1	Levantamiento Observaciones COES	01-Jun-25	EVC	ACM	AMÑ
0	Emitido para revisión interna	01-Feb-25	EVC	ACM	AMÑ
Rev.	**Descripción**	**Fecha**	**Ejec**	**Rev**	**Apr**

kallpa

PSS Power Systems Solutions S.A.C.

PROYECTO:

ESTUDIO DE PRE OPERATIVIDAD

CENTRAL EOLICA PACIFICO

Título:

RESUMEN EJECUTIVO

Código:

CEP-GE-RE-001

Responsable Técnico:

Ing. Augusto Milla Ñique

CIP: 34164

Revisión:

1

ÍNDICE GENERAL

VOLUMEN	TÍTULO
I	RESUMEN EJECUTIVO DEL PROYECTO
II PARTE A PARTE B	INGENIERÍA DEL PROYECTO PARQUE EÓLICO SISTEMA DE TRANSMISIÓN
III	ESTUDIOS DE DISEÑO DEL PROYECTO
IV	ESTUDIOS ELÉCTRICOS DE PROYECTO

ÍNDICE

1. OBJETIVO 6

2. ALCANCE 6

3. UBICACIÓN 6

4. CONDICIONES DE SERVICIO 7

4.1 Sistema eléctrico 7

4.2 Niveles de aislamiento 7

4.3 Condiciones CLIMÁTICAS 8

5. AÑO DE CONEXIÓN 8

6. INSTALACIONES DEL PROYECTO 8

7. CENTRAL EÓLICA 9

7.1 Aerogeneradores 9

7.2 Red eléctrica de 33 kV 9

7.3 Puesta a Tierra 11

7.3.1 Neutro de la Red 33 kV (Transformador Zig-zag) 11

7.3.2 Puesta a tierra de los aerogeneradores 12

7.4 Sistema de Control 12

7.4.1 Control de los Aerogeneradores 12

7.4.2 Sistema de Control de la Central 13

7.4.3 Arranque y Parada de la Central 13

7.4.4 Despacho de Potencia Activa 13

7.4.5 Sistemas de Predicción de la Potencia 14

7.4.6 Control de Potencia Reactiva 14

7.4.7 Bancos de Capacitores 14

7.4.8 Control de la Frecuencia 14

7.4.9 Control de la Tensión 15

7.5 Continuidad de suministro ante contingencias severas 15

7.5.1 Hueco de Tensión 15

7.5.2 Consumos de Potencia Activa y Reactiva durante Huecos de Tensión 15

7.6 Sistema de Protección 15

7.7 Sistemas de Comunicación y Control Externo 16

8. LÍNEA DE TRANSMISIÓN 17

8.1 Características del Generales 17

8.2 Ruta Seleccionada 17

8.3 Materiales 19

8.3.1 Conductores 19

8.3.2 Cables de guarda 19

8.3.3 Aislamiento 19

8.3.4 Estructuras de Soporte 20

8.4 seccionamiento I-2239 20

9. SUBESTACIONES 21

9.1 Instalaciones Existentes 21

9.2 Instalaciones del Proyecto 21

9.2.1 Subestación Pacifico 220/33 kV 21

9.2.2 Ampliación Subestación Felam 220 kV 23

9.3 SISTEMA DE MEDICIÓN 25

9.4 SISTEMA DE PROTECCIÓN 25

9.4.1 Protección de los transformadores 25

9.4.2 Protección de línea 220kV 26

9.4.3 Protecciones de salidas 33 kV 27

9.4.4 Otras consideraciones 27

9.5 Servicios Auxiliares 27

9.5.1 Subestación Pacífico 220/33 kV 28

9.5.2 Ampliación subestación Felam 220 kV 28

9.6 SISTEMA DE PUESTA A TIERRA 29

9.7 ESTRUCTURAS METÁLICAS 29

10. SISTEMA DE TELECOMUNICACIONES y CONTROL 29

10.1 Generalidades 29

10.2 Sistema de Telecomunicaciones 29

10.3 Sistema de Control 30

11. ESTUDIOS DE DISEÑO DEL PROYECTO 30

11.1 Calculo de Parámetros Eléctricos de la Línea de Transmisión 30

11.2 Control de Potencia Reactiva 31

11.3 Calculo de la Reactancia Homopolar del Transformador Zigzag 31

11.4 Verificación de la Capacidad de Barra 32

11.4.1 Verificación Cargabilidad de la barra en estado estacionario 32

11.4.2 Verificación la Cargabilidad de la barra en Estado Estacionario con Repotenciación 32

11.4.3 Verificación de la Capacidad de la barra por Cortocircuito 33

11.5 Calculo de Source Impedance Ratio (SIR) 33

12. ESTUDIOS ELÉCTRICOS 33

12.1 Operación en Estado Estacionario 33

12.1.1 Caso Base, Adicional 1 y Sensibilidad 33

