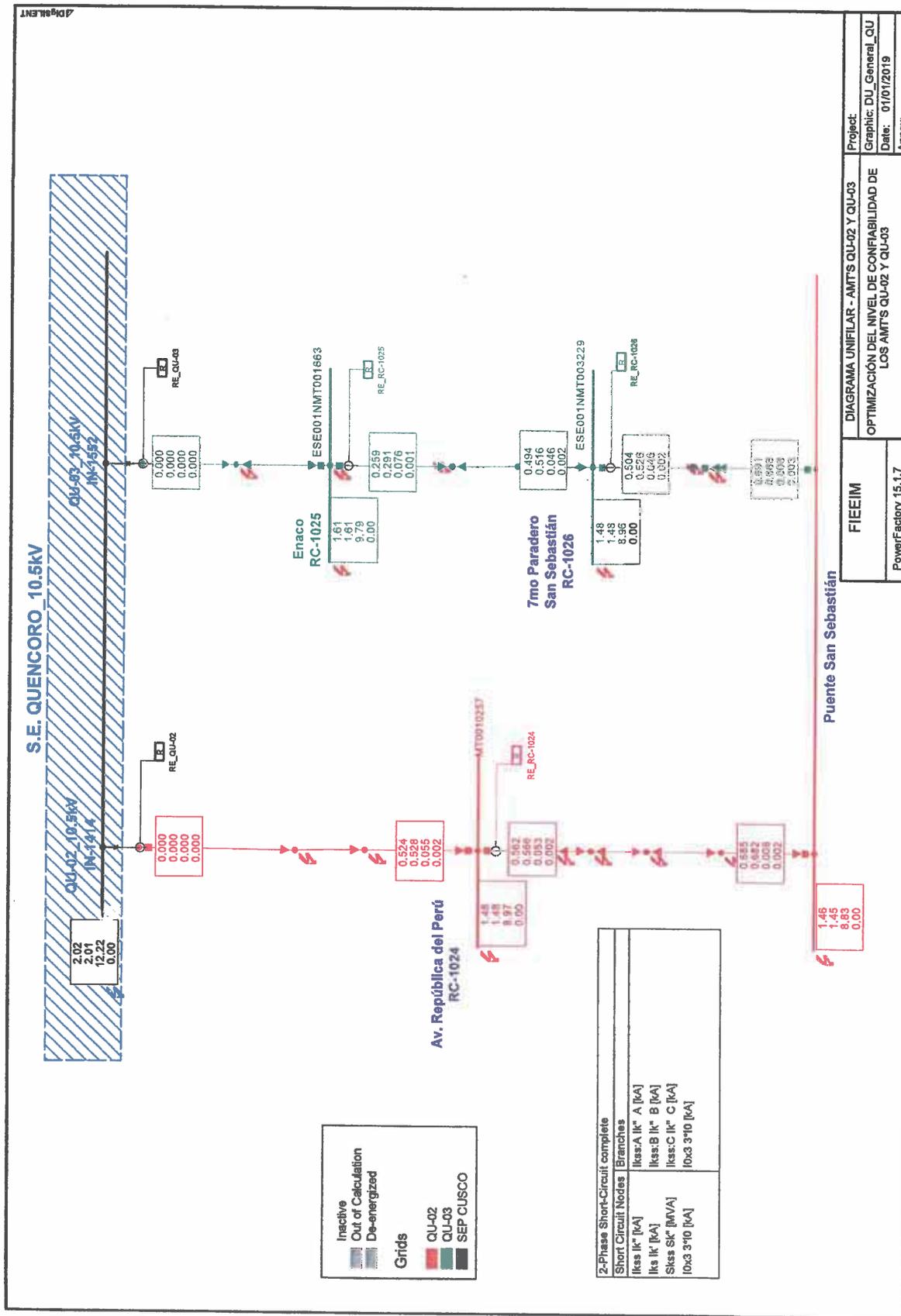
Falla 1 f=50ohm Estiaje 2019_QU-02 y QU-03

A Present

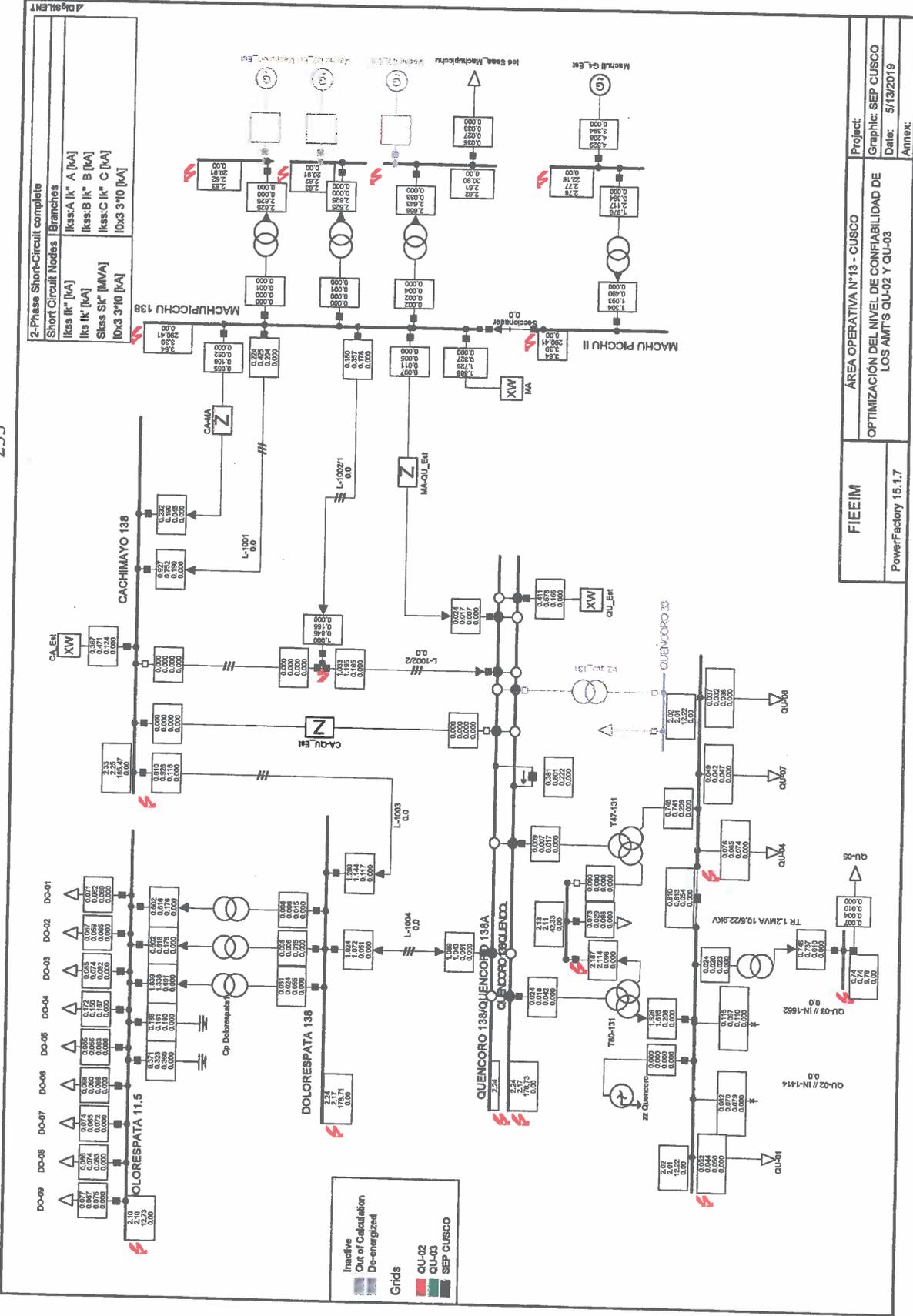


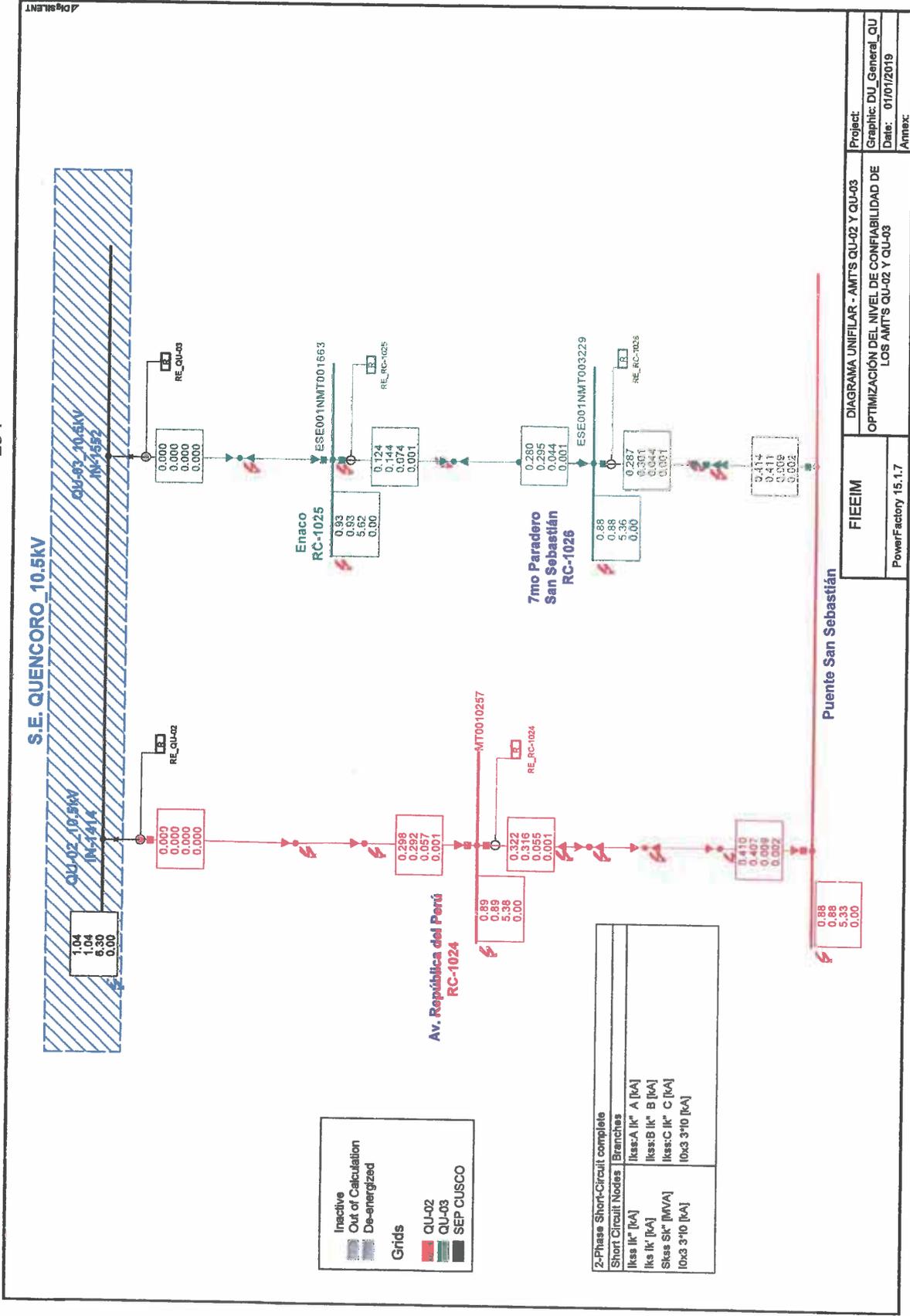
FIGEEM PowerFactory 15.1.7		Project: DIAGRAMA UNIFILAR - AMT'S QU-02 Y QU-03 OPTIMIZACIÓN DEL NIVEL DE CONFIABILIDAD DE LOS AMT'S QU-02 Y QU-03 Date: 01/01/2019 Annex:
--------------------------------------	--	--

Falla 2f Estiaje 2019_QU-02 y QU-03

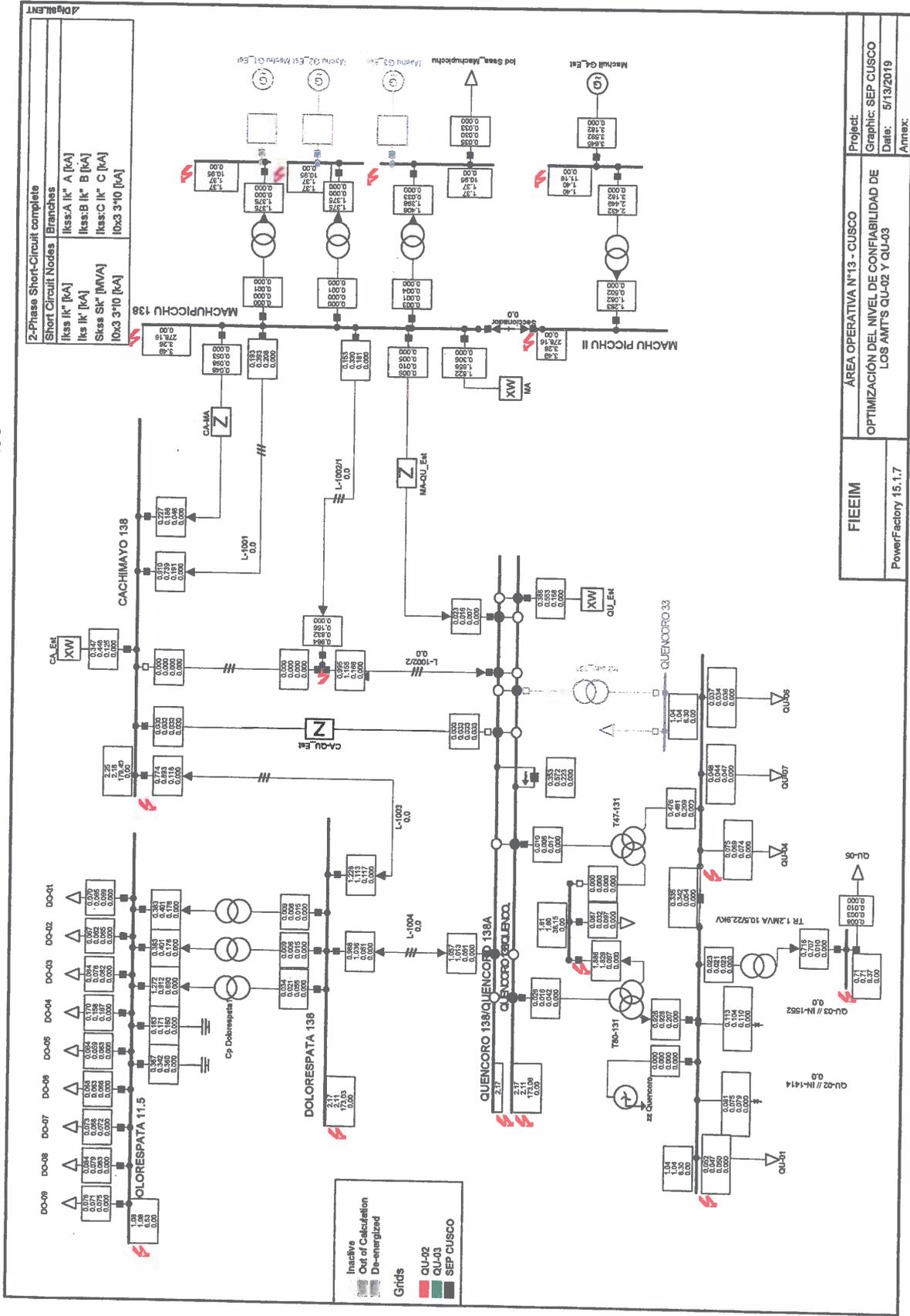


Falla 2f=5ohm Estiaje 2019_QU-02 y QU-03



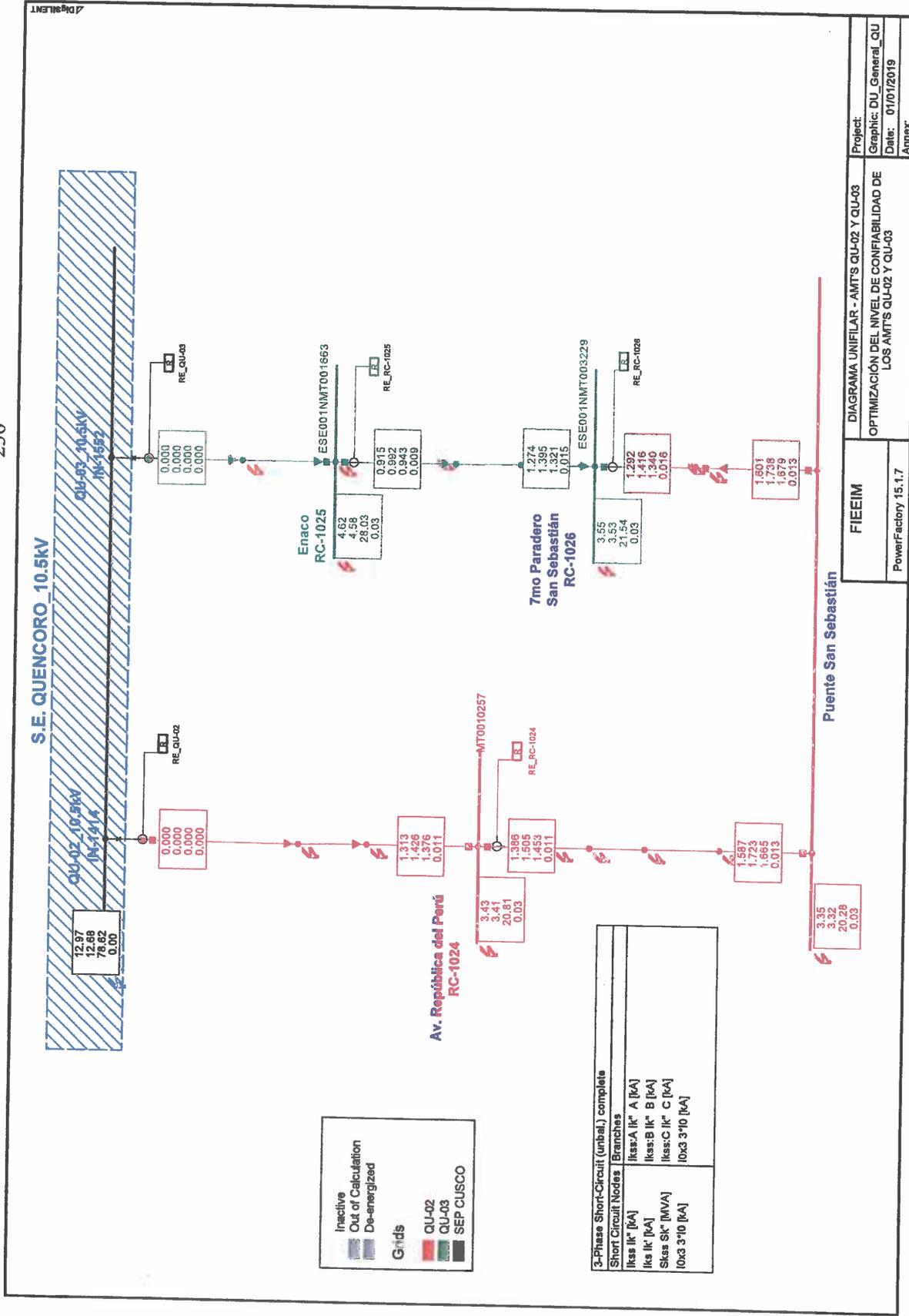


Falla 2f=10ohm Estiaje 2019_QU-02 y QU-03



FIEEIM	ÁREA OPERATIVA N°13 - CUSCO	Project:
	OPTIMIZACIÓN DEL NIVEL DE CONFIABILIDAD DE LOS AMTS QU-02 Y QU-03	Graphic: SEP CUSCO
PowerFactory 15.1.7		Date: 5/13/2019
		Annex:

