Estudio de Pre-Operatividad

“Reforzamiento del Sistema de Transmisión Oroya Nueva - Chumpe”

Resumen Ejecutivo (RE)

1	07/04/2022	APROBACIÓN	EEGALOC	EEGALOC	EEGALOC
vers.	**Fecha**	**Emitido Para**	**Por**	**Revisado**	**Aprobado**
Documento Nro.:		**EEG-003-2022-Resumen Ejecutivo**			
Cliente					

Estudio de Pre-Operatividad

"Reforzamiento del Sistema de Transmisión Oroya Nueva - Chumpe"

Resumen Ejecutivo (RE)

Índice General

1. OBJETIVO 4

2. GENERALIDADES 4

2.1. ANTECEDENTES 4
2.2. UBICACIÓN GEOGRÁFICA 5
2.3. AÑO DE PUESTA EN SERVICIO 6
2.4. CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS GENERALES DEL PROYECTO 6
2.4.1. *Capacidad de cortocircuito 6*

3. CONFIGURACIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO Y PARÁMETROS ELÉCTRICOS 7

3.1. INFORMACIÓN Y CONFIGURACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA AL PROYECTO 7
3.2. PARÁMETROS ELÉCTRICOS DE LOS EQUIPOS 9
3.2.1. *Datos característicos del transformador de potencia 9*
3.2.2. *Parámetros de las líneas de 69 kV asociado al punto de conexión 10*
3.2.1. *Parámetros del Banco de Condensador a instalar en la S.E. Chumpe 11*
3.3. DESCRIPCIÓN DE LOS EQUIPOS DEL PROYECTO 11
3.3.1. *Subestación Oroya Nueva 11*
3.3.2. *Subestación Chumpe 19*
3.3.3. *Protección del tramo del anillo de 50 kV de la S.E. Oroya Nueva 24*

4. CONCLUSIONES DE LOS ESTUDIOS ELÉCTRICOS 26

4.1. CON EL ESTUDIO DE FLUJO DE CARGA SE CONCLUYÓ LO SIGUIENTE: 26
4.2. CON EL ESTUDIO DE CORTOCIRCUITO SE CONCLUYÓ LO SIGUIENTE: 30
4.3. CON EL ESTUDIO DE TRANSITORIOS ELECTROMAGNÉTICOS SE CONCLUYÓ LO SIGUIENTE: 32
4.4. CON EL ESTUDIO DE ARMÓNICOS SE CONCLUYÓ LO SIGUIENTE: 33

5. DIAGRAMA UNIFILAR 35

Índice de Tablas

Tabla 1. Nivel de cortocircuito del Proyecto en S.E. Oroya Nueva 6
Tabla 2. Nivel de cortocircuito del Proyecto en S.E. Chumpe 6
Tabla 3. Parámetros de las líneas Oroya Nueva – Canchayllo – Chumpe 10

Índice de Figuras

Figura 1. Ubicación geográfica del área de influencia (fuente Osinergmin) 6
Figura 2. Diagrama unifilar actual del área de influencia Sin incluir el Proyecto 8
Figura 3. Diagrama unifilar actual del área de influencia incluyendo el Proyecto 8
Figura 4. Diagrama unifilar simplificado de la S.E. Oroya Nueva incluyendo el Proyecto 9
Figura 6. Datos del transformador de potencia de 10/12.5 MVA (ONAN/ONAF) a instalar en la S.E. Oroya Nueva 10
Figura 6. Datos del Banco de Condensador a instalar en la S.E. Chumpe 11
Figura 7. Ubicación y lógica de zona muerta (Etapa temporal) 25
Figura 8. Ubicación y lógica de zona muerta (Etapa Definitiva) 25
Figura 9. Diagrama unifilar actual del área de influencia incluyendo el Proyecto 35

Estudio de Pre-Operatividad

"Reforzamiento del Sistema de Transmisión Oroya Nueva - Chumpe"

Resumen Ejecutivo (RE)

1. OBJETIVO

El presente documento tiene por finalidad presentar el resumen del Estudio de Pre Operatividad del "***Reforzamiento del Sistema de Transmisión Oroya Nueva – Chumpe***", perteneciente a la empresa STATKRAF, donde se demuestra que la puesta en servicio del proyecto, no representa un impacto negativo a la operación del SEIN.

2. GENERALIDADES

2.1. ANTECEDENTES

La Planta Minera Chumpe, perteneciente a la empresa Sociedad Minera Corona S.A., ubicada en el distrito de Alis, provincia de Yauyos en el departamento de Lima. La S.E. Chumpe se conecta al sistema radial Oroya Nueva – Canchayllo – Chumpe de 69 kV, que conforma el Sistema de Transmisión Oroya Nueva - Chumpe.

En el año 2018, debido a la mayor demanda respecto a la proyección prevista en el Plan de Inversiones Vigente, la empresa Statkraft Perú S.A., con carta SKP/GC-311-2018, solicitó a Osinergmin la modificación del Plan de Inversiones 2017-2021 correspondiente al Área de Demanda 5 (En donde se incluye al Sistema de Transmisión Oroya Nueva - Chumpe).

La empresa Statkraft Perú S.A. señala que el transformador de la S.E. Oroya Nueva presenta sobrecarga de 114% en el año 2018. Por ello, propone ampliar la capacidad

de transformación en la S.E. Oroya Nueva, mediante la implementación de un segundo transformador 50/72,5 kV. Además, en el transformador existente 72,5/2,4 kV de la S.E. Chumpe se presentaba una sobrecarga de 126% para el año 2018 y la barra de MT presenta valores de tensión por debajo del límite permitido (0,95 p.u.) en la Norma Técnica de Calidad de los Servicios Eléctricos. Por ello, a fin de solucionar la sobrecarga y mejorar el perfil de tensión, propone instalar un nuevo transformador 72,5/12/2,4 kV de 8 MVA y dos bancos de capacitores en la barra de 69 kV de la S.E. Chumpe.

Mediante resolución de consejo directivo N°143-2018-OS/CD, el Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería (Osinergmin), concluye en incorporar un nuevo transformador 50/72.5kV en la S.E. Oroya Nueva y dos bancos de capacitores en la barra de 69kV de la S.E. Chumpe, con la finalidad de reforzar el Sistema de Transmisión Oroya Nueva - Chumpe.

Por tal motivo, la empresa Statkraft Perú S.A. desarrollará el proyecto "***Reforzamiento del Sistema de Transmisión Oroya Nueva - Chumpe***", que incluirán los siguientes equipamientos:

- En la S.E. Oroya Nueva, el ingreso de un nuevo transformador 50/72,5 kV de 10/12.5 MVA (ONAN/ONAF).
- En la S.E. Chumpe, se instalará un banco de condensadores de 3.243 MVAr en 69 kV.

Los estudios eléctricos de Pre-Operatividad teniendo en consideración que el año de ingreso del proyecto está previsto para el periodo de estiaje (segundo semestre) del año 2022.

2.2. UBICACIÓN GEOGRÁFICA

La Planta Minera Chumpe, perteneciente a la empresa Sociedad Minera Corona S.A., ubicada en el distrito de Alis, provincia de Yauyos del departamento de Lima. La S.E. Chumpe se conecta al sistema radial Oroya Nueva – Canchayllo – Chumpe de 69 kV.

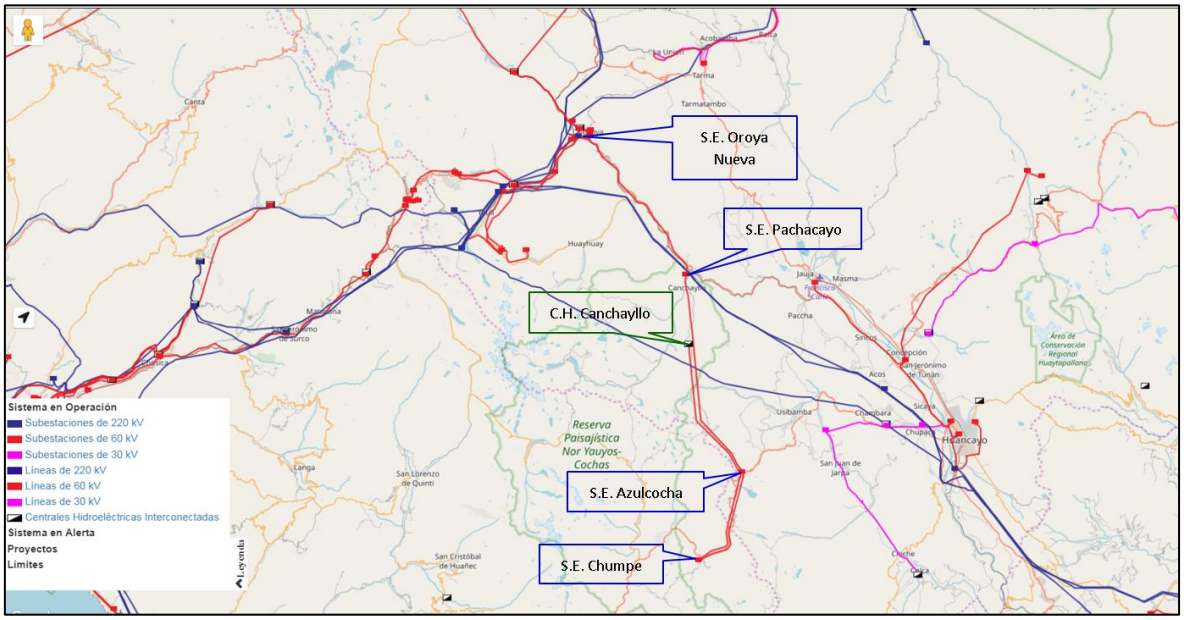

Figura 1. Ubicación geográfica del área de influencia (fuente Osinergmin)