12.1.2 Cálculo de las Corrientes de Cortocircuito 35

12.2 ESTABILIDAD 36

12.2.1 Estabilidad Transitoria 36

12.2.2 Verificación de la Disminución de Inercia 36

12.2.3 Estabilidad de la Frecuencia 37

12.2.4 Verificación del Esquema de Desconexión de Generación de la CE Pacífico 37

12.3 TRANSITORIOS ELECTROMAGNETICOS 37

12.3.1 Maniobra de líneas de transmisión 37

12.3.2 Maniobra de transformadores 38

12.3.3 Tensión Transitoria de Restablecimiento (TRV) 38

12.4 ESTUDIO DE ARMONICOS 38

12.4.1 ESTIMACIÓN DE LA DISTORSIÓN ARMÓNICA 38

12.4.2 CÁLCULO DE LA IMPEDANCIA ARMÓNICA 39

1. OBJETIVO

El presente documento tiene por objetivo describir el desarrollo de la ingeniería básica del sistema de transmisión ligado al proyecto "Estudio de pre operatividad central eólica Pacifico" (en adelante el PROYECTO), perteneciente a Kallpa (en lo sucesivo el PROPIETARIO).

2. ALCANCE

El Proyecto incluye las siguientes instalaciones de transmisión:

- Subestación elevadora Pacifico 220/33 kV - 2x200 MVA;
- Línea de transmisión 220 kV, doble terna, 30.96 km de longitud.
- Ampliación subestación Felam, adicionando dos bahías de línea 220 kV, para la llegada de la CE Pacifico, y dos bahías para para el seccionamiento de la línea 220 kV L-2239 existente.

3. UBICACIÓN

El parque de generación eólico Pacifico se ubicará en el departamento Lambayeque, provincia de Lambayeque, distritos de Morrope y Olmos.

Las coordenadas de las subestaciones son:

- SE Pacifico: 573 199.00 m E, 9 280 244.00 m S (Zona 17M)
- SE Felam: 583 930.00 m E, 8 301 952.00 m S (Zona 17M)

En la siguiente imagen se muestra una vista satelital de la ubicación de las subestaciones de transmisión y de la central eólica Pacifico:

Figura 1 – Ubicación del parque eólico y subestación elevadora Pacifico

4. CONDICIONES DE SERVICIO

4.1 SISTEMA ELÉCTRICO

El sistema eléctrico bajo el cual operará la subestación del PROYECTO tendrá las siguientes características principales:

En 220 kV

- Tensión nominal del sistema : 220 kV
- Tensión máxima de operación : 240 kV
- Tensión máxima de equipos : 245 kV
- Frecuencia de operación : 60 Hz
- Capacidad de ruptura por cortocircuito : 40 kA, 0.5 s
- Conexión : Estrella, neutro directo a tierra

En 33 kV

- Tensión nominal del sistema : 34.5 kV
- Tensión máxima de operación : 38 kV
- Tensión máxima del equipo : 38 kV
- Frecuencia de operación : 60 Hz
- Capacidad de ruptura por cortocircuito : 25 kA, 0.5 s
- Conexión : Delta, puesto a tierra a través de transformador zig-zag

4.2 NIVELES DE AISLAMIENTO

En el cálculo de coordinación de aislamiento realizado según lo indicado en la norma IEC 60071-1 y 60071-2, considerando la configuración del sistema eléctrico y las condiciones ambientales de la zona del PROYECTO, se seleccionó los siguientes niveles de aislamiento:

220 kV

- Tensión nominal : 220 kV
- Tensión más elevada según IEC : 245 kV
- Nivel de aislamiento : 1050 kV_{PEAK}
- Tensión soportada normalizada a frecuencia industrial : 460 kV_{RMS}

33 kV

- Tensión nominal : 33 kV
- Tensión más elevada según IEC : 36 kV
- Tensión soportada normalizada al impulso tipo rayo : 170 kV_{PEAK}
- Tensión soportada normalizada a frecuencia industrial : 70 kV_{RMS}

4.3 CONDICIONES CLIMÁTICAS

Se consideran las siguientes condiciones climáticas.