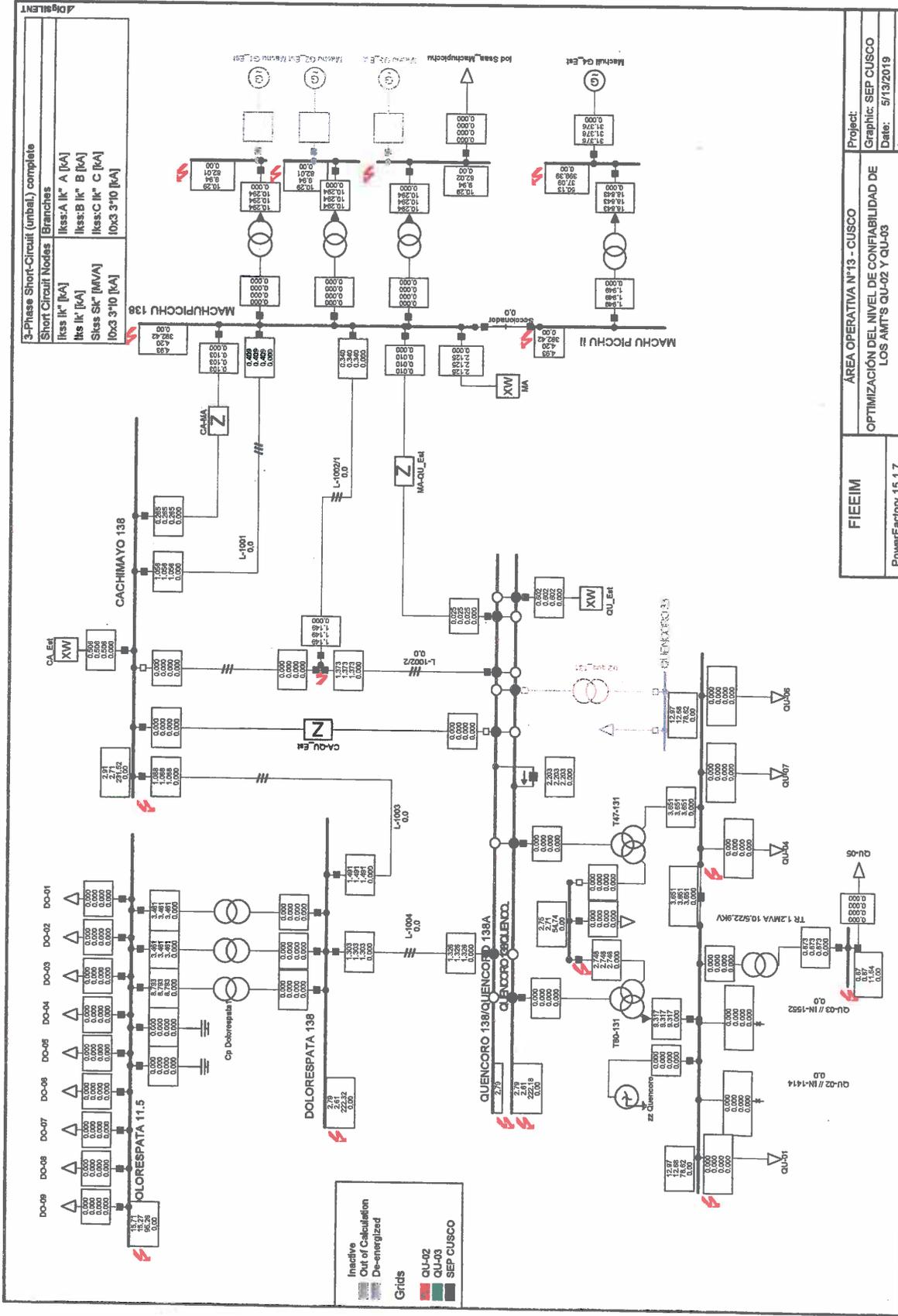
Falla 2f=10ohm Estiaje 2019_SEP



Project: **DIAGRAMA UNIFILAR - AMT'S QU-02 Y QU-03**
 Graphic: DU_General_QU
 Date: 01/01/2019
 Annex:

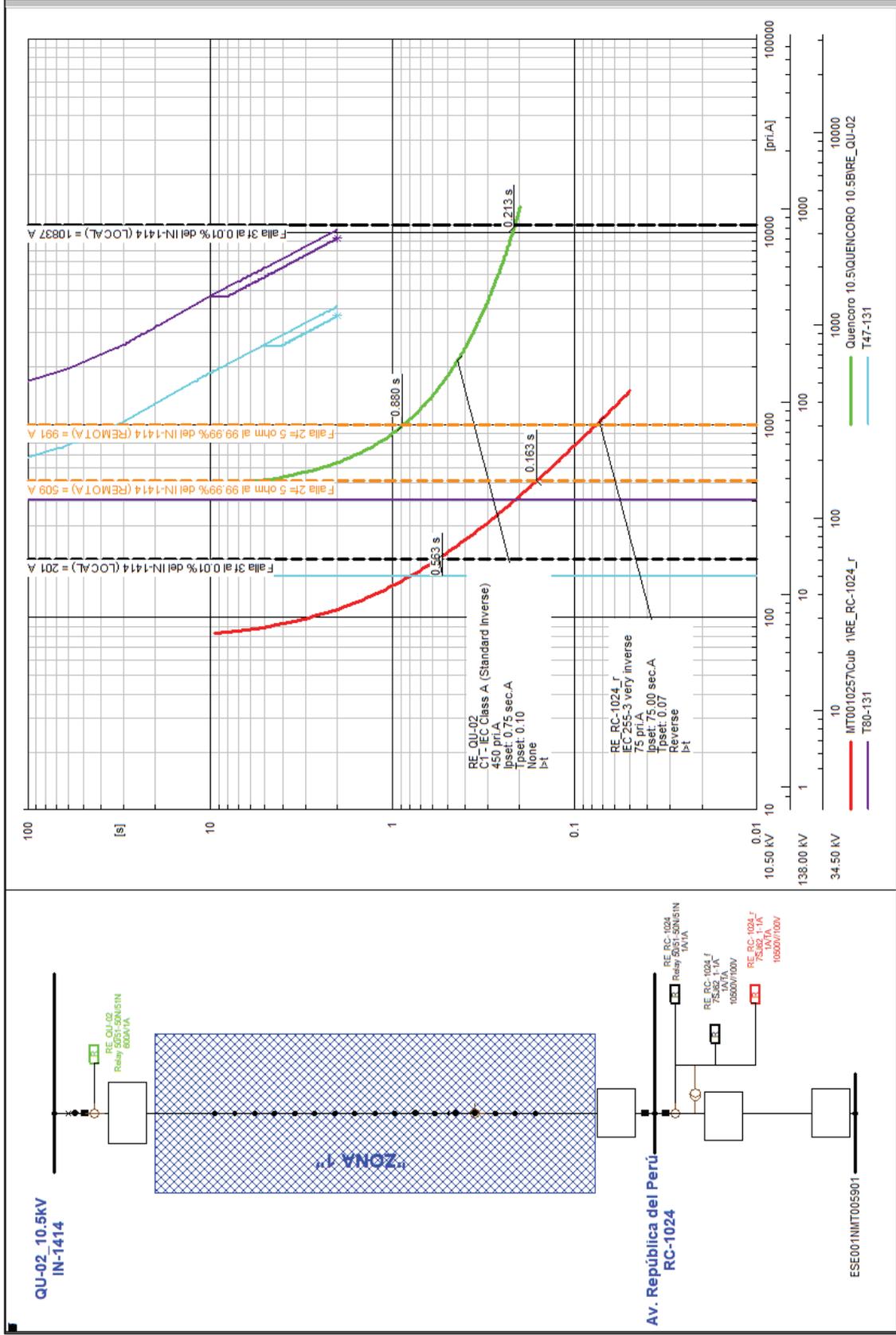
FIGEIM
 OPTIMIZACIÓN DEL NIVEL DE CONFIABILIDAD DE
 LOS AMT'S QU-02 Y QU-03
 PowerFactory 15.1.7

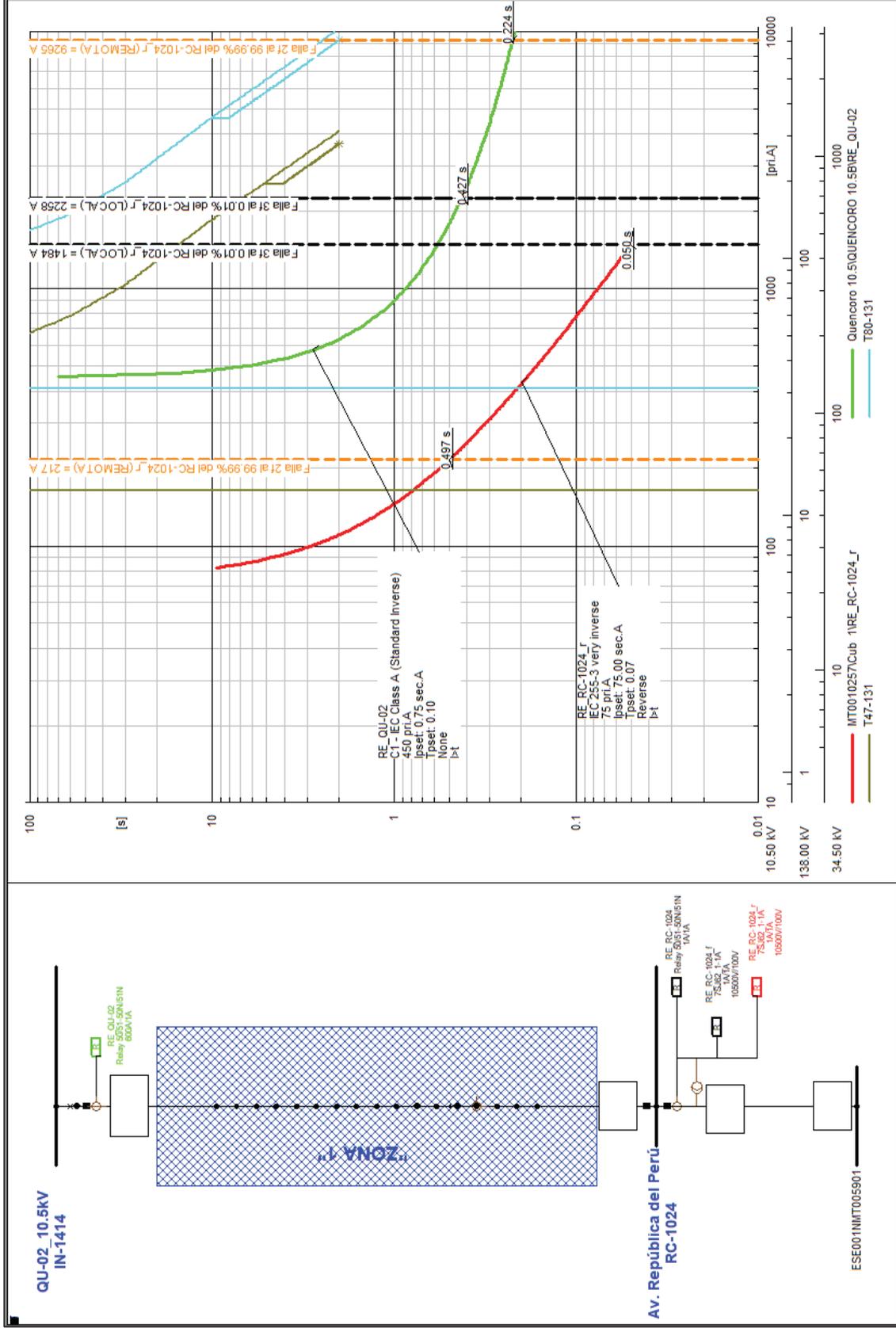
Falla 3f Estiaje 2019_QU-02 y QU-03

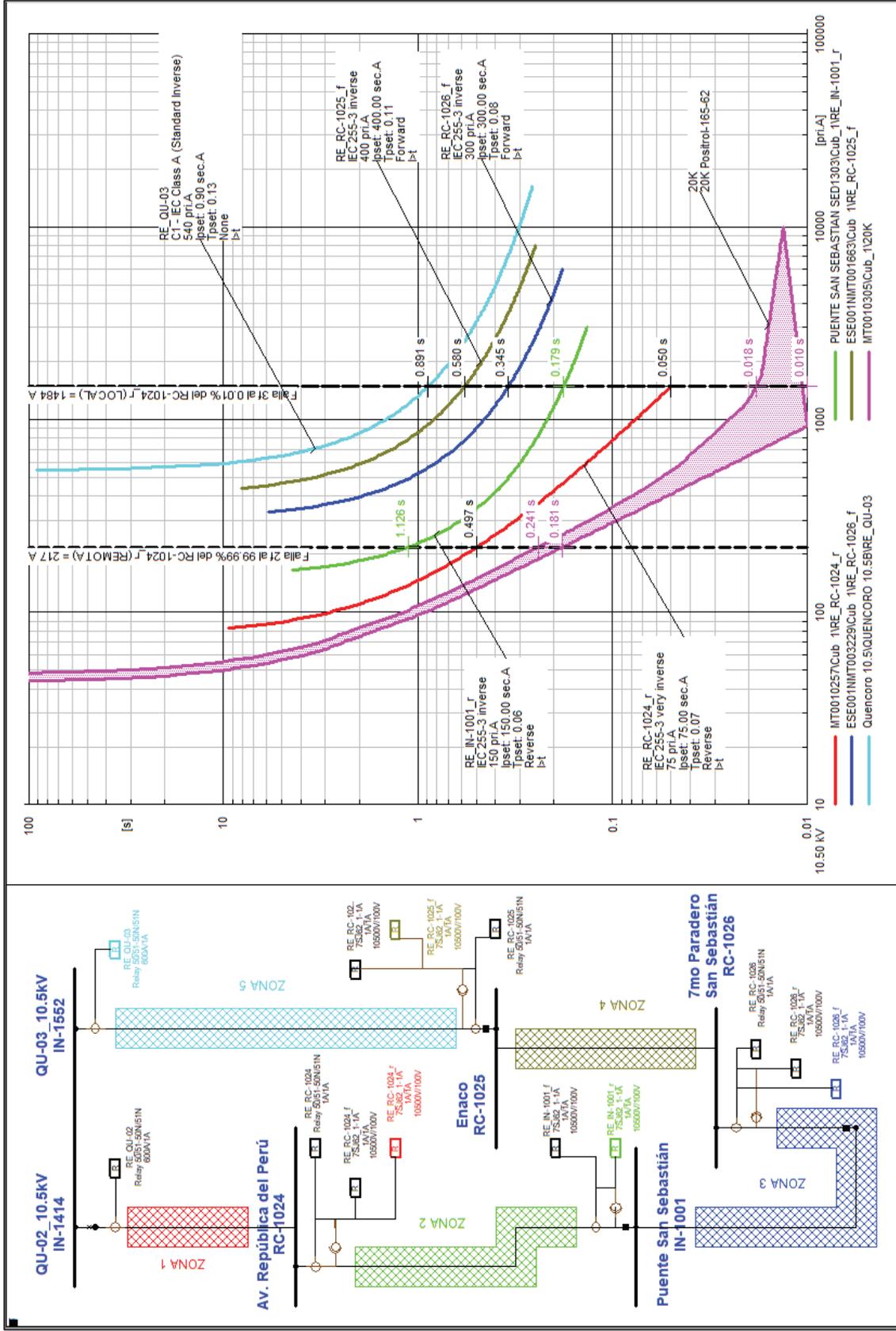


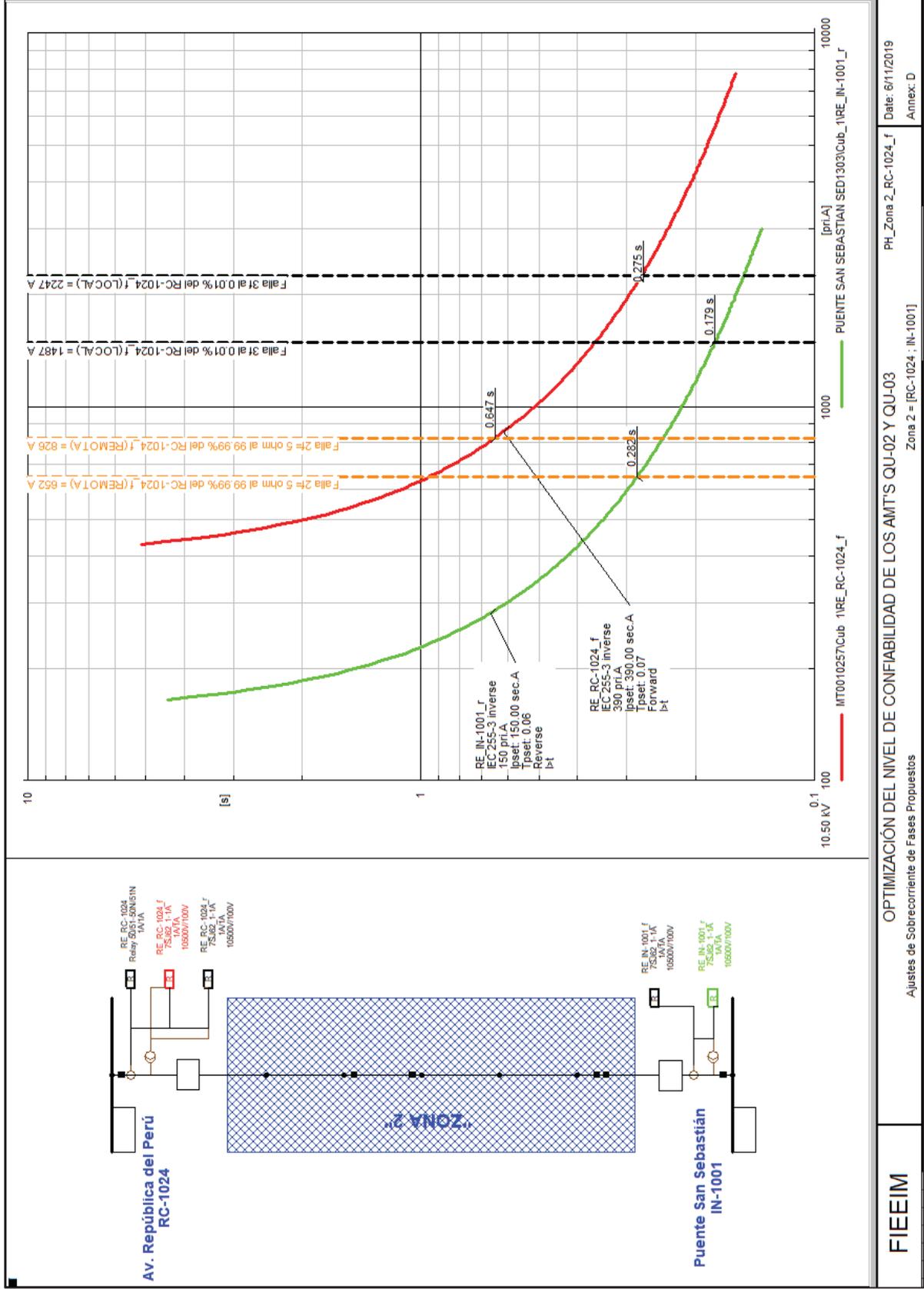
Falla 3f Estiaje 2019_SEP

**ANEXO K – Curvas I vs t de la Verificación de los
Ajustes de Protección Propuestos – Sobrecorriente de
Fases (Funciones 50/51/67)**