2.3. AÑO DE PUESTA EN SERVICIO

Periodo de estiaje (segundo semestre) del año 2022

2.4. CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS GENERALES DEL PROYECTO

2.4.1. Capacidad de cortocircuito

Se tiene los siguientes valores de cortocircuito:

Tabla 1. Nivel de cortocircuito del Proyecto en S.E. Oroya Nueva

Nivel de tensión	69 kV	50 kV
Corriente nominal de corte en cortocircuito	31.5 kA	31.5 kA

Tabla 2. Nivel de cortocircuito del Proyecto en S.E. Chumpe

Nivel de tensión	69 kV	2.4 kV
Corriente nominal de corte en cortocircuito	25 kA y 40 kA	25 kA

3. CONFIGURACIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO Y PARÁMETROS ELÉCTRICOS

3.1. INFORMACIÓN Y CONFIGURACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA AL PROYECTO

Para permitir abastecer la demanda del área de influencia y mejorar la operación del área de influencia, STATKRAFT realizará el Proyecto "***Reforzamiento del Sistema de Transmisión Oroya Nueva - Chumpe***" que incluye lo siguiente:

- Instalación de un nuevo transformador 50/72,5 kV de 10/12.5 MVA (ONAN/ONAF), en la S.E. Oroya Nueva.
- Instalar el equipamiento del sistema de protección del transformador para los devanados de 50 y 69 kV.
- Instalación de un banco de condensadores de 3.243 MVAr que se conectará en la barra de Chumpe 69 kV.
- Instalar el equipamiento del sistema de protección y medición para el banco de condensadores.
- Instalar un relé multifunción relé Siemens modelo 7SA87 en la S.E. Oroya Nueva para la línea L-6601A/L-6601B (Oroya Nueva – Pachacayo – Canchayllo) de 69 kV.

Para verificar la configuración previa y posterior al ingreso del proyecto, se desarrollan los diagramas que permiten observar la ubicación exacta de los equipos eléctricos a implementarse. En la **Figura 2** se muestra el diagrama unifilar del área de influencia **Sin incluir el Proyecto**. En la **Figura 3** se muestra el diagrama unifilar **incluyendo el Proyecto.**

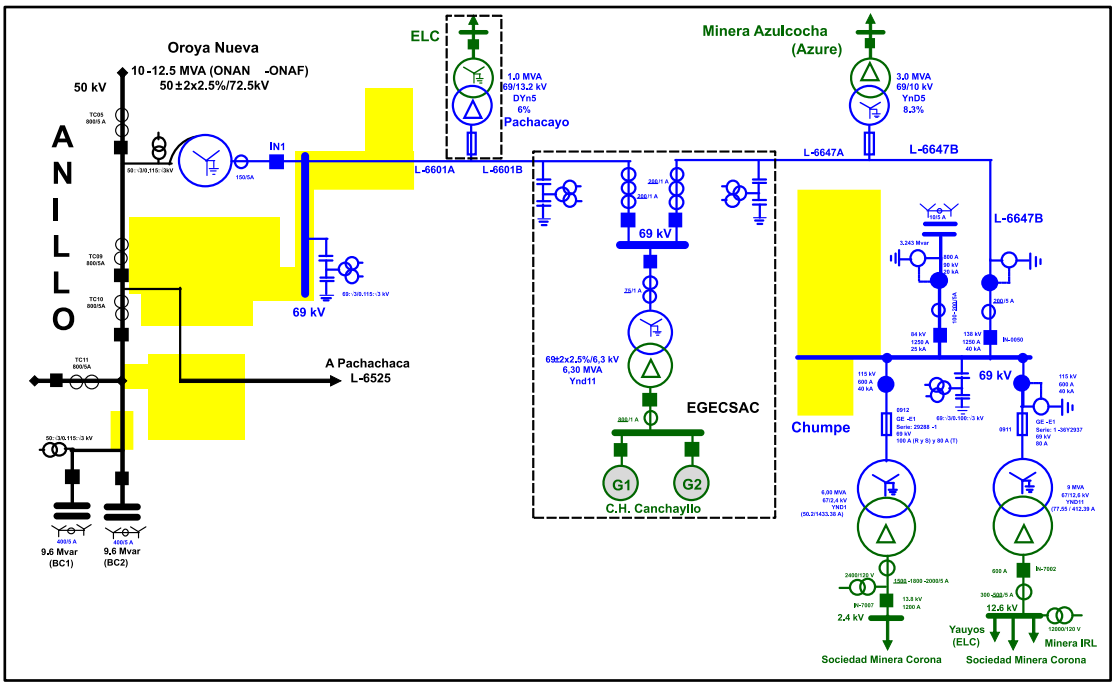

Figura 2. Diagrama unifilar actual del área de influencia **Sin incluir el Proyecto**

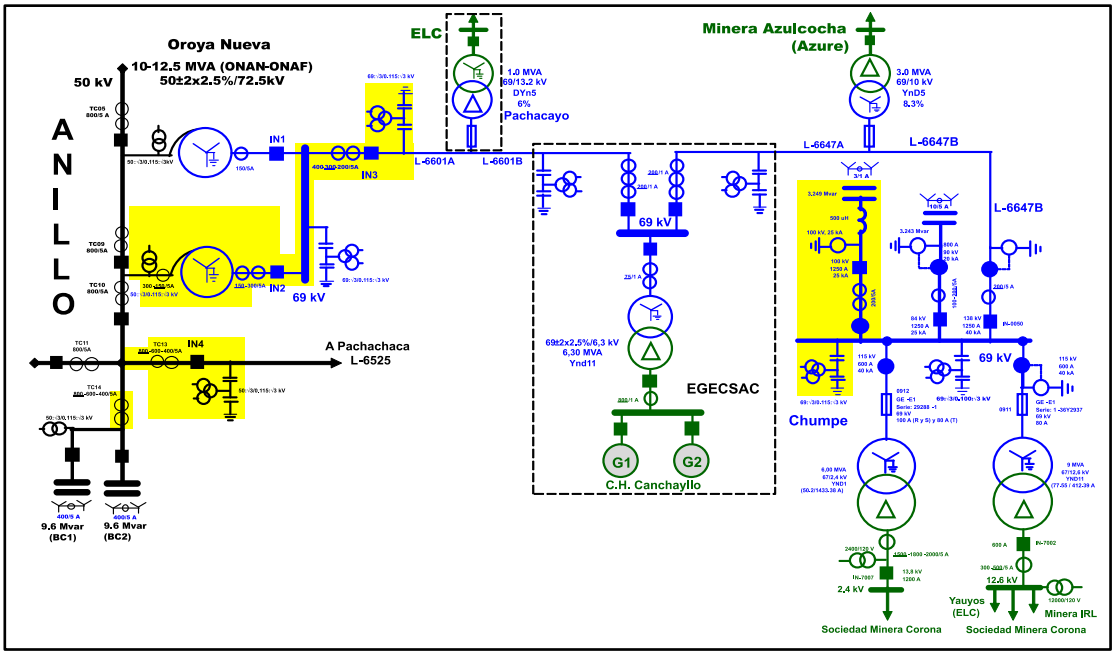

Figura 3. Diagrama unifilar actual del área de influencia **incluyendo el Proyecto**

3.2. PARÁMETROS ELÉCTRICOS DE LOS EQUIPOS

Los parámetros eléctricos de los equipos actuales utilizados para el análisis de flujo de potencia y cálculo de cortocircuito del SEIN son suministrados por el COES a través de la base de datos del software DIgSILENT "Base Datos del SEIN DIgSILENT" publicado en la página web (www.coes.org.pe). Los parámetros de los equipos del proyecto son considerados de los datos técnicos. Las cuales se detallan a continuación:

3.2.1. Datos característicos del transformador de potencia

En la Figura 4 se muestra el diagrama unifilar de la **S.E. Oroya Nueva incluyendo el Proyecto**. En la Figura 5 se muestra los parámetros eléctricos del trasformador de potencia de 10/12.5 MVA (ONAN/ONAF), que se va a instalar en la S.E. Oroya Nueva.