- Temperatura ambiente máxima : 33.8 °C
- Temperatura ambiente promedio : 25.7 °C
- Temperatura ambiente mínima : 17.6 °C
- Humedad relativa media mensual : 89 %
- Tasa de descargas atmosféricas : 0 rayos/km2
- Altitud máxima de la LT : 15 msnm
- Contaminación ambiental : Fuerte (IEC 60815)

5. AÑO DE CONEXIÓN

La puesta de operación comercial del proyecto de la CE Pacifico está prevista para el mes de abril del año 2029.

6. INSTALACIONES DEL PROYECTO

La empresa KALLPA GENERACIÓN S.A. tiene previsto desarrollar el proyecto de la central eólica Pacifico, de 306 MW, la se conectará al SEIN en la barra 220 kV de la SE. Felam, mediante una línea de transmisión en doble terna de 220 kV de aproximadamente 30.96 km.

El sistema eléctrico para el presente proyecto en estudio abarca las siguientes instalaciones:

- Central Eólica Pacifico, formado por 45 aerogeneradores de 6.8 MW cada uno interconectados mediante una red de 33 kV a la subestación elevadora.
- Subestación elevadora Pacifico, de 220/33 kV, en configuración doble barra, con dos bahías de línea, dos de transformación y una de acoplamiento, con equipos GIS; y, con dos transformadores de 220/33/33 kV – 200/100/100 MVA ONAN.
- Línea de Transmisión 220 kV, en doble terna, dos conductores por fase, con una longitud aproximada de 30.96 km.
- Ampliación de la subestación Felam, propiedad de la empresa COELVISAC, en el nivel de 220 kV, conformada por dos celdas de línea con equipos convencionales de características similares a las existentes.

A solicitud de COES, se está incluyendo como parte del alcance del proyecto, el seccionamiento de la línea LT 220 kV La Niña - Lambayeque Oeste (L- 2239); pero, que será considerada como alcance del Proyecto, solo en el caso que el proyecto de la CE Zapote no se conecte en el año previsto (2026), ya que el referido seccionamiento de línea forma parte de los alcances del EPO aprobado para la CE Zapote. Según esto, se incluye también como alcances del proyecto, las siguientes instalaciones:

- Seccionamiento de la LT 220 kV La Niña - Lambayeque Oeste (L-2239), del transmisor REP, para su conexión en “PI” a la subestación Felam.

- Ampliación de la subestación Felam, conformada por dos celdas de línea con equipos convencionales de características similares a las existentes.

7. CENTRAL EÓLICA

El Parque Eólico está conformado por cuarenta y cinco (45) aerogeneradores conectados a una red eléctrica de 33 kV.

7.1 AEROGENERADORES

Los Aerogeneradores son de la marca Nordex, modelo N175 / 6.X (WT)

Las principales características técnicas son las siguientes:

1. Turbina Eólica diseñada para la clase S, de acuerdo a la norma IEC 61400-1. El Rotor tiene tres palas de un diámetro de 175 m
2. Góndola con Generador de velocidad variable con Convertidor (converter) de una potencia nominal de 6800 kW.
3. Torre tubular de acero de 142 metros de altura
4. Trasformador elevador a 0.95/30 kV + 4x2.5% y se ajustará en la toma (tap) 4 haciendo la relación 0.95/33 kV. Potencia de 7800 kVA y grupo de conexión Dy5.
5. Cubículo de media tensión para las conexiones del Transformador y los Cables de la red eléctrica de 36kV

En las Especificaciones Técnicas se incluye el folleto técnico del fabricante el cual presenta en mayor detalle las características de los aerogeneradores.

La potencia generada por el Parque Eólico ha sido determinada conforme a las velocidades del viento obtenidas del “Web-GIS del Atlas eólico de Perú”.

7.2 RED ELÉCTRICA DE 33 KV

En la Figura 2 se muestra la disposición en planta de los 45 aerogeneradores que conforman el Parque Eólico Pacifico y otros 28 aerogenadores para una futura ampliación haciendo un total de 73 aerogeneradores, así como las conexiones que se han diseñado para formar los circuitos que se conectan a la Subestación Elevadora (SE).

