Estudio de Operatividad

“Central Eólica Expansión Punta Lomitas 36.4 MW”

IT01: Resumen Ejecutivo (RE)

2	20/01/2023	APROBACIÓN	EEGALOC	EEGALOC	ENGIE
1	27/10/2022	APROBACIÓN	EEGALOC	EEGALOC	ENGIE
vers.	**Fecha**	**Emitido Para**	**Por**	**Revisado**	**Aprobado**
Informe Técnico Nro. 01		**EEG-028-2022-ENS IT01 RE CE EXPANSIÓN PUNTA LOMITAS**			
Cliente					

Estudio de Operatividad

Central Eólica Expansión Punta Lomitas 36.4 MW

IT01: Resumen Ejecutivo (RE)

Índice General

1. Introducción 5
1.1. Antecedentes 5
1.2. Objetivos 6
1.3. Alcances 6
1.4. Ubicación Geográfica y Eléctrica del Proyecto 6
1.5. Configuración del Proyecto 9
1.6. Punto de Conexión al SEIN 10
1.7. Características Eléctricas Generales del Proyecto 11
1.7.1. Niveles de Tensión y aislamiento 11
1.7.2. Capacidad de cortocircuito 12
1.8. Cronograma y Fecha de Puesta en Operación Comercial 12
2. Resumen de las Características de la Central 13
2.1. Capacidad de Diseño 13
2.2. Parque Eólico 14
2.3. Control de Tensión 16
2.4. Centro de Transformación 18
2.5. Transformador de Potencia Colector 18
2.6. Celdas de Media Tensión 19

3. Resumen de la Ingeniería del Proyecto 20

3.1. Subestación Punta Lomitas 20

3.2. Sistema de Comunicación y Control 22

3.3. Esquema de Desconexión Automática de Generación 24

4. Conclusiones del Análisis Eléctrico 27

4.1. Resultados del análisis en operación normal ..... **Error! Bookmark not defined.**

4.2. Resultados del análisis en operación ante contingencia ..... **Error! Bookmark not defined.**

4.3. Resultados del Caso Adicional (Sin considerar los proyectos C.E. Wayra Extensión y C.E San Juan de Marcona): **Error! Bookmark not defined.**

4.3.1. Resultados del análisis en operación normal **Error! Bookmark not defined.**

4.3.2. Contingencias ..... **Error! Bookmark not defined.**

4.4. Modo de Operación 2.2. ..... **Error! Bookmark not defined.**

4.4.1. Resultados del análisis en operación normal **Error! Bookmark not defined.**

4.4.2. Resultados del Análisis Contingencias ..... **Error! Bookmark not defined.**

4.5. Modo de Operación 2.3. – 2.4 ..... **Error! Bookmark not defined.**

4.5.1. Resultados del análisis en operación normal **Error! Bookmark not defined.**

4.5.2. Resultados del Análisis Contingencias ..... **Error! Bookmark not defined.**

4.6. Estudio de Cortocircuito 40

4.7. Coordinación de Protecciones 41

4.8. Resonancia Subsincrona 46

4.9. Estudio de Armónicos 48

4.10. Estudio de Estabilidad 49

5. Anexos 52

Índice de Figuras

Figura 1. Ubicación geográfica del Proyecto..... 7
Figura 2. Ubicación geográfica del proyecto de la CE Expansión Punta Lomitas (Google Earth)..... 8
Figura 3. Diagrama unifilar del punto de conexión..... 11
Figura 4. Cronograma de implementación (Fuente: ENGIE) 12
Figura 5. Imagen de las dimensiones externas 1. Altura (90 m), 2. Diámetro (145 m) 15
Figure 6. Reactive Power Capability for 5.2 MW..... 17
Figura 7. Q variability with respect to voltage. 18
Figura 8. Esquema simplificado de la comunicación del Esquema de Desconexión Automática de Generación..... 25
Figura 9. Extracto del documento "SSCI Screening_Punta Lomitas WF 48

Índice de Tablas

Tabla 1. Área de la C.E. Punta Lomitas 7
Tabla 2. Área de la C.E. Expansión Punta Lomitas 7
Tabla 3. Niveles de Aislamiento..... 11
Tabla 4. Nivel de cortocircuito del Proyecto 12
Tabla 5. Características del Proyecto 13
Tabla 6. Coordenadas de los ejes de los aerogeneradores 14
Tabla 7. Características de la Turbina Eólica..... 15
Tabla 8. Tasas de rampa de potencia activa / reactiva (valores preliminares) 16
Tabla 9. Parámetros eléctricos de los transformadores de 33/0.69 kV..... 18
Tabla 10. Parámetros de los transformadores de potencia de la S.E. Punta Lomitas . 19
Tabla 11. Características de los cables de media tensión (33 kV) 19
Tabla 12. Parámetros eléctricos de los cables de energía de 33 kV..... 19

Estudio de Operatividad

Central Eólica Expansión Punta Lomitas 36.4 MW

IT01: Resumen Ejecutivo (RE)

1. Introducción

1.1. Antecedentes

ENGIE Energía Perú S.A. (ENGIE), con la finalidad de ampliar su capacidad de generación con energías renovables no convencionales, viene desarrollando el proyecto Central Eólica Expansión Punta Lomitas (en adelante, el "Proyecto") con una capacidad de 36.4 MW, Punto de Conexión al Sistema Eléctrico Interconectado Nacional (SEIN) en la barra de 33 kV de la subestación Punta Lomitas y ubicado en el distrito de Ocucaje, departamento de Ica.

El COES otorgó la conformidad del Estudio de Preoperatividad (EPO) del proyecto C.E. Uma de 36.4 MW mediante carta COES/D/DP-1069-2022 del 20 de julio del 2022 y posteriormente mediante carta COES/D/DP-1419-2022 del 25 de octubre de 2022, a solicitud de ENGIE el COES aprobó el cambio de nombre del proyecto C.E. Uma para que a partir de dicha fecha pase a denominarse C.E. Expansión Punta Lomitas.

ENGIE Energía Perú S.A. ha contratado a la empresa Estudios Eléctricos Galoc E.I.R.L. para la elaboración del Estudio de Operatividad (EO) de la Central Eólica Expansión Punta Lomitas de 36.4 MW. En ese sentido, el presente documento desarrolla el resumen detallado de los análisis eléctricos de flujo de carga, cortocircuito y estabilidad transitoria en condiciones normales de operación y en contingencias (n-1), siendo requisito y complemento del informe del Estudio de Operatividad del proyecto "Central Eólica Expansión Punta Lomitas de 36.4 MW",

además, se toma en cuenta el alcance establecido mediante carta N° COES/D/DP-1130-2022 del 08 de agosto de 2022, la información referencial publicada por el COES para estudios de Pre-Operatividad (https://www.coes.org.pe/Portal/Planificacion/NuevosProyectos/EstudiosPO) el Diagnóstico Operativo del Plan de Transmisión 2021-2030 y los proyectos en el área centro sur del SEIN.

1.2. Objetivos

Presentar la descripción técnica del Proyecto "Central Eólica Expansión Punta Lomitas de 36.4 MW" y presentar las conclusiones de los estudios eléctricos que permita la interconexión del Proyecto al SEIN.

1.3. Alcances

En el presente documento se incluye:

- **Generalidades:** Antecedentes, ubicación (coordenadas UTM WGS 84 de líneas y subestaciones), características eléctricas generales del proyecto (niveles de aislamiento, capacidad de cortocircuito, niveles de tensión, etc.)
- **Descripción de las instalaciones construidas**: subestaciones, líneas, sistemas de compensación, sistemas de protección, comunicaciones, etc.
- Conclusiones de los Estudios Eléctricos del Sistema Proyectado.
- Resultados del estudio de coordinación de la protección.
- Diagrama Unifilar del Sistema Proyectado.
- Cronograma estimado del ingreso del proyecto y sus etapas.

1.4. Ubicación Geográfica y Eléctrica del Proyecto

La Central Eólica (CE) Expansión Punta Lomitas de 36.4 MW, se ubicará geográficamente en el departamento de Ica, provincia de Ica, distrito de Ocucaje (ver Figura), y se conectará al Sistema Eléctrico Interconectado Nacional (SEIN) en la barra de 33 kV de la subestación Punta Lomitas, que se implementará con el proyecto C.E. Punta Lomitas, por intermedio de cables de energía XLPE.

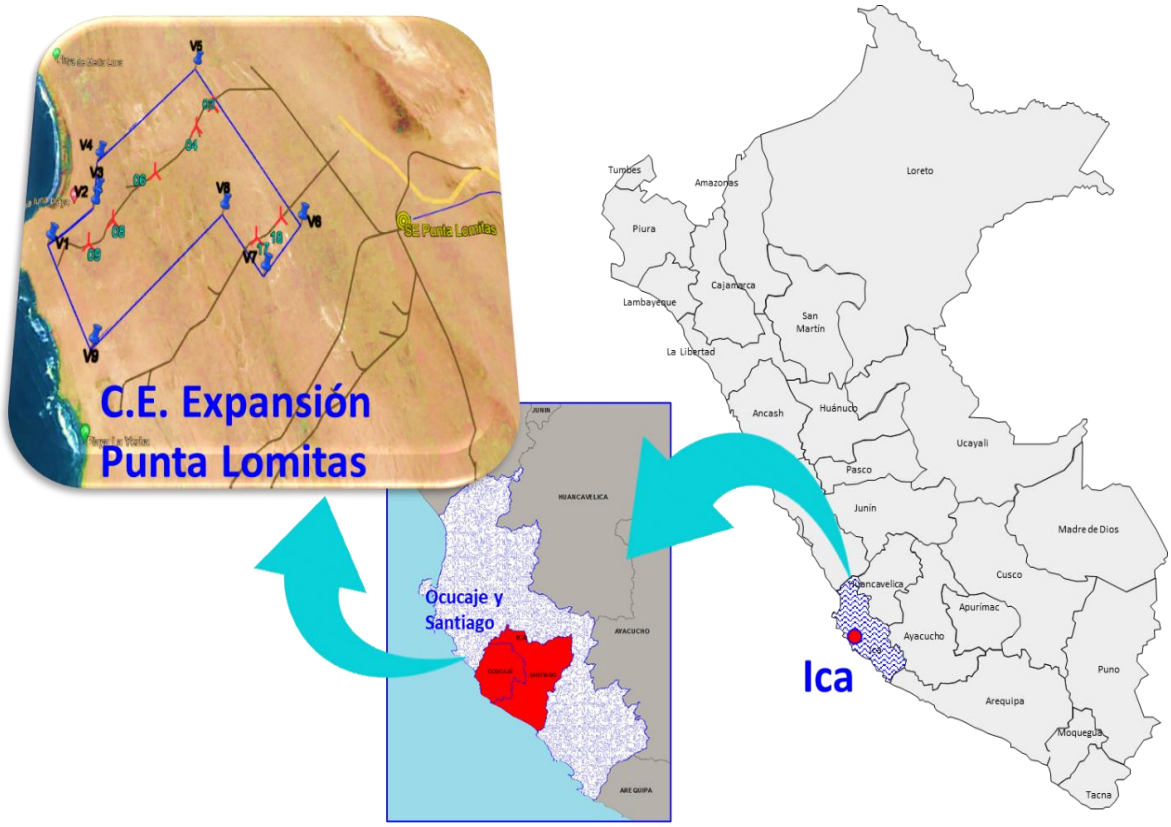


Figura 1. Ubicación geográfica del Proyecto

El área total de ubicación del terreno que ocupará la CE Punta Lomitas queda definida aproximadamente por los vértices que se muestran en la Tabla 1, puntos que fueron extraídos de la documentación del informe de la CE Punta Lomitas. Asimismo, la ubicación definida aproximada de los vértices del área del proyecto de la CE Expansión Punta Lomitas de 36.4 MW se muestra en la Tabla 2.

Tabla 1. Área de la C.E. Punta Lomitas

Cuadro de Coordenadas UTM WGS84 – ZONA 18L								
VÉRTICE	**ESTE (m)**	**SUR (m)**	**VÉRTICE**	**ESTE (m)**	**SUR (m)**	**VÉRTICE**	**ESTE (m)**	**SUR (m)**
1	405343.47	8377444.599	11	400735.75	8383358.392	21	405880.24	8384774.77
2	403199.33	8378458.824	12	400122.89	8384567.226	22	405869.34	8384314.742
3	402733.7	8378802.957	13	400534.85	8384793.363	23	404345.88	8384235.732
4	401763.82	8379339.037	14	400614.91	8384862.318	24	404349.58	8384162.925
5	401587.01	8379451.643	15	400648.67	8384962.445	25	404478.89	8384094.567
6	401212.19	8380435.258	16	400669.52	8385322.852	26	404627.78	8383920.026
7	400999.72	8380698.05	17	402707.96	8387495.49	27	404678.6	8383758.237
8	400590.83	8381175.714	18	403965.39	8385371.509	28	404777.23	8382180.529
9	400853.36	8381725.053	19	404209.51	8385040.8	29	405426.72	8379262.481
10	400969.47	8382058.547	20	405007.71	8384752.805	30	406303.59	8378734.741

Tabla 2. Área de la C.E. Expansión Punta Lomitas

Cuadro de Coordenadas UTM WGS84 – ZONA 18L		
VÉRTICE	**ESTE (m)**	**SUR (m)**
12	400122.8900	8384567.2260
13	400534.8500	8384793.3630
14	400614.9100	8384862.3180
15	400648.6700	8384962.4450
16	400669.5102	8385322.6827
31	402009.6185	8386233.8225
32	403029.2442	8384391.3872
33	402505.0646	8383955.3861
34	402119.1700	8384576.8300
35	400593.1684	8383639.6267

Figura 2. Ubicación geográfica del proyecto de la CE Expansión Punta Lomitas (Google Earth)

1.5. Configuración del Proyecto

La Central Eólica Expansión Punta Lomitas de 36.4 MW estará compuesta por 7 aerogeneradores de 5.2 MW distribuidos en dos (2) circuitos de 33 kV. Dentro de cada aerogenerador, se encuentran los equipos de control, protección y conexión en baja tensión. El transformador de BT/MT (0.69/33) kV de 5.5 MVA se encuentra situado en la góndola (nacell) de cada aerogenerador.

Para la evacuación de la energía de la central eólica se realizará mediante un cable de energía para el Circuito 16 (33 kV 3x1x400 mm2) de 4.02 km y otro para el Circuito 17 (33 kV Cu 3x1x630 mm2) de 2.017 km aproximadamente, ambos circuitos (C16 y C17) se conectarán a la ampliación de la barra simple (A, B) de la subestación Punta Lomitas de 33 kV respectivamente, manteniendo una distribución de la energía generada y que no afecte a la operación de la CE Punta Lomitas.

Según el plan vinculante de transmisión propuesta y desarrollada por el COES, por el área Dirección de Planificación de Transmisión, por el período 2021 – 2030, se planteó una serie de proyectos, de las cuales seis (6) proyectos formarían parte primordial que mejorarían la confiabilidad y la operación del sistema.

La infraestructura necesaria para llevar a cabo la conexión del Proyecto se resume a continuación:

S.E. Punta Lomitas de 33 kV, contará con los siguientes equipos:

- Implementación de dos (2) bahías en la barra 33 kV de la S.E. Punta Lomitas para la conexión de las líneas en media tensión que vienen de los aerogeneradores (cable subterráneo) de 33kV, el equipamiento de la bahía de línea será similar a las existentes.
- Ampliación de las barras "A y B" simples de 33 kV en la S.E. Punta Lomitas, en el cual se implementará dos nuevas celdas, una en cada barra, con los siguientes equipos:
  - ✓ Un pararrayo de línea en la llegada del cable de energía 36 kV; 10kA.
  - ✓ Un seccionador con puesta a tierra: 33 kV, 630 A.
  - ✓ Un transformador de corriente de dos devanados: 400-800/1/1 1x10VA Cl0.2, 1x15VA 5P20.
  - ✓ Un interruptor de potencia extraíble: 33 kV, 170 kV-BIL, 31.5 kA
  - ✓ Equipos para el sistema control y protección.

Red de media tensión:

- ✓ Dos líneas tipo cable de energía.
- ✓ 7 transformadores de MT/BT 33/0.69 kV de 5.5 MVA y grupo de conexión Dyn1.
- ✓ 7 aerogeneradores de 5.2 MW cada uno.
- ✓ Dos (2) pasos de 2.5 Mvar, uno por cada banco de capacitores BC1/BC2, que se conectarán a la barra de 33 kV de la SE Punta Lomitas.

Por otro lado, el Proyecto requerirá realizar la instalación de la segunda etapa de refrigeración forzada ONAF2 de los transformadores principales 220/33 kV de la subestación Punta Lomitas para incrementar la potencia nominal de 150 MVA a 175 MVA.

1.6. Punto de Conexión al SEIN

La Central Eólica Expansión Punta Lomitas de 36.4 MW, se conectará al SEIN a través de la barra de 33 kV de la subestación Punta Lomitas 33/220 kV que se implementará con el proyecto CE Punta Lomitas (propiedad ENGIE).

Para la conexión del Proyecto se ampliará dos nuevas celdas en las barras de 33 kV de la subestación Punta Lomitas, una en la barra "A" y otra en la barra "B". En estas nuevas celdas se conectarán los circuitos C16 y C17 de 33 kV respectivamente, que recolectarán la producción de los nuevos aerogeneradores.

El diagrama unifilar detallado del punto de conexión en 33 kV de la central eólica Expansión Punta Lomitas se presenta en el **Anexo A**, el mismo que de forma simplificada se muestra en la siguiente figura.