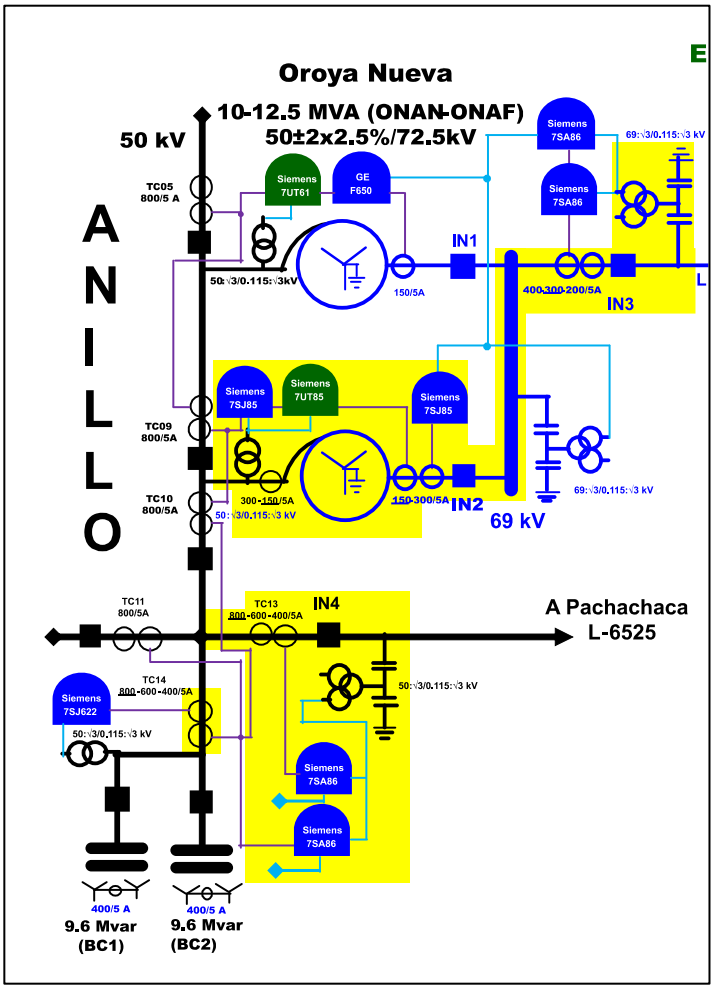

Figura 4. Diagrama unifilar simplificado de la S.E. Oroya Nueva **incluyendo el Proyecto**

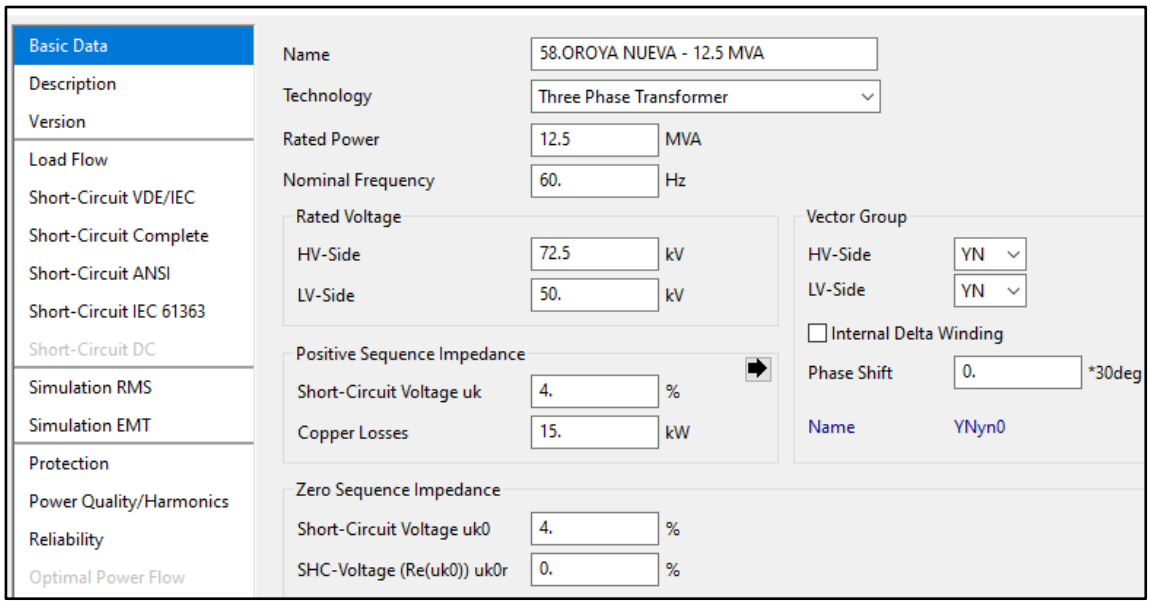

Figura 5. Datos del transformador de potencia de 10/12.5 MVA (ONAN/ONAF) a instalar en la S.E. Oroya Nueva

3.2.2. Parámetros de las líneas de 69 kV asociado al punto de conexión

En la Tabla 3 se muestra los parámetros característicos de las líneas de transmisión de 220 y 69 kV asociado al área de influencia.

Tabla 3. Parámetros de las líneas Oroya Nueva – Canchayllo – Chumpe

Línea	Tensión (kV)	Corriente nominal (A)	Potencia aparente (MVA)	Longitud (km)	Sec. Homopolar				Sec. Homopolar				ZE/ZL		Factor de compensación	
					R1 (Ω)	X1 (Ω)	Z1 (Ω)	Angle Z1 (°)	R0 (Ω)	X0 (Ω)	Z0 (Ω)	Angle Z0 (°)	RE/RL	XE/XL	K0	Angle K0
L-2224	220	656.86	250.30	21.63	1.1399	11.0053	11.0642	84.09	8.8683	26.3886	27.8389	71.42	2.260	0.466	0.519	-20.76
L-2259	220	393	149.75	75.5	4.2431	37.7092	37.9472	83.58	38.8625	117.3743	123.6407	71.68	2.720	0.704	0.763	-17.07
L-6601A	69	515	61.55	37.796	6.4224	18.6528	19.7275	71.00	7.8546	36.0606	36.9061	77.71	0.074	0.311	0.295	14.30
L-6601B1	69	515	61.55	2.96	0.5030	1.4608	1.5450	71.00	0.6151	2.8241	2.8903	77.71	0.074	0.311	0.295	14.30
L-6601B2	69	545	65.13	0.826	0.1149	0.3942	0.4106	73.75	0.1462	0.7746	0.7883	79.31	0.091	0.322	0.310	11.55
L-6647A1	69	545	65.13	0.826	0.1149	0.3942	0.4106	73.75	0.1462	0.7746	0.7883	79.31	0.091	0.322	0.310	11.55
L-6647A2	69	515	61.55	28.56	4.8530	14.0947	14.9068	71.00	5.9352	27.2486	27.8875	77.71	0.074	0.311	0.295	14.30
L-6647B	69	515	61.55	32.4	5.5055	15.9898	16.9111	71.00	6.7332	30.9123	31.6371	77.71	0.074	0.311	0.295	14.30

3.2.1. Parámetros del Banco de Condensador a instalar en la S.E. Chumpe

En la figura 6 se muestra los parámetros del banco de condensadores a instalar en la barra de 69 kV de la S.E. Chumpe.