Distribución de circuitos

LADO MT	CIRCUITO	Nº aeros	Total/MT
MT-1	C-1	3	12
	C-2	3	
	C-3	3	
	C-4	3	
MT-2	C-5	3	12
	C-6	3	
	C-7	3	
	C-8	3	
MT-3	C-9	3	13
	C-10	3	
	C-11	3	
	C-12	2	
	C-18	2	
MT-4	C-13	3	13
	C-14	3	
	C-15	3	
	C-16	2	
	C-17	2	
MT-5	C-19	2	12
	C-20	2	
	C-21	2	
	C-22	3	
	C-23	3	
MT-6	C-24	3	11
	C-25	3	
	C-26	3	
	C-27	2	
TOTAL	27	73	496.4

Distribución de aeros		
1	2	3
4	5	6
7	8	9
10	11	12
13	14	15
16	17	18
19	20	21
22	23	24
25	26	27
28	29	30
31	32	33
34	35	-
36	50	-
37	38	39
40	41	46
42	43	47
44	45	-
48	49	-
51	52	-
53	54	-
59	60	-
61	62	63
64	65	66
67	68	69
70	71	72
73	74	75
57	58	-

Figura 2 – Agrupamiento de los aerogeneradores por circuito

Los circuitos han sido diseñados con cables subterráneos tipo XLPE 25/35 kV, considerando secciones variables, según la capacidad de corriente requerida (240 mm2 y 400 mm2).

Todos los circuitos se conectan en 33 kV a la Subestación Pacifico 33/220 kV, a través de 02 trasformadores de potencia (200/100/100 MVA) para el presente proyecto CE Pacifico de 306 MW con 45 aerogenadores y a través de 01 trasformador de potencia (200/100/100 MVA) para la futura ampliación del Parque Eólico Pacifico de 306 MW a 496.4 MW.

En el presente proyecto solo se está tomando en cuenta la capacidad de la futura ampliación del Parque Eólico para el dimensionamiento de los cables que alimentarán a algunos aerogeneradores que pertenecerán a la futura ampliación del Parque Eólico.

El lado secundario de los transformadores de potencia (TR-1 y TR-2) se conecta a barras de 33 kV. De esta manera los circuitos proyectados se distribuyen según se muestra en la Figura 3.

Pacífico I

Transformador (200/100/100 MVA)	LADO MT	Aeros/MT	MW/MT	MW/trafo
TR-1	MT-1	12	81.6	**163.2**
	MT-2	12	81.6	
TR-2	MT-3	12	81.6	**142.8**
	MT-4	9	61.2	
TOTAL (MW)				**306**

Pacífico I + Pacífico II

Transformador (200/100/100 MVA)	LADO MT	Aeros/MT	MW/MT	MW/trafo
TR-1	MT-1	12	81.6	**163.2**
	MT-2	12	81.6	
TR-2	MT-3	13	88.4	**176.8**
	MT-4	13	88.4	
TR-3	MT-5	12	81.6	**156.4**
	MT-6	11	74.8	
TOTAL (MW)				**496.4**

Figura 3 – Agrupamiento de los aerogeneradores por transformador

7.3 PUESTA A TIERRA

7.3.1 NEUTRO DE LA RED 33 KV (TRANSFORMADOR ZIG-ZAG)

Los Transformadores elevadores de los aerogeneradores se ajustarán en la relación 0.95/33 kV y su grupo de conexión es Dy5; es decir, las fuentes de generación se conectan en 33 kV con Delta, lo que significa que el neutro está aislado de tierra. Por este motivo, se ha previsto la instalación de dos Transformadores de Puesta a tierra del neutro de 33 kV, uno en cada barra 33 kV, garantizando con ello la puesta a tierra efectiva del neutro en ambas barras 33 kV.

Los Transformadores de Puesta a tierra tendrán el primario conectado en Zig-zag. Los secundarios estarán conectados en delta y serán usados para alimentar a los Transformadores de Servicios Auxiliares de la Subestación.

Los Transformadores Zig-zag serán de las siguientes características:

- Tensión nominal primaria : 33 kV
- Corriente nominal : 400 A
- Conexión del primario : Zig-zag
- Potencia de corta duración : 7.62 MVA
- Tiempo nominal de corta duración : 10 segundos
- Potencia térmica permanente : 579 kVA
- Corriente nominal permanente : 30.4 A
- Tensión nominal del secundario : 6.6 kV

- Potencia nominal del secundario : 160 kVA
- Conexión del secundario : delta

7.3.2 PUESTA A TIERRA DE LOS AEROGENERADORES

Los Aerogeneradores serán puestos a tierra mediante una malla de tierra circular alrededor de la fundación. Se prevé tres anillos con conductor de cobre desnudo, temple suave de calibre 4/0 AWG (120 mm2). Esta malla de tierra será también conectada al acero de refuerzo de la cimentación de la torre que soportará a la turbina de viento. En la Figura 4 se muestra el diseño de la puesta a tierra previsto.