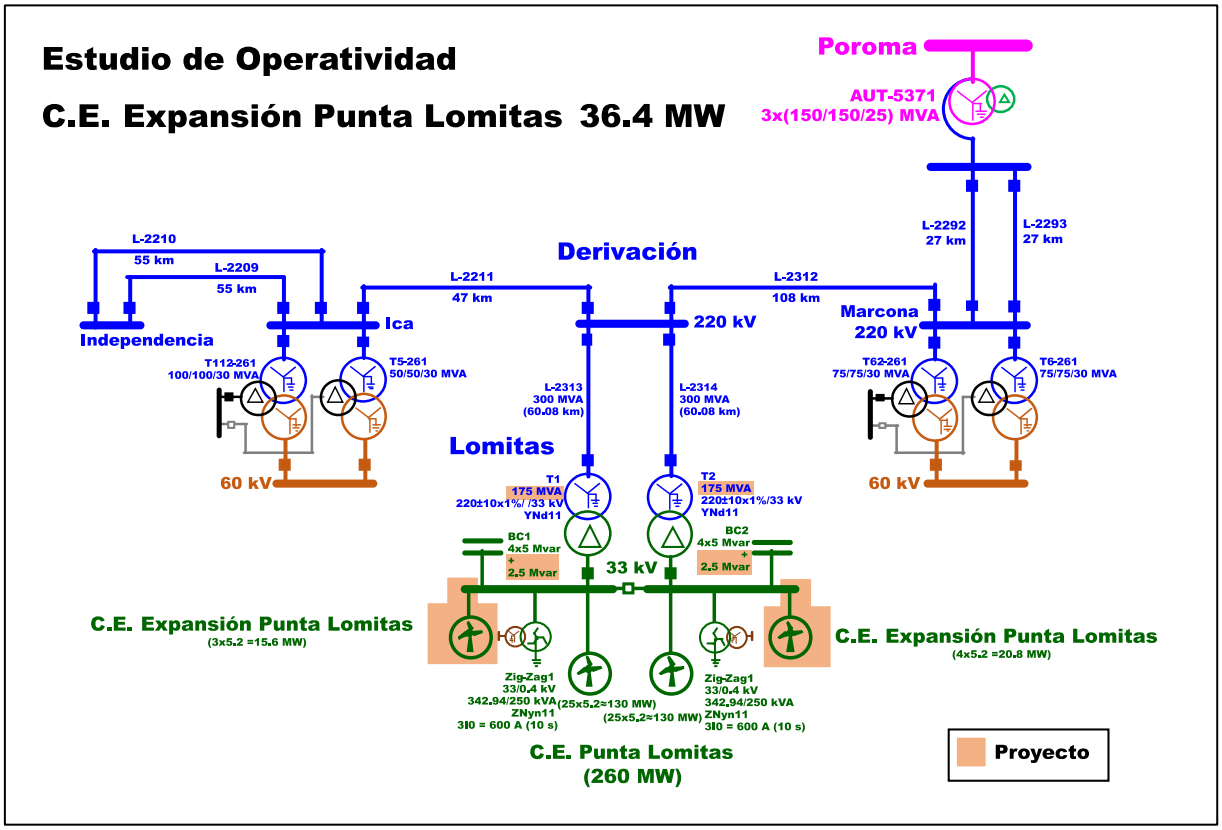


Figura 3. Diagrama unifilar del punto de conexión

1.7. Características Eléctricas Generales del Proyecto

1.7.1. Niveles de Tensión y aislamiento

De acuerdo con los resultados del análisis de coordinación de aislamiento y con lo especificado en el código nacional de electricidad, en función del nivel de tensión de la red se han definido los siguientes niveles de aislamiento:

Tabla 3. Niveles de Aislamiento

Descripción	Valor asignado
Tensión nominal	33kV
Tensión más elevada de la red	36kV
Tensión asignada del material	36kV
Tensión asignada soportada al impulso tipo rayo	170kVp
Frecuencia asignada	60 Hz

1.7.2. Capacidad de cortocircuito

Para el diseño de la instalación y la selección de equipos, se han considerado los siguientes valores de cortocircuito:

Nivel de tensión	33 kV
Corriente nominal de corte	31.5 kA

Tabla 4. Nivel de cortocircuito del Proyecto

1.8. Cronograma y Fecha de Puesta en Operación Comercial

El inicio de las pruebas de puesta en servicio del Proyecto está previsto para marzo 2023 y la puesta en operación comercial para el segundo trimestre del año 2023.

A continuación, se muestra el cronograma de implementación actualizado del Proyecto:

CRONOGRAMA PROYECTO EXPANSIÓN PUNTA LOMITAS																		
ITEM	ACTIVIDAD	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12	M13	M14	M15	M16	M17
		Ene-22	Feb-22	Mar-22	Abr-22	May-22	Jun-22	Jul-22	Ago-22	Set-22	Oct-22	Nov-22	Dic-22	Ene-23	Feb-23	Mar-23	Abr-23	May-23
1	**Construcción de obras civiles**																	
1.1	Construcción																	
2	**Fabricación, montaje y comisionado de equipos de generación**																	
2.1	Suministro de equipos (incluye ingeniería)																	
2.2	Montaje y comisionado																	

Figura 4. Cronograma de implementación (Fuente: ENGIE)

2. Resumen de las Características de la Central

A continuación, se detalla las características de la CE Expansión Punta Lomitas de 36.4 MW.

2.1. Capacidad de Diseño

La Central Eólica Expansión Punta Lomitas estará conformada por siete (7) aerogeneradores de 5.2 MW de potencia nominal, que generarán una potencia máxima total de 36.4 MW. Se conectará al SEIN en la barra de 33 kV de la subestación Punta Lomitas a través de dos circuitos de 33 kV, uno se conectará a la barra "A" del transformador 1 y el otro a la barra "B" del transformador 2, que se implementarán con el proyecto C.E. Punta Lomitas. Así se tiene que en el primer circuito que se conecta a la barra "A" se colocará 3 aerogeneradores (15.6 MW) y en el segundo circuito que se conecta a la barra "B" se colocará 4 aerogeneradores (20.8 MW), cada uno de los aerogeneradores estarán dispuestos en alineamientos distribuidos para aprovechar los vientos dominantes en la zona.

Tabla 5. Características del Proyecto

Aerogenerador	
Type	Doubly Fed
Rated Power [PN]	5000 / 5200 kW
Frequency [fN]	50-60 Hz
Voltage, Stator [UNS]	3 x 690 V±10% (at rated speed)
Number of Poles	3
Winding Connection	Delta
Rated rpm	50 Hz: 1120 rpm 60 Hz: 1310 rpm
Power factor at PnG	0.90 underexcited (inductive) up to 0.90 overexcited (capacitive) possible
Insulation Class	H
Enclosure	IP54

Cada aerogenerador estará compuesto por una torre de 90 m de altura, que se compondrá de 4 partes ensambladas una sobre otra, palas de 71.6 m cada una y una góndola que contiene al generador y componentes principales del equipo. El diámetro del rotor es de 145 m, resultando un área de rotor de aprox. 16.513 m2. La velocidad mínima de giro del rotor será de 3 rpm.

Cada aerogenerador generará a un nivel de tensión de 690 V el cual será elevado a un nivel de 33 kV por medio de un transformador. La energía eléctrica será transportada por medio de cableado subterráneo a la barra de 33 kV de la nueva

subestación Punta Lomitas que se implementará con el proyecto CE Punta Lomitas. Las coordenadas (UTM WGS84 – Zona 18L), de ubicación de los aerogeneradores, se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 6. Coordenadas de los ejes de los aerogeneradores

Cuadro de Coordenadas UTM WGS84 – ZONA 18L		
AERO	**ESTE (m)**	**SUR (m)**
6	401365.0112	8385072.4263
8	400850.9862	8384678.4865
9	400569.5531	8384504.4468
3	402139.3312	8385680.0381
4	401909.6341	8385475.1474
17	402471.1121	8384284.2478
18	402780.0342	8384427.5124

2.2. Parque Eólico

La turbina eólica Siemens Gamesa SG 5.0/5.2-145 es una turbina para emplazamientos medios y altos de vientos, de velocidad variable, una potencia nominal de 5.2 MW y su temperatura operativa bordea de -20°C a 25°C. Además, el rotor tiene un diámetro de 145 m y ocupa un área de barrido aproximadamente de aprox. 16.513 m2. Cuenta con 3 palas de 71.6 m cada una, el material es de fibra de vidrio reforzada con resina de epoxi y tecnología de carbono pultruido, integrando el Know – how en aerodinámica.

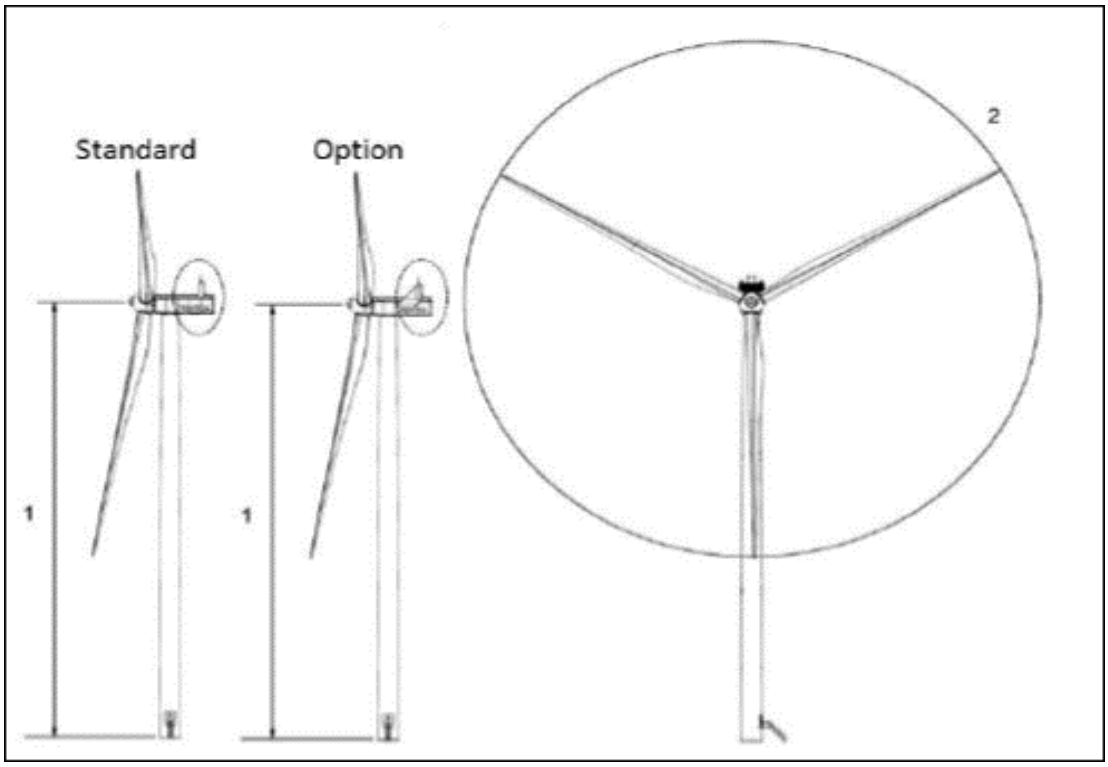


Figura 5. Imagen de las dimensiones externas 1. Altura (90 m), 2. Diámetro (145 m)

Tabla 7. Características de la Turbina Eólica

SG 5-5.2-145	
Regulación de Potencia	Paso regulado con velocidad variable
Datos Operativos	
Potencia nominal	5.200 kW
Cut-in wind speed	3 m/s
Cut-out wind speed	25 m/s
Re cut-in wind speed	23m/s
Clase de viento	IEC IIB
Rango de temperatura estándar	-20°C* to +45°C
with de-rating above	30°C
Potencia de Sonido	
Máximo	109.9dB(A)
Rotor	
Rotor diameter	145 m
Swept área	16.513 m²
Air brake	full blade feathering with 3 pitch cylinders
Electrical	
Frequency	50/60 Hz
Converter	full scale
Electrical	

SG 5-5.2-145	
Type	two planetary stages and one helical stage
Tower	
Hub height	Site and country specific

2.3. Control de Tensión

La turbina estará diseñada para la integración con el control de tensión, al utilizar la capacidad de potencia reactiva del aerogenerador.

- **Múltiples Caídas de Tensión:**

El aerogenerador estará diseñado para manejar eventos de cierre y múltiples caídas de tensión en un corto período de tiempo debido a que las caídas de tensión no se distribuyen uniformemente durante el año. Por ejemplo, el aerogenerador está diseñada para manejar 10 caídas de tensión de una duración de 200 ms, hasta un 20% de tensión, en 30 minutos.

- **Control de la Potencia Activa y Reactiva:**

El aerogenerador está diseñado para controlar la potencia activa y reactiva a través de su sistema SCADA.

Tabla 8. Tasas de rampa de potencia activa / reactiva (valores preliminares)

Convertidor Maximum Ramp Rates for External Control	
Active Power	0.1 p.u./sec for max. power level change of 0.3 p.u. 0.3 p.u./sec for max. power level change of 0.1 p.u.
Reactive Power	20 p.u./sec

Para soportar la estabilidad de la red, el aerogenerador puede permanecer conectado a la red con referencias de potencia activa de hasta el 10% de la potencia nominal de la turbina. Para referencias de potencia activa por debajo del 10%, la turbina puede desconectarse de la red.

- **Operacional Envelope – Capabilidad de Potencia Reactiva en 5.2 MW**

El aerogenerador tiene una capacidad de potencia reactiva en 5.2 MW en el lado de baja tensión del transformador de alta tensión como se ilustra en la Figura 8.

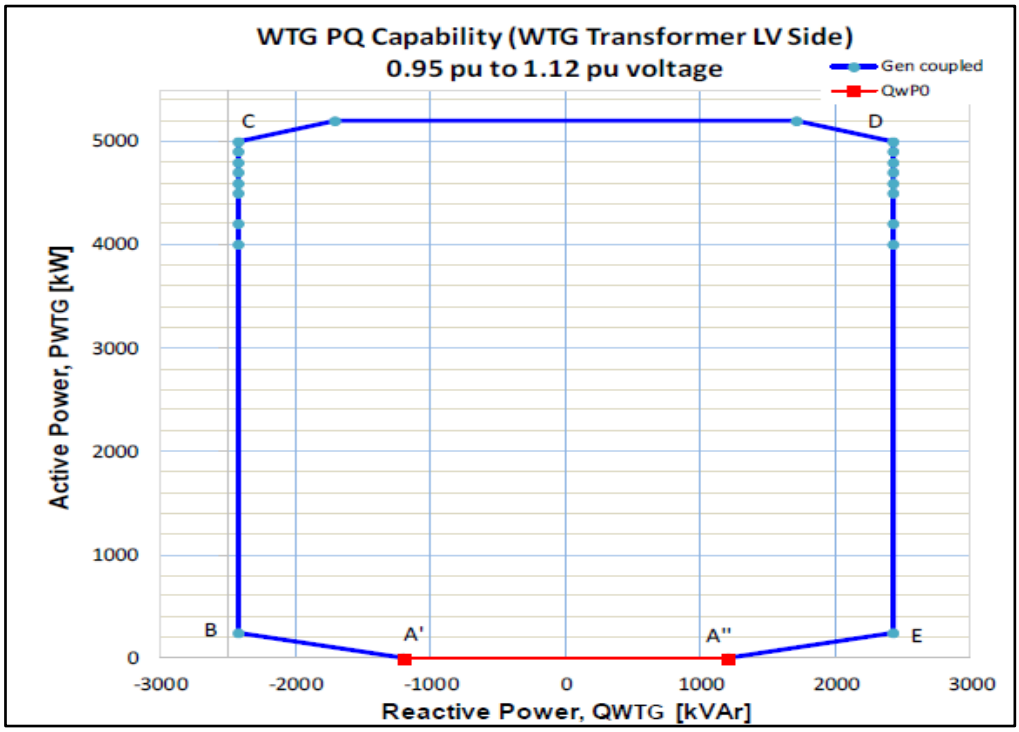


Figure 6. Reactive Power Capability for 5.2 MW

Cuando se opera a una potencia nominal de 5.2 MW en el lado LV del transformador de alta tensión, la capacidad de potencia reactiva en el lado de alta tensión del transformador de alta tensión es aproximadamente:

- ✓ cosφ (HV) = 0.93 / 0.91 capacitivo / inductivo U (HV) = 0.95 p.u.
- ✓ cosφ (HV) = 0.95 / 0.89 capacitivo / inductivo U (HV) = 1.12 p.u.

La potencia reactiva es producida por el convertidor de escala completa. Por lo tanto, los condensadores tradicionales no se usan en el aerogenerador. El aerogenerador puede mantener la capacidad de potencia reactiva a bajo nivel de viento sin producción de potencia activa.

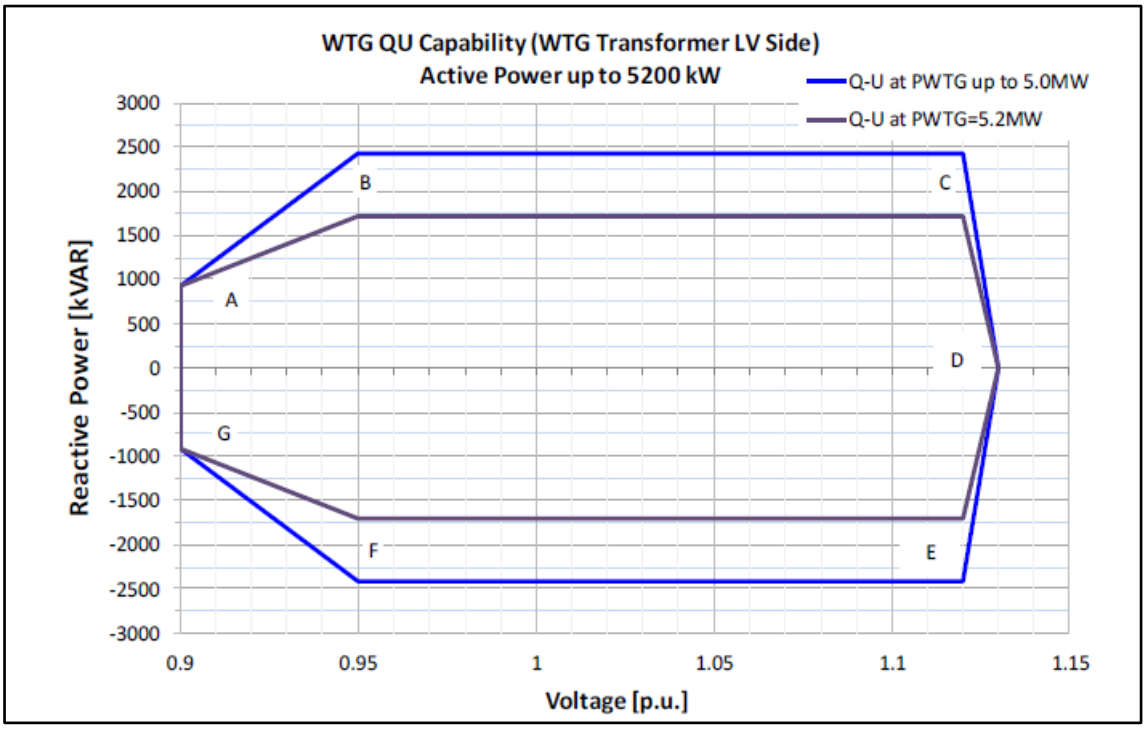


Figura 7. Q variability with respect to voltage.