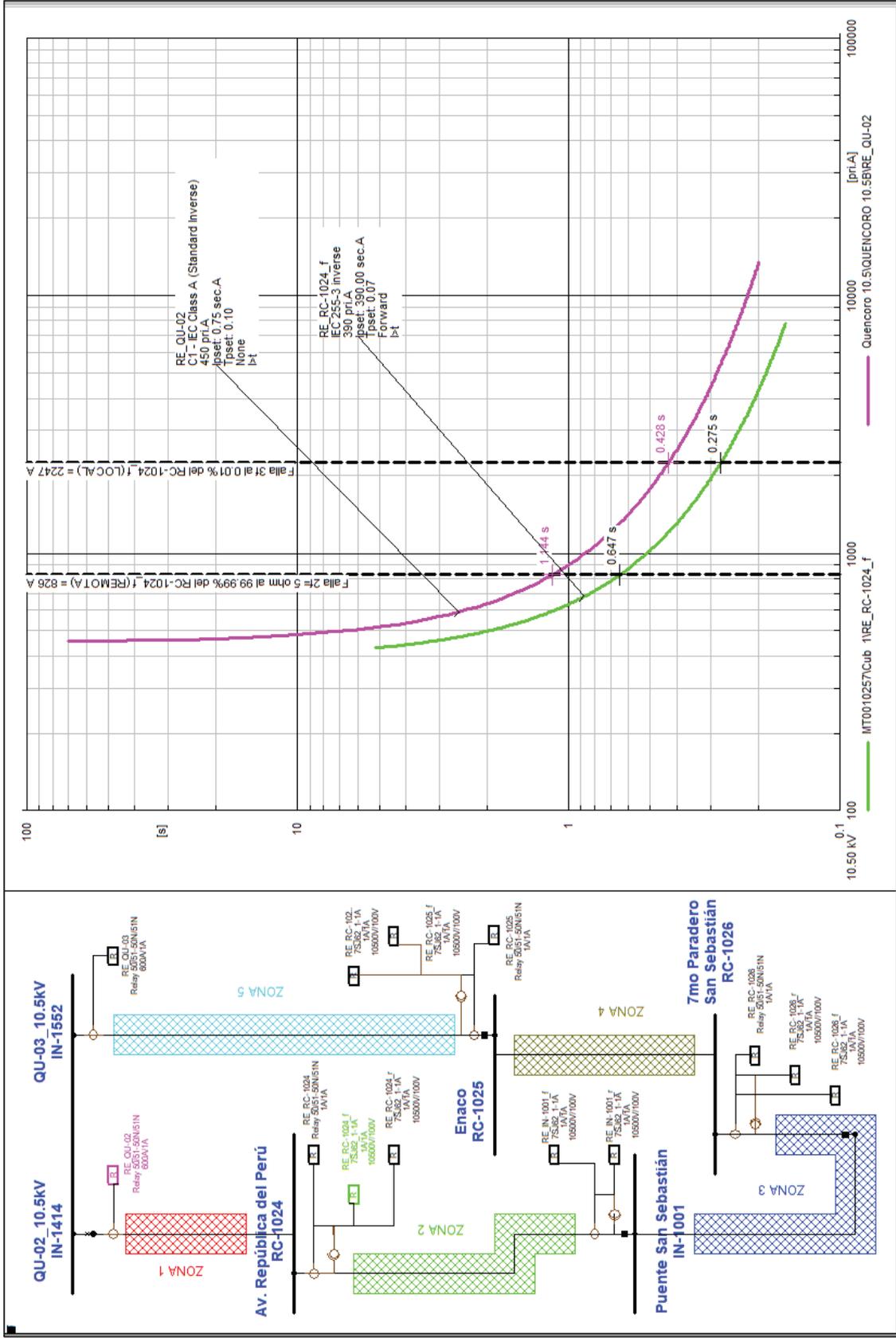


Date: 6/11/2019
Annex: D

PH_Zona 2_RC-1024_f
Zona 2 = [RC-1024 ; IN-1001]

OPTIMIZACIÓN DEL NIVEL DE CONFIABILIDAD DE LOS AMT'S QU-02 Y QU-03
Ajustes de Sobrecorriente de Fases Propuestos

FIEEIM



FIEEIM

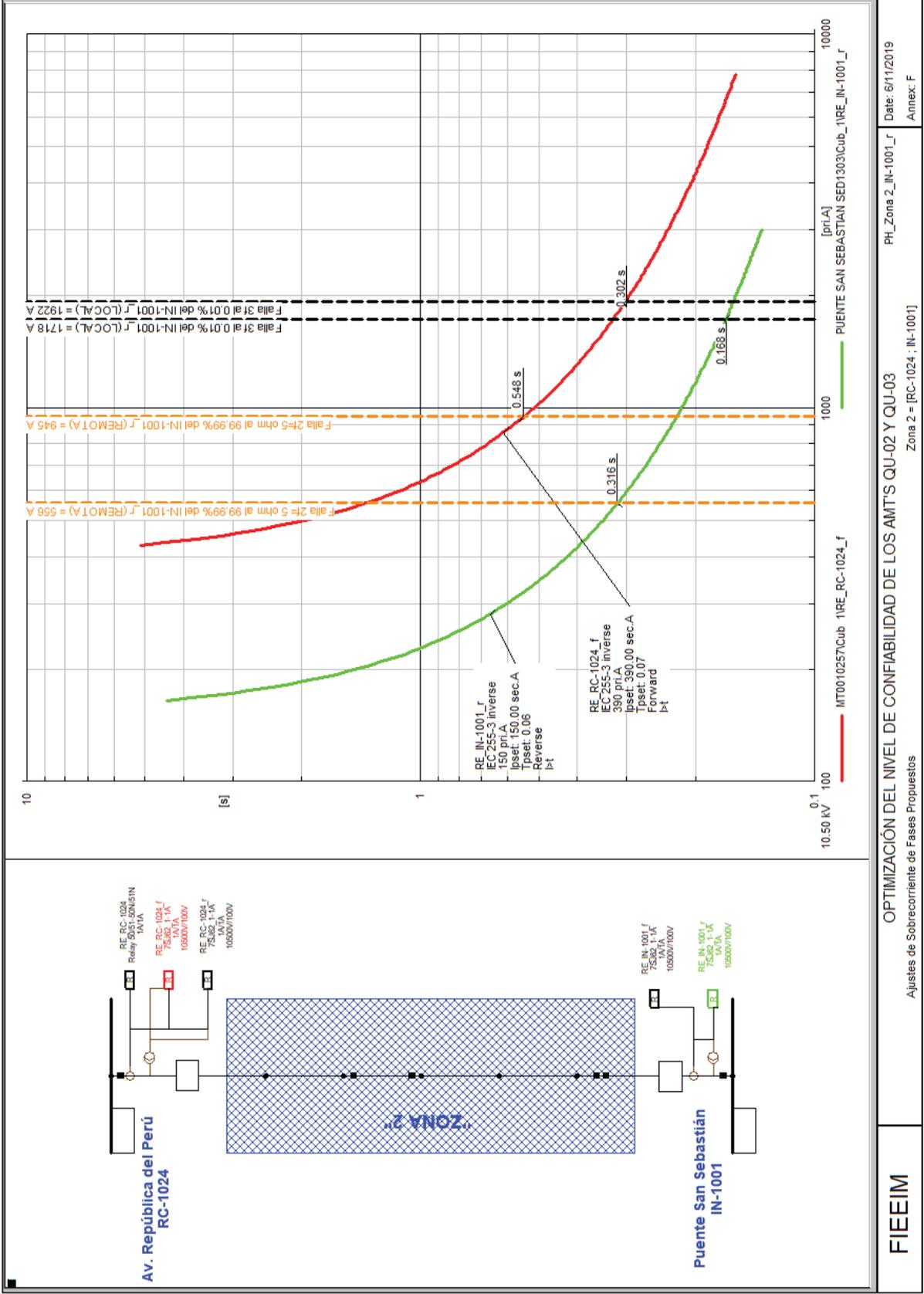
Ajustes de Sobrecorriente de Fases Propuestos

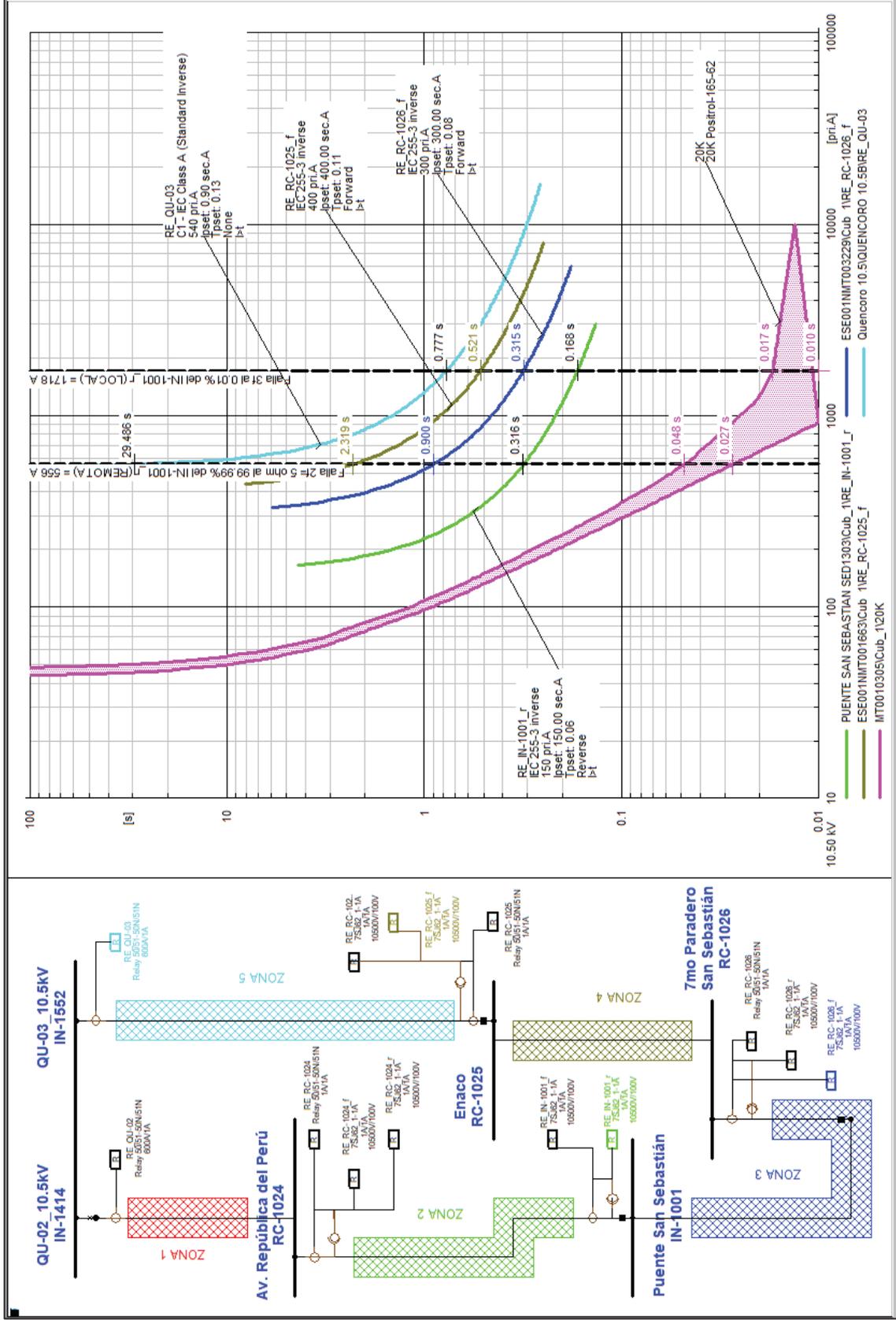
OPTIMIZACIÓN DEL NIVEL DE CONFIABILIDAD DE LOS AMT'S QU-02 Y QU-03

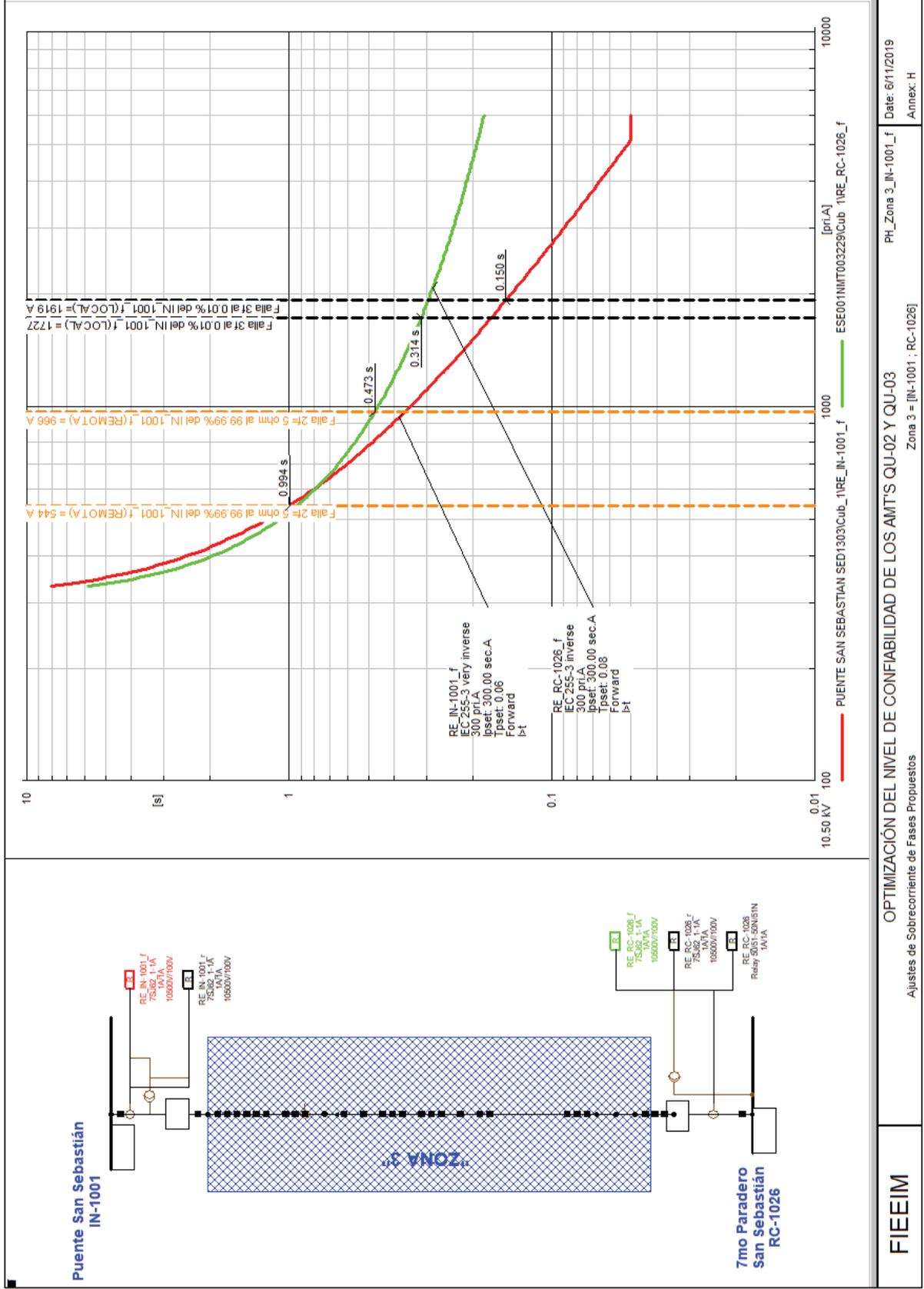
D.U.GENERAL

PH_Zona 2_Respaldo_A

Date: 6/11/2019
Annex: E







FIEEIM

Ajustes de Sobrecorriente de Fases Propuestos

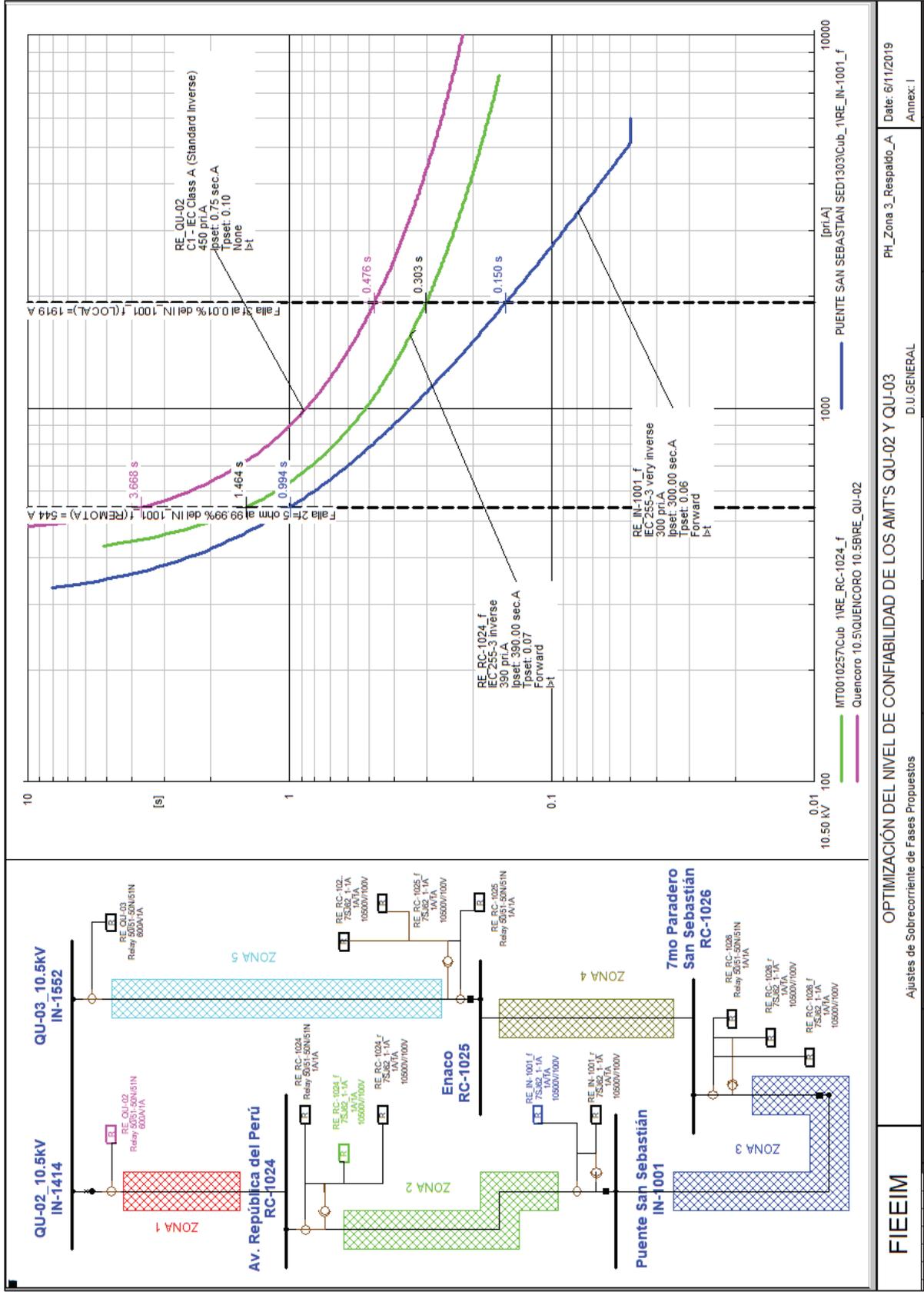
OPTIMIZACIÓN DEL NIVEL DE CONFIABILIDAD DE LOS AMT'S QU-02 Y QU-03