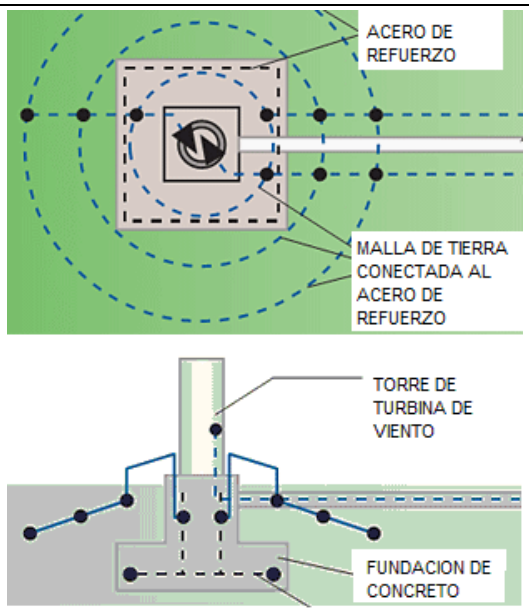

Figura 4 – Puesta a tierra de los aerogeneradores

7.4 SISTEMA DE CONTROL

7.4.1 CONTROL DE LOS AEROGENERADORES

Cada Aerogenerador funciona automáticamente con un sistema de control propio, el cual monitorea continuamente los parámetros operativos usando varios sensores (velocidad del viento, dirección del viento, temperatura ambiente, etc.). El sistema compara los valores reales con los puntos de ajuste correspondientes y emite las señales de control requeridas para la operación del Aerogenerador. El sistema de control cuenta dos sistemas de medición de viento separados Normalmente solo se usa un sistema de medición del viento, mientras que el segundo sistema monitorea el primero y se hace cargo del control en caso de que el primer sistema falle.

Cuando no hay viento, el Aerogenerador permanece en modo inactivo. Solo los sistemas auxiliares permanecen operativos, según sea necesario (lubricación de engranajes, calentadores, etc.). Cuando se alcanza la velocidad nominal del viento, el Aerogenerador cambia al modo de carga nominal. En este momento, el Aerogenerador se conecta a la red para entregar energía.

Si la velocidad del viento continúa aumentando, el control de velocidad cambia el ángulo de las paletas del rotor para que la velocidad del rotor y, por lo tanto, la salida de potencia permanezca constante, aun a velocidades mayores a 25 m/s. Además, el Aerogenerador cuenta con un sistema de giro de las paletas el cual le permite alinearse con la dirección del viento para optimizar la salida de potencia. A bajas velocidades del viento, el Aerogenerador funciona a carga parcial y la potencia de salida depende de la velocidad del viento.

En cada Aerogenerador se tiene los controles locales con los niveles 1 y 2.

7.4.2 SISTEMA DE CONTROL DE LA CENTRAL

Además del sistema de control de cada Aerogenerador, la Central Eólica contará con un sistema de control para toda la central. Este sistema tendrá los controles necesarios para atender los requerimientos técnicos establecidos por el COES en el Procedimiento PR-20, en particular con lo indicado en el Capítulo 4, Requisitos Técnicos de Conexión de las Instalaciones de Centrales de Generación No Convencional (CGNC) al SEIN.

El Sistema de Control de la Central estará conectado a todos los sistemas de control de los Aerogeneradores. Para ello, se utilizará un Anillo de Fibra Óptica en cada grupo de Aerogeneradores que conforman un circuito de potencia que se conecta a la barra 33 kV. De esta manera, el Panel de Control de la Central constituye el control en nivel 2.

7.4.3 ARRANQUE Y PARADA DE LA CENTRAL

Si bien el Arranque de los Aerogeneradores depende de las condiciones de viento, su arranque será controlado para que la entrega de potencia de la Central al SEIN sea con una rampa del 10% (o menos) de la potencia nominal por minuto.

La Parada de la Central será también en forma gradual con una rampa similar.