2.4. Centro de Transformación

Se instalarán siete (7) centros de transformación para la C.E. Expansión Punta Lomitas con transformadores de 33/0.69 kV, 5.5 MVA y Vcc = 8.86%, cada una con las siguientes características:

Tabla 9. Parámetros eléctricos de los transformadores de 33/0.69 kV

Ubicación	Primario [kV]	Secundario [kV]	Grupo de conexión	S [MVA]		Regulación de Tensión				Impedancia de secuencia positiva		Impedancia de secuencia cero
				ONAN	ONAF1	Tipo	Variación Tap [%]	T. Máx.	T. Mín.	[%]	[kW]	[%]
C.E. Expansión Punta Lomitas	33	0.69	Dyn1	5.5	--	Fija	2,5	2	-2	8.86	35	8.86

2.5. Transformador de Potencia Colector

Para evacuar al SEIN la energía generada por la C.E. Expansión Punta Lomitas, que se inyectará a la barra de 33 kV de la SE Punta Lomitas, el Proyecto contempla la implementación de una tercera etapa de enfriamiento ONAF2 en los dos transformadores elevadores de 33/220 kV de la S.E. Punta Lomitas, con lo que cada transformador pasará a tener las siguientes características:

Tabla 10. Parámetros de los transformadores de potencia de la S.E. Punta Lomitas

Ubicación	Rel. de Transformación y Potencia						Regulación de Tensión				Impedancias etapa ONAF1 (%)	
	Prim. (kV)	Sec. (kV)	Grupo	S (MVA)			Tipo	Variación Tap (%)	T. Máx.	T. Mín.		
			Conexión	ONAN	ONAF1	ONAF2					Vcc(+/-)	Vcc(0)
Punta Lomitas	220	33	Ynd11	120	150	175	Automática	1	10	-10	12.45	12.42
Punta Lomitas	220	33	Ynd11	120	150	175	Automática	1	10	-10	12.4	14.44

2.6. Celdas de Media Tensión

La red de media tensión se conectará a las posiciones de entrada y salida de las celdas de media tensión situadas en los centros de transformación de los aerogeneradores. Cada uno de los circuitos de media tensión 33 kV estará conectado a una de las nuevas celdas de línea que se implementarán en la subestación Punta Lomitas.

Los cables que constituyen la red colectora de 33 kV de la central eólica tendrán las siguientes características:

Tabla 11. Características de los cables de media tensión (33 kV)

Tensión nominal del cable (Uo/U)	19/33 kV
Conductor	Aluminio
Secciones del conductor adoptadas	1 x 95 mm²
	1 x 150 mm²
	1 x 240 mm²
	1 x 400 mm²
	1 x 630 mm²
Aislamiento	XLPE
Cubierta	Z1
Pantalla / Neutro concéntrico	Cobre H16 mm²

En la siguiente tabla se muestra los parámetros eléctricos de los cabes de energía.

Tabla 12. Parámetros eléctricos de los cables de energía de 33 kV

Circuito	Tipo de conductor	Barra i	Barra j	Unom	Irated	Length	R1	X1	R0	X0	B1	B0
				[kV]	[kA]	[km]	[Ω]	[Ω]	[Ω]	[Ω]	[uS]	[uS]
C16	Cable33kV-XLPE-400mm2	Lomitas33A	C16_T1	33	0.69	4.020	0.3198714	0.4453356	0.5171328	0.336675	425.7361	360.7012
C17	Cable33kV-XLPE -630mm2	Lomitas33B	C17_T4	33	0.85	2.017	0.154119	0.1923613	0.2040397	0.1403429	225.6389	257.9774

3. Resumen de la Ingeniería del Proyecto

3.1. Subestación Punta Lomitas

El Proyecto se conectará a la barra de 33 kV de la subestación Punta Lomitas de 220/33 kV. Para ello se tiene previsto la implementación de dos nuevas celdas de 33 kV que conectarán los dos circuitos de 33 kV que recolectarán la producción de los 7 aerogeneradores del Proyecto.

3.1.1 Descripción de los equipos Nivel de 33 kV

La CE Expansión Punta Lomitas de 36.4 MW contempla la ampliación de las barras de 33 kV para la conexión de dos nuevas celdas de línea, una en la barra "A" y otra en la barra "B", donde se conectarán los dos circuitos que recolectarán la producción de los siete (7) aerogeneradores del Proyecto.

En cada nueva celda de línea de 33 kV se implementará el siguiente equipamiento:

- Seccionador : 33 kV, 1250A, 31.5 kA, 170 kV-BIL
- Interruptor extraíble : 33 kV, 1250A, 31.5 kA, 170 kV-BIL
- Transformador de corriente : 400-800/1/1/1 A, 1x15VA-5P20, 1x10VA-cl 0.2
- Seccionador de tierra : 33 kV, 630 A
- Pararrayos : Ur = 36 kV, Uc = 28 kV, 10 kA, Cl. 3

Las nuevas celdas de línea serán equipadas con un sistema de medición (medidores electrónicos, donde se registrarán las inyecciones de energía activa y reactiva del Proyecto) y protección (relés de protección numéricos que contarán con las funciones principales 50, 51, 50N, 51N, 25, 27, 46 y 81L, que se activarán según el ECP), tal como se muestra en el plano **"EEG-028-2022 EO CE Expansión Punta Lomitas_P03_Protecciones"**.

Asimismo, la red de media tensión estará conformada por:

- Dos líneas tipo cable de energía.
- 7 transformadores de MT/BT 33/0.69 kV de 5.5 MVA y grupo de conexión Dyn1.
- 7 aerogeneradores de 5.2 MW cada uno.

- Se incrementará un paso de 2.5 MVAr en el banco de condensadores de la barra A y de la barra B de 33 kV de la S.E. Punta Lomitas, con un total de 5 MVAr.

3.1.2 Servicios Auxiliares

El suministro de servicios auxiliares a los equipos del Proyecto se realizará desde el sistema de servicios auxiliares de la S.E. Punta Lomitas.

3.1.3 Sistema de Supervisión, Control y Adquisición de Datos (SCADA)

Las nuevas instalaciones del Proyecto se integrarán al sistema SCADA de la C.E. Punta Lomitas, que incluirá una plataforma de automatización que permitirá la operación de manera conjunta de todo el Parque (CE Punta Lomitas y CE Expansión Punta Lomitas), incluyendo un sistema de monitoreo y control remoto. Los parámetros técnicos y eléctricos en el sistema de media y alta tensión y los transformadores de potencia elevadores 33/220 kV de la SE Punta Lomitas serán objeto de seguimiento remoto, incluyendo indicadores de estado, gestión de alarmas, estados de error, mensajes de error y de advertencia, control y tendencias históricas, con el fin de detectar las anomalías o fallos en los componentes de las instalaciones de media y alta tensión.

3.1.4 Transformadores de Potencia Elevadores

El Proyecto contempla la implementación de la tercera etapa del sistema de refrigeración ONAF2 de los dos (02) transformadores de potencia de la S.E. Punta Lomitas, incrementando su potencia nominal a 120/150/175 MVA (ONAN/ONAF1/ONAF2) y las adecuaciones necesarias en los sistemas de control, medición y protección.

3.1.5 Banco de condensadores de 2.5 Mvar en 33 kV

Se incrementará un paso de 2.5 Mvar en cada banco de condensadores (barra A y de la barra B de 33 kV) de la S.E. Punta Lomitas con lo cual la capacidad se incrementará de 20 a 22.5 Mvar por banco.

3.2. Sistema de Comunicación y Control

3.2.1 Centro de Control

ENGIE dispone de un Centro de Control para la operación coordinada de sus Centrales de Generación No Convencional (CC-CGNC), a donde se integrarán las instalaciones del Proyecto, el cual cumplirá con la Norma Técnica para la Coordinación de la Operación en Tiempo Real de los Sistemas Interconectados (NTCOTR).

3.2.2 Sistemas de transferencia de datos

El sistema de control de la C.E. Punta Lomitas, que integrará las instalaciones del Proyecto, cumplirá con lo señalado en la Norma de Intercambio de Información en Tiempo Real para la operación del SEIN (NTIITR), en la cual contará con un sistema de comunicación que permita enviar en tiempo real al COES la información que señala la NTCOTR.

Adicionalmente, en cumplimiento de lo establecido en el PR-20 el envío al COES de las señales de "Velocidad del viento (intensidad y dirección)" y "Temperatura ambiente" serán las mismas que se envía de las dos estaciones del proyecto C.E Punta Lomitas.

3.2.3 Sistemas de predicción de la potencia

La C.E. Punta Lomitas dispondrá del sistema de predicción de potencia activa DARWIN SOFTWARE SUITE que permite proyectar el valor de la potencia total de la planta hasta un horizonte de dos días. La C.E. Expansión Punta Lomitas se integrará a este sistema de predicción de potencia activa.

ENGIE entregará la información sobre la previsión de potencia horaria en un horizonte de 24 horas de la C.E. Punta Lomitas y la C.E. Expansión Punta Lomitas. La información sobre las predicciones de potencia se transmitirá al COES según lo requerido en el PR20.

3.2.4 Descripción Técnica de Componentes de Control

El convertidor de los aerogeneradores se encarga de controlar las inyecciones de potencia a la red, manteniéndolas dentro de los límites permitidos, y del correcto

funcionamiento de la Central Eólica, evitando el modo de operación en isla y protegiendo los diferentes equipos que la componen.

El sistema de control de los convertidores de los aerogeneradores de la CE Expansión Punta Lomitas cumplirá las especificaciones del Capítulo 4 del Anexo 1 del PR-20 "Requisitos Técnicos de Conexión de las Instalaciones de Centrales de Generación no Convencional (CGNC) al SEIN" para centrales eólicas.

El sistema de control de los aerogeneradores de la C.E. Expansión Punta Lomitas se integrará al sistema de control PPC (Power Plant Controller) de la C.E. Punta Lomitas, desde donde se controlará la potencia activa y reactiva que se entregará en la barra de 33 kV de la S.E. Punta Lomitas. El PPC controlará de manera precisa y confiable la potencia activa, potencia reactiva y tensión de las plantas.

El PPC estará configurado con los ajustes de parámetros que será determinado en el estudio de operatividad y en base a las mediciones de potencia activa, potencia reactiva, voltaje y frecuencia que supervisará, según el modo de operación, calculará y enviará las señales de referencia a los aerogeneradores y los equipos de compensación de la planta para mantener la producción de la planta según el despacho requerido.

A continuación, se describe los principales modos de control de potencia activa y de potencia reactiva del PPC:

Sistema de control de potencia reactiva:

- *Control de Voltaje.* El control de voltaje se realiza mediante la potencia reactiva de los aerogeneradores y los equipos de compensación reactiva.
  El diseño de control de voltaje incluye un control de potencia reactiva interno y un circuito de control de voltaje externo. El control externo calculará una potencia reactiva de acuerdo con un voltaje de referencia y el voltaje medido en el PCC. El control interno de potencia reactiva calculará la potencia reactiva necesaria para ser inyectada por las turbinas y los equipos de compensación reactiva.
- *Control de potencia reactiva.* El controlador de potencia reactiva calculará la potencia reactiva necesaria para los aerogeneradores y los equipos de compensación reactiva para que coincida con la potencia reactiva deseada en el PCC.

- *Control de factor de potencia*. El controlador del factor de potencia utiliza la misma estructura que el control de potencia reactiva, pero en este caso la referencia del factor de potencia externa se traduce a la referencia de potencia reactiva en correlación con la potencia activa generada, que alimenta el control de potencia reactiva.
- Control FRT. Cuando se detecta un voltaje bajo en el PCC, el PPC activará el estado LVRT. El estado LVRT forma parte de la estructura PPC y contiene la estrategia para generar los set-point emitidos a los aerogeneradores durante fallas en la red de transmisión.

Sistema de control de potencia activa:

- *Control de frecuencia*. La función del control de frecuencia permite a la planta eólica a contribuir con la estabilidad de frecuencia del SEIN. Para ello, se calcula una referencia de potencia activa mediante el control de frecuencia de acuerdo con una caída o punto de ajuste predefinido y la diferencia entre la frecuencia de red medida y la frecuencia de referencia. La referencia de potencia activa del controlador de la planta eólica se reduce por exceso de frecuencia o aumenta por eventos de baja frecuencia.
  El controlador de frecuencia permite operar la planta eólica para responder a desviaciones de frecuencia ascendentes y descendentes entre la red y la frecuencia de referencia con respecto a la potencia disponible o el punto de ajuste de reducción.

- *Control de potencia activa*. El control de potencia activa permite regular la potencia activa total medida en el PCC. Este control incluye el control de frecuencia y los límites de potencia activa. El controlador de potencia determina los puntos de ajuste de potencia activa de acuerdo con la red y las frecuencias de referencia o puntos de ajuste de limitación de potencia activa.

3.3. Esquema de Desconexión Automática de Generación

Para mitigar las sobrecargas en las diferentes líneas y autotransformadores en el área de influencia en operación sin contingencia y contingencia el proyecto C.E. Punta Lomitas ha implementado un **Esquema de Desconexión Automática de Generación** al que se integrará la C.E. Expansión Punta Lomitas. El esquema de

protección dispone de dos metodologías, la primera para limitar la generación y la segunda que se activará ante fallas intempestivas que generen sobrecargas en las líneas y autotransformadores.

- **Limitación de generación en Operación sin Contingencia:** Se supervisará constantemente el nivel de carga en las líneas y en los autotransformadores que corresponda. Si el nivel de cargabilidad se encuentra cercano al 100% de su capacidad, con esa señal se bloqueará el incremento de generación de la C.E. Expansión Punta Lomitas.
- **Activación ante contingencias en el sistema de transmisión:** Se supervisará la posición de los interruptores y niveles de sobrecarga que tiendan a superen el 120% de la capacidad de los equipos. Este esquema originará la desconexión intempestiva de los alimentadores de media tensión de la C.E. Expansión Punta Lomitas.

Los dos alimentadores de 33 kV del Proyecto Expansión Punta Lomitas se incorporarán al EDAG definido por el proyecto "C.E. Punta Lomitas".

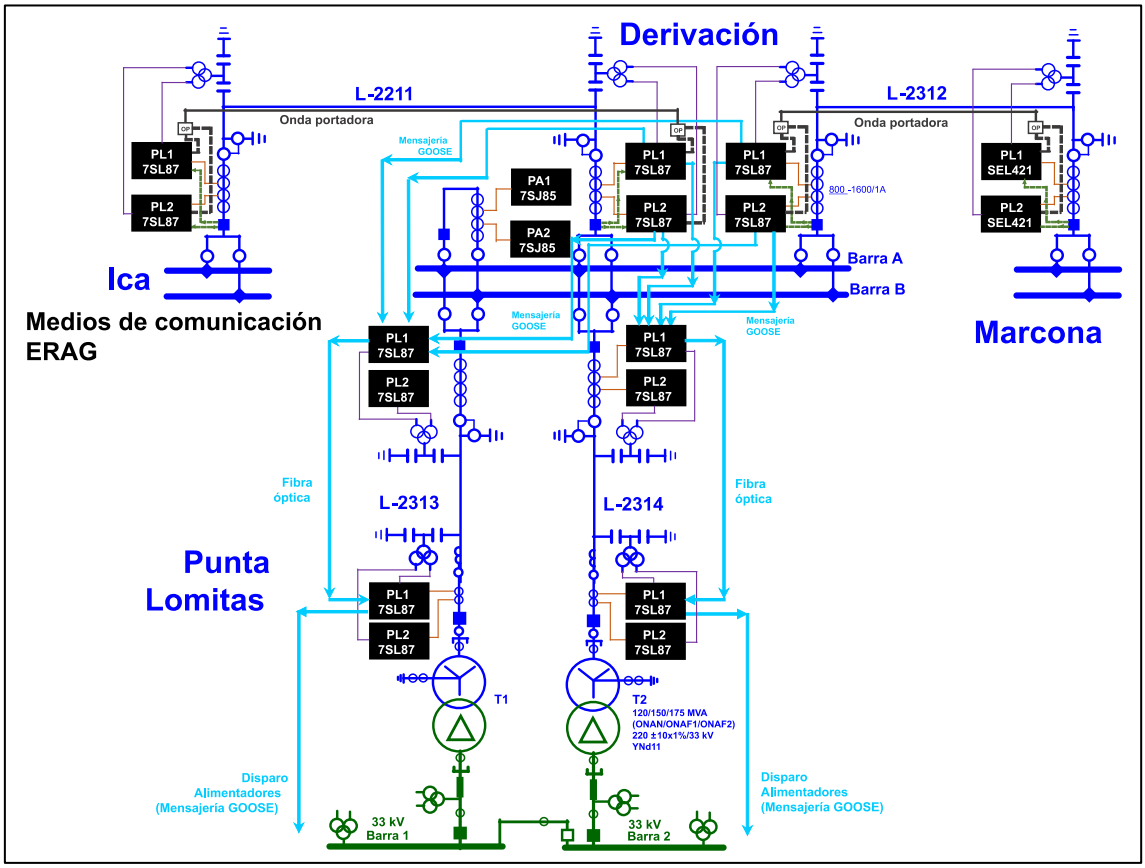


Figura 8. Esquema simplificado de la comunicación del Esquema de Desconexión Automática de Generación

En el caso que se requiera disminuir la generación para mitigar sobrecarga post contingencia esto se realizará en coordinación con el COES y REP en aplicación de los procedimientos técnicos vigentes.