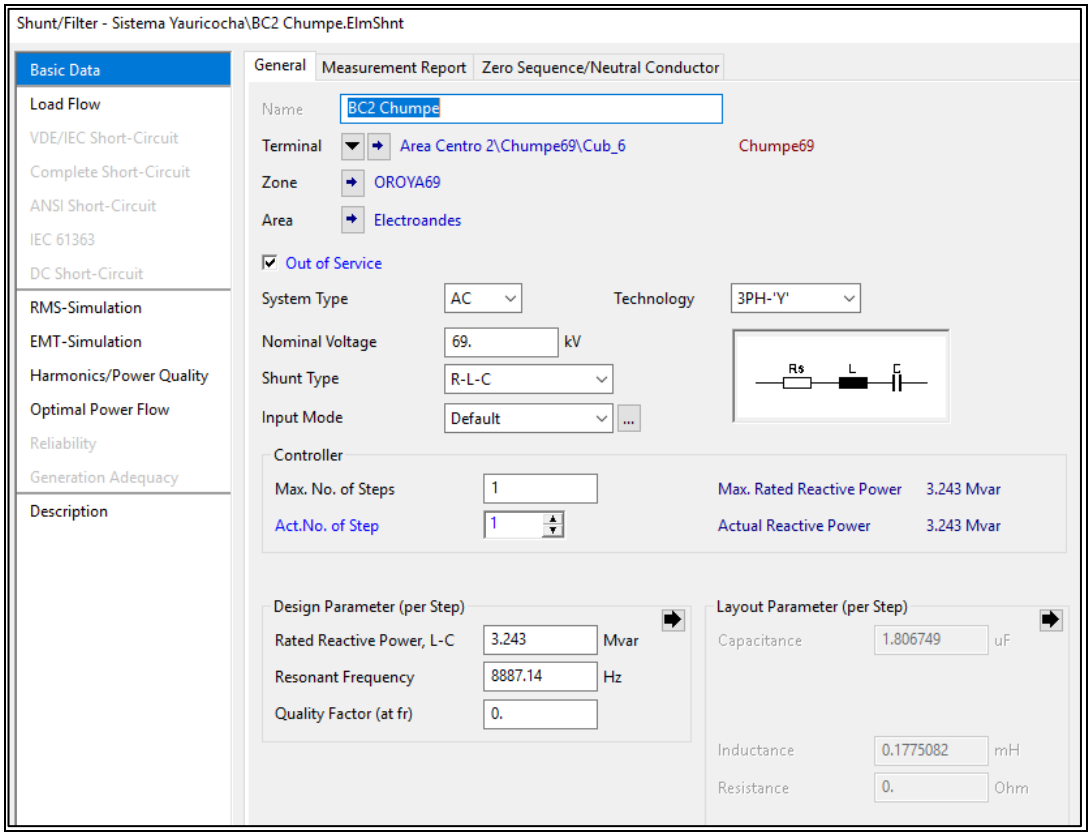

Figura 6. Datos del Banco de Condensador a instalar en la S.E. Chumpe

3.3. DESCRIPCIÓN DE LOS EQUIPOS DEL PROYECTO

3.3.1. Subestación Oroya Nueva

Los equipos a ser instalados en la subestación Oroya Nueva serán del tipo convencional para ser instalados al exterior, excepto los tableros de control, medición y protección que estarán localizados al interior en las respectivas casetas de control.

3.3.1.1. Autotransformador de potencia

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	DATOS TÉCNICOS
Tipo		Trifásico
Altura de instalación	msnm	3800
Instalación		Al Exterior

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	DATOS TÉCNICOS
Relación de transformación	kV	72.5/50±2x2.5
Potencia Nominal ONAN/ONAF	MVA	10.0 / 12.5
Frecuencia Nominal	Hz	60
Tensión de resistencia a la onda de impulso 1,2/50 µs (Interno AT/BT)	kVp	325 / 250
Tensión de resistencia a la frecuencia industrial (Interno AT/BT)	kV rms	140 / 95
Tensión de resistencia a la onda de impulso 1,2/50 µs (Externo AT/BT)	kVp	450 / 325
Tensión de resistencia a la frecuencia industrial (Externo AT/BT)	kV rms	185 / 140
Grupo de Conexión		YNyn0
Tensión de cortocircuito Ucc (a 12.5 MVA)	%	4.0
Tipo de conmutador de tomas de Regulación		Vacío
Distancia nominal de fuga específica	mm/kV	25 mm/kV

3.3.1.2. Interruptor de Potencia 50 kV

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	DATOS TÉCNICOS
Tipo		3Ø, en SF6, tanque vivo
Altura de instalación	msnm	3800
Instalación		Al Exterior
Tensión Máxima del Equipo	kV	72.5
Tensión de resistencia a la onda de impulso 1,2/50 µs	kVp	325
Tensión de resistencia a la frecuencia industrial	kV rms	140
Frecuencia Nominal	Hz	60
Corriente Nominal en Servicio Continuo	A	1250
Corriente Nominal de Corte en cortocircuito	kA	31.5
Corriente Nominal de Cierre en cortocircuito	kAp	80
Línea de fuga específica de columna aislante	mm/kV	25
Tipo de accionamiento		Tripolar
Mecanismo de operación		Por resortes

3.3.1.3. Interruptor de Potencia 69 kV

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	DATOS TÉCNICOS
Tipo		3Ø, en SF6, tanque vivo
Altura de instalación	msnm	3800
Instalación		Al Exterior
Tensión Máxima del Equipo	kV	100
Tensión de resistencia a la onda de impulso 1,2/50 μs	kVp	450
Tensión de resistencia a la frecuencia industrial	kV rms	185
Frecuencia Nominal	Hz	60
Corriente Nominal en Servicio Continuo	A	1250
Corriente de Corte en cortocircuito	kA	25
Corriente de Cierre en cortocircuito	kAp	63
Línea de fuga específica de columna aislante	mm/kV	25
Tipo de accionamiento		Tripolar
Mecanismo de operación		Por resortes

3.3.1.4. Seccionadores de barras y de línea 50 kV

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	DATOS TÉCNICOS
Tipo		3Ø, apertura vertical
Montaje		Vertical / Horizontal
Altura de instalación	msnm	3800
Instalación		Al Exterior
Tensión Máxima del Equipo	kV	72.5
Tensión de resistencia a la onda de impulso 1,2/50 μs	kVp	325
Tensión de resistencia a la frecuencia industrial	kV rms	140
Frecuencia Nominal	Hz	60
Corriente Nominal en Servicio Continuo	A	1250
Corriente Soportada en Cortocircuito (3s)	kA	31.5
Línea de fuga específica de columna aislante	mm/kV	25
Cuchilla de puesta a tierra	Si / No	Si (Sección. de Línea) No (Sección. De Barra)
Tipo de accionamiento		Tripolar

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	DATOS TÉCNICOS
Mecanismo de operación		Manual / Motorizada

3.3.1.5. Seccionadores de barras y de línea 69 kV

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	DATOS TÉCNICOS
Tipo		3Ø, apertura vertical
Montaje		Vertical / Horizontal
Altura de instalación	msnm	3800
Instalación		Al Exterior
Tensión Máxima del Equipo	kV	100
Tensión de resistencia a la onda de impulso 1,2/50 μs	kVp	450
Tensión de resistencia a la frecuencia industrial	kV rms	185
Frecuencia Nominal	Hz	60
Corriente Nominal en Servicio Continuo	A	1250
Corriente Soportada en Cortocircuito (3s)	kA	25
Línea de fuga específica de columna aislante	mm/kV	25
Cuchilla de puesta a tierra	Si / No	Si (Sección. de Línea) No (Sección. De Barra)
Tipo de accionamiento		Tripolar
Mecanismo de operación		Manual / Motorizada

3.3.1.6. Transformadores de Corriente 50 kV

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	DATOS TÉCNICOS
Tipo		1Ø
Montaje		En soporte metálico
Altura de instalación	msnm	3800

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	DATOS TÉCNICOS
Instalación		Al Exterior
Tensión Máxima del Equipo	kV	72.5
Tensión de resistencia a la onda de impulso 1,2/50 µs	kVp	325
Tensión de resistencia a la frecuencia industrial	kV rms	140
Frecuencia Nominal	Hz	60
Corriente Soportada en Cortocircuito (1s)	kA	31.5
Relación de transformación		800 – 600 – 400 / 5 A
Número de núcleos de medición		1
Número de núcleos de protección		2
Potencia de precisión de los núcleos de medición	VA	30
Potencia de precisión de los núcleos de protección	VA	30
Clase de precisión para medición		0.2S
Clase de precisión para protección		5P30

3.3.1.7. Transformadores de Corriente 69 kV

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	DATOS TÉCNICOS
Tipo		1Ø
Montaje		En soporte metálico
Altura de instalación	msnm	3800
Instalación		Al Exterior
Tensión Máxima del Equipo	kV	100
Tensión de resistencia a la onda de impulso 1,2/50 µs	kVp	450
Tensión de resistencia a la frecuencia industrial	kV rms	185
Frecuencia Nominal	Hz	60

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	DATOS TÉCNICOS
Corriente Soportada en Cortocircuito (1s)	kA	25
Relación de transformación		400 – 300 – 200 / 5 A
Número de núcleos de medición		1
Número de núcleos de protección		2
Potencia de precisión de los núcleos de medición	VA	30
Potencia de precisión de los núcleos de protección	VA	30
Clase de precisión para medición		0.2S
Clase de precisión para protección		5P20

3.3.1.8. Transformadores de Tensión 50 kV

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	DATOS TÉCNICOS
Tipo		Capacitivo, Monofásico
Altura de instalación	msnm	3800
Tensión de servicio	kV	50
Tensión máxima de servicio	kV	52.5
Tensión de resistencia a la onda de impulso 1,2/50 μs	kVp	325
Tensión de resistencia a la frecuencia industrial	kVrms	140
Relación de transformación	kV	$\frac{50}{\sqrt{3}} / \frac{0.115}{\sqrt{3}} - \frac{0.115}{\sqrt{3}}$ kV
Frecuencia nominal	Hz	60