Para la Parada de Emergencia, el sistema de control ejecutará una reducción rápida de la potencia de la Central desde el 100% hasta el 20%, en un tiempo máximo de 1 minuto después de recibida la orden del COES.

7.4.4 DESPACHO DE POTENCIA ACTIVA

El Sistema de Control de la Central tendrá la capacidad de ajustar la entrega de potencia de la Central al SEIN conforme a lo que establezca el COES. El ajuste estará sujeto rango de funcionamiento de los Aerogeneradores y a la velocidad del viento existente.

Las rampas de aumento o reducción de la entrega de potencia de la Central al SEIN será según las rampas solicitadas por el COES.

El Sistema de Control de la Central enviará en tiempo real las señales de arranque (y/o desconexión) de los Aerogeneradores, de acuerdo a lo establecido en la Norma Técnica de Intercambio de Información de Tiempo Real para la Operación del SEIN (NTIITR).

7.4.5 SISTEMAS DE PREDICCIÓN DE LA POTENCIA

El Sistema de Control de la Central Eólica gestionará la información requerida para su operación. Para ello, utilizará la información obtenida en los sensores de los Aerogeneradores y mediante un software efectuará la modelación y predicción de las condiciones de viento. De esta manera, la Central dispondrá de un sistema de predicción de la potencia que permita calcular la Potencia total de la Central con un horizonte de hasta dos días, lo cual permitirá entregar al COES la programación del despacho horario con 24 horas de antelación.

7.4.6 CONTROL DE POTENCIA REACTIVA

En el rango entre el 20% y 100% de la potencia activa total nominal, el Sistema de Control permitirá operar la Central Eólica con un factor de potencia en el rango de 0,95 inductivo a 0.95 capacitivo. Para potencias menores al 20% de la potencia activa total nominal, la operación será según lo indicado en el PR-20, en la Figura 1, Rango de operación del factor de potencia de la CGNC en régimen permanente del Capítulo 4, Requisitos Técnicos de Conexión de las Instalaciones de Centrales de Generación No Convencional (CGNC) al SEIN.

7.4.7 BANCOS DE CAPACITORES

De acuerdo a los resultados de las simulaciones, para garantizar el control efectivo de la potencia reactiva a ser entregada en forma permanente en la SE Felam 220 kV, se ha previsto la instalación de bancos de capacitores con una capacidad total de 40 MVAr en 33 kV. Para ello se ha considerado la instalación de un Banco de 10 MVAr en cada una de las cuatro barras en 33 kV.

7.4.8 CONTROL DE LA FRECUENCIA

El Sistema de Control de la Central estará ajustado para operar en forma continua con una frecuencia nominal de 60 Hz ± 1% (59.4 Hz < f ≤ 60.6 Hz). Este ajuste es posible incluso por debajo de su potencia activa total producible con el objeto de disponer de capacidad de reserva secundaria en caso de reducción de la frecuencia de la red.

No obstante, la Central podrá operar también, en forma temporal, en los rangos 57.0 Hz – 59.4 Hz y 60.6 Hz - 62.0 Hz, conforme a los tiempos establecidos en el Procedimiento del COES PR-20, Anexo 1, Capítulo 4, numeral 4.

Asimismo, la Central podrá permanecer conectada al SEIN ante cambios de frecuencia con gradientes de hasta ± 2 Hz/segundo.

El proyecto de la CE Pacifico cumplirá con lo establecido en la Tercera Disposición Complementaria de la resolución OSINERGMIN N° 173-2024-OS/CD, la aplicación del numeral 4.4.4 del Capítulo 4 del Anexo 1 del Nuevo Procedimiento Técnico del COES N° 20, el cual se refiere a que la CE Pacifico deberá tener la capacidad de aportar inercia ante perturbaciones y ante un súbito desvió de la frecuencia.

7.4.9 CONTROL DE LA TENSIÓN

El Sistema de Control de la Central estará ajustado para operar en forma continua con la tensión nominal de 220 kV ± 10% en el punto de conexión al SEIN. El control se ajustará a los valores de referencia que sean requeridos por el COES. Este control considera también un control de potencia reactiva, con el soporte adicional que proporcionarán los Bancos de Capacitores.

El Sistema de Control de la Central contará con un Regulador Automático de Tensión, similar al de una central convencional, el cual permitirá ajustar el valor de la potencia reactiva dentro de los rangos especificados en el Procedimiento del COES PR-20, Anexo 1, Capítulo 4, numeral 3 Control de la Potencia Reactiva.