4. Conclusiones del Análisis Eléctrico

4.1. Resultados del análisis en operación normal

a) Perfil de tensión:

En la condición **Sin Proyecto** y **Con Proyecto,** el perfil de tensión en las barras 500 kV del área de influencia y las tensiones en las barras de 220 kV de las subestaciones Independencia, Ica y Marcona se encuentran dentro del margen de operación ± 2.5% de la tensión de referencia. En las barras de 220 kV de las subestaciones Poroma, Derivación y Punta Lomitas la tensión se encuentra por encima de 1.025 p.u. lo cual se considera adecuado por tratarse de subestaciones de transmisión y generación.

En la barra de 220 kV de la S.E. Poroma se obtiene el máximo valor de tensión con 1.041 p.u. para el caso Sin Proyecto y 1.038 p.u. para el caso Con Proyecto en Ave2023Max para ambos casos de análisis, dicho valor se considera permisible por tratarse de una barra de generación, ya que a esta se conecta la CE Wayra, además como se tiene en los resultados del caso Sin Proyecto, esta barra viene operando con normalidad a tensiones similares.

Por otro lado, en la barra de 60 kV de la S.E. Nazca, se registran los valores mínimos de tensión con 0.941 p.u. (Sin Proyecto) y 0.933 p.u. (Con Proyecto) en Ave2023Max para ambos casos. Estos valores, se encuentran por debajo del límite de operación (± 2.5%) de la tensión nominal. En consecuencia, es necesario mencionar que, en el caso Sin Proyecto las barras con tensiones bajas operan con normalidad, debido a que se ubican en un sistema radial cuya tensión se regula con los TAP de los transformadores 220/60/10 kV de la SE Marcona y el proyecto no agrava la operación, ya que es ajeno a esta situación.

b) Cargabilidad por las líneas de transmisión:

En las configuraciones Sin y Con Proyecto, para el año 2023 no se registran cargabilidades mayores al 100% de la capacidad por las líneas de transmisión. Sin embargo, se resalta que la línea L-2211 (Ica – Derivación) de 220 kV, presenta la mayor cargabilidad, con valores elevados principalmente en el escenario de estiaje en los casos de Sin Proyecto (96.72%) y Con Proyecto (99.51 %).

c) La cargabilidad por los transformadores:

La máxima cargabilidad registrada en los transformadores, para las configuraciones Sin y Con Proyecto, es menor al 100% de su capacidad.

4.2. Resultados del análisis en operación ante contingencia

En la tabla se muestra el resumen de las contingencias.

Contingencias	Sin proyecto	Con proyecto	Acciones
C01: Desconexión de la línea L-2210 (Independencia - Ica) de 220 kV	a) La tensión en las barras del área de influencia se encuentra dentro de las tolerancias admisibles (0.90 - 1.075 p.u.). b) La cargabilidad por las líneas se encuentra por debajo del límite admisible de operación (120%). c) La cargabilidad por los transformadores se encuentra por debajo del límite admisible de operación (100%).	a) La tensión en las barras del área de influencia se encuentra dentro de las tolerancias admisibles (0.90 - 1.075 p.u.). b) La cargabilidad por las líneas se encuentra por debajo del límite admisible de operación (120%). c) La cargabilidad por los transformadores se encuentra por debajo del límite admisible de operación (100%).	Ninguna
C02: Desconexión de la línea L-2207 (Independencia –Cantera) de 220 kV	a) La tensión en las barras del área de influencia se encuentra dentro de las tolerancias admisibles (0.90 - 1.075 p.u.). b) La cargabilidad por las líneas se encuentra por debajo del límite admisible de operación (120%). c) La cargabilidad por los transformadores se encuentra por debajo del límite admisible de operación (100%).	a) La tensión en las barras del área de influencia se encuentra dentro de las tolerancias admisibles (0.90 - 1.075 p.u.). b) La cargabilidad por las líneas se encuentra por debajo del límite admisible de operación (120%). c) La cargabilidad por los transformadores se encuentra por debajo del límite admisible de operación (100%).	Ninguna
C03: Desconexión de la línea L-2208 (Independencia – Desierto) de 220 kV	a) La tensión en las barras del área de influencia se encuentra dentro de las tolerancias admisibles (0.90 - 1.075 p.u.). b) La cargabilidad por las líneas se encuentra por debajo del límite admisible de operación (120%). c) La cargabilidad por los transformadores se encuentra por debajo del límite admisible de operación (100%).	a) La tensión en las barras del área de influencia se encuentra dentro de las tolerancias admisibles (0.90 - 1.075 p.u.). b) La cargabilidad por las líneas se encuentra por debajo del límite admisible de operación (120%). c) La cargabilidad por los transformadores se encuentra por debajo del límite admisible de operación (100%).	Ninguna
C04: Desconexión de la línea L-2211 (Ica – Derivación) de 220 kV	a) La tensión en las barras del área de influencia se encuentra fuer de las tolerancias admisibles (0.90 - 1.075 p.u.). *Año* / *Max* / *Escenario* / *Tensión* / *Barra* 2023 / 1.037 / Ave2023Med / 220 kV / Lomitas *Año* / *Min* / *Escenario* / *Tensión* / *Barra* 2023 / 0.885 / Ave2023Max / 60 kV / Nazca b) La cargabilidad por las líneas se encuentra por encima del límit admisible de operación (120%). *Año* / *Max* / *Escenario* / *Tensión* / *Línea* 2023 / 139.5 / Est2023Max / 220 kV / L-2312 c) La cargabilidad por los transformadores se encuentra por encim del límite admisible de operación (100%). *Año* / *Max* / *Escenario* / *Transformador* / *S.E.* 2023 / 115.71 / Est2023Max / AUT-5371 / Poroma	a) La tensión en las barras del área de influencia se encuentra fuera de las tolerancias admisibles (0.90 - 1.075 p.u.). *Año* / *Max* / *Escenario* / *Tensión* / *Barra* 2023 / 1.03 / Ave2023Med / 220 kV / Lomitas *Año* / *Min* / *Escenario* / *Tensión* / *Barra* 2023 / 0.83 / Ave2023Max / 60 kV / Nazca b) La cargabilidad por las líneas se encuentra por encima del límite admisible de operación (120%). *Año* / *Max* / *Escenario* / *Tensión* / *Línea* 2023 / 161.36 / Est2023Min / 220 kV / L-2312 c) La cargabilidad por los transformadores se encuentra por encima del límite admisible de operación (100%). *Año* / *Max* / *Escenario* / *Transformador* / *S.E.* 2023 / 125.76 / Est2023Max / AUT-5371 / Poroma	La sobrecarga en la L-2312 se mitigará con la activación del EDAG y la sobrecarga del AUT-5371 se mitiga de forma similar
C05: Desconexión de la línea L-2312 (Derivación – Marcona) de 220 kV	a) La tensión en las barras del área de influencia se encuentra dentro de las tolerancias admisibles (0.90 - 1.075 p.u.). b) La cargabilidad por las líneas se encuentra por encima del límit admisible de operación (120%). *Año* / *Max* / *Escenario* / *Tensión* / *Línea* 2023 / 140.41 / Ave2023Med / 220 kV / L-2211 c) La cargabilidad por los transformadores se encuentra por debajo del límite admisible de operación (100%).	a) La tensión en las barras del área de influencia se encuentra dentro de las tolerancias admisibles (0.90 - 1.075 p.u.). b) La cargabilidad por las líneas se encuentra por encima del límite admisible de operación (120%). *Año* / *Max* / *Escenario* / *Tensión* / *Línea* 2023 / 160.14 / Ave2023Med / 220 kV / L-2211 c) La cargabilidad por los transformadores se encuentra por debajo del límite admisible de operación (100%).	La sobrecarga en la L-2211 se mitigará con la activación del EDAG
C06: Desconexión de la línea L-2292 (Marcona – Poroma) de 220 kV	a) La tensión en las barras del área de influencia se encuentra dentro de las tolerancias admisibles (0.90 - 1.075 p.u.).	a) La tensión en las barras del área de influencia se encuentra dentro de las tolerancias admisibles (0.90 - 1.075 p.u.). b) La cargabilidad por las líneas se encuentra por debajo del límite admisible de operación (120%).	Ninguna

Contingencias	Sin proyecto	Con proyecto	Acciones
	b) La cargabilidad por las líneas se encuentra por debajo del límite admisible de operación (120%). c) La cargabilidad por los transformadores se encuentra por debajo del límite admisible de operación (100%).	c) La cargabilidad por los transformadores se encuentra por debajo del límite admisible de operación (100%).	
C07: Desconexión de la línea L-2083 (Poroma – Mina Justa) de 220 kV	a) La tensión en las barras del área de influencia se encuentra dentro de las tolerancias admisibles (0.90 - 1.075 p.u.). b) La cargabilidad por las líneas se encuentra por debajo del límite admisible de operación (120%). c) La cargabilidad por los transformadores se encuentra por debajo del límite admisible de operación (100%).	a) La tensión en las barras del área de influencia se encuentra dentro de las tolerancias admisibles (0.90 - 1.075 p.u.). b) La cargabilidad por las líneas se encuentra por debajo del límite admisible de operación (120%). c) La cargabilidad por los transformadores se encuentra por debajo del límite admisible de operación (100%).	Ninguna
C08: Desconexión de la línea L-2299 (Marcona – El Hierro) de 220 kV	a) La tensión en las barras del área de influencia se encuentra dentro de las tolerancias admisibles (0.90 - 1.075 p.u.). b) La cargabilidad por las líneas se encuentra por debajo del límite admisible de operación (120%). c) La cargabilidad por los transformadores se encuentra por debajo del límite admisible de operación (100%).	a) La tensión en las barras del área de influencia se encuentra dentro de las tolerancias admisibles (0.90 - 1.075 p.u.). b) La cargabilidad por las líneas se encuentra por debajo del límite admisible de operación (120%). c) La cargabilidad por los transformadores se encuentra por debajo del límite admisible de operación (100%).	Ninguna
C09: Doble terna LT 2132(A y B) y 2231(A y B) (Independencia – Huancavelica) de 220 kV	a) La tensión en las barras del área de influencia se encuentra dentro de las tolerancias admisibles (0.90 - 1.075 p.u.). b) La cargabilidad por las líneas se encuentra por encima del límit admisible de operación (120%). *Año* *Max* *Escenario* *Tensión* *Línea* 2023 124.72 Ave2023Med 220 kV L-2211 c) La cargabilidad por los transformadores se encuentra por debajo del límite admisible de operación (100%).	a) La tensión en las barras del área de influencia se encuentra dentro de las tolerancias admisibles (0.90 - 1.075 p.u.). b) La cargabilidad por las líneas se encuentra por encima del límite admisible de operación (120%). *Año* *Max* *Escenario* *Tensión* *Línea* 2023 133.14 Ave2023Med 220 kV L-2211 c) La cargabilidad por los transformadores se encuentra por debajo del límite admisible de operación (100%).	La sobrecarga en la L-2211 se mitigará con la activación del EDAG
C10: Doble terna LT 2204 y 2203 (Campo Armiño – Huancavelica) de 220 kV	a) La tensión en las barras del área de influencia se encuentra dentro de las tolerancias admisibles (0.90 - 1.075 p.u.). b) La cargabilidad por las líneas se encuentra por encima del límit admisible de operación (120%). *Año* *Max* *Escenario* *Tensión* *Línea* 2023 123.85 Ave2023Med 220 kV L-2211 c) La cargabilidad por los transformadores se encuentra por debajo del límite admisible de operación (100%).	a) La tensión en las barras del área de influencia se encuentra dentro de las tolerancias admisibles (0.90 - 1.075 p.u.). b) La cargabilidad por las líneas se encuentra por encima del límite admisible de operación (120%). *Año* *Max* *Escenario* *Tensión* *Línea* 2023 132.68 Ave2023Med 220 kV L-2211 c) La cargabilidad por los transformadores se encuentra por debajo del límite admisible de operación (100%).	La sobrecarga en la L-2211 se mitigará con la activación del EDAG
C11: Desconexión de la línea L-5031 (Poroma – Colcabamba) de 500 kV	a) La tensión en las barras del área de influencia se encuentra fuera de las tolerancias admisibles (0.90 - 1.075 p.u.). *Año* *Max* *Escenario* *Tensión* *Barra* 2023 1.042 Est2023Max 500 kV Colcabamba *Año* *Min* *Escenario* *Tensión* *Barra* 2023 0.793 Ave2023Med 60 kV Nazca b) La cargabilidad por las líneas se encuentra por debajo del límite admisible de operación (120%). c) La cargabilidad por los transformadores se encuentra por debajo del límite admisible de operación (100%).	a) La tensión en las barras del área de influencia se encuentra fuera de las tolerancias admisibles (0.90 - 1.075 p.u.). Además, de las simulaciones RMS se registró caídas de tensión para las subestaciones de Poroma, Yarabamba en 500 kV y Poroma, Marcona en 220 kV. *Año* *Max* *Escenario* *Tensión* *Barra* 2023 1.042 Est2023Max 500 kV Colcabamba *Año* *Min* *Escenario* *Tensión* *Barra* 2023 0.775 Ave2023Med 60 kV Nazca b) La cargabilidad por las líneas se encuentra por debajo del límite admisible de operación (120%). c) La cargabilidad por los transformadores se encuentra por debajo del límite admisible de operación (100%).	Activación del EDAG, el cual está definido en el Estudio de Coordinación de Protecciones
C12: Desconexión de la línea L-5032 (Poroma – Chilca) de 500 kV	a) La tensión en las barras del área de influencia se encuentra dentro de las tolerancias admisibles (0.90 - 1.075 p.u.). b) La cargabilidad por las líneas se encuentra por debajo del límite admisible de operación (120%). c) La cargabilidad por los transformadores se encuentra por debajo del límite admisible de operación (100%).	a) La tensión en las barras del área de influencia se encuentra fuera de las tolerancias admisibles (0.90 - 1.075 p.u.). *Año* *Max* *Escenario* *Tensión* *Barra* 2023 1.03 Est2023Med 33 kV Lomitas *Año* *Min* *Escenario* *Tensión* *Barra* 2023 0.898 Ave2023Max 60 kV Nazca b) La cargabilidad por las líneas se encuentra por debajo del límite admisible de operación (120%). c) La cargabilidad por los transformadores se encuentra por debajo del límite admisible de operación (100%).	Ninguna (Las barras con tensiones bajas operan con normalidad, debido a que se ubican en un sistema radial)
C13: Desconexión de la línea L-5033 (Poroma – Yarabamba) de 500 kV	a) La tensión en las barras del área de influencia se encuentra fuera de las tolerancias admisibles (0.90 - 1.075 p.u.). *Año* *Max* *Escenario* *Tensión* *Barra*	a) La tensión en las barras del área de influencia se encuentra fuera de las tolerancias admisibles (0.90 - 1.075 p.u.).	La sobrecarga es ajena al proyecto