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	DATOS TÉCNICOS
Consumo y clase de precisión - Protección - Medición		30 VA – 3P 30 VA – Clase 0.2
Accesorios para transmisión por onda portadora		No
Distancia nominal de fuga específica	mm/kV	25

3.3.1.9. Transformadores de Tensión 69 kV

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	DATOS TÉCNICOS
Tipo		Capacitivo, 1Φ, para acoplamiento a sistema de transmisión por onda portadora
Altura de instalación	msnm	3800
Tensión de servicio	kV	69
Tensión máxima de servicio	kV	72.5
Tensión de resistencia a la onda de impulso 1,2/50 μs	kVp	450
Tensión de resistencia a la frecuencia industrial	kVrms	185
Relación de transformación	kV	$\frac{69}{\sqrt{3}} / \frac{0.115}{\sqrt{3}} - \frac{0.115}{\sqrt{3}}$ kV
Frecuencia nominal	Hz	60
Consumo y clase de precisión - Protección - Medición		30 VA – 3P 30 VA – Clase 0.2

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	DATOS TÉCNICOS
Accesorios para transmisión por onda portadora - Montaje de trampa de onda en el transformador - Bornes - Gap de protección - Interruptor de desconexión de alta frecuencia - Bobina de drenaje - Calentador anticondensación - Tensión auxiliar		 Si Si Si Si Si Si 220 Vac, 1Ø
Distancia nominal de fuga específica	mm/kV	25

3.3.1.10. Pararrayos 50 kV

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	DATOS TÉCNICOS
Tipo		Óxido Metálico (ZnO)
Norma de fabricación		IEC
Altura de instalación	msnm	3800
Tensión nominal asignada, Ur	kV	42
Tensión continua de operación, Uc	kV	34
Frecuencia (Hz)	Hz	60
Corriente nominal de descarga	kA	10
Clase		3
Distancia nominal de fuga específica	mm/kV	25

3.3.1.11. Pararrayos 69 kV

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	DATOS TÉCNICOS
Tipo		Óxido Metálico (ZnO)
Norma de fabricación		IEC
Altura de instalación	msnm	3800

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	DATOS TÉCNICOS
Tensión nominal asignada, Ur	kV	60
Tensión continua de operación, Uc	kV	48
Frecuencia (Hz)	Hz	60
Corriente nominal de descarga	kA	10
Clase		3
Distancia nominal de fuga específica	mm/kV	25

3.3.2. Subestación Chumpe

3.3.2.1. Banco de Condensadores

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	DATOS TÉCNICOS
Tipo		Trifásico
Altura de instalación	msnm	4170
Instalación		Al Exterior
Frecuencia Nominal	Hz	60
Voltaje Nominal del Sistema	kV	69
Voltaje Máximo del Sistema	kV	72.5
Tensión de resistencia a la onda de impulso 1,2/50 μs	kVp	450
Tensión de resistencia a la frecuencia industrial	kVrms	185
Potencia Nominal 3ϕ al Voltaje Nominal del Sistema	MVAr	3.243
Número de Etapas		1
Conexión en Doble Estrella		Si
Neutros unidos a través de un CT de desbalance		10/5
Neutro Flotante		Si

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	DATOS TÉCNICOS
Fusibles Internos		Si
Medio de descarga de la energía almacenada		Resistencias de Descarga
Reactancia limitadora de la corriente de energización		Si
Cuchilla de Puesta a Tierra		Si
Distancia nominal de fuga específica	mm/kV	25

3.3.2.2. Interruptor de Potencia 69 kV

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	DATOS TÉCNICOS
Tipo		3Ø, en SF6, tanque vivo
Altura de instalación	msnm	4170
Instalación		Al Exterior
Tensión Máxima del Equipo	kV	100
Tensión de resistencia a la onda de impulso 1,2/50 μs	kVp	450
Tensión de resistencia a la frecuencia industrial	kV rms	185
Frecuencia Nominal	Hz	60
Corriente Nominal en Servicio Continuo	A	1250
Corriente Nominal de Corte en cortocircuito	kA	25
Corriente Nominal de Cierre en cortocircuito	kAp	63
Línea de fuga específica de columna aislante	mm/kV	25
Tipo de accionamiento		Tripolar
Mecanismo de operación		Por resortes

3.3.2.3. Seccionadores de barras 69 kV

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	DATOS TÉCNICOS
Tipo		3Ø, apertura central lateral
Montaje		Horizontal
Altura de instalación	msnm	4170
Instalación		Al Exterior
Tensión Máxima del Equipo	kV	100
Tensión de resistencia a la onda de impulso 1,2/50 μs	kVp	450
Tensión de resistencia a la frecuencia industrial	kV rms	185
Frecuencia Nominal	Hz	60
Corriente Nominal en Servicio Continuo	A	1250
Corriente Soportada en Cortocircuito (3s)	kA	25
Línea de fuga específica de columna aislante	mm/kV	25
Cuchilla de puesta a tierra	Si / No	No
Tipo de accionamiento		Tripolar
Mecanismo de operación		Manual / Motorizada

3.3.2.4. Transformadores de Corriente 69 kV

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	DATOS TÉCNICOS
Tipo		1Ø
Montaje		En soporte metálico
Altura de instalación	msnm	4170
Instalación		Al Exterior
Tensión Máxima del Equipo	kV	100
Tensión de resistencia a la onda de impulso 1,2/50 μs	kVp	450
Tensión de resistencia a la frecuencia industrial	kV rms	185
Frecuencia Nominal	Hz	60
Corriente Soportada en Cortocircuito (1s)	kA	25
Relación de transformación		50-75-100-200-400 / 5 A
Número de núcleos de medición		1
Número de núcleos de protección		1
Potencia de precisión de los núcleos de medición	VA	30
Potencia de precisión de los núcleos de protección	VA	30
Clase de precisión para medición		0.2
Clase de precisión para protección		5P20

3.3.2.5. Transformador de corriente de desbalance – Banco de condensadores 69 kV

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	DATOS TÉCNICOS
Tipo		1Ø
Altura de instalación	msnm	4170
Instalación		Al Exterior
Tensión Máxima del Equipo	kV	100
Tensión de resistencia a la onda de impulso 1,2/50 μs	kVp	450

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	DATOS TÉCNICOS
Tensión de sostenimiento a frecuencia industrial, 1 min del arrollamiento primario	kV	185
Frecuencia Nominal	Hz	60
Corriente Soportada en Cortocircuito (1s)	kA	EP
Relación de transformación		10 / 5 A
Número de núcleos de medición		-
Número de núcleos de protección		1
Consumo protección	VA	30
Precisión protección	CI	Definido por el fabricante

3.3.2.6. Transformadores de Tensión 69 kV

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	DATOS TÉCNICOS
Tipo		Capacitivo, Monofásico
Altura de instalación	msnm	4170
Tensión de servicio	kV	69
Tensión máxima de servicio	kV	72.5
Tensión de resistencia a la onda de impulso 1,2/50 μs	kVp	450
Tensión de resistencia a la frecuencia industrial	kVrms	185
Relación de transformación	kV	$\frac{69}{\sqrt{3}} / \frac{0.100}{\sqrt{3}} - \frac{0.100}{\sqrt{3}}$ kV
Frecuencia nominal	Hz	60
Consumo y clase de precisión - Protección - Medición		 30 VA – 3P 30 VA – Clase 0.2
Accesorios para transmisión por onda portadora		No
Distancia nominal de fuga específica	mm/kV	25

3.3.2.7. Pararrayos 69 kV

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	DATOS TÉCNICOS
Tipo		Óxido Metálico (ZnO)
Norma de fabricación		IEC
Altura de instalación	msnm	4170
Tensión nominal asignada, Ur	kV	60
Tensión continua de operación, Uc	kV	48
Frecuencia (Hz)	Hz	60
Corriente nominal de descarga	kA	10
Clase		3
Distancia nominal de fuga específica	mm/kV	25

3.3.3. Protección del tramo del anillo de 50 kV de la S.E. Oroya Nueva

En el relé PL2 de la línea L-6525 se habilita una zona muerta para proteger el tramo de barra del anillo de 50 kV de la S.E. Oroya Nueva para lo cual se cablea las señales de corrientes del anillo y del banco de condensadores.

Esta zona muerta se tiene en cuenta para una etapa temporal y una etapa definitiva.

Para despejar una falla entre en el tramo del anillo de 50 kV de la S.E. Oroya, conformado entre los TC de la línea L-6525, TC del Banco de Condensador y TCs del anillo de 50 kV (ver Figura) se habilita en el relé PL1 de la línea L-6525.

Para proteger se habilitará una función de sobrecorriente de fases y de tierra. El arranque de la función de sobrecorriente se definirá en el Estudio de Operatividad.