Además del Regulador de Tensión de la Central, en la subestación elevadora se dispondrá de un conmutador de tomas bajo carga (OLTC) que operará con un Regulador Automático de Tensión para adecuar la tensión de la red de media tensión a la tensión del punto de conexión al SEIN.

La Calidad de la Tensión de la Central cumplirá con los requerimientos especificados en el Procedimiento del COES PR-20, Anexo 1, Capítulo 4, numeral 7.

7.5 CONTINUIDAD DE SUMINISTRO ANTE CONTINGENCIAS SEVERAS

7.5.1 HUECO DE TENSIÓN

Los Sistemas de Protección serán ajustados de manera que la Central no será desconectada del SEIN como consecuencia de la aparición de huecos de tensión, asociados a cortocircuitos correctamente despejados, en el punto de conexión al SEIN, según la curva tensión-tiempo indicada en el Procedimiento del COES PR-20, Anexo 1, Capítulo 4, numeral 6.1, figura 4.

7.5.2 CONSUMOS DE POTENCIA ACTIVA Y REACTIVA DURANTE HUECOS DE TENSIÓN

El Sistema de Control de Tensión - Potencia Reactiva se ajustará para que, durante el tiempo que se tiene un hueco de tensión, la Central no consuma Potencia Reactiva en el punto de conexión al SEIN. Durante el hueco de tensión, el aporte de corriente reactiva por parte de la Central cumplirá con los requisitos especificados en el Procedimiento del COES PR-20, Anexo 1, Capítulo 4, numeral 6.2.

Sin embargo, en algunos casos de huecos de tensión producidos por cortocircuitos en la red (fallas monofásicas, bifásicas ó trifásicas), tanto durante el tiempo del cortocircuito, como durante el periodo de recuperación de la tensión posterior al despeje de la falla, la Central tendrá consumos puntuales de potencia reactiva y potencia activa dentro de los límites establecidos el Procedimiento del COES PR-20, Anexo 1, Capítulo 4, numeral 6.3.

7.6 SISTEMA DE PROTECCIÓN

El Sistema de Protección de la Central está diseñado conforme al Procedimiento PR-20 del COES y está concebido para proteger lo siguiente:

- Los Aerogeneradores
- Los Transformadores elevadores Baja Tensión/Media Tensión
- La Red de Media Tensión

Para la protección de los Aerogeneradores se tiene un Interruptor en Baja Tensión, el cual será disparado por fallas internas (Aerogeneradores) y fallas externas (Transformadores elevadores y Red de Media Tensión).

Para la protección de los Transformadores elevadores y la Red de Media Tensión se tiene un Interruptor en Media Tensión, el cual será disparado por:

- Fallas en los Transformadores cuando son alimentadas desde la Red de Media Tensión
- Fallas en la Red de Media Tensión cuando son alimentadas desde los Aerogeneradores

La alimentación a las fallas en la Red de Media Tensión, desde la subestación elevadora, será detectada por la protección en las celdas de alimentación a esta red, y consiguientemente, serán desconectadas por el interruptor de la respectiva celda.

En el Anexo A se incluye el Diagrama Unifilar del Sistema de Protección.

Protecciones en el lado de Baja Tensión

- Función de verificación de sincronismo (25)
- Protección de subtensión (27)
- Protección de subtensión instantánea (27I)
- Protección contra potencia inversa (32R, 32F)
- Protección de fase de secuencia negativa (46)
- Protección por tensión de secuencia negativa (47)
- Protección de sobrecorriente instantánea de fase (50)
- Protección de sobrecorriente temporizada de fase (51)
- Protección por sobretensión (59)
- Protección de balance de tensión (60)
- Protección de sub frecuencia (81U)
- Protección de sobrefrecuencia (81O)

Protecciones en lado de Media Tensión

- Protección de sobrecorriente instantánea de fase (50)
- Protección de sobrecorriente temporizada de fase (51)
- Protección de sobrecorriente instantánea a tierra (50N)
- Bloqueo por oscilaciones de potencia (68).

7.7 SISTEMAS DE COMUNICACIÓN Y CONTROL EXTERNO

Los Sistemas de Comunicación y Control Externo cumplen con lo especificado en Procedimiento del COES PR-20, Anexo 1, Capítulo 4, numeral 9.