Contingencias	Sin proyecto	Con proyecto	Acciones
	2023 1.03 Est2023Med 33 kV Lomitas *Año Min Escenario Tensión Barra* 2023 0.868 Ave2023Max 60 kV Nazca b) La cargabilidad por las líneas se encuentra por encima del límite admisible de operación (120%). *Año Max Escenario Tensión Línea* 2023 127.5 Est2023Min 500 kV L-5034 c) La cargabilidad por los transformadores se encuentra por debajo del límite admisible de operación (100%).	*Año Max Escenario Tensión Barra* 2023 1.03 Ave2023Max 33 kV Lomitas *Año Min Escenario Tensión Barra* 2023 0.856 Ave2023Max 60 kV Nazca b) La cargabilidad por las líneas se encuentra por encima del límite admisible de operación (120%). *Año Max Escenario Tensión Línea* 2023 128.17 Est2023Min 500 kV L-5034 c) La cargabilidad por los transformadores se encuentra por debajo del límite admisible de operación (100%).	
C14: Desconexión de la línea L-5034 (Poroma – Ocoña) de 500 kV	a) La tensión en las barras del área de influencia se encuentra dentro de las tolerancias admisibles (0.90 - 1.075 p.u.). ✓ b) La cargabilidad por las líneas se encuentra por debajo del límite admisible de operación (120%). c) La cargabilidad por los transformadores se encuentra por debajo del límite admisible de operación (100%).	a) La tensión en las barras del área de influencia se encuentra dentro de las tolerancias admisibles (0.90 - 1.075 p.u.). b) La cargabilidad por las líneas se encuentra por debajo del límite admisible de operación (120%). c) La cargabilidad por los transformadores se encuentra por debajo del límite admisible de operación (100%).	Ninguna
C15: Desconexión del autotransformador (AUT-5371) de la SE Poroma	Esta contingencia es perjudicial para el sistema De las simulaciones RMS se tiene caídas de tensión en las barras de Marcona 220 kV y Poroma 220 kV. Por otro lado, en los escenarios de Ave2023Max se registra sobrecargas por la línea L-2211	Esta contingencia es perjudicial para el sistema De las simulaciones RMS se tiene caídas de tensión en las barras de Marcona 220 kV y Poroma 220 kV. Por otro lado, en los escenarios de Ave2023Max se registra sobrecargas por la línea L-2211	se activará el Esquema de Desconexión Automática de Generación (EDAG).
C16: Desconexión del autotransformador (AT72-523) de la SE Chilca CTM	a) La tensión en las barras del área de influencia se encuentra dentro de las tolerancias admisibles (0.90 - 1.075 p.u.). b) La cargabilidad por las líneas se encuentra por debajo del límite admisible de operación (120%). c) La cargabilidad por los transformadores se encuentra por encim del límite admisible de operación (100%). *Año Max Escenario Transformador S.E.* 2023 114.03 Est2023Min AT72-52_2 Chilca CTM	a) La tensión en las barras del área de influencia se encuentra dentro de las tolerancias admisibles (0.90 - 1.075 p.u.). b) La cargabilidad por las líneas se encuentra por debajo del límite admisible de operación (120%). c) La cargabilidad por los transformadores se encuentra por encima del límite admisible de operación (100%). *Año Max Escenario Transformador S.E.* 2023 114.31 Est2023Min AT72-52_2 Chilca CTM	La sobrecarga es ajena al proyecto
C17: Desconexión de la Barra A de la S.E. Derivación 220 kV	a) La tensión en las barras del área de influencia se encuentra dentro de las tolerancias admisibles (0.90 - 1.075 p.u.). b) La cargabilidad por las líneas se encuentra por debajo del límite admisible de operación (120%). c) La cargabilidad por los transformadores se encuentra por debajo del límite admisible de operación (100%).	a) La tensión en las barras del área de influencia se encuentra dentro de las tolerancias admisibles (0.90 - 1.075 p.u.). b) La cargabilidad por las líneas se encuentra por debajo del límite admisible de operación (120%). c) La cargabilidad por los transformadores se encuentra por debajo del límite admisible de operación (100%).	Ninguna
C18: Desconexión de la Barra B de la S.E. Derivación 220 kV	a) La tensión en las barras del área de influencia se encuentra dentro de las tolerancias admisibles (0.90 - 1.075 p.u.). b) La cargabilidad por las líneas se encuentra por debajo del límite admisible de operación (120%). c) La cargabilidad por los transformadores se encuentra por debajo del límite admisible de operación (100%).	a) La tensión en las barras del área de influencia se encuentra dentro de las tolerancias admisibles (0.90 - 1.075 p.u.). b) La cargabilidad por las líneas se encuentra por debajo del límite admisible de operación (120%). c) La cargabilidad por los transformadores se encuentra por debajo del límite admisible de operación (100%).	Ninguna
C19: Desconexión de la Barra A de la S.E. Ica 220 kV	a) La tensión en las barras del área de influencia se encuentra fuer de las tolerancias admisibles (0.90 - 1.075 p.u.). *Año Max Escenario Tensión Barra* 2023 1.04 Ave2023Med 220 kV Lomitas *Año Min Escenario Tensión Barra* 2023 0.891 Ave2023Max 60 kV Nazca b) La cargabilidad por las líneas se encuentra por encima del límit admisible de operación (120%). *Año Max Escenario Tensión Línea* 2023 138.94 Est2023Max 220 kV L-2312 c) La cargabilidad por los transformadores se encuentra por encim del límite admisible de operación (100%). *Año Max Escenario Transformador S.E* 2023 156.76 Ave2023Med T5-261 Ica	a) La tensión en las barras del área de influencia se encuentra fuera de las tolerancias admisibles (0.90 - 1.075 p.u.). *Año Max Escenario Tensión Barra* 2023 1.033 Ave2023Med 220 kV Lomitas *Año Min Escenario Tensión Barra* 2023 0.842 Ave2023Max 60 kV Nazca b) La cargabilidad por las líneas se encuentra por encima del límite admisible de operación (120%). *Año Max Escenario Tensión Línea* 2023 160.66 Est2023Min 220 kV L-2312 c) La cargabilidad por los transformadores se encuentra por encima del límite admisible de operación (100%). *Año Max Escenario Transformador S.E.* 2023 156.75 Ave2023Med T5-261 Ica	Activación del EDAG

Contingencias	Sin proyecto	Con proyecto	Acciones
C20: Desconexión de la Barra B de la S.E. Ica 220 kV	a) La tensión en las barras del área de influencia se encuentra dentro de las tolerancias admisibles (0.90 - 1.075 p.u.). b) La cargabilidad por las líneas se encuentra por debajo del límite admisible de operación (120%). c) La cargabilidad por los transformadores se encuentra por debajo del límite admisible de operación (100%).	a) La tensión en las barras del área de influencia se encuentra dentro de las tolerancias admisibles (0.90 - 1.075 p.u.). b) La cargabilidad por las líneas se encuentra por debajo del límite admisible de operación (120%). c) La cargabilidad por los transformadores se encuentra por debajo del límite admisible de operación (100%).	Ninguna
C21: Desconexión de la Barra A de la S.E. Marcona 220 kV	a) La tensión en las barras del área de influencia se encuentra fuera de las tolerancias admisibles (0.90 - 1.075 p.u.). *Año* *Max* *Escenario* *Tensión* *Barra* 2023 1.038 Est2023Min 220 kV Poroma *Año* *Min* *Escenario* *Tensión* *Barra* 2023 0.851 Ave2023Min 60 kV Nazca b) La cargabilidad por las líneas se encuentra por encima del límite admisible de operación (120%). *Año* *Max* *Escenario* *Tensión* *Línea* 2023 137.5 Ave2023Min 220 kV L-2211 c) La cargabilidad por los transformadores se encuentra por encima del límite admisible de operación (100%). *Año* *Max* *Escenario* *Transformador* *S.E.* 2023 163.51 Ave2023Min T62-261 Marcona	a) La tensión en las barras del área de influencia se encuentra fuera de las tolerancias admisibles (0.90 - 1.075 p.u.). *Año* *Max* *Escenario* *Tensión* *Barra* 2023 1.038 Est2023Min 220 kV Poroma *Año* *Min* *Escenario* *Tensión* *Barra* 2023 0.852 Ave2023Min 60 kV Nazca b) La cargabilidad por las líneas se encuentra por encima del límite admisible de operación (120%). *Año* *Max* *Escenario* *Tensión* *Línea* 2023 157.3 Ave2023Min 220 kV L-2211 c) La cargabilidad por los transformadores se encuentra por encima del límite admisible de operación (100%). *Año* *Max* *Escenario* *Transformador* *S.E.* 2023 163.47 Ave2023Min T62-261 Marcona	Activación del EDAG
C22: Desconexión de la Barra B de la S.E. Marcona 220 kV	a) La tensión en las barras del área de influencia se encuentra fuera de las tolerancias admisibles (0.90 - 1.075 p.u.). *Año* *Max* *Escenario* *Tensión* *Barra* 2023 1.03 Est2023Min 33 kV Lomitas *Año* *Min* *Escenario* *Tensión* *Barra* 2023 0.874 Est2023Min 60 kV Nazca b) La cargabilidad por las líneas se encuentra por debajo del límite admisible de operación (120%). c) La cargabilidad por los transformadores se encuentra por encim del límite admisible de operación (100%). *Año* *Max* *Escenario* *Transformador* *S.E.* 2023 168.94 Est2023Min T6-261 Marcona	a) La tensión en las barras del área de influencia se encuentra fuera de las tolerancias admisibles (0.90 - 1.075 p.u.). *Año* *Max* *Escenario* *Tensión* *Barra* 2023 1.03 Est2023Min 33 kV Lomitas *Año* *Min* *Escenario* *Tensión* *Barra* 2023 0.865 Est2023Min 60 kV Nazca b) La cargabilidad por las líneas se encuentra por debajo del límite admisible de operación (120%). c) La cargabilidad por los transformadores se encuentra por encima del límite admisible de operación (100%). *Año* *Max* *Escenario* *Transformador* *S.E.* 2023 170.51 Est2023Min T6-261 Marcona	La sobrecarga es ajena al proyecto

De todos los resultados analizados, se han encontrado sobrecargas en algunos enlaces de transmisión que son atribuibles al ingreso de generación en la zona incluida a la C.E. Expansión Punta Lomitas, estas sobrecargas se presentan en las líneas L-2312 y L-2211.

Por lo tanto, el proyecto prevé la adecuarse al **Esquema de Desconexión Automática de Generación (EDAG)** ante las posibles sobrecargas.

4.3. Resultados del Caso Adicional (Sin considerar los proyectos C.E. Wayra Extensión y C.E San Juan de Marcona):

- **Resultados del análisis en operación normal**

a) Perfil de tensión:

Al no considerar los proyectos de la C.E. Wayra Extensión y C.E. San Juan de Marcona se presentará un cambio en la tensión de las barras del área de influencia del proyecto ya que se deja de inyectar generación, al no considerar ambos proyectos se muestra que el máximo valor de tensión en la barra de 220 kV de la S.E. Poroma para el caso Sin Proyecto es 1.026 p.u. y para el caso Con Proyecto es 1.020, ambos en el escenario de Estiaje 2023 de mínima demanda.

También el máximo valor de tensión en la barra de 220 kV de la S.E. Marcona para el caso Sin Proyecto es 1.012 p.u. y para el caso Con Proyecto es 1.009, ambos en el escenario de Estiaje 2023 de mínima demanda.

Por otro lado, en la barra de 60 kV de la S.E. Nazca, se registran los valores mínimos de tensión con 0.971 p.u. (Sin Proyecto) y 0.974 p.u. (Con Proyecto) en Est2023Med para ambos casos. Estos valores, se encuentran por debajo del límite de operación (± 2.5%) de la tensión nominal. En consecuencia, es necesario mencionar que, en el caso Sin Proyecto las barras con tensiones bajas operan con normalidad, debido a que se ubican en un sistema radial cuya tensión se regula con los TAP de los transformadores 220/60/10 kV de la SE Marcona y el proyecto no agrava la operación, ya que es ajeno a esta situación.

b) Cargabilidad por las líneas de transmisión:

En las configuraciones Sin y Con Proyecto, para el año 2023 no se registran cargabilidades mayores al 100% de la capacidad por las líneas de transmisión. Sin embargo, se resalta que la línea L-2312 (Derivación – Marcona) de 220 kV, presenta la mayor cargabilidad, con valores elevados principalmente en el escenario de estiaje en los casos de Sin Proyecto (82.13%) y Con Proyecto (91.76%).

c) La cargabilidad por los transformadores:

La máxima cargabilidad registrada en los transformadores, para las configuraciones Sin y Con Proyecto, es menor al 100% de su capacidad.

- **Contingencias**

En la tabla se muestra el resumen de las contingencias.

Contingencias	Sin proyecto	Con proyecto	Acciones
C04: Desconexión de la línea L-2211 (Ica – Derivación) de 220 kV	a) La tensión en las barras del área de influencia se encuentra dentr de las tolerancias admisibles (0.90 - 1.075 p.u.). *Año* *Max* *Escenario* *Tensión* *Barra* 2023 1.036 Est2023Med 220 kV P. Lomitas *Año* *Min* *Escenario* *Tensión* *Barra* 2023 0.933 Est2023Max 60 kV Nazca b) La cargabilidad por las líneas se encuentra por encima del límit admisible de operación (120%). *Año* *Max* *Escenario* *Tensión* *Línea* 2023 137.87 Est2023Max 220 kV L-2312 c) La cargabilidad por los transformadores se encuentra por debaj del límite admisible de operación (100%).	a) La tensión en las barras del área de influencia se encuentra fuera de las tolerancias admisibles (0.90 - 1.075 p.u.). *Año* *Max* *Escenario* *Tensión* *Barra* 2023 1.035 Est2023Med 220 kV P. Lomitas *Año* *Min* *Escenario* *Tensión* *Barra* 2023 0.931 Est2023Max 60 kV Nazca b) La cargabilidad por las líneas se encuentra por encima del límite admisible de operación (120%). *Año* *Max* *Escenario* *Tensión* *Línea* 2023 137.87 Est2023Max 220 kV L-2312 c) La cargabilidad por los transformadores se encuentra por debajo del límite admisible de operación (100%).	La sobrecarga en la L-2312 se mitigará con la activación del EDAG
C05: Desconexión de la línea L-2312 (Derivación – Marcona) de 220 kV	a) La tensión en las barras del área de influencia se encuentra dentro de las tolerancias admisibles (0.90 - 1.075 p.u.). b) La cargabilidad por las líneas se encuentra por encima del límit admisible de operación (120%). *Año* *Max* *Escenario* *Tensión* *Línea* 2023 138.80 Est2023Med 220 kV L-2211 c) La cargabilidad por los transformadores se encuentra por debajo del límite admisible de operación (100%).	a) La tensión en las barras del área de influencia se encuentra dentro de las tolerancias admisibles (0.90 - 1.075 p.u.). b) La cargabilidad por las líneas se encuentra por encima del límite admisible de operación (120%). *Año* *Max* *Escenario* *Tensión* *Línea* 2023 157.79 Est2023Max 220 kV L-2211 c) La cargabilidad por los transformadores se encuentra por debajo del límite admisible de operación (100%).	La sobrecarga en la L-2211 se mitigará con la activación del EDAG
C09: Doble terna LT 2132(A y B) y 2231(A y B) (Independencia – Huancavelica) de 220 kV	a) La tensión en las barras del área de influencia se encuentra dentro de las tolerancias admisibles (0.90 - 1.075 p.u.). b) La cargabilidad por las líneas se encuentra por debajo del límite admisible de operación (120%). c) La cargabilidad por los transformadores se encuentra por debajo del límite admisible de operación (100%).	a) La tensión en las barras del área de influencia se encuentra dentro de las tolerancias admisibles (0.90 - 1.075 p.u.). b) La cargabilidad por las líneas se encuentra por encima del límite admisible de operación (120%). c) La cargabilidad por los transformadores se encuentra por debajo del límite admisible de operación (100%).	Ninguna
C10: Doble terna LT 2204 y 2203 (Campo Armiño – Huancavelica) de 220 kV	a) La tensión en las barras del área de influencia se encuentra dentro de las tolerancias admisibles (0.90 - 1.075 p.u.). b) La cargabilidad por las líneas se encuentra por debajo del límite admisible de operación (120%). c) La cargabilidad por los transformadores se encuentra por debajo del límite admisible de operación (100%).	a) La tensión en las barras del área de influencia se encuentra dentro de las tolerancias admisibles (0.90 - 1.075 p.u.). b) La cargabilidad por las líneas se encuentra por debajo del límite admisible de operación (120%). c) La cargabilidad por los transformadores se encuentra por debajo del límite admisible de operación (100%).	Ninguna
C11: Desconexión de la línea L-5031 (Poroma – Colcabamba) de 500 kV	a) La tensión en las barras del área de influencia se encuentra fuera de las tolerancias admisibles (0.90 - 1.075 p.u.). *Año* *Max* *Escenario* *Tensión* *Barra* 2023 1.043 Est2023Max 500 kV Colcabamba *Año* *Min* *Escenario* *Tensión* *Barra* 2023 0.813 Est2023Max 60 kV Nazca b) La cargabilidad por las líneas se encuentra por debajo del límite admisible de operación (120%). c) La cargabilidad por los transformadores se encuentra por debajo del límite admisible de operación (100%).	a) La tensión en las barras del área de influencia se encuentra fuera de las tolerancias admisibles (0.90 - 1.075 p.u.). Además, de las simulaciones RMS se registró caídas de tensión para las subestaciones de Poroma, Yarabamba en 500 kV y Poroma, Marcona en 220 kV. *Año* *Max* *Escenario* *Tensión* *Barra* 2023 1.042 Est2023Max 500 kV Colcabamba *Año* *Min* *Escenario* *Tensión* *Barra* 2023 0.819 Est2023Med 60 kV Nazca b) La cargabilidad por las líneas se encuentra por encima del límite admisible de operación (120%). *Año* *Max* *Escenario* *Tensión* *Línea* 2023 126.96 Est2023Max 220 kV L-2312 c) La cargabilidad por los transformadores se encuentra por debajo del límite admisible de operación (100%).	La sobrecarga en la L-2312 se mitigará con la activación del EDAG, el cual está definido en el Estudio de Coordinación de Protecciones

Contingencias	Sin proyecto	Con proyecto	Acciones
C12: Desconexión de la línea L-5032 (Poroma – Chilca) de 500 kV	a) La tensión en las barras del área de influencia se encuentra dentro de las tolerancias admisibles (0.90 - 1.075 p.u.). b) La cargabilidad por las líneas se encuentra por debajo del límite admisible de operación (120%). c) La cargabilidad por los transformadores se encuentra por debajo del límite admisible de operación (100%).	a) La tensión en las barras del área de influencia se encuentra dentro de las tolerancias admisibles (0.90 - 1.075 p.u.). b) La cargabilidad por las líneas se encuentra por debajo del límite admisible de operación (120%). c) La cargabilidad por los transformadores se encuentra por debajo del límite admisible de operación (100%).	Ninguna (Las barras con tensiones bajas operan con normalidad, debido a que se ubican en un sistema radial)
C15: Desconexión del autotransformador (AUT-5371) de la SE Poroma	Esta contingencia es perjudicial para el sistema De las simulaciones RMS se tiene caídas de tensión en las barras de Marcona 220 kV y Poroma 220 kV. Por otro lado, en los escenarios de Est2023Max y Est2023Min se registra sobrecargas por la línea L-2211 (Derivación – Ica)	Esta contingencia es perjudicial para el sistema De las simulaciones RMS se tiene caídas de tensión en las barras de Marcona 220 kV y Poroma 220 kV. Por otro lado, en los escenarios de Est2023Max y Est2023Min se registra sobrecargas por la línea L-2211 (Derivación – Ica)	Se activará el Esquema de Desconexión Automática de Generación (EDAG).
C19: Desconexión de la Barra A de la S.E. Ica 220 kV	a) La tensión en las barras del área de influencia se encuentra dentro de las tolerancias admisibles (0.90 - 1.075 p.u.). b) La cargabilidad por las líneas se encuentra por encima del límit admisible de operación (120%). *Año* / *Max* / *Escenario* / *Tensión* / *Línea* 2023 / 137.27 / Est2023Max / 220 kV / L-2312 c) La cargabilidad por los transformadores se encuentra por encim del límite admisible de operación (100%). *Año* / *Max* / *Escenario* / *Transformador* / *S.E* 2023 / 114.08 / Est2023Med / T5-261 / Ica	a) La tensión en las barras del área de influencia se encuentra dentro de las tolerancias admisibles (0.90 - 1.075 p.u.). b) La cargabilidad por las líneas se encuentra por encima del límite admisible de operación (120%). *Año* / *Max* / *Escenario* / *Tensión* / *Línea* 2023 / 157.79 / Est2023Max / 220 kV / L-2312 c) La cargabilidad por los transformadores se encuentra por encima del límite admisible de operación (100%). *Año* / *Max* / *Escenario* / *Transformador* / *S.E.* 2023 / 114.09 / Est2023Med / T5-261 / Ica	Activación del EDAG
C22: Desconexión de la Barra B de la S.E. Marcona 220 kV	a) La tensión en las barras del área de influencia se encuentra dentro de las tolerancias admisibles (0.90 - 1.075 p.u.). b) La cargabilidad por las líneas se encuentra por debajo del límite admisible de operación (120%). c) La cargabilidad por los transformadores se encuentra por debajo del límite admisible de operación (100%).	a) La tensión en las barras del área de influencia se encuentra dentro de las tolerancias admisibles (0.90 - 1.075 p.u.). b) La cargabilidad por las líneas se encuentra por debajo del límite admisible de operación (120%). c) La cargabilidad por los transformadores se encuentra por debajo del límite admisible de operación (100%).	Ninguna

De todos los resultados analizados, se han encontrado sobrecargas en algunos enlaces de transmisión que son atribuibles al ingreso de generación en la zona incluida a la C.E. Expansión Punta Lomitas, estas sobrecargas se presentan en las líneas L-2312 y L-2211.