Lógica para la Etapa Temporal:

Para la lógica se cablea la posición abierta del interruptor de la línea L-6525. Se utiliza una etapa de sobrecorriente de fases y una de tierra condicionada con la posición abierta del interruptor, tal como se muestra la figura. Por seguridad para evitar la activación ante corriente remanente tipo exponencial en secundario del TC o corriente de arco en el interruptor, la lógica se temporiza 50 ms.

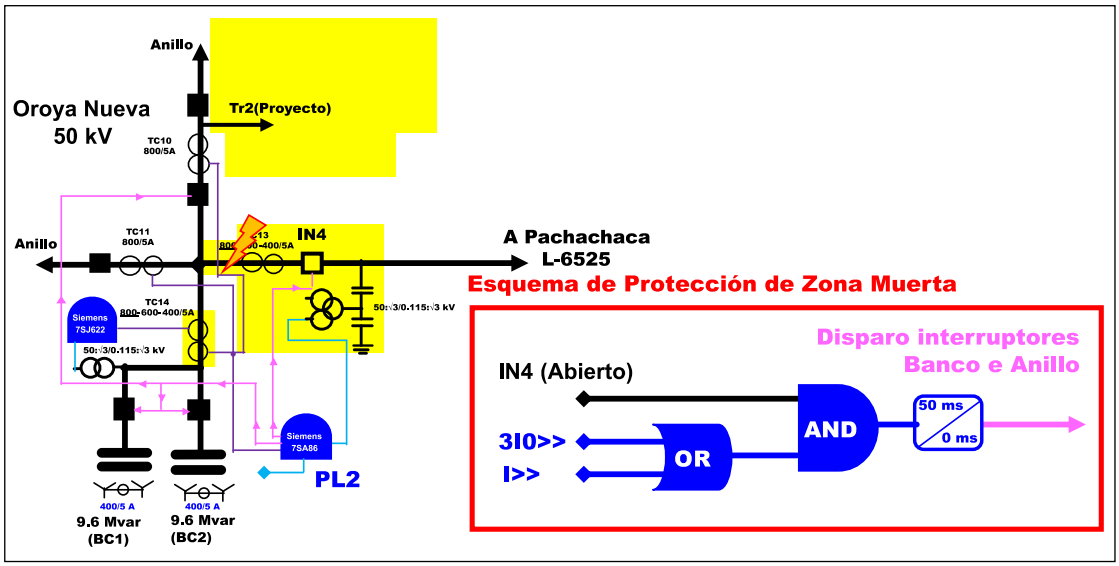

Figura 7. Ubicación y lógica de zona muerta (Etapa temporal)

Lógica para la Etapa Definitiva:

Para una etapa definitiva se adquirirá una tarjeta de tres entradas analógicas de corriente con el cual se cableará al relé PL2. Esta etapa será un sobrecorriente, en similitud a una protección diferencial, considerando la suma externa de las señales de corriente (salida de la suma de la corriente del banco y anillo de 50 kV sumado externamente con la corriente de la línea). Con este esquema no dependeremos de la posición abierta del interruptor y se disminuirá los tiempos de despeje de falla.

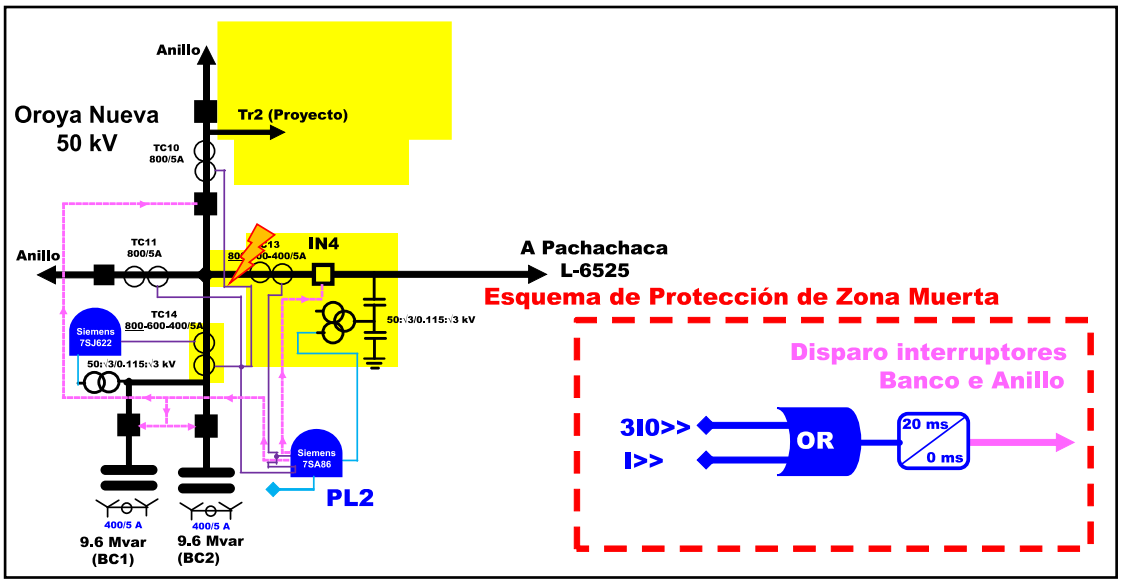

Figura 8. Ubicación y lógica de zona muerta (Etapa Definitiva)

4. CONCLUSIONES DE LOS ESTUDIOS ELÉCTRICOS

4.1. Con el Estudio de Flujo de Carga se concluyó lo siguiente:

El análisis de flujo de carga en operación normal y contingencia realizado en el presente Estudio tiene por finalidad evaluar el impacto que genera el "***Proyecto Reforzamiento del Sistema de Transmisión Oroya Nueva - Chumpe***" al SEIN, así como validar las características de los equipos que se instalará con el Proyecto. Como resultado se tiene las siguientes conclusiones:

De los análisis del comportamiento del sistema en operación normal y en contingencia para los diferentes escenarios de los periodos de estiaje 2022, avenida 2023, y avenida y estiaje 2024, se concluye que el ingreso del proyecto no afecta en forma negativa a la operación del Sistema Interconectado Nacional, por el contrario, mejora la operación del sistema eléctrico, por los siguientes motivos:

Operación Normal:

- En el caso Sin Proyecto, la barra de 69 kV de la S.E. Chumpe opera con una tensión promedio de 0.947 p.u. y con el ingreso del Proyecto se mejora a una tensión promedio de 0.972 p.u. De forma similar se mejora el perfil de tensión en las barras de 2.4 y 12.6 kV de la S.E. Chumpe, también las tensiones de la S.E. Azulcocha.
- En la configuración actual, por ser un sistema radial, para mejorar el perfil de tensión en la barra de la S.E. Chumpe es necesario que la barra de 69 kV de la S.E. Oroya Nueva se opere en el orden de 72 kV, tensión promedio de 1.032 p.u. Con el ingreso del Proyecto y al disponer de compensación en la S.E. Chumpe la tensión promedio se disminuye a 1.020 p.u.
- Con el ingreso del segundo transformador de la S.E. Oroya Nueva, la posición de los taps en los dos transformadores será de "-2", siendo la posición superior "+2" y la posición inferior "-2".
- Con respecto a la cargabilidad por los transformadores, se registran sobrecargas para el caso Sin Proyecto, por ejemplo: el transformador de 50/69 kV (tr2 oro_651) de la S.E. Oroya Nueva, en el periodo de avenida (2023 y 2024), se encuentra operando cerca al límite de su capacidad, y en periodos de estiaje (2022 y 2024) opera por encima de su capacidad nominal. Por lo tanto, de no ejecutarse el Proyecto el transformador podría cargarse en promedio hasta 114.11%, por el cual se necesitaría realizar un rechazo de carga en la zona para evitar la sobrecarga

mencionada. Cabe indicar que con ingreso del Proyecto la cargabilidad disminuye cuyo valor promedio es 55.23% de su capacidad en los escenarios de estiaje.

- Es necesario mencionar que el transformador de 69/10 kV, 3 MVA de la subestación Azulcocha para el caso Sin Proyecto viene operando con una cargabilidad superior al 100%, obteniéndose una cargabilidad promedio de 103.5% de su capacidad, por ende, este comportamiento es ajeno al Proyecto.
- El Proyecto no tiene impacto en las tensiones de 220 y 50 kV ni en los transformadores de 220/50 debido a que no se incluye conexión de demanda.
- La cargabilidad en las líneas de transmisión en los casos Sin Proyecto y Con Proyecto se mantiene por debajo del 100% de su capacidad nominal de operación.