Zona 3 = [IN-1001 ; RC-1026]

PH_Zona 3_IN-1001_f

Date: 6/11/2019

Annex: H



FIEEIM

Ajustes de Sobrecorriente de Fases Propuestos

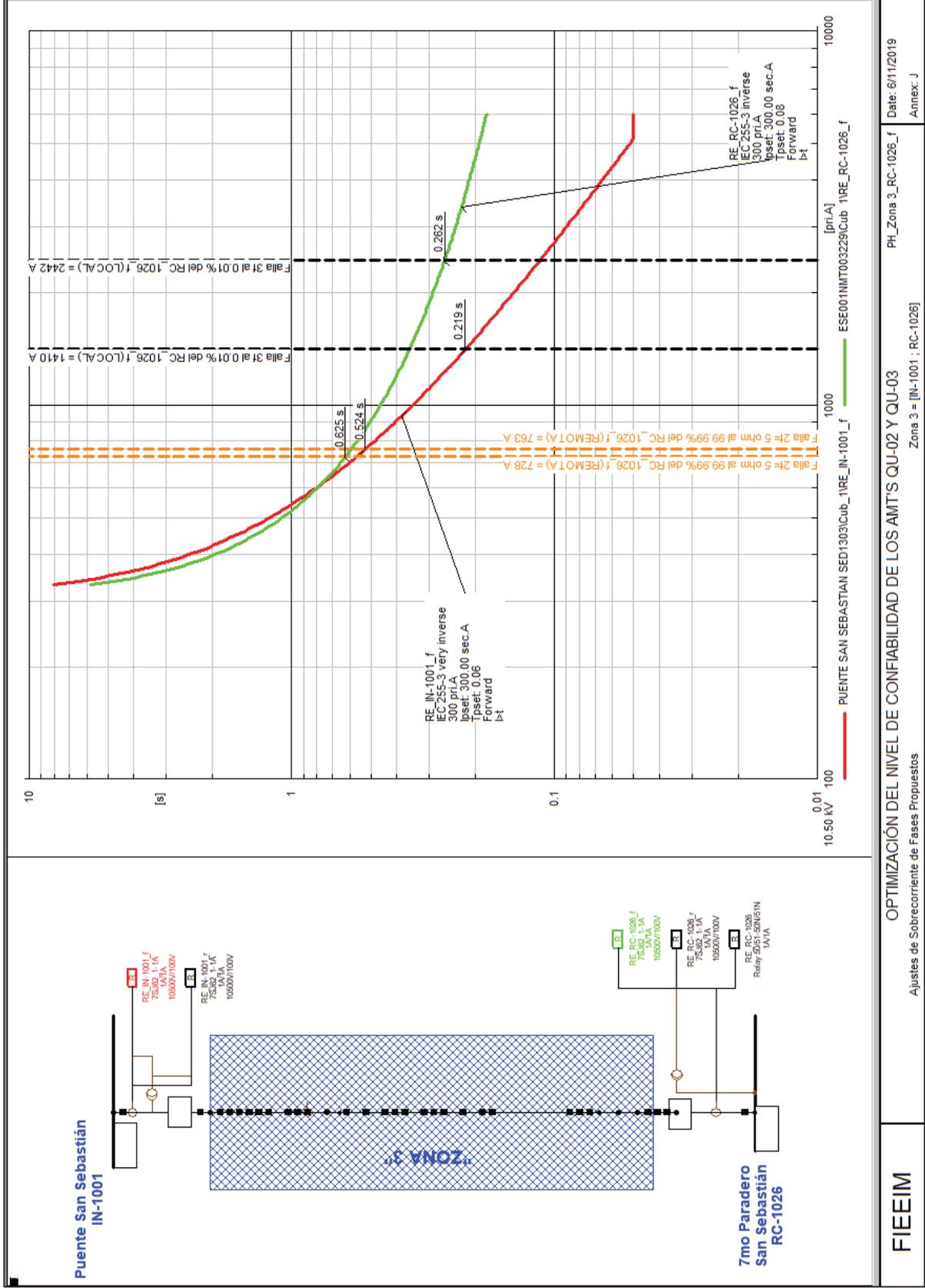
OPTIMIZACIÓN DEL NIVEL DE CONFIABILIDAD DE LOS AMT'S QU-02 Y QU-03

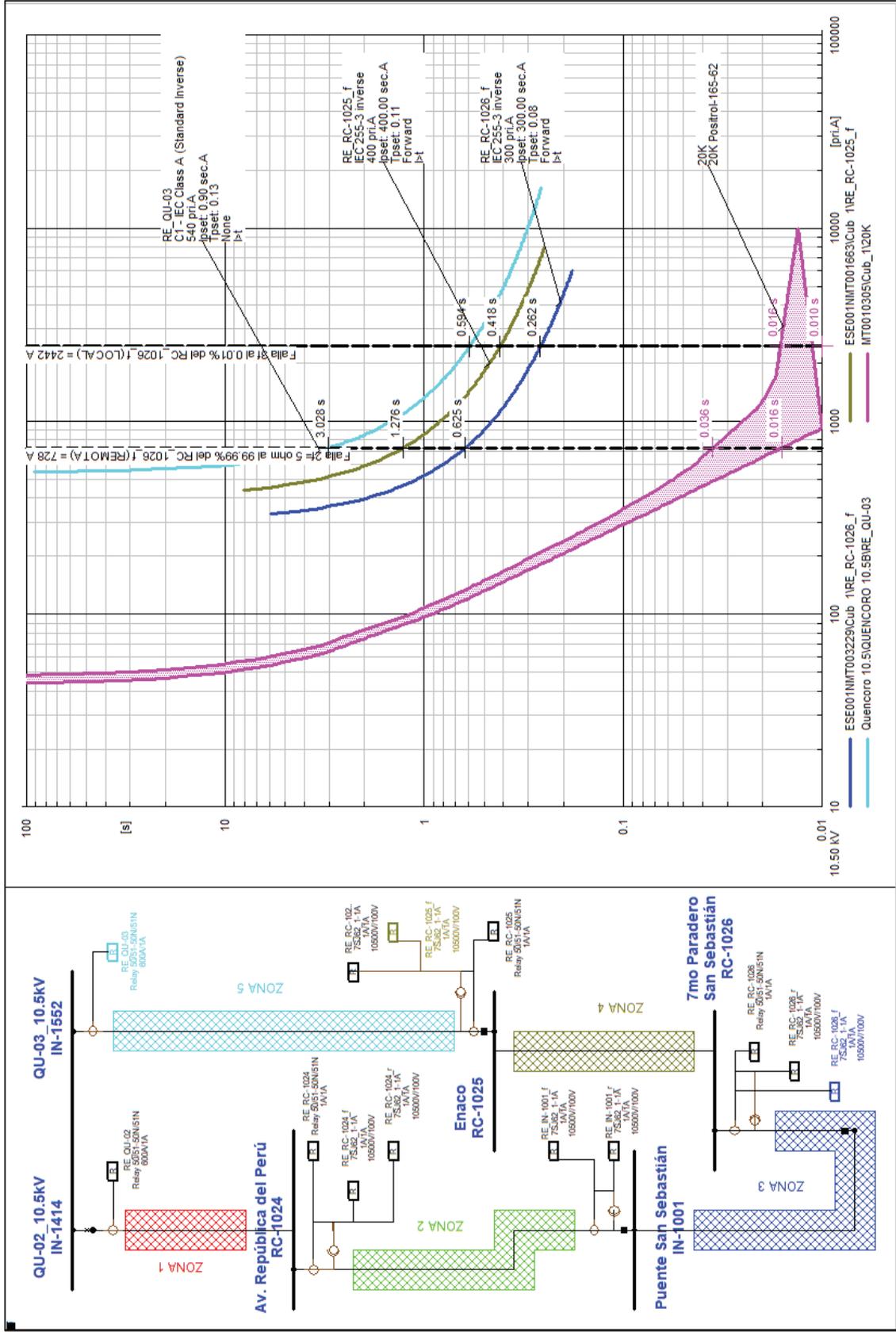
D.U.GENERAL

PH_Zona 3_Respaldo_A

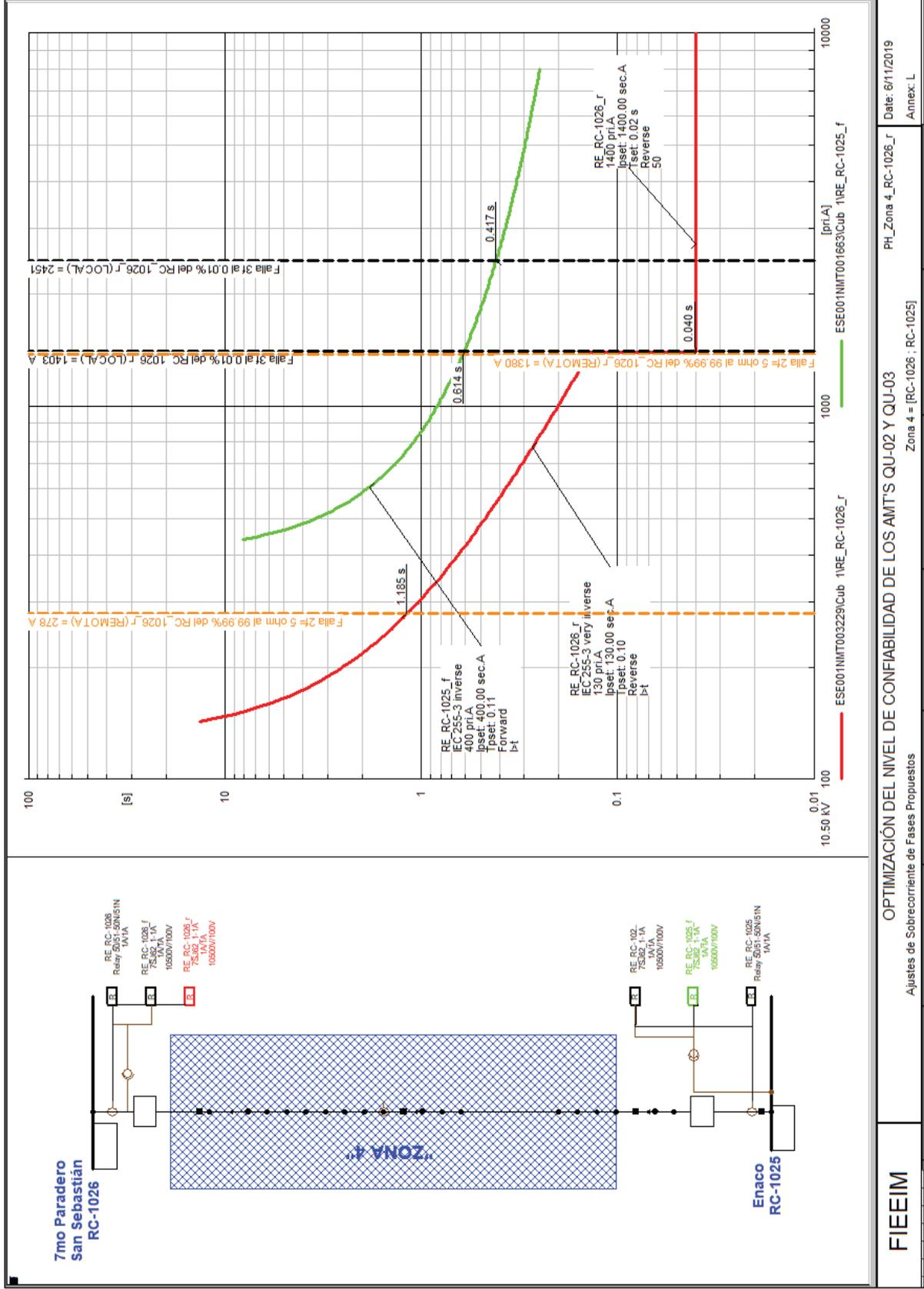
Date: 6/11/2019

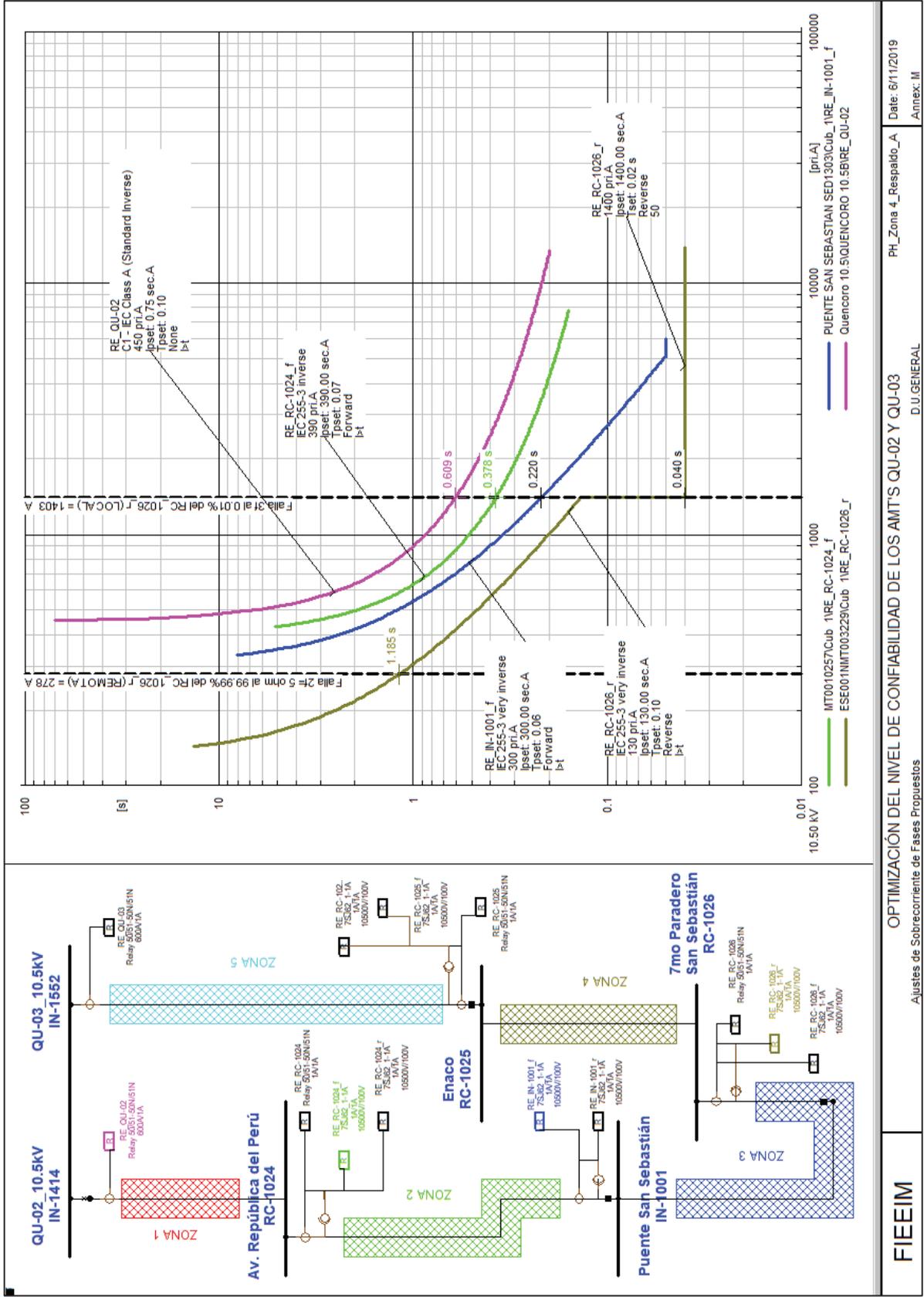
Annex: I





<p>FIEEIM</p>	<p>Ajustes de Sobrecorriente de Fases Propuestos</p>	<p>OPTIMIZACIÓN DEL NIVEL DE CONFIABILIDAD DE LOS AMT'S QU-02 Y QU-03 D.U.GENERAL</p>	<p>PH_Zona 3_Respaldo_B Date: 6/11/2019 Annex: K</p>
----------------------	--	---	--