Por lo tanto, el proyecto prevé la adecuarse al **Esquema de Desconexión Automática de Generación (EDAG)** ante las posibles sobrecargas.

4.4. Modo de Operación 2.2.

1.1.1. Resultados del análisis en operación normal

a) Perfil de tensión:

Para este modo de operación el máximo valor de tensión para el caso Sin Proyecto es en la barra B de 220 kV de la S.E. Punta Lomitas con un valor de

1.039 p.u. y para el caso Con Proyecto el máximo valor de tensión en la misma barra con un valor de 1.038 p.u., ambos casos en el escenario Est2023Med.

Por otro lado, en la barra de 60 kV de la S.E. Nazca, se registran los valores mínimos de tensión con 0.951 p.u. (Sin Proyecto) y 0.947 p.u. (Con Proyecto) en Est2023Med para ambos casos. Estos valores, se encuentran por debajo del límite de operación (± 2.5%) de la tensión nominal. En consecuencia, es necesario mencionar que, en el caso Sin Proyecto las barras con tensiones bajas operan con normalidad, debido a que se ubican en un sistema radial cuya tensión se regula con los TAP de los transformadores 220/60/10 kV de la SE Marcona y el proyecto no agrava la operación, ya que es ajeno a esta situación.

b) Cargabilidad por las líneas de transmisión:

En las configuraciones Sin y Con Proyecto, para el año 2023 no se registran cargabilidades mayores al 100% de la capacidad por las líneas de transmisión. Sin embargo, se resalta que la línea L-5034 (Poroma 500B – Ocoña 500) de 500 kV, presenta la mayor cargabilidad, con valores elevados principalmente en el escenario de estiaje en los casos de Sin Proyecto (82.73%) y Con Proyecto (81.82%).

c) La cargabilidad por los transformadores:

La máxima cargabilidad registrada en los transformadores, para las configuraciones Sin y Con Proyecto, es menor al 100% de su capacidad.

- **Resultados del Análisis Contingencias**

En la tabla se muestra el resumen de las contingencias.

Contingencias	Sin proyecto					Con proyecto					Acciones
C04: Desconexión de la línea L-2211 (Ica – Derivación) de 220 kV	a) La tensión en las barras del área de influencia se encuentra dentr de las tolerancias admisibles (0.90 - 1.075 p.u.).					a) La tensión en las barras del área de influencia se encuentra fuera de las tolerancias admisibles (0.90 - 1.075 p.u.).					Ninguna
	Año	*Max*	*Escenario*	*Tensión*	*Barra*	*Año*	*Max*	*Escenario*	*Tensión*	*Barra*	
	2023	1.036	Est2023Med	220 kV	P. Lomitas	2023	1.037	Est2023Med	220 kV	P. Lomitas	
	Año	*Min*	*Escenario*	*Tensión*	*Barra*	*Año*	*Min*	*Escenario*	*Tensión*	*Barra*	
	2023	0.951	Est2023Med	60 kV	Nazca	2023	0.947	Est2023Max	60 kV	Nazca	
	b) La cargabilidad por las líneas se encuentra por debajo del límit admisible de operación (120%).					b) La cargabilidad por las líneas se encuentra por debajo del límite admisible de operación (120%).					
	c) La cargabilidad por los transformadores se encuentra por debaj del límite admisible de operación (100%).										

Contingencias	Sin proyecto	Con proyecto	Acciones
	Año *Max* *Escenario* *Transformador* *S.E.* 2023 84.34 Est2023Max AUT-5371 Poroma	c) La cargabilidad por los transformadores se encuentra por debajo del límite admisible de operación (100%). *Año* *Max* *Escenario* *Transformador* *S.E.* 2023 88.96 Est2023Max AUT-5371 Poroma	
C05: Desconexión de la línea L-2312 (Derivación – Marcona) de 220 kV	a) La tensión en las barras del área de influencia se encuentra dentro de las tolerancias admisibles (0.90 - 1.075 p.u.). b) La cargabilidad por las líneas se encuentra por debajo del límite admisible de operación (120%). c) La cargabilidad por los transformadores se encuentra por debajo del límite admisible de operación (100%).	a) La tensión en las barras del área de influencia se encuentra dentro de las tolerancias admisibles (0.90 - 1.075 p.u.). b) La cargabilidad por las líneas se encuentra por debajo del límite admisible de operación (120%). c) La cargabilidad por los transformadores se encuentra por debajo del límite admisible de operación (100%).	Ninguna
C09: Doble terna LT 2132(A y B) y 2231(A y B) (Independencia – Huancavelica) de 220 kV	a) La tensión en las barras del área de influencia se encuentra dentro de las tolerancias admisibles (0.90 - 1.075 p.u.). b) La cargabilidad por las líneas se encuentra por debajo del límite admisible de operación (120%). c) La cargabilidad por los transformadores se encuentra por debajo del límite admisible de operación (100%).	a) La tensión en las barras del área de influencia se encuentra dentro de las tolerancias admisibles (0.90 - 1.075 p.u.). b) La cargabilidad por las líneas se encuentra por encima del límite admisible de operación (120%). c) La cargabilidad por los transformadores se encuentra por debajo del límite admisible de operación (100%).	Ninguna
C10: Doble terna LT 2204 y 2203 (Campo Armiño – Huancavelica) de 220 kV	a) La tensión en las barras del área de influencia se encuentra dentro de las tolerancias admisibles (0.90 - 1.075 p.u.). b) La cargabilidad por las líneas se encuentra por debajo del límite admisible de operación (120%). c) La cargabilidad por los transformadores se encuentra por debajo del límite admisible de operación (100%).	a) La tensión en las barras del área de influencia se encuentra dentro de las tolerancias admisibles (0.90 - 1.075 p.u.). b) La cargabilidad por las líneas se encuentra por debajo del límite admisible de operación (120%). c) La cargabilidad por los transformadores se encuentra por debajo del límite admisible de operación (100%).	Ninguna
C11: Desconexión de la línea L-5031 (Poroma – Colcabamba) de 500 kV	a) La tensión en las barras del área de influencia se encuentra fuera de las tolerancias admisibles (0.90 - 1.075 p.u.). *Año* *Max* *Escenario* *Tensión* *Barra* 2023 1.042 Est2023Max 500 kV Colcabamba *Año* *Min* *Escenario* *Tensión* *Barra* 2023 0.784 Est2023Max 60 kV Nazca b) La cargabilidad por las líneas se encuentra por debajo del límite admisible de operación (120%). c) La cargabilidad por los transformadores se encuentra por debajo del límite admisible de operación (100%).	a) La tensión en las barras del área de influencia se encuentra fuera de las tolerancias admisibles (0.90 - 1.075 p.u.). Además, de las simulaciones RMS se registró caídas de tensión para las subestaciones de Poroma, Yarabamba en 500 kV y Poroma, Marcona en 220 kV, además de las subestaciones Derivación y Punta Lomitas. Cabe mencionar que ante el caso Sin Proyecto se registra estos valores. *Año* *Max* *Escenario* *Tensión* *Barra* 2023 1.042 Est2023Max 500 kV Colcabamba *Año* *Min* *Escenario* *Tensión* *Barra* 2023 0.819 Est2023Med 60 kV Nazca b) La cargabilidad por las líneas se encuentra por encima del límite admisible de operación (120%). *Año* *Max* *Escenario* *Tensión* *Línea* 2023 126.96 Est2023Max 220 kV L-2312 c) La cargabilidad por los transformadores se encuentra por debajo del límite admisible de operación (100%).	La sobrecarga en la L-2312 se mitigará con la activación del EDAG, el cual está definido en el Estudio de Coordinación de Protecciones
C12: Desconexión de la línea L-5032 (Poroma – Chilca) de 500 kV	a) La tensión en las barras del área de influencia se encuentra dentro de las tolerancias admisibles (0.90 - 1.075 p.u.). b) La cargabilidad por las líneas se encuentra por debajo del límite admisible de operación (120%). c) La cargabilidad por los transformadores se encuentra por debajo del límite admisible de operación (100%).	a) La tensión en las barras del área de influencia se encuentra dentro de las tolerancias admisibles (0.90 - 1.075 p.u.). b) La cargabilidad por las líneas se encuentra por debajo del límite admisible de operación (120%). c) La cargabilidad por los transformadores se encuentra por debajo del límite admisible de operación (100%).	Ninguna (Las barras con tensiones bajas operan con normalidad, debido a que se ubican en un sistema radial)
C15: Desconexión del autotransformador (AUT-5371) de la SE Poroma	a) La tensión en las barras del área de influencia se encuentra dentro de las tolerancias admisibles (0.90 - 1.075 p.u.). b) La cargabilidad por las líneas se encuentra por debajo del límite admisible de operación (120%). c) La cargabilidad por los transformadores se encuentra por debajo del límite admisible de operación (100%).	a) La tensión en las barras del área de influencia se encuentra dentro de las tolerancias admisibles (0.90 - 1.075 p.u.). b) La cargabilidad por las líneas se encuentra por debajo del límite admisible de operación (120%). c) La cargabilidad por los transformadores se encuentra por debajo del límite admisible de operación (100%).	Ninguna
C19: Desconexión de la Barra A de la S.E. Ica 220 kV	a) La tensión en las barras del área de influencia se encuentra dentro de las tolerancias admisibles (0.90 - 1.075 p.u.). b) La cargabilidad por las líneas se encuentra por debajo del límite admisible de operación (120%).	a) La tensión en las barras del área de influencia se encuentra dentro de las tolerancias admisibles (0.90 - 1.075 p.u.). b) La cargabilidad por las líneas se encuentra por debajo del límite admisible de operación (120%).	Activación del EDAG

Contingencias	Sin proyecto	Con proyecto	Acciones
	c) La cargabilidad por los transformadores se encuentra por encima del límite admisible de operación (100%). *Año* *Max* *Escenario* *Transformador* *S.E.* 2023 114.08 Est2023Med T5-261 Ica	c) La cargabilidad por los transformadores se encuentra por encima del límite admisible de operación (100%). *Año* *Max* *Escenario* *Transformador* *S.E.* 2023 114.09 Est2023Med T5-261 Ica	
C22: Desconexión de la Barra B de la S.E. Marcona 220 kV	a) La tensión en las barras del área de influencia se encuentra dentro de las tolerancias admisibles (0.90 - 1.075 p.u.). b) La cargabilidad por las líneas se encuentra por debajo del límite admisible de operación (120%). c) La cargabilidad por los transformadores se encuentra por debajo del límite admisible de operación (100%).	a) La tensión en las barras del área de influencia se encuentra dentro de las tolerancias admisibles (0.90 - 1.075 p.u.). b) La cargabilidad por las líneas se encuentra por debajo del límite admisible de operación (120%). c) La cargabilidad por los transformadores se encuentra por debajo del límite admisible de operación (100%).	Ninguna

Debido a la condición operativa del modo 2.2 el cual se menciona, la distribución de la generación tanto para el lado de S.E. Ica y Marcona 220kV, evidenciaría que ante ciertas contingencias (C11 y C15) provocaría problema de subtensión en el área de influencia y además se quedaría aislado el sistema aguas abajo entre Marcona – Poroma. Siendo no tan recomendable al menos ante estas contingencias.

De todos los resultados analizados, se han encontrado sobrecargas en algunos enlaces de transmisión que son atribuibles al ingreso de generación en la zona incluida a la C.E. Expansión Punta Lomitas, estas sobrecargas se presentan en las líneas L-2312 y L-5034.

Ante el modo de operación 2.2 (los interruptores del acople de la S.E. Punta Lomitas y del acople de la barra de la S.E. Derivación abiertos) y sin considerar las centrales eólicas Wayra Extensión y San Juan de Marcona en operación en contingencia se estima que no se activará el **Esquema de Desconexión Automática de Generación (EDAG)**; sin embargo, se mantendrá activa para que ante cualquier cambio del modo de operación se encuentre activa.

4.5. Modo de Operación 2.3. – 2.4.

4.5.1. Resultados del análisis en operación normal

a) Perfil de tensión:

Para este modo de operación el máximo valor de tensión para el caso Sin Proyecto es en la barra de 60 kV de la S.E. Nazca con un valor de 1.043 p.u. y para el caso Con Proyecto el máximo valor de tensión en la misma barra con un valor de 1.038 p.u., ambos casos en el escenario Est2023Min.

Por otro lado, en la barra de 60 kV de la S.E. Nazca, se registran los valores mínimos de tensión con 0.964 p.u. (Sin Proyecto) y 0.961 p.u. (Con Proyecto) en Est2023Med para ambos casos. Estos valores, se encuentran por debajo del límite de operación (± 2.5%) de la tensión nominal. En consecuencia, es necesario mencionar que, en el caso Sin Proyecto las barras con tensiones bajas operan con normalidad, debido a que se ubican en un sistema radial cuya tensión se regula con los TAP de los transformadores 220/60/10 kV de la SE Marcona y el proyecto no agrava la operación, ya que es ajeno a esta situación.

b) Cargabilidad por las líneas de transmisión:

En las configuraciones Sin y Con Proyecto, para el año 2023 no se registran cargabilidades mayores al 100% de la capacidad por las líneas de transmisión. Sin embargo, se resalta que la línea L-5034 (Poroma 500B – Ocoña 500) de 500 kV, presenta la mayor cargabilidad, con valores elevados principalmente en el escenario de estiaje en los casos de Sin Proyecto (81.02%) y Con Proyecto (81.11%).

c) La cargabilidad por los transformadores:

La máxima cargabilidad registrada en los transformadores, para las configuraciones Sin y Con Proyecto, es menor al 100% de su capacidad.

4.5.2. Resultados del Análisis Contingencias

En la tabla se muestra el resumen de las contingencias.

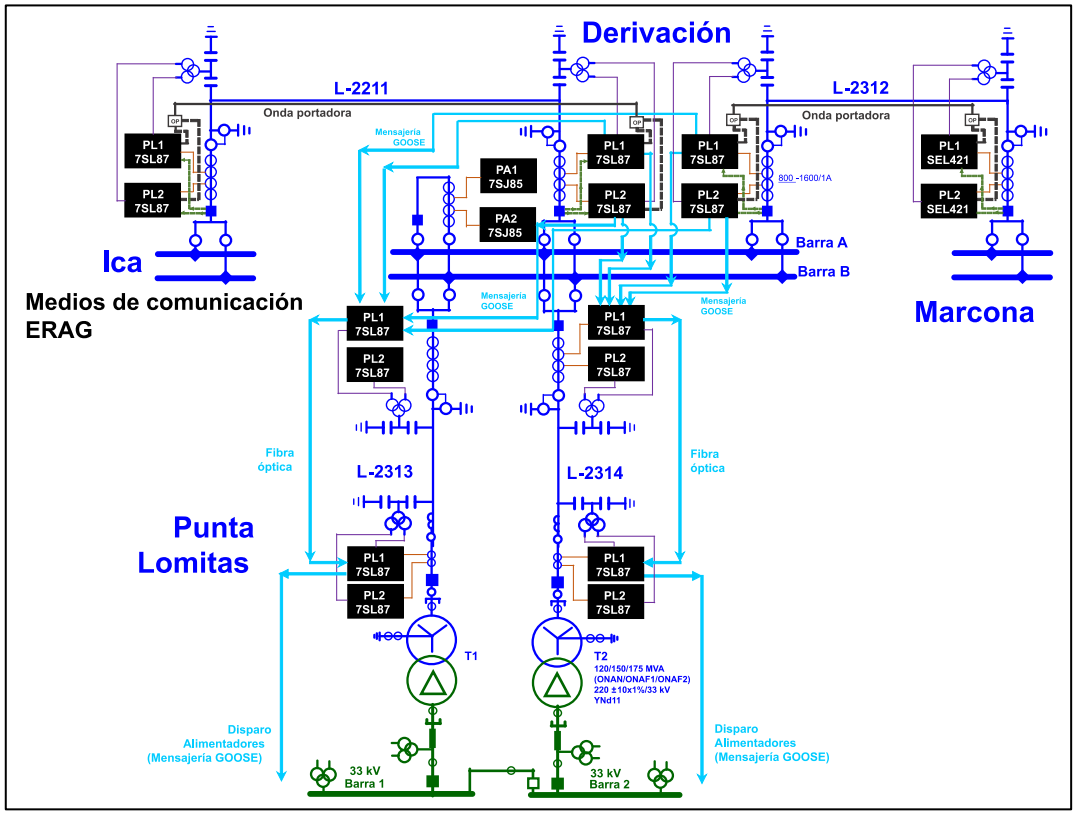
Contingencias	Sin proyecto	Con proyecto	Acciones
C04: Desconexión de la línea L-2211 (Ica – Derivación) de 220 kV	a) La tensión en las barras del área de influencia se encuentra dentro de las tolerancias admisibles (0.90 - 1.075 p.u.). b) La cargabilidad por las líneas se encuentra por debajo del límite admisible de operación (120%). c) La cargabilidad por los transformadores se encuentra por debajo del límite admisible de operación (100%).	a) La tensión en las barras del área de influencia se encuentra dentro de las tolerancias admisibles (0.90 - 1.075 p.u.). b) La cargabilidad por las líneas se encuentra por debajo del límite admisible de operación (120%). c) La cargabilidad por los transformadores se encuentra por debajo del límite admisible de operación (100%).	Ninguna
C05: Desconexión de la línea L-2312 (Derivación – Marcona) de 220 kV	a) La tensión en las barras del área de influencia se encuentra dentro de las tolerancias admisibles (0.90 - 1.075 p.u.). b) La cargabilidad por las líneas se encuentra por debajo del límite admisible de operación (120%). c) La cargabilidad por los transformadores se encuentra por debajo del límite admisible de operación (100%).	a) La tensión en las barras del área de influencia se encuentra dentro de las tolerancias admisibles (0.90 - 1.075 p.u.). b) La cargabilidad por las líneas se encuentra por debajo del límite admisible de operación (120%). c) La cargabilidad por los transformadores se encuentra por debajo del límite admisible de operación (100%).	Ninguna
C09: Doble terna LT 2132(A y B) y 2231(A y B) (Independencia – Huancavelica) de 220 kV	a) La tensión en las barras del área de influencia se encuentra dentro de las tolerancias admisibles (0.90 - 1.075 p.u.).	a) La tensión en las barras del área de influencia se encuentra dentro de las tolerancias admisibles (0.90 - 1.075 p.u.).	Ninguna