Contingencia 1 (Desconexión de la S.E. Canchayllo):

- La tensión en las barras para el caso Sin y Con Proyecto, se encuentran dentro de los valores admisibles de operación en contingencia (±10% de la tensión de operación).
- La cargabilidad en las líneas de transmisión en los casos Sin Proyecto y Con Proyecto se mantiene por debajo del 120% de su capacidad nominal de operación.
- En el caso Sin Proyecto, la cargabilidad promedio que se registra en el transformador de 72.5/50 kV de la S.E. Oroya Nueva es 140%, pero con el ingreso del Proyecto esta cargabilidad disminuye por debajo del 100% de su capacidad nominal. Por lo tanto, el ingreso del segundo transformador que forma del Proyecto mejorará la operación en el sistema radial Oroya Nueva – Canchayllo – Chumpe. Cabe indicar que la cargabilidad del transformador de la S.E. Azulcocha no depende del Proyecto.

Contingencia 2 (Desconexión del transformador Oroya Nueva 220/50 kV):

- La tensión en las barras para el caso Sin y Con Proyecto, se encuentran dentro de los valores admisibles de operación en contingencia (±10% de la tensión de operación).
- La cargabilidad en las líneas de transmisión en los casos Sin Proyecto y Con Proyecto se mantiene por debajo del 120% de su capacidad nominal de operación.
- En el caso Sin Proyecto, la cargabilidad promedio que se registra en el transformador de 72.5/50 kV de la S.E. Oroya Nueva es de 111% en los periodos hidrológicos de estiaje (2022 y 2024), pero con el ingreso del Proyecto esta cargabilidad disminuye por debajo del 100% de su capacidad nominal. Por lo tanto,

el ingreso del segundo transformador que forma del Proyecto mejorará la operación en el sistema radial Oroya Nueva – Canchayllo – Chumpe.

Cabe indicar que la cargabilidad del transformador de la S.E. Azulcocha no depende del Proyecto.

Contingencia 3 (Desconexión de la barra Chumpe 12.6 kV):

- La tensión en las barras para el caso Sin y Con Proyecto, se encuentran dentro de los valores admisibles de operación en contingencia (±10% de la tensión de operación).
- La cargabilidad en las líneas de transmisión en los casos Sin Proyecto y Con Proyecto se mantiene por debajo del 120% de su capacidad nominal de operación ante contingencia.
- En el caso Sin Proyecto y Con Proyecto, la cargabilidad es menor al 100% de su capacidad.

Contingencia 4 (Desconexión del banco de condensadores 3.242 Mvar EN S.E. Chumpe 69 kV):

- La tensión en las barras para el caso Sin Proyecto registra valores por debajo de 0.90 p.u. en la barra de 69 kV de la S.E. Chumpe, pero con el ingreso del Proyecto los perfiles de tensión estarán por encima de 0.90 pu.
- La cargabilidad en las líneas de transmisión en los casos Sin Proyecto y Con Proyecto se mantiene por debajo del 120% de su capacidad nominal de operación ante contingencia.
- En el caso Sin Proyecto, la cargabilidad promedio que se registra en el transformador de 72.5/50 kV de la S.E. Oroya Nueva es de 120% en los periodos hidrológicos de estiaje (2022 y 2024), pero con el ingreso del Proyecto esta cargabilidad disminuye por debajo del 100% de su capacidad nominal. Por lo tanto, el ingreso del segundo transformador que forma del Proyecto mejorará la operación en el sistema radial Oroya Nueva – Canchayllo – Chumpe.
- Cabe indicar que la cargabilidad del transformador de la S.E. Azulcocha no depende del Proyecto.

Contingencia 5 (Desconexión de la línea Canchayllo – Chumpe de 69 kV):

- La tensión en las barras para el caso Sin y Con Proyecto, se encuentran dentro de los valores admisibles de operación en contingencia (±10% de la tensión de operación).

- La cargabilidad en las líneas de transmisión en los casos Sin Proyecto y Con Proyecto se mantiene por debajo del 120% de su capacidad nominal de operación ante contingencia.
- En el caso Sin Proyecto y Con Proyecto, la cargabilidad es menor al 100% de su capacidad.

Contingencia 6 (Desconexión de un transformador de 50/69 kV de la S.E. Oroya Nueva):

- En el caso sin Proyecto se forma un sistema aislado con déficit de generación mayor a 10 MW, en el cual se espera un colapso del área aislado. El colapso del sistema Oroya Nueva – Canchayllo – Chumpe se presentaría por caída de frecuencia o por sobretensión. Cabe indicar que en los resultados de flujo de carga los grupos de la C.H. Canchayllo asumen la carga con presencia de sobretensión en la red de 69 kV, el cual no es un escenario operable. Con el ingreso del proyecto los perfiles de tensión se encuentran dentro del rango de operación en contingencia ±10% de la tensión de operación.
- Con el ingreso del Proyecto se espera que el transformador conectado en paralelo quede sobrecargado con un nivel promedio de 111% de su capacidad en los periodos hidrológicos de estiaje (años 2022 y 2024) y con una carga menor a su capacidad en los periodos hidrológicos de avenida.
- El ingreso del segundo transformador que forma del Proyecto mejorará la operación en el sistema radial Oroya Nueva – Canchayllo – Chumpe.
- Cabe indicar que la cargabilidad del transformador de la S.E. Azulcocha no depende del Proyecto.

Cabe mencionar en el presente Estudio de Pre Operatividad tiene por final el Reforzamiento del Sistema de Transmisión Oroya Nueva - Chumpe y no tiene por finalidad incrementar la carga en el S.E. Chumpe. El incremento de carga deberá ser presentado mediante un Estudio de Pre Operatividad por el titular del Proyecto incluyendo la instalación de los equipos necesarios.

4.2. Con el Estudio de Cortocircuito se concluyó lo siguiente:

El análisis de cortocircuito realizado en el presente Estudio tiene por finalidad evaluar el impacto que generara el "Proyecto de Reforzamiento del Sistema de Transmisión Oroya Nueva - Chumpe", así como validar las características de los nuevos equipos que se instalarán con el Proyecto. De los escenarios analizados se obtiene los siguientes resultados:

- ✓ Con el ingreso del Proyecto no se modifica los niveles de cortocircuito de las barras de 220 y 138 kV del SEIN.
- ✓ **En la barra de 50 kV de la S.E. Oroya Nueva la máxima corriente de cortocircuito para el caso Sin Proyecto es 19.18 kA por fase y 25.29 kA por tierra. Con el ingreso del Proyecto resulta 19.23 kA por fase y 25.44 kA por tierra.**
- ✓ **En la barra de 69 kV de la S.E. Oroya Nueva la máxima corriente de cortocircuito para el caso Sin Proyecto es 2.41 kA por fase y 2.81 kA por tierra. Con el ingreso del Proyecto resulta 3.94 kA por fase y 4.59 kA por tierra.**
- ✓ En la barra de 69 kV de la S.E. Pachacayo la máxima corriente de cortocircuito para el caso Sin Proyecto es 1.43 kA por fase y 1.73 kA por tierra. Con el ingreso del Proyecto resulta 1.7 kA por fase y 1.94 kA por tierra.
- ✓ En la barra de 13.2 kV de la S.E. Pachacayo la máxima corriente de cortocircuito para el caso Sin Proyecto es 0.79 kA por fase y 0.83 kA por tierra. Con el ingreso del Proyecto resulta 0.81 kA por fase y 0.84 kA por tierra.
- ✓ En la barra de 69 kV de la S.E. Canchayllo la máxima corriente de cortocircuito para el caso Sin Proyecto es 1.41 kA por fase y 1.74 kA por tierra. Con el ingreso del Proyecto resulta 1.65 kA por fase y 1.94 kA por tierra.
- ✓ En la barra de 6.3 kV de la S.E. Canchayllo la máxima corriente de cortocircuito para el caso Sin Proyecto es 9.22 kA por fase y 12.9 kA por tierra. Con el ingreso del Proyecto resulta 9.5 kA por fase y 13.13 kA por tierra.
- ✓ En la barra de 69 kV de la S.E. Azulcocha la máxima corriente de cortocircuito para el caso Sin Proyecto es 1.05 kA por fase y 1.39 kA por tierra. Con el ingreso del Proyecto resulta 1.17 kA por fase y 1.49 kA por tierra.
- ✓ **En la barra de 69 kV de la S.E. Chumpe la máxima corriente de cortocircuito para el caso Sin Proyecto es 0.91 kA por fase y 1.36 kA por**

tierra. Con el ingreso del Proyecto resulta 0.99 kA por fase y 1.44 kA por tierra.

- ✓ En la barra de 10 kV de la S.E. Azulcocha la máxima corriente de cortocircuito para el caso Sin Proyecto es 1.67 kA por fase y 0 kA por tierra. Con el ingreso del Proyecto resulta 1.72 kA por fase y 0 kA por tierra.
- ✓ En la barra de 2.4 kV de la S.E. Chumpe la máxima corriente de cortocircuito para el caso Sin Proyecto es 9.82 kA por fase y 0 kA por tierra. Con el ingreso del Proyecto resulta 10.34 kA por fase y 0 kA por tierra.
- ✓ En la barra de 12.6 kV de la S.E. Chumpe la máxima corriente de cortocircuito para el caso Sin Proyecto es 2.12 kA por fase y 0 kA por tierra. Con el ingreso del Proyecto resulta 2.24 kA por fase y 0 kA por tierra.