FIEEIM

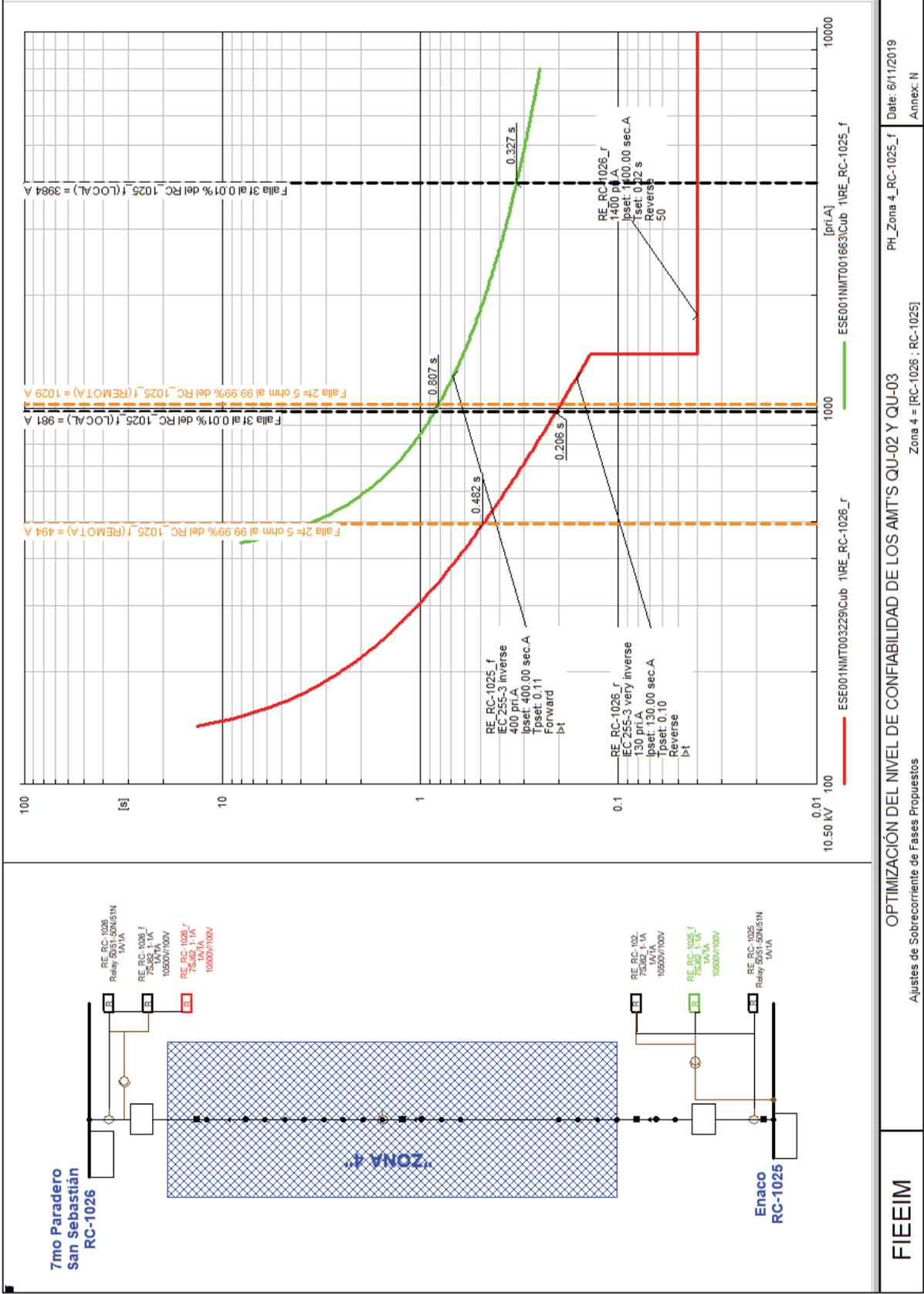
Ajustes de Sobrecorriente de Fases Propuestos

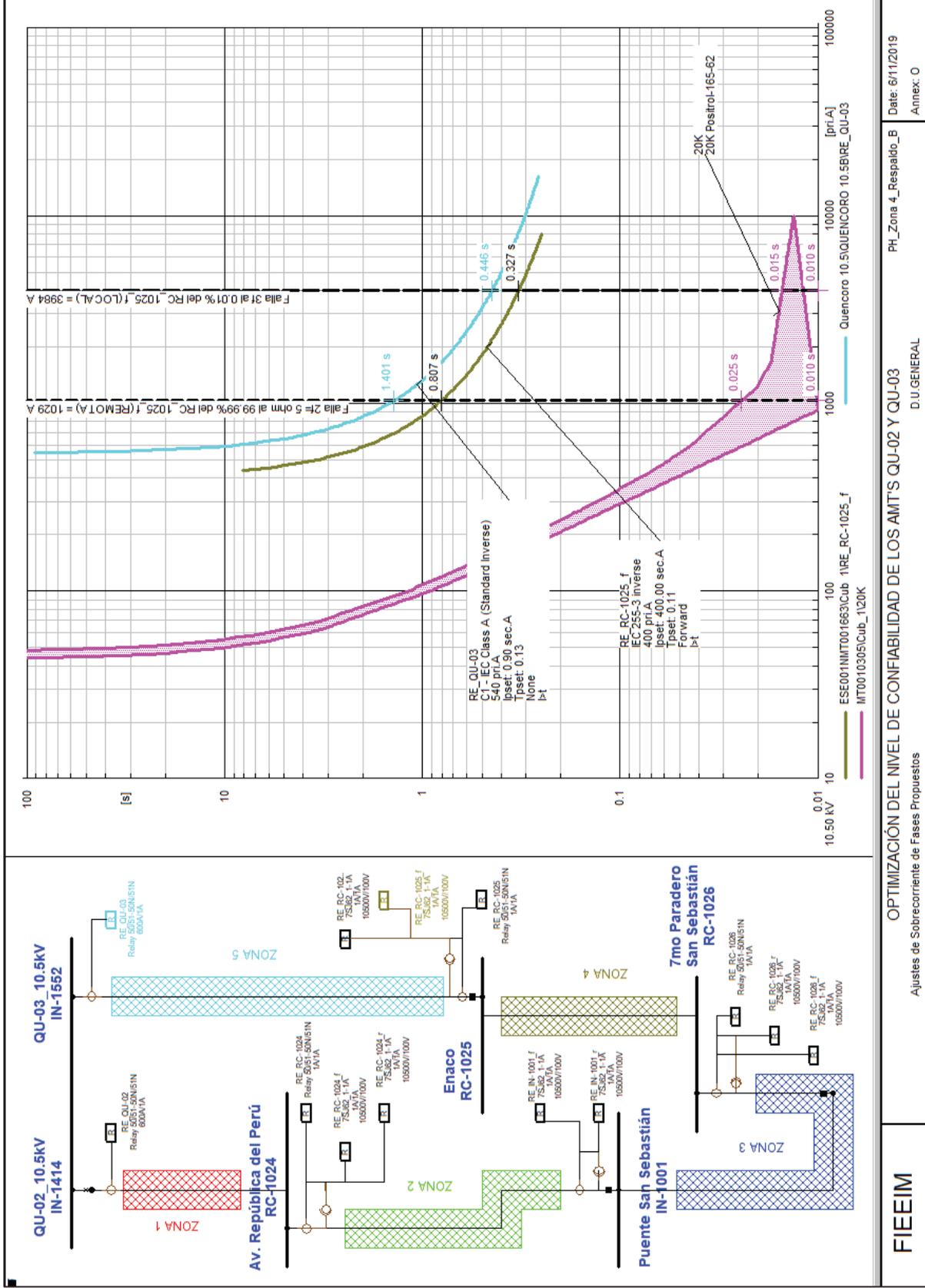
D.U GENERAL

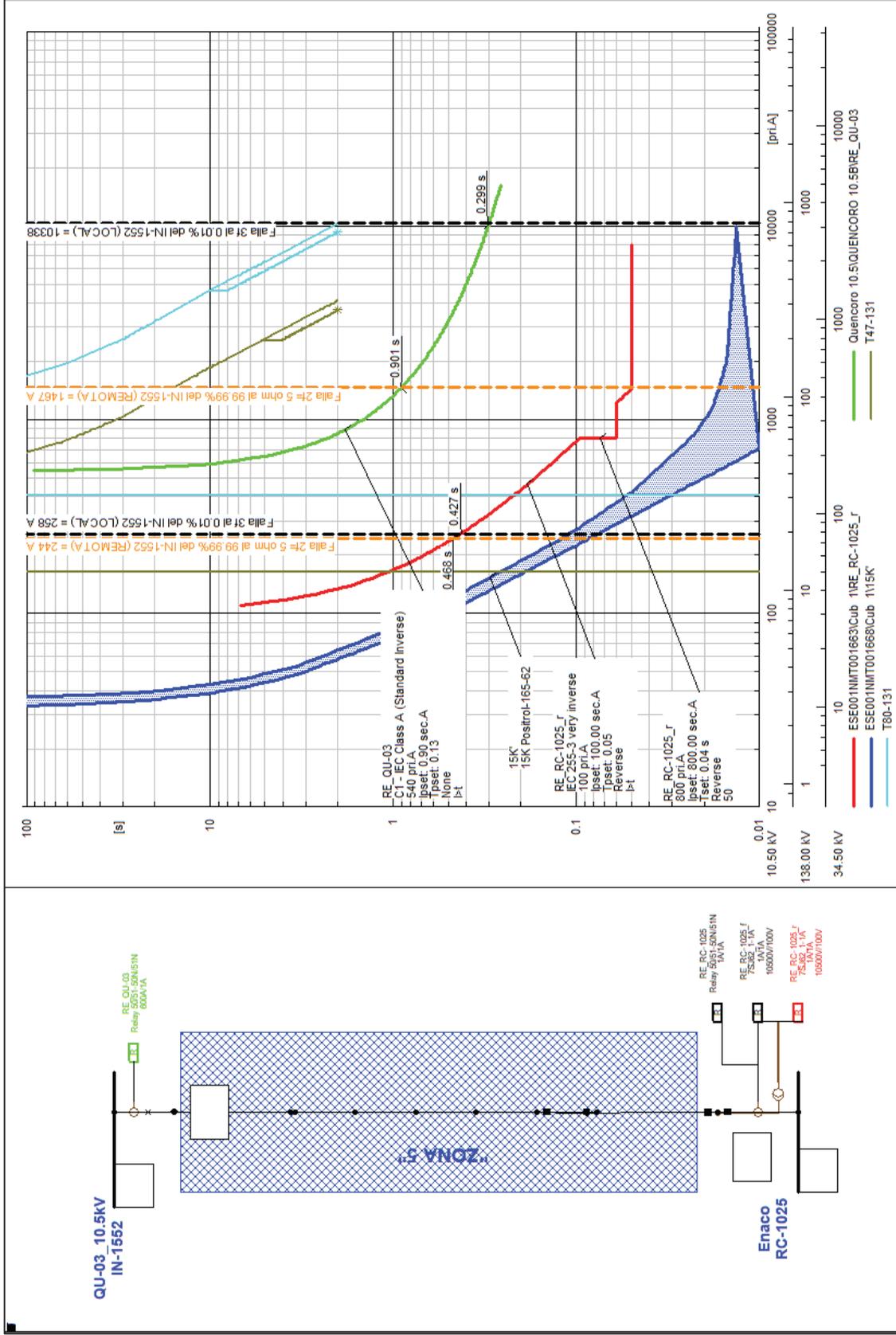
PH_Zona 4_Respaldo_A

Date: 6/11/2019
Annex: M

OPTIMIZACIÓN DEL NIVEL DE CONFIABILIDAD DE LOS AMT'S QU-02 Y QU-03







FIEEIM

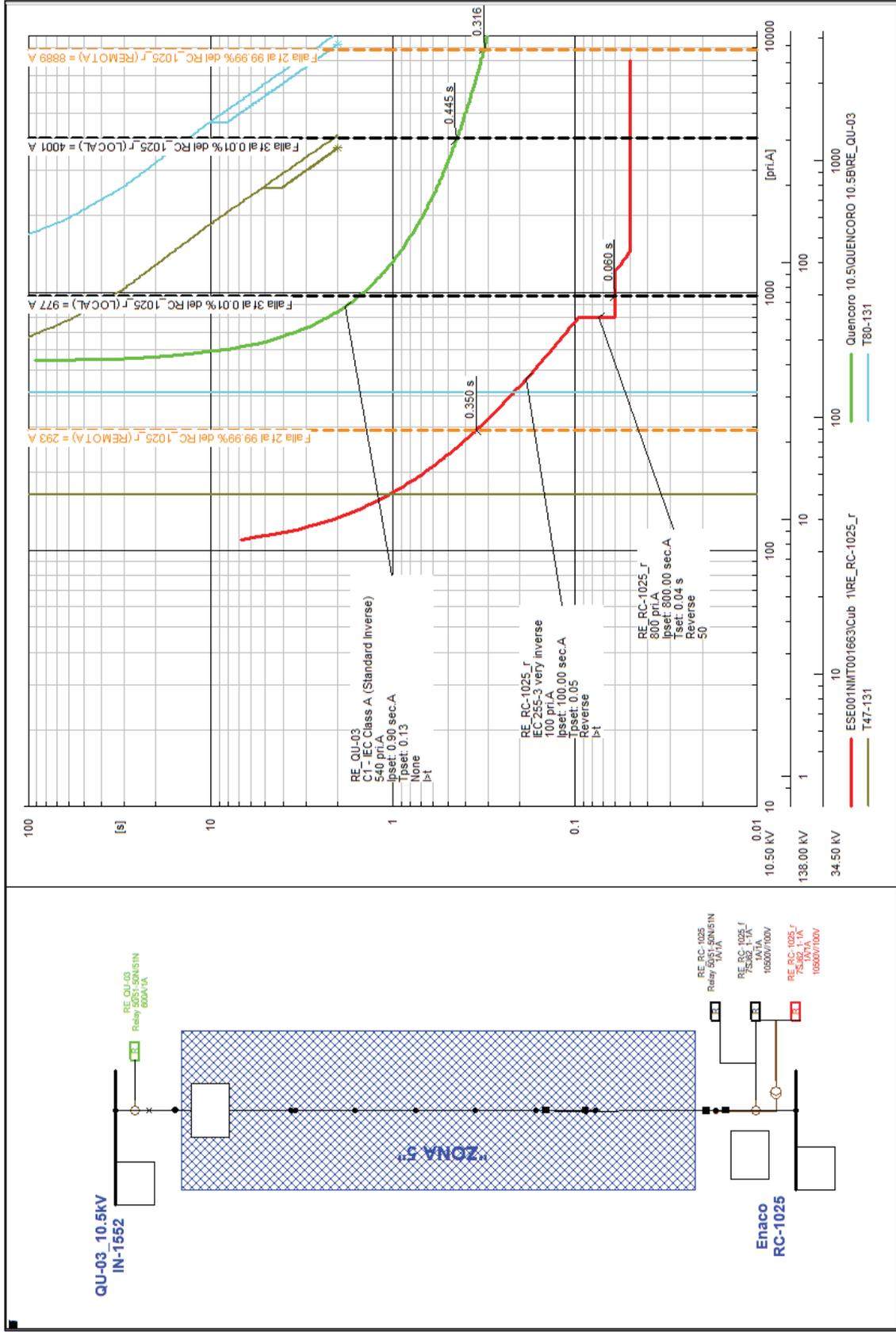
Ajustes de Sobrecorriente de Fases Propuestos

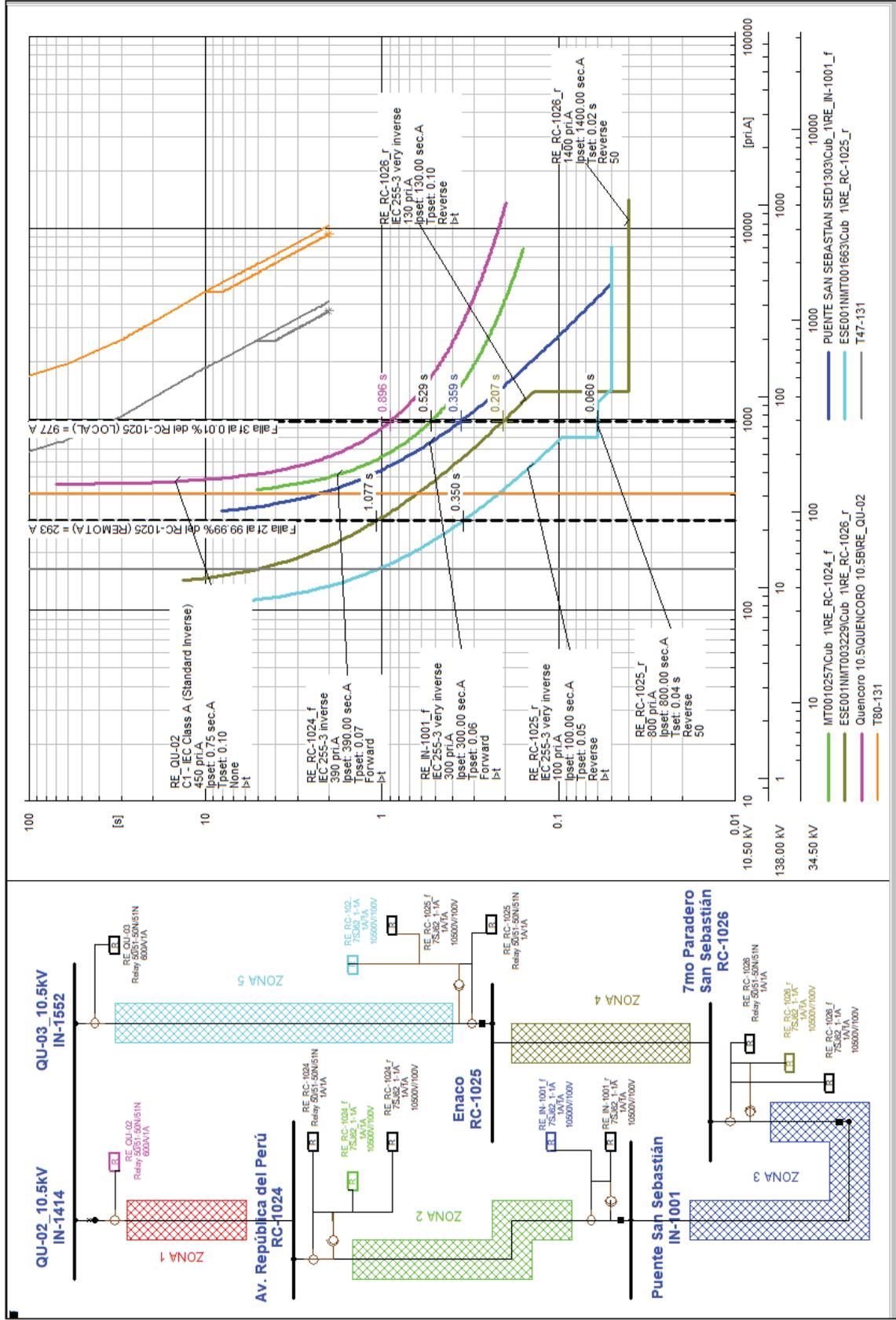
OPTIMIZACIÓN DEL NIVEL DE CONFIABILIDAD DE LOS AMTS QU-02 Y QU-03

Zona 5 = [RC-1025 ; IN-1552]