Contingencias	Sin proyecto	Con proyecto	Acciones
	b) La cargabilidad por las líneas se encuentra por debajo del límite admisible de operación (120%). c) La cargabilidad por los transformadores se encuentra por debajo del límite admisible de operación (100%).	b) La cargabilidad por las líneas se encuentra por encima del límite admisible de operación (120%). c) La cargabilidad por los transformadores se encuentra por debajo del límite admisible de operación (100%).	
C10: Doble terna LT 2204 y 2203 (Campo Armiño – Huancavelica) de 220 kV	a) La tensión en las barras del área de influencia se encuentra dentro de las tolerancias admisibles (0.90 - 1.075 p.u.). b) La cargabilidad por las líneas se encuentra por debajo del límite admisible de operación (120%). c) La cargabilidad por los transformadores se encuentra por debajo del límite admisible de operación (100%).	a) La tensión en las barras del área de influencia se encuentra dentro de las tolerancias admisibles (0.90 - 1.075 p.u.). b) La cargabilidad por las líneas se encuentra por debajo del límite admisible de operación (120%). c) La cargabilidad por los transformadores se encuentra por debajo del límite admisible de operación (100%).	Ninguna
C11: Desconexión de la línea L-5031 (Poroma – Colcabamba) de 500 kV	a) La tensión en las barras del área de influencia se encuentra fuera de las tolerancias admisibles (0.90 - 1.075 p.u.). *Año* *Max* *Escenario* *Tensión* *Barra* 2023 1.043 Est2023Max 500 kV Colcabamba *Año* *Min* *Escenario* *Tensión* *Barra* 2023 0.814 Est2023Max 60 kV Nazca b) La cargabilidad por las líneas se encuentra por debajo del límite admisible de operación (120%). c) La cargabilidad por los transformadores se encuentra por debajo del límite admisible de operación (100%).	a) La tensión en las barras del área de influencia se encuentra fuera de las tolerancias admisibles (0.90 - 1.075 p.u.). Además, de las simulaciones RMS se registró caídas de tensión para las subestaciones de Poroma, Yarabamba en 500 kV y Poroma, Marcona en 220 kV. *Año* *Max* *Escenario* *Tensión* *Barra* 2023 1.043 Est2023Max 500 kV Colcabamba *Año* *Min* *Escenario* *Tensión* *Barra* 2023 0.817 Est2023Med 60 kV Nazca b) La cargabilidad por las líneas se encuentra por debajo del límite admisible de operación (120%). c) La cargabilidad por los transformadores se encuentra por debajo del límite admisible de operación (100%).	Ninguna
C12: Desconexión de la línea L-5032 (Poroma – Chilca) de 500 kV	a) La tensión en las barras del área de influencia se encuentra dentro de las tolerancias admisibles (0.90 - 1.075 p.u.). b) La cargabilidad por las líneas se encuentra por debajo del límite admisible de operación (120%). c) La cargabilidad por los transformadores se encuentra por debajo del límite admisible de operación (100%).	a) La tensión en las barras del área de influencia se encuentra dentro de las tolerancias admisibles (0.90 - 1.075 p.u.). b) La cargabilidad por las líneas se encuentra por debajo del límite admisible de operación (120%). c) La cargabilidad por los transformadores se encuentra por debajo del límite admisible de operación (100%).	Ninguna (Las barras con tensiones bajas operan con normalidad, debido a que se ubican en un sistema radial)
C15: Desconexión del autotransformador (AUT-5371) de la SE Poroma	Esta contingencia es perjudicial para el sistema De las simulaciones RMS se tiene caídas de tensión en las barras de Derivación 220 Kv, Marcona 220 kV y Poroma 220 kV. Por otro lado, en los escenarios de Estiaje se registra sobrecarga por la línea L-2211.	Esta contingencia es perjudicial para el sistema De las simulaciones RMS se tiene caídas de tensión en las barras de Derivación 220 Kv, Marcona 220 kV y Poroma 220 kV. Por otro lado, en los escenarios de Estiaje se registra sobrecarga por la línea L-2211.	Se activará el Esquema de Desconexión Automática de Generación (EDAG).
C19: Desconexión de la Barra A de la S.E. Ica 220 kV	a) La tensión en las barras del área de influencia se encuentra dentro de las tolerancias admisibles (0.90 - 1.075 p.u.). b) La cargabilidad por las líneas se encuentra por debajo del límite admisible de operación (120%). c) La cargabilidad por los transformadores se encuentra por encima del límite admisible de operación (100%). *Año* *Max* *Escenario* *Transformador* *S.E.* 2023 114.10 Est2023Med T5-261 Ica	a) La tensión en las barras del área de influencia se encuentra dentro de las tolerancias admisibles (0.90 - 1.075 p.u.). b) La cargabilidad por las líneas se encuentra por debajo del límite admisible de operación (120%). c) La cargabilidad por los transformadores se encuentra por encima del límite admisible de operación (100%). *Año* *Max* *Escenario* *Transformador* *S.E.* 2023 114.10 Est2023Med T5-261 Ica	Activación del EDAG
C22: Desconexión de la Barra B de la S.E. Marcona 220 kV	a) La tensión en las barras del área de influencia se encuentra dentro de las tolerancias admisibles (0.90 - 1.075 p.u.). b) La cargabilidad por las líneas se encuentra por debajo del límite admisible de operación (120%). c) La cargabilidad por los transformadores se encuentra por debajo del límite admisible de operación (100%).	a) La tensión en las barras del área de influencia se encuentra dentro de las tolerancias admisibles (0.90 - 1.075 p.u.). b) La cargabilidad por las líneas se encuentra por debajo del límite admisible de operación (120%). c) La cargabilidad por los transformadores se encuentra por debajo del límite admisible de operación (100%).	Ninguna

De todos los resultados analizados, se han encontrado sobrecargas en algunos enlaces de transmisión que son atribuibles al ingreso de generación en la zona

incluida a la C.E. Expansión Punta Lomitas, estas sobrecargas se presentan en la línea L-2211.

Por lo tanto, el proyecto prevé la adecuarse al **Esquema de Desconexión Automática de Generación (EDAG)** ante las posibles sobrecargas.



4.6. Estudio de Cortocircuito

El ingreso del Proyecto no presenta grandes cambios en la corriente de cortocircuito en las barras cercanas a la zona del proyecto, siendo los siguientes los máximos valores de cortocircuito:

- ✓ La máxima corriente de cortocircuito para la barra de 220 kV de la S.E. Derivación es 3.64 kA por fase y 3.58 kA por tierra.
- ✓ La máxima corriente de cortocircuito para la barra A/B de 220 kV de la S.E. Lomitas es 2.7 kA por fase y 3.6 kA por tierra.
- ✓ La máxima corriente de cortocircuito para las barras A/B de 33 kV de la S.E. Lomitas es 8.9 kA por fase y 0.5 kA por tierra.
- ✓ Se muestra la siguiente tabla la comparación.

- ✓ Se muestra la siguiente tabla la comparación entre la máxima corriente de cortocircuito (fase – tierra) y la corriente de ruptura, por tanto, se observa que la máxima corriente de cortocircuito está por debajo de la corriente de ruptura.

Descripción				MAX (Icc)	MAX (3*I0)	Corriente de Ruptura	
Subestación	Tensión Nominal (kV)	Nombre DIgSILENT	Tensión de Referencia [kV]	Fase	Tierra	Interruptor (kA)	Seccionador (kA)
Marcona	220	MARCONA 220A	224	6.51	8.11	31.5	31.5
	60	MARCONA 60A	62	9.81	15.19	20	20
Ica	220	ICA 220A	221	4.96	5.14	31.5	31.5
	60	ICA 60A	62.2	10.6	14.1	31.5	31.5
Independencia	220	INDEPENDENCIA 220A	221	6.93	7.78	31.5	31.5
	60	INDEPENDENCIA 60A	62	13.1	18.7	25	-
Derivación	220	Derivacion220A	220	3.64	3.58	40	40
Lomitas	220	Lomitas220A	220	2.69	3.55	40	40
	220	Lomitas220B	220	2.7	3.59	40	40
	33	Lomitas33A	33	8.88	0.54	31.5	-
	33	Lomitas33B	33	8.89	0.48	31.5	-

Los equipos relacionados al proyecto C.E. Expansión Punta Lomitas cumplen con los niveles de cortocircuito superior a las corrientes calculadas, previendo el crecimiento del sistema.

Por tal razón, la corriente de diseño de los equipos será de 40 kA para los equipos de 220 kV y 31,5 kA para los equipos de 33 kV.

4.7. Coordinación de Protecciones

- El estudio de Coordinación de las protecciones tiene por objetivo definir los ajustes del sistema de protección para la sincronización de los aerogeneradores al SEIN del Proyecto "**Central Eólica Punta Lomitas**".
- Con los ajustes definidos en presente estudio no se afectan la coordinación del sistema de protección de la S.E. Punta Lomitas definida en la **Etapa I** del Proyecto "***Central Eólica Punta Lomitas Etapa I***".
- En el relé Fanox/SIA-B asociado al devanado de 33 kV de los transformadores 33/0.69 kV se implementará los siguientes:

Is = 56 Aprim	Umbral 1			Umbral 2		
	Curva	I1(pu/A)	t1	Curva	I2(pu/A)	t2 (s)

Fase	IEC Estremely Inverse	2.50 pu (140 A-prim)	0.30	DT	8.6 pu (481.6A-prim)	0.07
Tierra	IEC Standard Inverse	0.26 pu (14.56 A-prim)	0.10	DT	0.78 pu (43.68 A-prim)	0.05

- Los ajustes asociados a los relés de los interruptores (ABB SACE Emax 2 E9, Ekip Dip LSI 3p) de los estatores de los aerogeneradores se muestra en la siguiente tabla:

Model	**Rated current**	**Icu**	**Ue**	**Relay**
ABB E6.2 H / E9	6300A	100kA	900V	Ekip Dip LSI 3p

L	**S: (I^2t)**	**I:**
MK I (SG 4.5): I1=0.95 T1=3s (I=3I1) ---------- MK II (SG 5.0) I1=1.00 T1=3 s	MK I (SG 4.5): I2=1.5 T2=0.1s (I=10xIn) ---------- MK II (SG 5.0): I2=1.6 T2=0.1 s (I=10In)	I3=3 N=OFF

NOTA: Se habilitará los ajustes de MK II.

- Los ajustes asociados a los relés de los interruptores (ABB E1.2N, Ekip Dip LSI 3p) de los convertidores de los aerogeneradores se muestra en la siguiente tabla, las cuales son las definidas por el fabricante.

Model	**Rated current**	**Icu**	**Ue**	**Relay**
ABB E1.2N	1250A	50kA	690V	Ekip Dip LSI 3p

L	**S: (I^2t)**	**I:**
MK I (SG 4.5): I1=0.85 T1=12s(I=3I1) ---------- MK II (SG 5.0): I1=0.9 T1=12 s	I2=1.5 T2=0.1s(I=10xIn)	I3=2 N=OFF

NOTA: Se habilitará los ajustes de MK II.

- Para mitigar las sobrecargas en las diferentes líneas de transmisión en el área de influencia en operación en contingencia el proyecto "**Central Eólica Expansión Punta Lomitas de 36.4 MW**" se adecuará al "***Esquema de Desconexión Automática de Generación (EDAG) de activación Rápida y activación Lenta***" *implementada con el proyecto* "**Central Eólica Punta Lomitas**". La activación **Rápida** se realiza para desconectar generación ante la

pérdida del enlace Derivación – Ica o Derivación – Marcona y la línea del enlace no desconectado se encuentra sobrecargado por encima de 120% de su capacidad; mientras que, la activación **Lenta** se producirá cuando las líneas L-2211 o L-2312 se encuentre sobrecargada ante eventos en el sistema de transmisión.

El **Esquema de Desconexión Automática de Generación** (EDAG) se encuentra implementado en los relés PL1 de las líneas L-2313/L-2314 de la S.E. Derivación, cuyo esquema y ajustes fueron definidos en el **Estudio de Operatividad de la C.E. Punta Lomitas**. Asimismo, como parte del esquema se mantiene el bloqueo del incremento de generación cuando el flujo de las líneas L-2211 y L-2312 supere el 100% de la capacidad de la línea el cual se aplicará para el Proyecto.

- La contingencia del autotransformador de la S.E. Poroma es un evento crítico para el área Poroma – Marcona desde el punto de vista tensión el cual ocurre **Sin Proyecto** y **Con Proyecto**. En el periodo de avenida del año 2023 con la activación del EDAG se mitiga la sobrecarga en las líneas de 220 kV. Con el ingreso de las **Centrales Eólicas Marcona** y **Ampliación Wayra**, el nivel de sobrecarga es superior a 120% de la capacidad y las tensiones se encuentran por debajo de 0.90 pu agravando la operación; por lo tanto, con el ingreso de las centrales mencionadas se debe evaluar el **Esquema de Desconexión Automática Generación** del área de influencia.
- Se recomienda implementar los ajustes definidos en el presente documento.

Modificación de ajustes que fueron definidos con el proyecto de la C.E. Punta lomitas:

- Ajustes lado 220kV de los transformadores de la S.E. Punta Lomitas – Relé PT1 (Marca/Modelo): SIEMENS/7UT85

TC:800/1A	Umbral 1			Umbral 2			Umbral 3		
	Curva	I1(A)	t1	Curva	I2(A)	t2	Curva	I3(A)	t3
Fase	IEC-NI	597	0.11	DT	2000	0.1	-	-	-
Tierra	IEC-NI	118	0.22	DT	2000	0.1	-	-	-

- Ajustes lado 220kV – Relé PT2 (Marca/Modelo): SIEMENS/7UT85

TC:600/1A	Umbral 1			Umbral 2			Umbral 3		
	Curva	I1(A)	t1	Curva	I2(A)	t2	Curva	I3(A)	t3
Fase	IEC-NI	597	0.11	DT	2000	0.1	-	-	-
Tierra	IEC-NI	118	0.22	DT	2000	0.1	-	-	-

- Ajustes lado 33kV de los transformadores de la S.E. Punta Lomitas – Relé PT1 (Marca/Modelo): SIEMENS/7UT85

TC:3100/1A	Umbral 1			Umbral 2			Umbral 3		
	Curva	I1(A)	t1	Curva	I2(A)	t2	Curva	I3(A)	t3
Fase	IEC-NI	3980	0.08	-	-	-	-	-	-
Tierra	-	-	-	-	-	-	-	-	-

- Ajustes lado 33 kV de los transformadores de la S.E. Punta Lomitas – Relé PT2/7SJ81 (Marca/Modelo): SIEMENS/7UT85/7SJ81

TC:3150/1A	Umbral 1			Umbral 2			Umbral 3		
	Curva	I1(A)	t1	Curva	I2(A)	t2	Curva	I3(A)	t3
Fase	IEC-NI	3980	0.08	-	-	-	-	-	-
Tierra	DT	130	0.20	-	-	-	-	-	-

- Acoplamiento de barras de 33 kV - Relé (Marca/Modelo): SIEMENS/7SJ81

TC:3150/1A	Umbral 1			Umbral 2			Umbral 3		
	Curva	I1(A)	t1	Curva	I2(A)	t2	Curva	I3(A)	t3
Fase	IEC-NI	3980	0.05	-	-	-	-	-	-
Tierra	IEC-NI	31.5	0.19	-	-	-	-	-	-

- Ajustes de sincronismo (25) del acoplamiento de las barras de 33 kV de la S.E. Punta Lomitas.

Máxima diferencia de tensión ΔV : 5%Vn

Máxima diferencia de ángulo $\Delta\phi$: 12°

Máxima diferencia de frecuencia Δf : 0.100 Hz

- Función 50/51 y 50N/51N de la celda totalizadora de los bancos de condensadores - Relé (Marca/Modelo): SIEMENS/7SJ81

TC:500/1A	Umbral 1			Umbral 2			Umbral 3		
	Curva	I1(A)	t1	Curva	I2(A)	t2	Curva	I3(A)	t3
Fase	IEC-NI	493	0.15	DT	1200	0.25	-	-	-
Tierra	IEC-NI	30	0.09	DT	250	0.25	-	-	-

- Función 50/51 y 50N/51N de los pasos 1, 2, 3 y 4 (5 Mvar) de los bancos de condensadores - Relé (Marca/Modelo): SIEMENS/7SJ85

TC:300/1A	Umbral 1			Umbral 2			Umbral 3		
	Curva	I1(A)	t1	Curva	I2(A)	t2	Curva	I3(A)	t3
Fase	IEC-NI	109.5	0.12	DT	1100	0.10	-	-	-
Tierra	IEC-NI	17.5	0.06	DT	200	0.05	-	-	-

- Función 50/51 y 50N/51N del paso 5 (2.5 Mvar) de los bancos de condensadores - Relé (Marca/Modelo): SIEMENS/7SJ85

TC:300/1A	Umbral 1			Umbral 2			Umbral 3		
	Curva	I1(A)	t1	Curva	I2(A)	t2	Curva	I3(A)	t3
Fase	IEC-NI	54.75	0.16	DT	1100	0.10	-	-	-
Tierra	IEC-NI	8.70	0.08	DT	200	0.05	-	-	-

- En todos los alimentadores de 33 kV de los Proyectos C.E. Punta Lomitas y Expansión Punta Lomitas se implementará ajustes similares, solo se recomienda modificar el TMS de la función 51N.