Por lo tanto, la capacidad de cortocircuito de los equipos (Oroya Nueva 50 kV: 31.5 kA, Oroya Nueva 69 kV: 31.5 kA y Chumpe 69 kV: 25 kA) instalados con el Proyecto son adecuados.

4.3. Con el Estudio de Transitorios Electromagnéticos se concluyó lo siguiente:

- La energización de un transformador tiene un gran contenido de segundo armónico, por lo que es necesario, ver el comportamiento de la impedancia con respecto a la frecuencia (Scan de Frecuencia) para detectar posibles resonancias asociadas a la energización del segundo transformador (72.5±2x2.5%/50 kV, 12.5 MVA) de la S.E. Oroya Nueva.
- Esta respuesta es utilizada para observar la aparición de sobretensiones elevadas que podrían existir durante la energización del transformador como consecuencia de la interacción de la red con las corrientes de inserción de los transformadores durante la maniobra de energización.
- La impedancia armónica en las condiciones sin Proyecto presenta una resonancia paralela (polos) con una frecuencia aproximadamente de 310 a 320 Hz. Con el ingreso del Proyecto la frecuencia de resonancia paralela varía a valores que se encuentran entre 225 a 240 Hz. Con el ingreso del Proyecto, la impedancia armónica para los armónicos 5, 7 y 11 disminuyen, con el cual disminuirá la distorsión armónica en la red.
- Para obtener la máxima corriente de energización se realiza una simulación estadística. Los tiempos de cierre de los interruptores se obtiene de dichos resultados que representan la máxima corriente de energización. Con la energización del transformador, en la fase "R" se registra una corriente de 725.65 A-pico el cual representa 3.56 veces la corriente nominal (204.12 A-pico). Cabe mencionar que la energización se realiza cerrando la fase "R" a los 21.1 ms, la fase "S" a los 20.6569ms y la fase "T" a los 19.507353 ms, tiempos extraídos de las simulaciones estadísticas con el objetivo de registrar las máximas corrientes de energización.
- Para limitar la corriente de energización del segundo banco de condensadores (3.243 Mvar), cuando ya se encuentra energizado el primero, es necesario incluir una inductancia de choque en el nuevo banco de condensadores cuyo valor mínimo es de 350 uH. Con ello la corriente pico se limitará a valores menores de 2.8 kA. Cabe indicar que el fabricante del banco de condensadores, durante el diseño del banco, definirá la magnitud respetando los valores mínimos sugeridos. El banco actual (3.243 Mvar) no dispone de inductancia de choque, el cual no se

instalará debido a que solo será suficiente con la inductancia de choque del nuevo banco de condensadores.

4.4. Con el Estudio de Armónicos se concluyó lo siguiente:

1. Para la evaluación de armónicos de la barra de 2.4 kV de la S.E. Chumpe se dispone de la medición desde las 11:40 h del 15.10.2019 hasta las 12:30 h del 23.10.2019. Para la evaluación de armónicos de la barra de 12.6 kV de la S.E. Chumpe se dispone de la medición desde las 09:00 h del 29.11.2019 hasta las 10:50 h del 06.12.2019.
2. De la evaluación de los armónicos en las barras de 2.4 y 12.6 kV de la S.E. Chumpe, el 5to armónico se encuentra cercano al 4%; sin embargo, no transgrede el límite (6%) establecido en la NTCSE. Por ende, todos armónicos se encuentran dentro de las tolerancias establecidas en la NTCSE. Cabe mencionar que el límite en tensiones menores a 60 kV es 6%, mientras que en tensiones mayores es 2%; por lo tanto, en la barra de 69 kV se espera que se supere el límite del 5to armónico, tal como se estimó mediante simulaciones.
3. La impedancia armónica no dispone de cero o polos que ponga en riesgos la operación del área de influencia. Más aun de acuerdo a las simulaciones se observa que el ingreso del Proyecto disminuye los niveles del 5to y 7mo armónico.
4. Después de la puesta en servicio del Proyecto se realizará mediciones de los niveles de armónicos con el cual se validará el desempeño y comportamiento.
5. Con el ingreso del Proyecto se observa que los niveles del 5to y 7mo armónico se reducen en comparación del caso sin Proyecto. Por lo tanto, con el ingreso del Proyecto no se amplifica los niveles de armónicos.
6. Los armónicos son generados por la carga las cuales se encuentra en los niveles de 2.4 y 12.6 kV. Por lo tanto, estos deben ser filtrados en dichos niveles de tensión y ser ejecutado por lo clientes libres.
7. Adicionalmente, se evaluó el comportamiento si se instala banco tipo filtro de 5to armónico y un segundo caso los dos bancos tipo filtro (uno de 5to y el segundo de 7mo armónico) en la barra de 69 kV. Si se instala en la barra de 69 kV un banco tipo filtro solo de 5ta armónico, el nivel 7mo armónico se amplifica (ver Tabla). **Por este motivo si se instala bancos con filtro del 5to armónico será necesario instalar también de 7mo armónico; sin embargo, debido que el presente Proyecto forma parte del**

Plan de Inversiones y no de uso exclusivo de un cliente, la instalación de filtros no forma parte del Alcance.

S.E.	Tensión [kV]	Distorsión Armónica [%]							
		Sin Proyecto		Con Proyecto (sin Filtro)		Proyecto con Banco con solo filtro de 5to Armónico		Proyecto con Banco con filtro de 5to y 7mo Armónico	
		5to	7mo	5to	7mo	5to	7mo	5to	7mo
Chumpe	69	4.308	1.790	1.158	0.771	0.164	10.623	0.192	0.129
	12.6	4.222	0.611	1.017	0.380	0.331	11.920	0.359	1.289
	2.4	3.348	0.765	0.227	0.223	1.183	11.865	1.210	1.146

8. El presente Proyecto tiene por objetivo reforzar el sistema de transmisión Oroya Nueva – Chumpe cuyo alcance está establecido en el Plan de Inversiones y no forma parte de un estudio de Pre - Operatividad de carga. Por lo tanto, es necesario que el cliente libre tome acciones para reducir los niveles del 5to y 7mo armónico el cual debe ser filtrado en sus instalaciones.

5. DIAGRAMA UNIFILAR

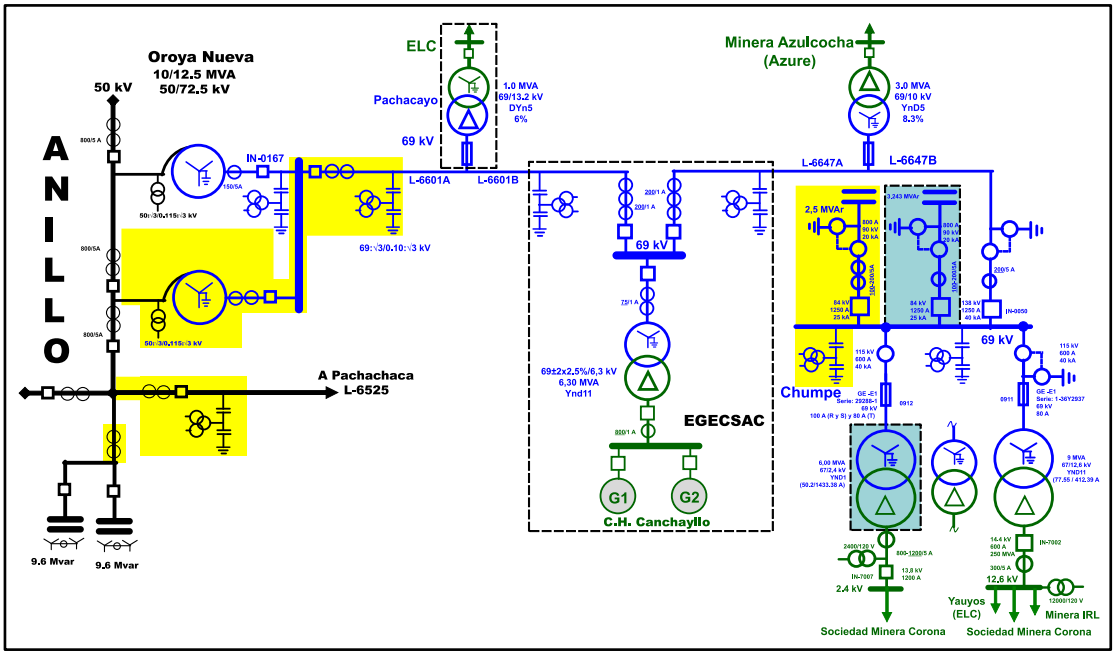

Figura 9. Diagrama unifilar actual del área de influencia **<u>incluyendo el Proyecto</u>**