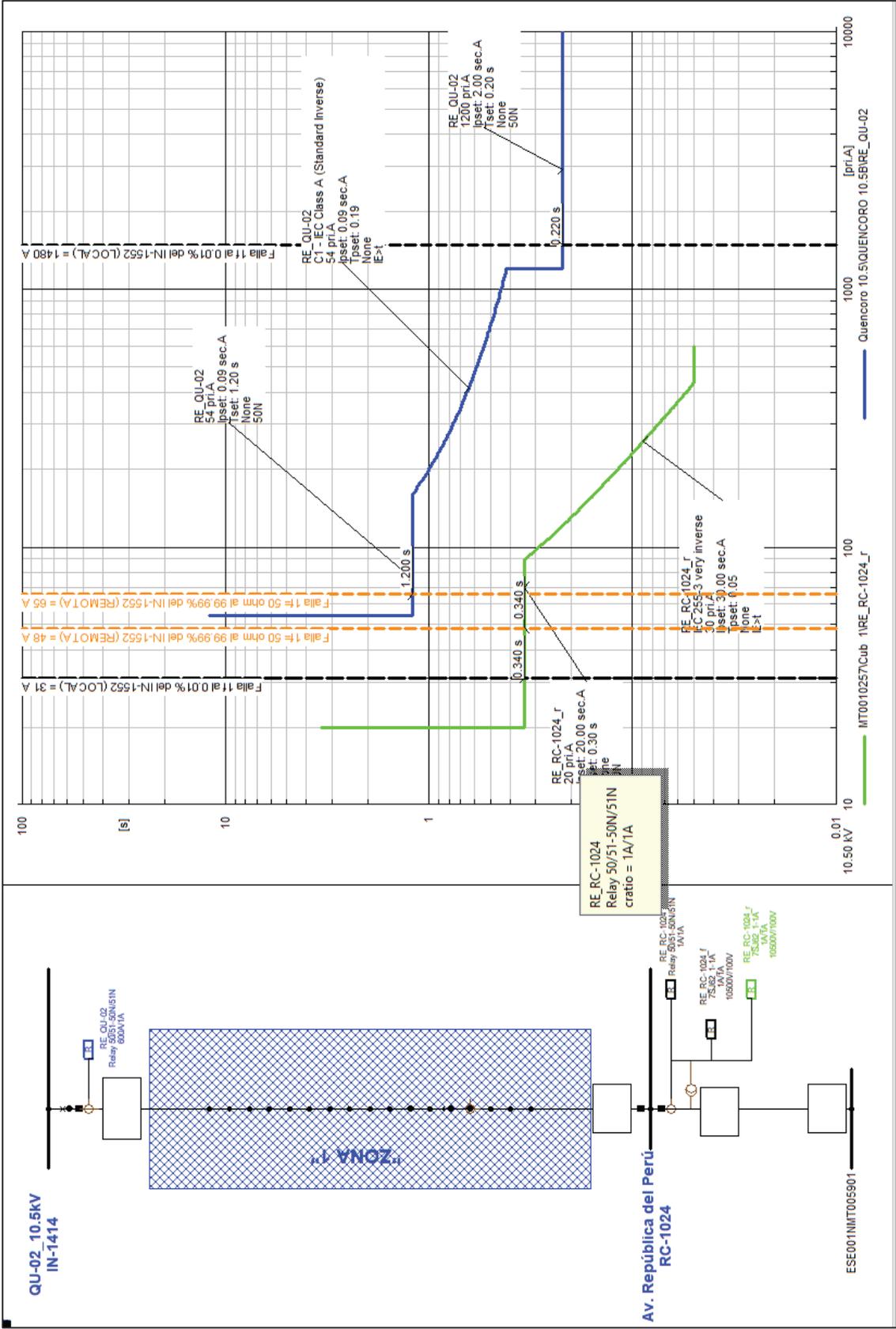
PH_Zona 5_IN-1552

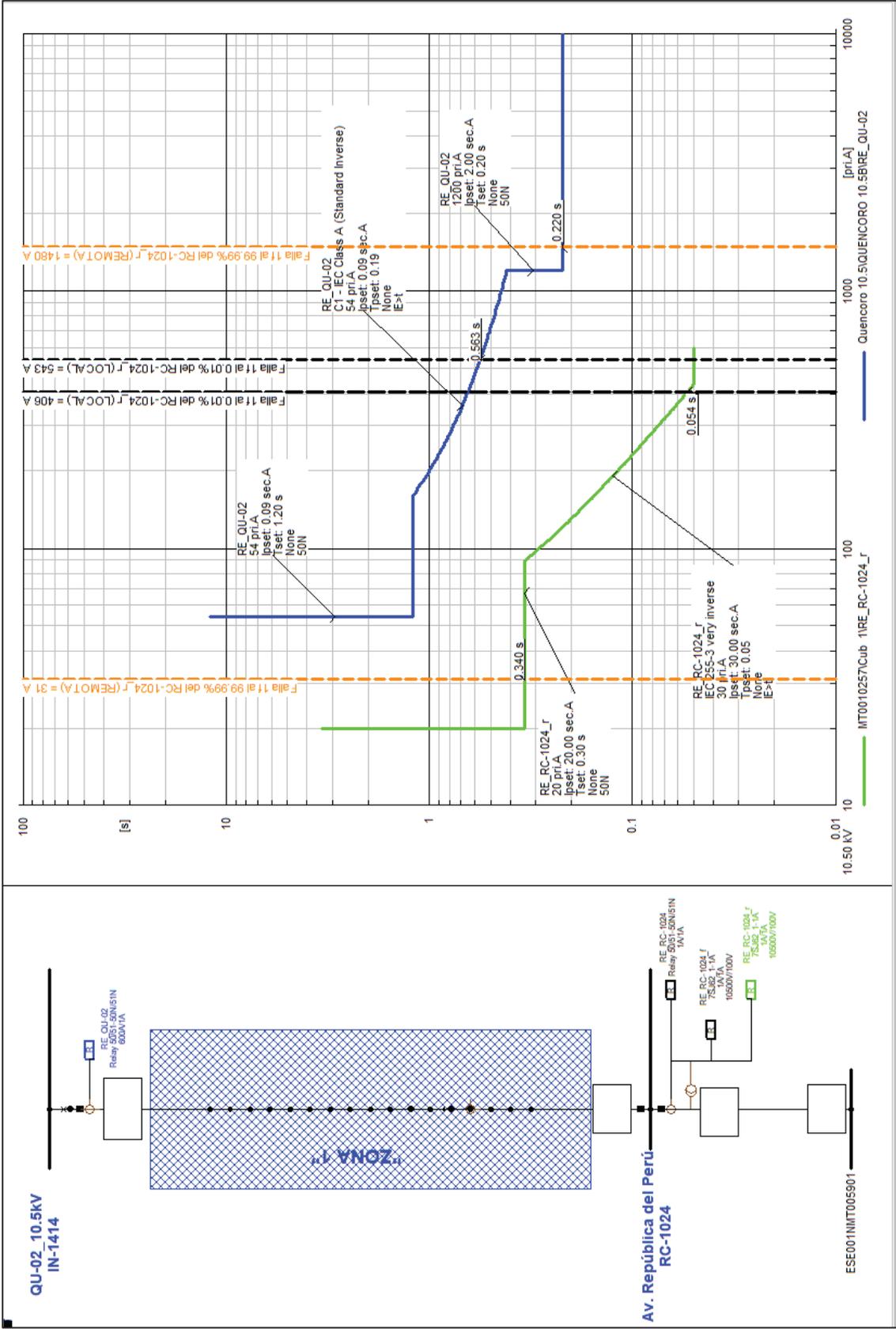
Date: 6/11/2019
Annex: P





**ANEXO L – Curvas I vs t de la Verificación de los
Ajustes de Protección Propuestos – Sobrecorriente de
Tierra (Funciones 50N/51N/67N)**





FIEEIM

Ajustes de Sobrecorriente de Tierra Propuestos

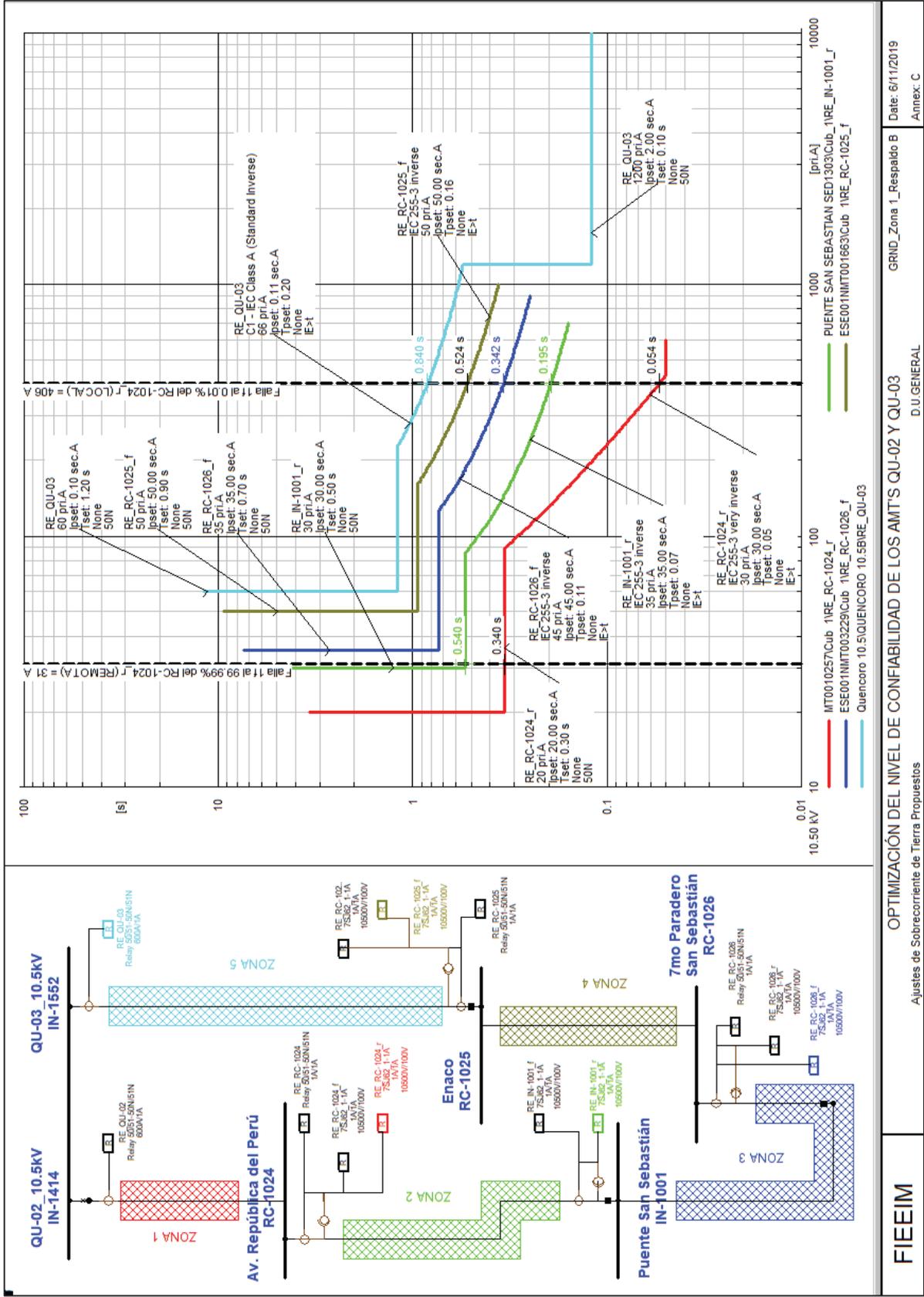
OPTIMIZACIÓN DEL NIVEL DE CONFIABILIDAD DE LOS AMT'S QU-02 Y QU-03

Zona 1 = [IN-1414 ; RC-1024]

GRND_Zona 1_RC-1024_J

Date: 6/1/2019

Annex: B



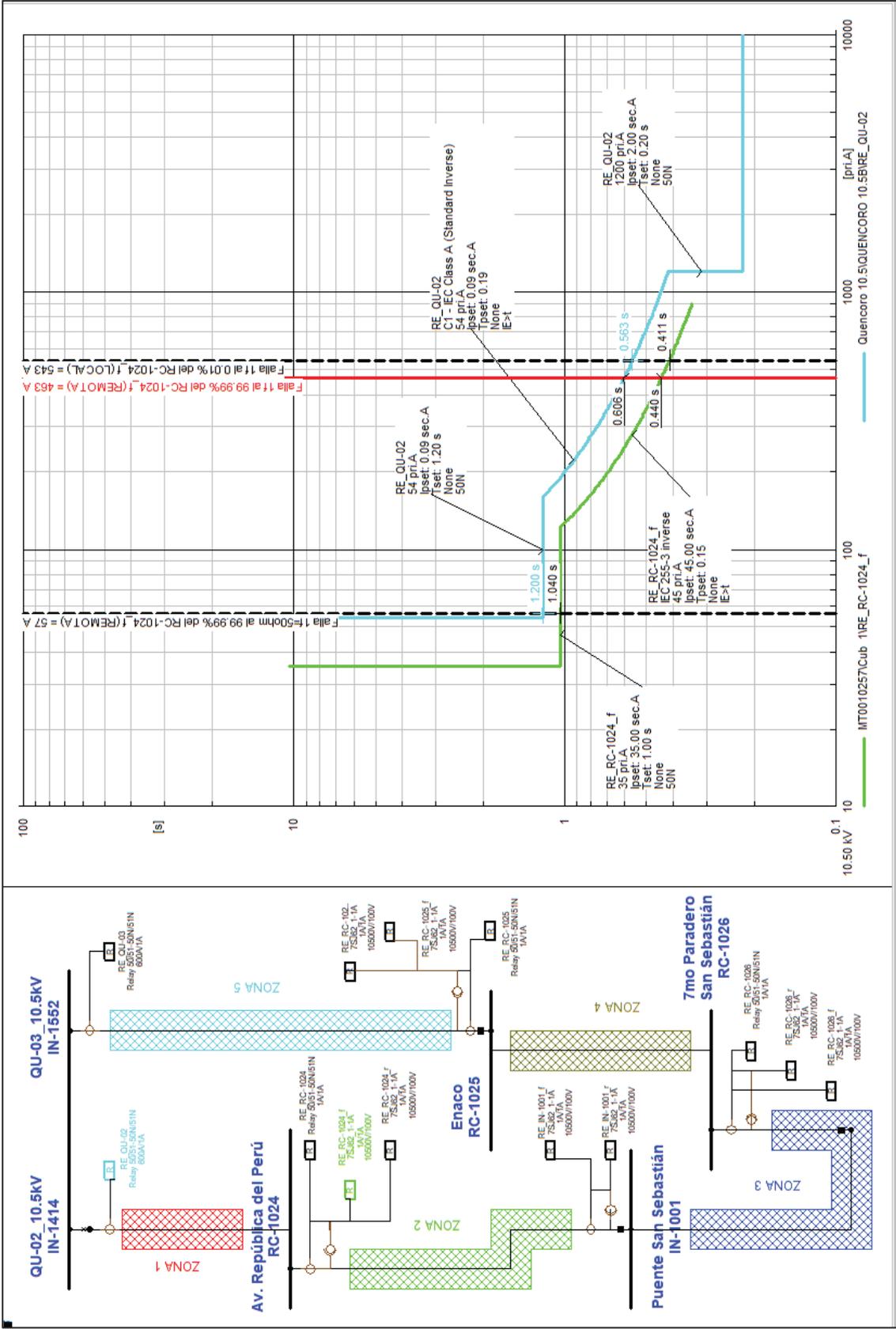
OPTIMIZACIÓN DEL NIVEL DE CONFIABILIDAD DE LOS AMT'S QU-02 Y QU-03