TC:400/1A	Umbral 1			Umbral 2			Umbral 3		
	Curva	I1(A)	t1	Curva	I2(A)	t2	Curva	I3(A)	t3
Fase	IEC-NI	500	0.13	DT	1600	0.25	-	-	-
Tierra	IEC-NI	30	0.09	DT	250	0.20	-	-	-

- Extremo de la S.E. Derivación en la línea L-2211 - Relé (Marca/Modelo): SIEMENS/7SL87

TC:800/1A	Umbral 1			Umbral 2			Umbral 3		
	Curva	I1(A)	t1	Curva	I2(A)	t2	Curva	I3(A)	t3
Tierra	IEC-NI	120	0.27	DT	1800	0.25	-	-	-

- Extremo de la S.E. Ica en la línea L-2211 - Relé (Marca/Modelo): SIEMENS/7SL87

TC:800/1A	Umbral 1			Umbral 2			Umbral 3		
	Curva	I1(A)	t1	Curva	I2(A)	t2	Curva	I3(A)	t3
Tierra	IEC-NI	120	0.27	DT	1500	0.25	-	-	-

4.8. Resonancia Subsincrona

- Para la evaluación ante la posible exposición al fenómeno de Resonancia Subsíncrona se analizaron las siguientes configuraciones:
  - ✓ **C01:** Red completa.
  - ✓ **C02:** Interruptor de acoplamiento (IN1) de la S.E. Derivación Abierto.
  - ✓ **C03:** Interruptor abierto de la compensación serie (IN2) de la L-5032 de la S.E. Poroma.
  - ✓ **C04:** Interruptor de la compensación serie (IN2) de la L-5032 de la S.E. Poroma e Interruptor del acoplamiento de la S.E. Derivación abierto.
- En operación normal (C01) con el interruptor de acoplamiento de la S.E. Derivación cerrado (enlace Ica – Derivación – Marcona cerrado) la impedancia vista desde el rotor de los aerogeneradores no presenta frecuencias resonantes menores a 60 Hz por el cual no existe riesgo a al fenómeno de resonancia subsíncrona.
- En operación con el interruptor de acoplamiento de la S.E. Derivación cerrado (enlace Ica – Derivación – Marcona cerrado) la impedancia vista desde el rotor de los aerogeneradores no presenta frecuencias resonantes menores a 60 Hz por el cual no existe riesgo al fenómeno de resonancia subsíncrona.
- Para el caso de los aerogeneradores conectado en sistema radial desde la S.E. Marcona presentan frecuencias resonantes que se encuentran entre 10 y 15 Hz aproximadamente, el cual se amplifica con operación del banco de condensadores serie de la L-5032 (Poroma – Chilca) de 500 kV; sin embargo, la resistencia vista desde el rotor es positivo y las frecuencias resonantes del sistema se encuentra alejados a la zona de riesgos.
- Teniendo en cuenta las recomendaciones de [4], para identificar las condiciones que requieran más detallados utilizando el análisis EMT se sugiere en los siguientes casos:
  1. Cualquier cruce de reactancia en el lado de la turbina que coincida con las condiciones resonantes en el lado del sistema, incluso si la resistencia en la frecuencia subsíncrona es positiva.

2. Cualquier condición resonante en el lado del sistema si la resistencia de la turbina a esa frecuencia subsincrona es negativa. Aunque el cruce de la reactancia de la turbina no coincida con la frecuencia resonante del sistema, la resistencia de la turbina es negativa en la frecuencia subsincrona en la que el sistema muestra condiciones resonantes.

Los resultados de impedancia armónica en las configuraciones de los Casos 1, 2 y 3 (C01, C02 y C03) no presenta riesgos de estar sometidos a resonancia subsíncrona que afecte la operación por el cual no es necesario realizar estudios adicionales como EMT.

Los resultados de impedancia armónica en la configuración del Caso 4 (C04), la impedancia armónica del SEIN presenta resonancia a 15 Hz. Sin embargo, esta configuración no es operable debido a que el interruptor del banco de compensación serie de la L-5032 se encuentra cerrada (banco de compensación en baipás). Por otro lado, la interacción torsional subsincrona (SSTI) se presenta a frecuencias elevadas (menor a 10Hz vista en el rotor y mayores a 50 Hz vista en el estator) por el cual no se presentará fenómenos de resonancia subsincrona.

El controlador de los aerogeneradores, Generadores de Inducción Doblemente Alimentado (DFIG: *Doubly-fed Induction Generators*), de Siemens Gamesa al detectar el fenómeno de resonancia subsíncrona con el Algoritmo SIRIO (*Sub-synchronous Interactions and Resonances Improved Operation*) modifica automáticamente el control del convertidor con el cual varía la impedancia armónica propia del aerogenerador con el cual mitiga el fenómeno de Resonancia Sub Síncrona. Este algoritmo será activado a futuro cuando el sistema de transmisión ponga en riesgo la operación de la C.E. Expansión Punta Lomitas y el agente que lo ponga en riesgo lo evidencie mediante el Estudio de Preoperatividad u Operatividad. En la figura se muestra un extracto del documento "*SSCI Screening_Punta Lomitas WF* ubicado en la carpeta "Información confidencial".

SIEMENS Gamesa
RENEWABLE ENERGY

WF Name	Punta Lomitas (PER)					
Platform	4x					
AM	SG 5.0-145 (AM+1, 5.2 MW)					
Bin	100%					
Frequency	60 Hz					
WTG Tx:	0.69/34.5 kV					
SIRIO Algorithm: Disabled				SIRIO Algorithm: Enabled		
Freq (Hz)	R (ohm)	X (ohm)		Freq (Hz)	R (ohm)	X (ohm)
5	-10.4383	5.220043		5	11.94556	15.99565
6	-13.2745	6.843369		6	13.94913	18.54051
7	-16.1519	7.899163		7	15.6004	20.66852
8	-19.8239	10.91287		8	16.62188	22.78856
9	-23.4219	12.44588		9	18.06735	25.41749
10	-26.4431	14.62265		10	19.13245	27.05662
11	-32.5647	17.68446		11	20.25463	29.24286
12	-34.4414	18.7155		12	20.26331	30.95021
13	-41.838	21.07158		13	21.01303	32.16432
14	-47.2255	20.99056		14	21.46681	33.97743
15	-48.1523	27.0922		15	21.73075	35.78025
16	-36.9175	37.35953		16	26.68433	39.03793
17	-53.8561	18.49548		17	13.57735	29.26308
18	-44.2502	32.77506		18	20.88226	40.2419
19	-57.2782	38.64399		19	21.62803	42.31074
20	-67.0915	40.76604		20	24.52464	40.52375
21	-64.5723	47.22061		21	18.07245	43.29582
22	-66.6815	51.10815		22	18.53625	45.7526
23	-73.9141	50.09696		23	18.39626	47.06544

Figura 9. Extracto del documento "SSCI Screening_Punta Lomitas WF

4.9. Estudio de Armónicos

1. Para la evaluación de los armónicos de las barras de 220 kV de las subestaciones Marcona e Ica se dispone de mediciones desde las 10:30 h del 15.03.2022 hasta las 15:00 h del 23.03.2022. No fue posible hacer mediciones en la subestación Punta Lomitas dado que a la fecha aún no se encuentra en servicio.
2. De la evaluación de los armónicos en las barras de 220 kV de la S.E. Marcona, los armónicos que presentan mayor magnitud son: el 5to, 7mo, 9no, 11vo y 13vo; sin embargo, no transgrede la NTCSE en los armónicos 5to, 7mo, 11vo y 13vo. El armónico 9no solo se transgrede en la fase "R", mientras que en las otras fases no se supera los límites establecidos en la NTCSE, el cual no es coherente con el comportamiento de las otras fases, por el cual se descarta esta transgresión.
3. De la evaluación de los armónicos en las barras de 220 kV de la S.E. Ica, los armónicos que presentan mayor magnitud son: el 5to, 7mo, 11vo y 13vo; sin embargo, no transgrede la NTCSE en los armónicos 7mo, 11vo y 13vo. El armónico 5to transgrede la NTCSE en las fases "S" y "T".

4. Con el ingreso del Proyecto se observa que los niveles de distorsión armónica disminuyen. Por lo tanto, con el ingreso del Proyecto no se amplifica los niveles de armónicos y no afectará la operación del área de influencia.

4.10. Estudio de Estabilidad

1. La evaluación del impacto del proyecto Central Eólica Expansión Punta Lomitas 36.4 MW al Sistema Eléctrico Interconectado Nacional (SEIN) se realizaron ante las siguientes contingencias:

Contingencia	Nombre alcance COES	Con Proyecto
C01	Desconexión de la línea L-2210 (Independencia - Ica) de 220 kV	✓
C02	Desconexión de la línea L-2207 (Independencia –Cantera) de 220 kV	✓
C03	Desconexión de la línea L-2208 (Independencia – Desierto) de 220 kV	✓
C04	**Desconexión de la línea L-2211 (Ica – Derivación) de 220 kV**	✓
C05	**Desconexión de la línea L-2312 (Derivación – Marcona) de 220 kV**	✓
C06	Desconexión de la línea L-2292 (Marcona – Poroma) de 220 kV	✓
C07	Desconexión de la línea L-2083 (Poroma – Mina Justa) de 220 kV	✓
C08	Desconexión de la línea L-2299 (Marcona – El Hierro) de 220 kV	✓
C09	Doble terna LT 2132(A y B) y 2231(A y B) (Independencia – Huancavelica) de 220 kV	✓
C10	Doble terna LT 2204 y 2203 (Campo Armiño – Huancavelica) de 220 kV	✓
C11	Desconexión de la línea L-5031 (Poroma – Colcabamba) de 500 kV	✓
C12	Desconexión de la línea L-5032 (Poroma – Chilca) de 500 kV	✓
C13	Desconexión de la línea L-5033 (Poroma – Yarabamba) de 500 kV	✓
C14	Desconexión de la línea L-5034 (Poroma – Ocoña) de 500 kV	✓
C15	Desconexión del autotransformador (AUT-5371) de la SE Poroma	✓
C16	Desconexión del autotransformador (AT72-523) de la SE Chilca CTM	✓
C17	Desconexión de la Barra A de la S.E. Derivación 220 kV	✓
C18	Desconexión de la Barra B de la S.E. Derivación 220 kV	✓
C19	Desconexión de la Barra A de la S.E. Ica 220 kV	✓
C20	Desconexión de la Barra B de la S.E. Ica 220 kV	✓
C21	Desconexión de la Barra A de la S.E. Marcona 220 kV	✓
C22	Desconexión de la Barra B de la S.E. Marcona 220 kV	✓

2. De los eventos de desconexión por falla en las líneas de 220 kV Independencia – Ica (L-2210), Independencia – Cantera (L-2207), Independencia – Desierto (L-2208), Marcona – Poroma (L-2292), Poroma – Mina Justa (L-2083), Marcona – El Hierro (L-2299), Independencia – Huancavelica (L2132/L2231), Campo Armiño – Huancavelica (L2203/L2204), la línea de 500 kV Poroma – Colcabamba (L-5031) y Poroma – Chilca CTM (L-5032) se concluye: Las

tensiones en las principales barras se mantienen dentro del rango normal de operación (+7.5%/-10% de la tensión de operación), la cargabilidad por las líneas y transformadores se encuentran dentro del margen de operación.

3. La desconexión en las barras de 220 kV en la Barra A S.E. Derivación, Barra B SE Derivación, Barra B S.E. Ica, Barra B S.E. Marcona y la desconexión del Autotransformador AT72-523 de la S.E. Chilca CTM. Las tensiones en las principales barras se mantienen dentro del rango normal de operación (+7.5%/-10% de la tensión de operación), la cargabilidad por las líneas y transformadores se encuentran dentro del margen de operación.
4. Los eventos de desconexión por falla de la línea de 220 kV Ica - Derivación (L-2211) y Derivación – Marcona (L-2312) originan sobrecargas mayores al 120% de su capacidad de las líneas L-2312 y L-2211 respectivamente. Con la activación del **Esquema de Desconexión de Automática de Generación** (EDAG) de la C.E. Punta Lomitas y C.E. Expansión Punta Lomitas las sobrecargas mayores al 120% de la capacidad de las líneas L-2312 y L-2211 se mitigan adecuadamente. Las tensiones en las principales barras se mantienen dentro del rango normal de operación. No se observa cambios en la cargabilidad de líneas y transformadores.
5. La desconexión por falla en la línea de 500 kV Poroma – Colcabamba, la tensión en la barra de 500 kV de la S.E. Colcabamba se registra fuera del +7.5% de la tensión de operación, el Proyecto es ajeno a está sobre tensión. Por otro lado, la cargabilidad por la línea L-2312 es mayor al 120% de su capacidad, el cual se mitigará con la activación del EDAG, definido en el Estudio de Coordinación de Protecciones.
6. Ante la desconexión del autotransformador AUT-5371, en los escenarios de Ave2023Max y Est2023Max, la cargabilidad en la línea L-2211 (Derivación – Ica) de 220 kV es mayor al 120% de su capacidad, el cual se evitará con la activación del EDAG, definido en el Estudio de Coordinación de Protecciones. La tensión en las barras de Marcona 220 kV y Poroma 220 kV están por debajo de 0.90 pu, el cual es ajeno al Proyecto, tal como se menciona en el informe del Estado estacionario para el Caso Sin Proyecto. Por otro lado, en los demás escenarios la tensión se encuentra dentro del +7.5%/-10% de la tensión de operación y la cargabilidad por las líneas es menor al 120 de su capacidad.

7. Ante la desconexión de una barra de 220 kV de la S.E. Ica, asociado a la línea L-2211, la tensión se encuentra dentro del +7.5/-10% de la tensión de operación y la cargabilidad por la línea L-2312 es mayor al 120% de su capacidad. Esta sobrecarga se disminuirá con la activación del EDAG de la C.E. Punta Lomitas más la C.E. Expansión Punta Lomitas, cuyos ajustes se detallan en el Estudio de Coordinación de Protecciones.
8. Ante la desconexión de una barra de 220 kV de la S.E. Marcona, asociado a la línea L-2312, la tensión se encuentra dentro del +7.5/-10% de la tensión de operación y la cargabilidad por la línea L-2211 es mayor al 120% de su capacidad. Esta sobrecarga se disminuirá con la activación del EDAG de la C.E. Punta Lomitas más la C.E. Expansión Punta Lomitas, cuyos ajustes se detallan en el Estudio de Coordinación de Protecciones.
9. Del análisis por fallas monofásicas tanto al 1% y 99% con recierre exitoso por las contingencias más críticas se evidenció que, ante fallas ocurridas en el sistema de transmisión, las tensiones se encuentran dentro del perfil [+7.5/-10%] y las cargabilidades por los equipamientos del sistema eléctrico son menores al límite de capacidad. Asimismo, el tiempo por el cual el sistema se libera de la falla es mayor a los 500 ms, sin pérdida de sincronismo. Por lo tanto, se cumple las exigencias establecidas por el procedimiento PR-20.
10. Del análisis se consideró las simulaciones de tiempo de crítico de falla para todos los escenarios de estudio del año 2023, el cual se evidenció que para todos ellos el tiempo del despeje de falla se realizó por un tiempo de 1000 ms, de modo que, no se registró perdida de sincronismo. Asimismo, las tensiones se encuentran dentro del perfil [+7.5/-10%] de la tensión de operación y las cargabilidades por los equipamientos del sistema eléctrico menores al límite de capacidad.
11. El proyecto C.E. Expansión Punta Lomitas no afecta el tiempo crítico de despeje de falla en la barra 220 kV de la S.E. Derivación, asimismo, se realizó simulaciones de TCDF en las barras de 220kV de Ica y Marcona. El cual el tiempo de despeje se realizó en un tiempo de 1000 ms, de manera que no registró perdida de sincronismo en el área de influencia. Por lo tanto, se cumple la exigencia establecida en el Procedimiento PR-20 (mayor a 100 ms).
12. Por lo expuesto, se concluye que, el Proyecto de la C.E. Expansión Punta Lomitas de 36.4 MW con el Esquema de Desconexión Automática de

Generación, no originará efecto negativo a los equipos y a la operación del área de influencia.

13. Los valores propios tienen parte real negativas por el cual el sistema dinámico será estable. Los modos que tienen coeficientes de amortiguamiento (*Damping Ratio*) menores a 5% son 00836, 00856 y 01055 en las cuales los generadores del Proyecto no tienen participación. **Por lo tanto, el ingreso del Proyecto no afecta la operación del SEIN**.

14. Del comportamiento de la corriente reactiva durante recierre en la línea L-2211 (Derivación – Ica) de 220 kV y L-2312 (Derivación – Marcona) de 220 kV, se menciona lo siguiente:

- La inyección de corriente reactiva en bornes del aerogenerador cumple el requerimiento de acuerdo con la zona gris de la Figura 5 de Capítulo 4 del Anexo 1 del PR-20 del COES.
- El comportamiento de la tensión de la barra de 33 kV de la S.E. Punta Lomitas, durante el tiempo muerto de recierre de la línea, está por debajo de 0.90 pu en un tiempo menor a 150 ms. Por lo tanto, considerando la tolerancia de la velocidad de *respuesta del controlador*, no se considera necesario evaluar que la corriente reactiva este dentro de la zona gris de la Figura 5 de Capítulo 4 del Anexo 1 del PR-20 del COES.

5. Anexos

Anexo A: Diagrama unifilar del Proyecto