Ajustes de Sobrecorriente de Tierra Propuestos

D.U. GENERAL

GRIND_Zona 1_Respaldo B

Date: 6/11/2019
Annex: C



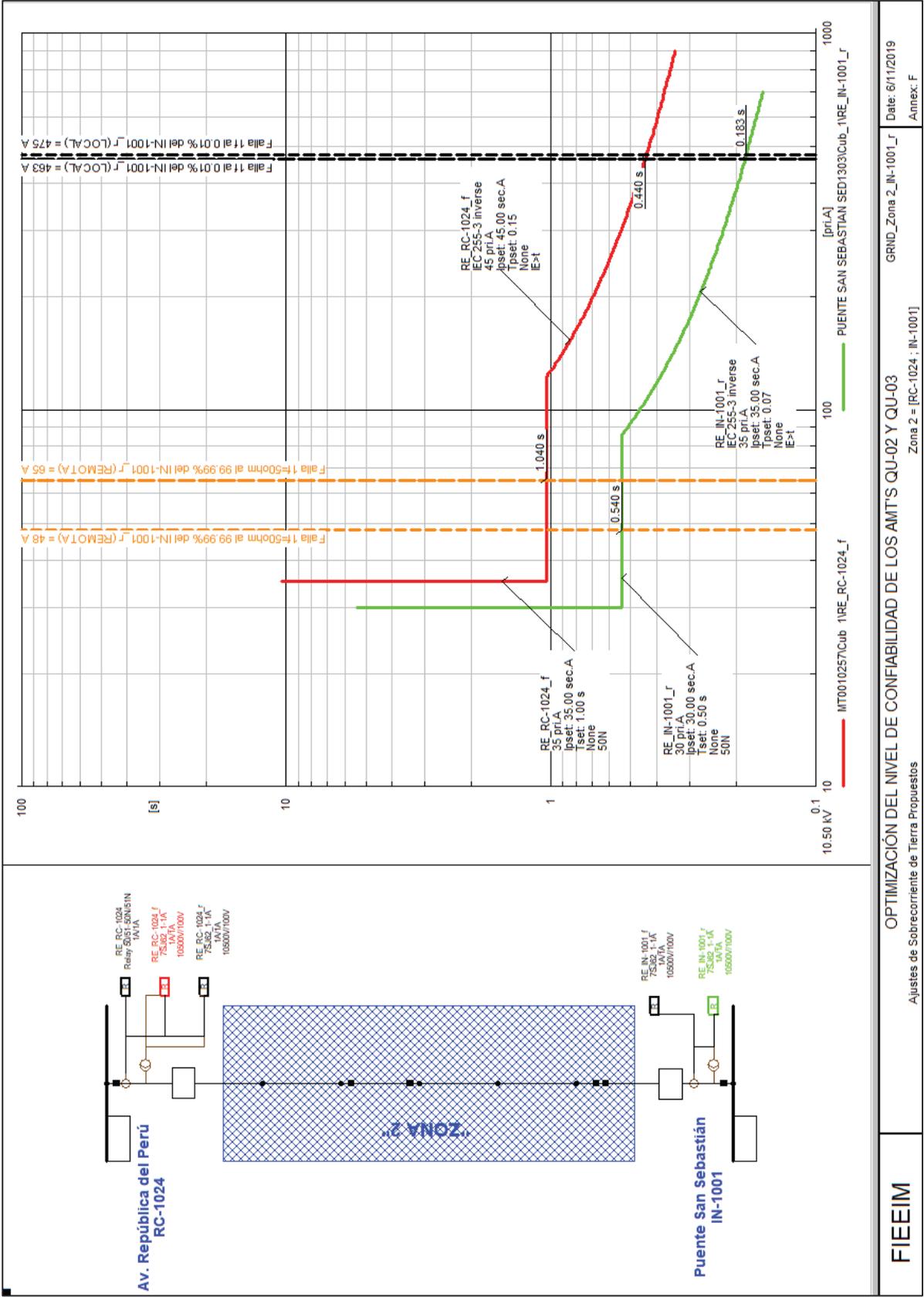
FIEEIM

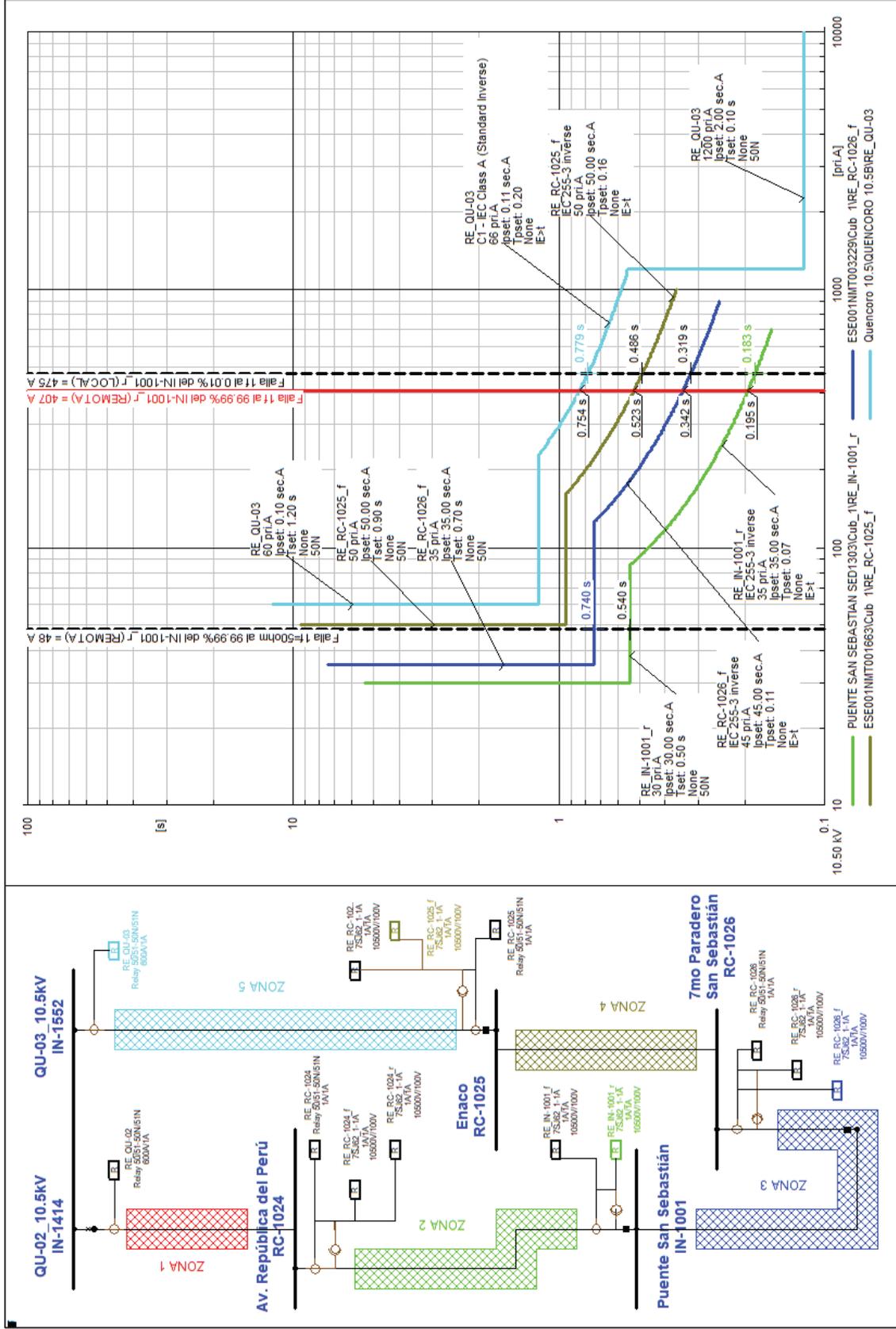
Ajustes de Sobrecorriente de Tierra Propuestos

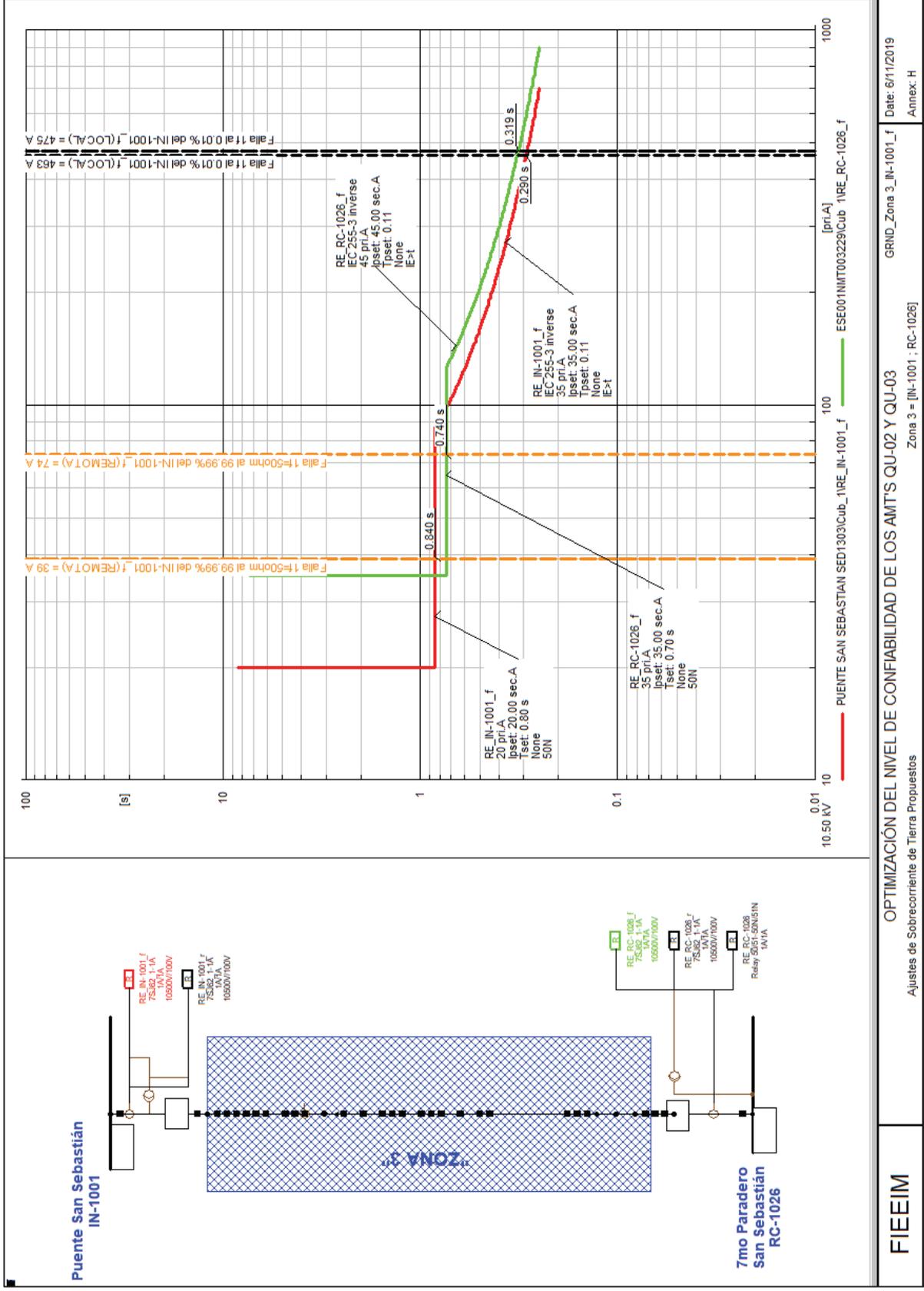
OPTIMIZACIÓN DEL NIVEL DE CONFIABILIDAD DE LOS AMT'S QU-02 Y QU-03
D.U.GENERAL

GRND_Zona 2_Respaldo A

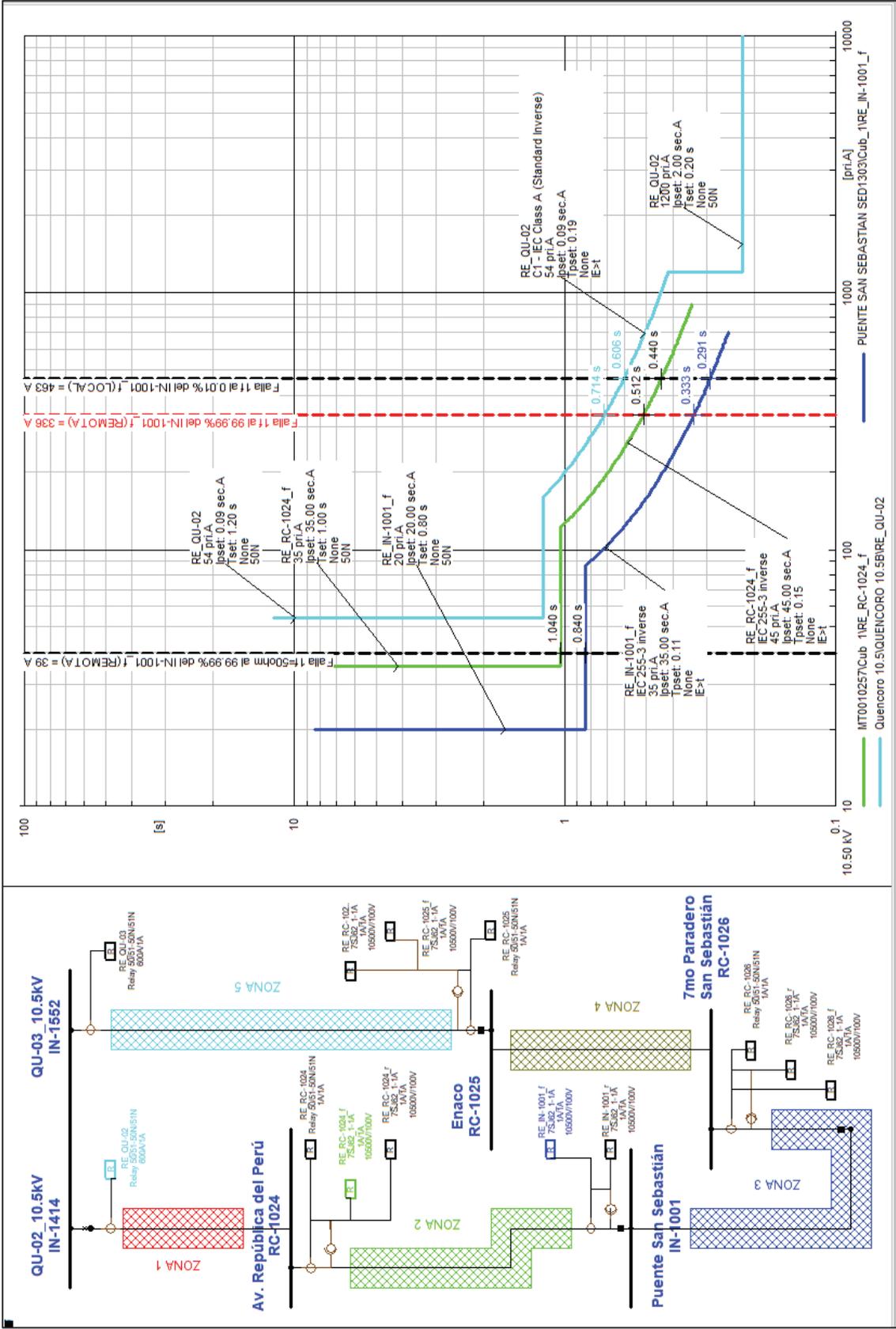
Date: 6/11/2019
Annex: E







<p>FIEEIM</p>	<p>Ajustes de Sobrecorriente de Tierra Propuestos</p>	<p>OPTIMIZACIÓN DEL NIVEL DE CONFIABILIDAD DE LOS AMT'S QU-02 Y QU-03</p>	<p>GRND_Zona 3_IN-1001_f</p>	<p>Date: 6/11/2019</p>
<p>Zona 3 = [IN-1001 ; RC-1026]</p>		<p>Annex: H</p>		



FIEEIM

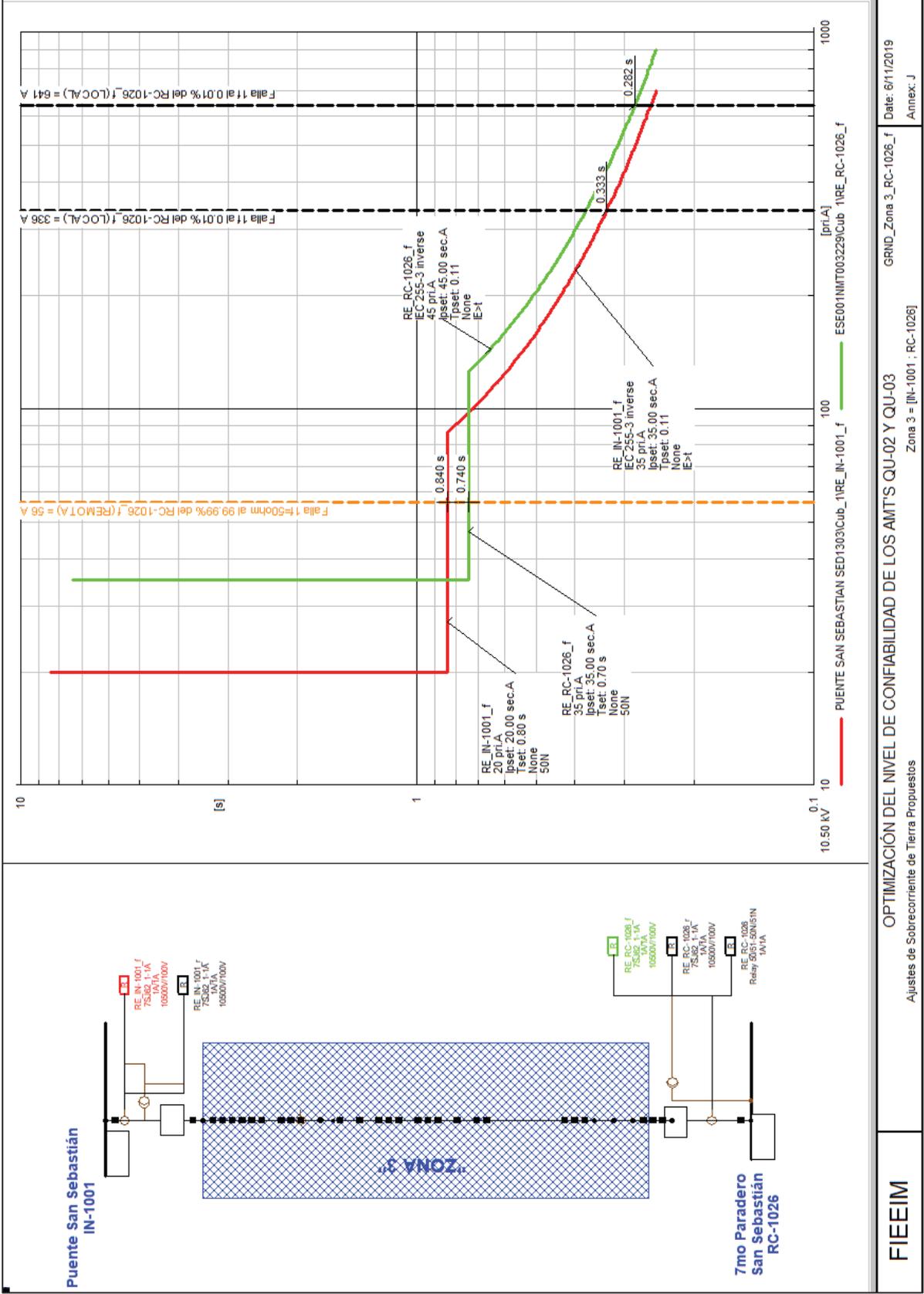
Ajustes de Sobrecorriente de Tierra Propuestos

OPTIMIZACIÓN DEL NIVEL DE CONFIABILIDAD DE LOS AMT'S QU-02 Y QU-03

GRND_Zona 3_Respaldo A

Date: 6/11/2019

Annex: I



FIEEIM

Ajustes de Sobrecorriente de Tierra Propuestos

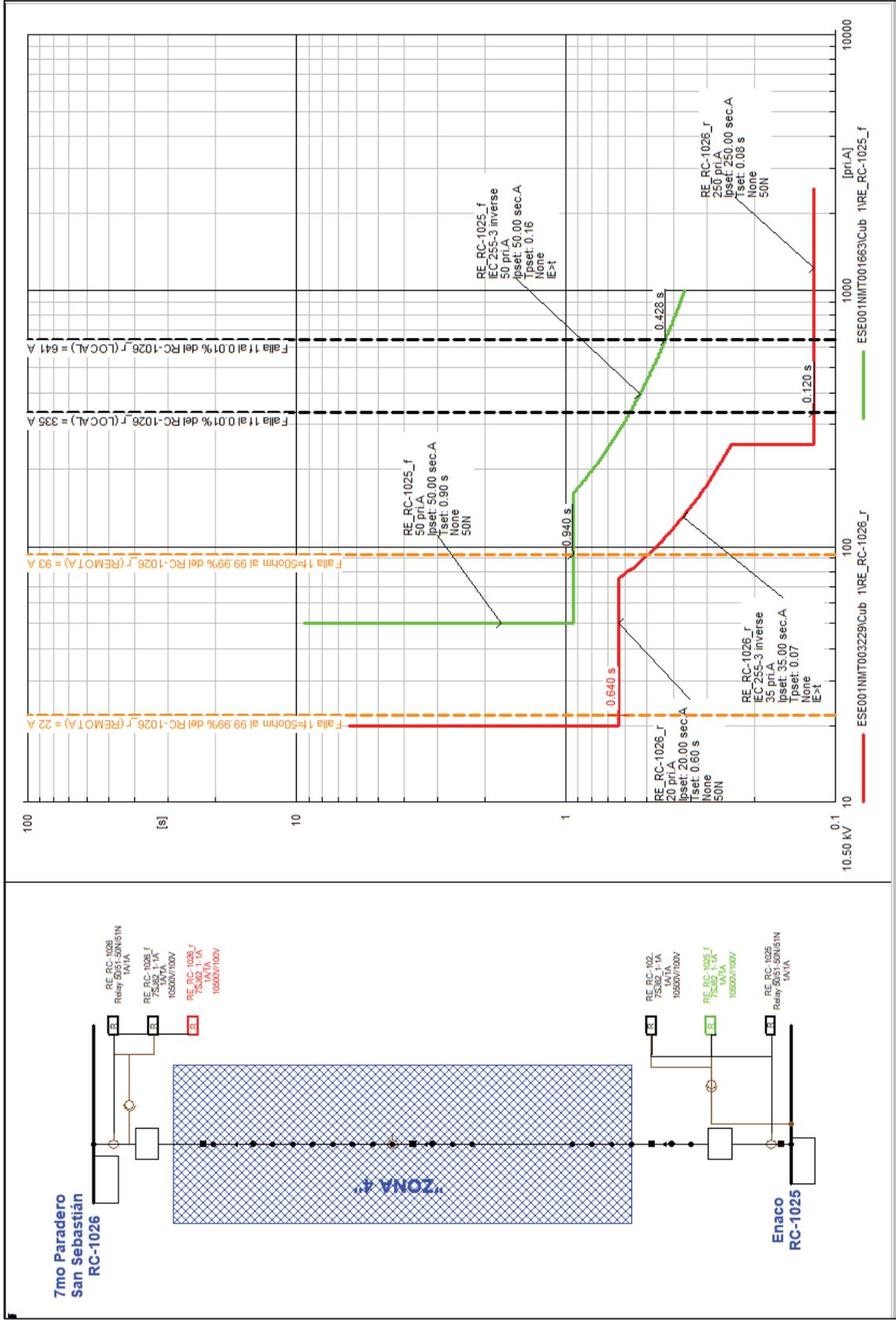
OPTIMIZACIÓN DEL NIVEL DE CONFIABILIDAD DE LOS AMT'S QU-02 Y QU-03

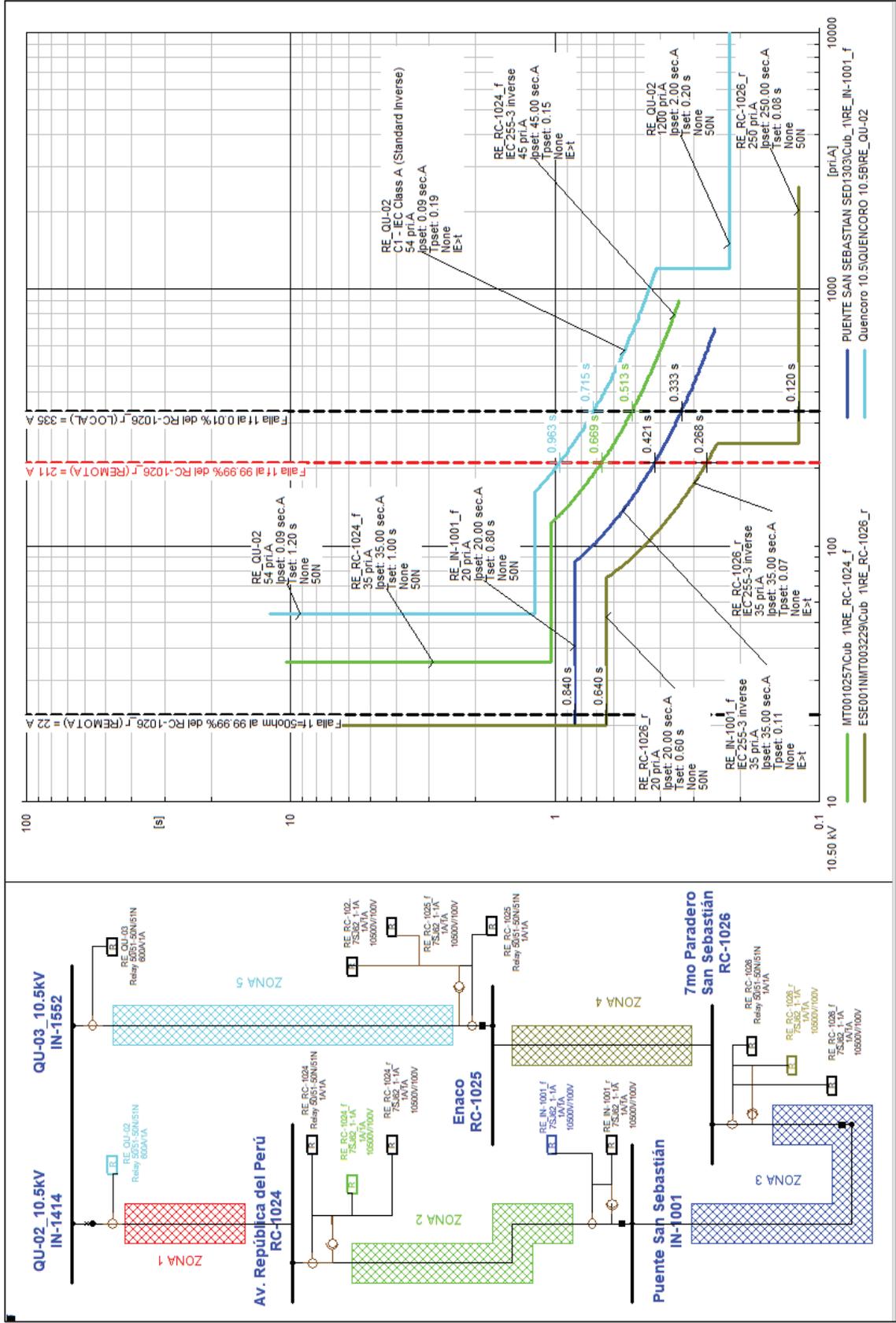
Zona 3 = [IN-1001 ; RC-1026]

GRND_Zona 3_RC-1026_f

Date: 6/11/2019

Annex: J





FIEEIM

Ajustes de Sobrecorriente de Tierra Propuestos

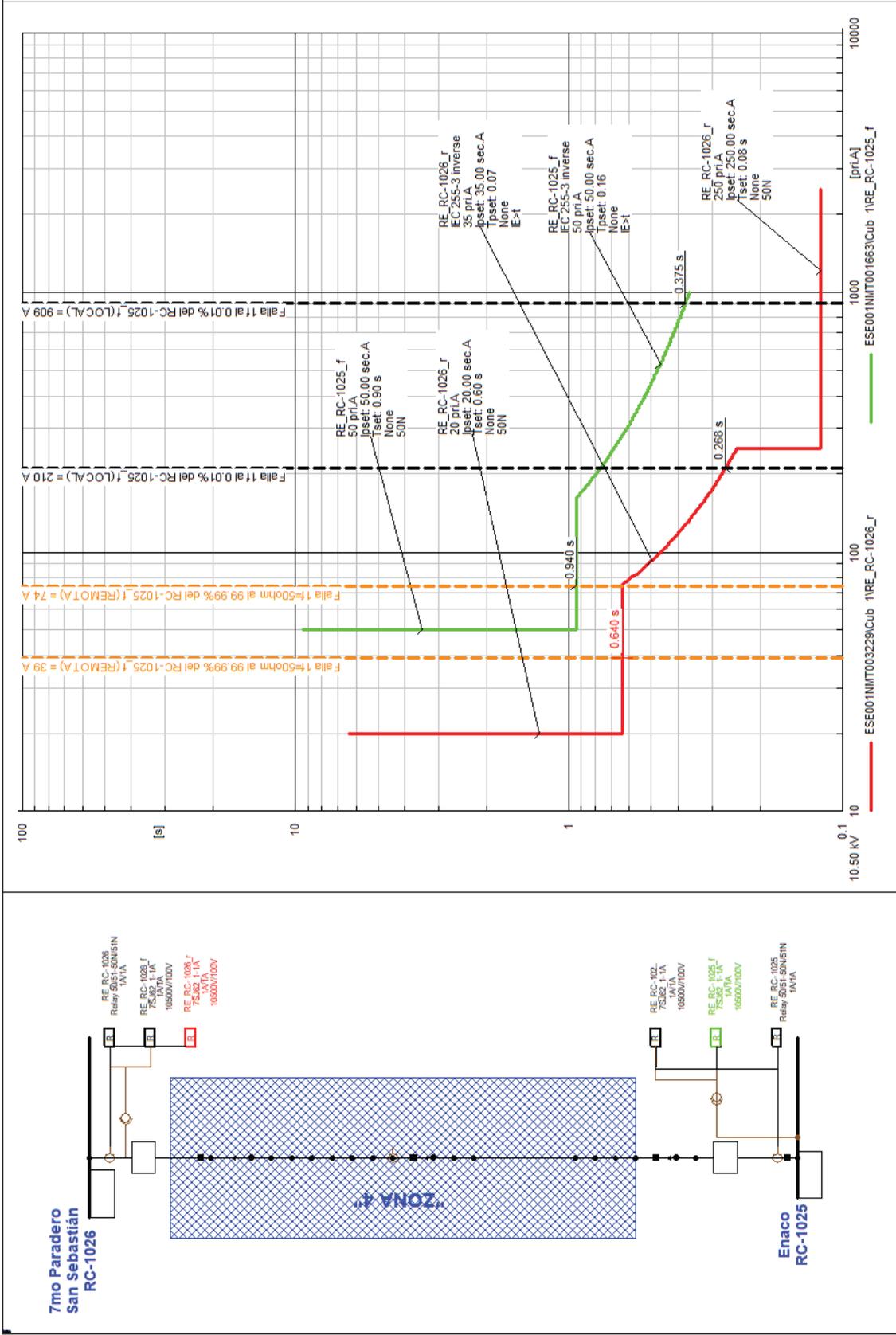
OPTIMIZACIÓN DEL NIVEL DE CONFIABILIDAD DE LOS AMT'S QU-02 Y QU-03

D.U.GENERAL

GRND_Zona 4_Respaldo A

Date: 6/11/2019

Annex: M



7mo Paradero San Sebastián RC-1026

Enaco RC-1025

RE_RC-1026_f
Relay 50kV-50N/51N
1A/1A

RE_RC-1026_r
75kA2-1-1A
10500V/100V

RE_RC-1025_f
75kA2-1-1A
10500V/100V

RE_RC-1025_f
Relay 50kV-50N/51N
1A/1A

RE_RC-1026_f
50 pri.A
Iset: 50.00 sec.A
Iset: 0.90 s
None
50N

RE_RC-1026_r
20 pri.A
Iset: 20.00 sec.A
Iset: 0.60 s
None
50N

RE_RC-1026_f
EC 255-3 inverse
35 pri.A
Iset: 35.00 sec.A
Iset: 0.07
None
IE>1

RE_RC-1025_f
EC 255-3 inverse
50 pri.A
Iset: 50.00 sec.A
Iset: 0.16
None
IE>1

RE_RC-1026_f
250 pri.A
Iset: 250.00 sec.A
Iset: 0.08 s
None
50N

Falla 1r al 99.99% del RC-1025 f (REMOTA) = 39 A

Falla 1r al 99.99% del RC-1025 f (REMOTA) = 74 A

Falla 1r al 0.01% del RC-1025 f (LOCAL) = 210 A

Falla 1r al 0.01% del RC-1025 f (LOCAL) = 909 A

0.640 s

0.940 s

0.268 s

0.375 s

ESE001NMT003229/Cub 1'RE_RC-1026_f

ESE001NMT001663/Cub 1'RE_RC-1025_f

100

10

1

0.1

10.50 kV

100

1000

10000

[pri.A]

[s]

GRND_Zona 4_RC-1025_f

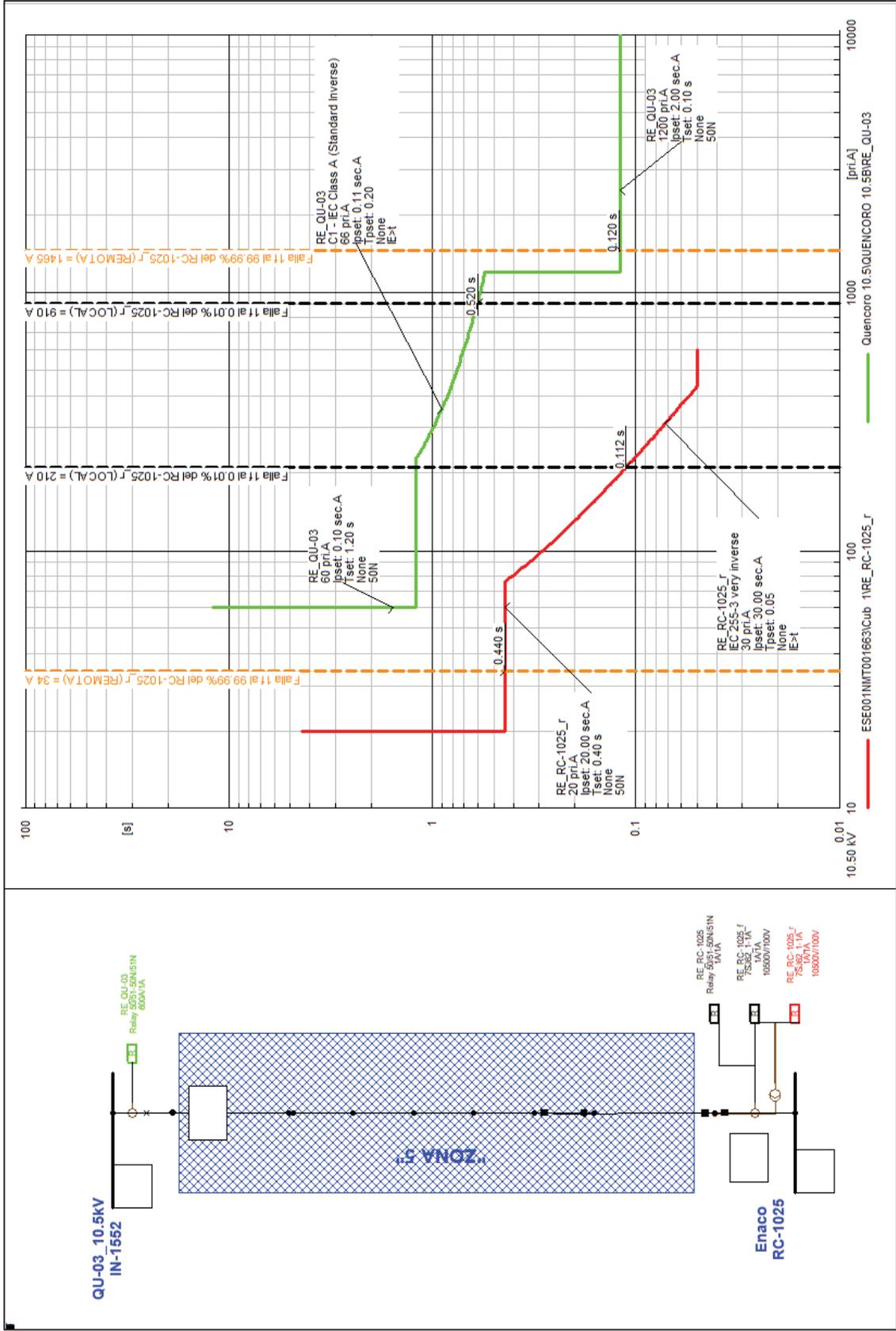
Zona 4 = [RC-1026 ; RC-1025]

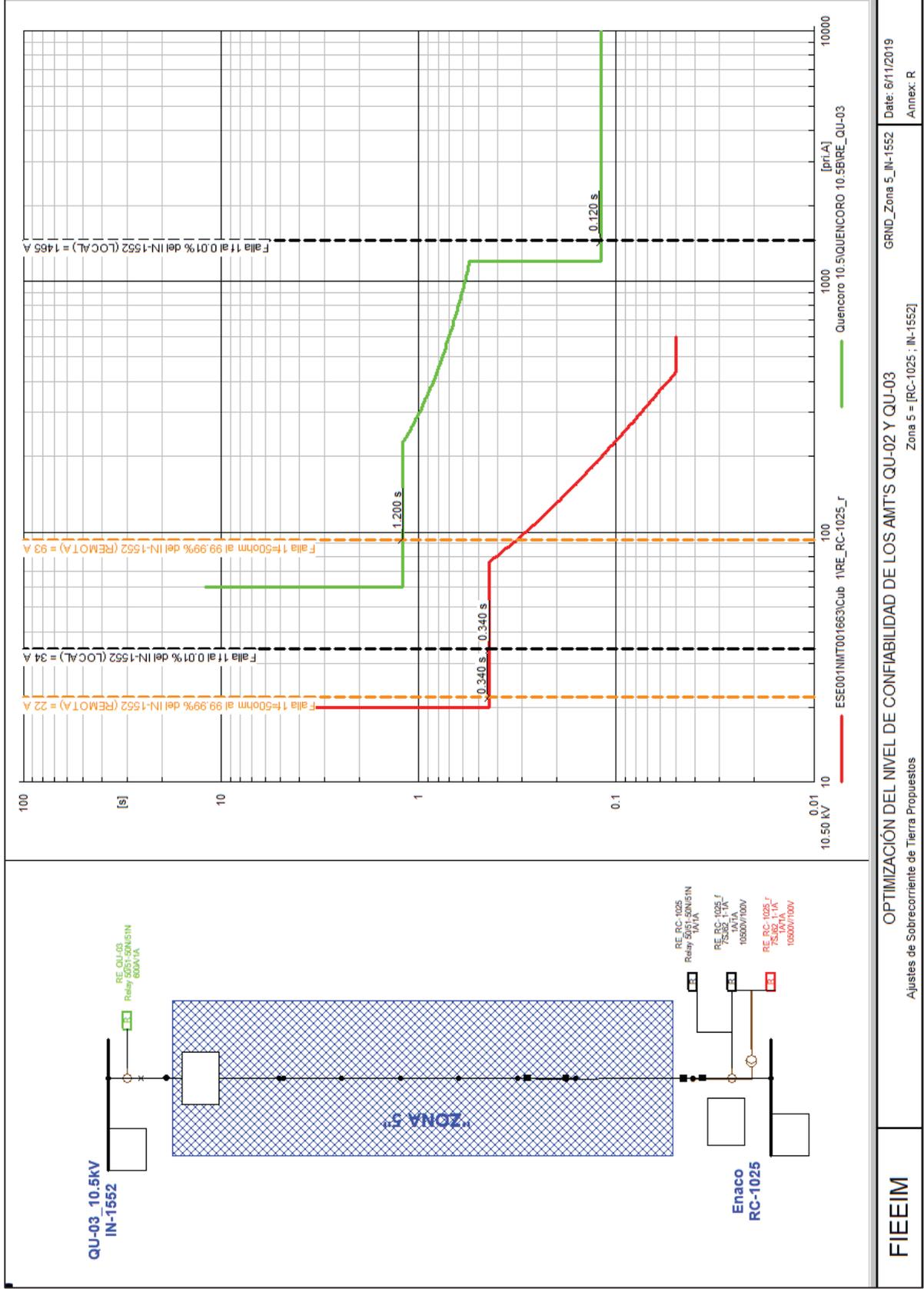
OPTIMIZACIÓN DEL NIVEL DE CONFIABILIDAD DE LOS AMT'S QU-02 Y QU-03

Ajustes de Sobrecorriente de Tierra Propuestos

Date: 6/11/2019

Annex: N





Date: 6/11/2019
Annex: R

GRND_Zona 5_IN-1552
Zona 5 = [RC-1025 ; IN-1552]

OPTIMIZACIÓN DEL NIVEL DE CONFIABILIDAD DE LOS AMT'S QU-02 Y QU-03
Ajustes de Sobrecorriente de Tierra Propuestos

FIEEIM