Kallpa Generación S.A. es agente del COES. y cuenta actualmente con dos plantas: Central Termoeléctrica Kallpa, y Central Termoeléctrica Las Flores. Para la operación, Kallpa cuenta con un centro de control centralizado el cual tiene una conexión con el COES conforme a la Norma Técnica para la Coordinación de la Operación en Tiempo Real de los Sistemas Interconectados (NTCOTR).

El sistema de control de la central Eólica Pacifico, estará diseñado para cumplir con la Norma de Intercambio de Información en Tiempo Real. Para ello se interconectará con el Centro de Control Centralizado de Kallpa y está previsto el envío en tiempo real al COES de toda la información que señala la NTCOTR. Adicionalmente, se enviará siguiente información:

- Velocidad del viento (intensidad y dirección).
- Temperatura ambiente.

8. LÍNEA DE TRANSMISIÓN

La línea de transmisión 220kV Pacifico - Felam servirá de medio de transporte de la generación de la Central eólica Pacifico al SEIN en la Subestación Felam, con una longitud aproximada de 30.96 Km.

8.1 CARACTERÍSTICAS DEL GENERALES

- Tensión nominal : 220 kV
- Máxima tensión : 245 kV
- Número de circuitos : Dos (02)
- Longitud : 30.96 Km
- Capacidad nominal de transmisión : 526 MVA por terna
- Subestación de salida : SE Pacifico (10 msnm)
- Subestación de llegada : SE Felam (12 msnm)
- Tipo de estructuras : Metálica, doble terna
- Conductor : ACAR 2x800 MCM
- Cable de guarda OPGW : OPGW 96.77 mm2 (48 hilos)
- Cable de guarda ALUMOWELD : 58.56 mm2
- Aislamiento : Aisladores Poliméricos

8.2 RUTA SELECCIONADA

El trazo de ruta de las líneas de transmisión se muestra en el Plano CEP-LT-PL-201 Trazo de Ruta. A continuación, se presenta el trazo de ruta seleccionado y el cuadro de coordenadas de sus vértices en sistema de coordenadas UTM WGS 84 – Zona 17S.

Tabla 1 – Cuadro de vértices LT 220kV Pacifico- Felam.

VÉRTICE	COORDENADAS UTM WGS 84		ALTITUD	ANGULO DE LÍNEA	ESTACIÓN	COMENTARIO
	ESTE (m)	NORTE (m)	(msnm)		(m)	
PORTICO	573,198.48	9,280,261.78	1.5	0	0.00	SALIDA S.E. PACIFICO
V-1	575,265.50	9,282,517.50	0.2	16,16°(D)	3,059.55	-
V-2	577,659.77	9,283,975.68	-0.5	1,23°(I)	5,862.91	-
V-3	583,885.73	9,287,953.59	-1.0	9,44°(I)	13,251.17	-
V-4	585,593.17	9,289,491.81	1.2	13,67°(I)	15,549.31	-
V-5	588,930.50	9,294,381.50	8.1	16,42°(D)	21,469.35	CRUCE L-2238/L-2239
V-6	589,237.50	9,294,632.50	8.9	86,94°(I)	21,865.90	-
V-7	583,962.73	9,301,838.31	8.6	7,06°(I)	30,796.01	-
V-8	583,890.51	9,301,915.04	8.6	89,92°(D)	30,901.38	-
PORTICO	583,930.50	9,301,952.79	9.1		30,956.37	LLEGADA S.E. FELAM

Figura 5 – Trazo de ruta LT 220kV Pacifico - Felam

8.3 MATERIALES

8.3.1 Conductores

Los conductores serán del tipo ACAR Aluminio con núcleo de Aleación de Aluminio, el cual tiene las siguientes características técnicas:

Tabla 2 – Características del conductor seleccionado.

Característica	Unidad	Valor
Denominación		ACAR 800MCM
Sección nominal	MCM	800
Sección total del conductor (mm²)	mm²	405
Diámetro exterior (mm)	mm	26.14

8.3.2 Cables de guarda

La línea proyectada cuenta con dos cables de guarda tipo OPGW, cuyas características técnicas son las siguientes:

Tabla 3 – Características de cable de guarda tipo OPGW.

Característica	Unidad	Valor
Tipo	-	Alumacore
Fibras	-	48
Diámetro	mm	14.8
Sección	mm²	96,77

Tabla 4 – Características de cable de guarda tipo Alumoweld.

Características	Unidad	Valor
Tipo	-	Alumoweld
Sección nominal	mm²	58,56
Diámetro exterior	mm	9,78

8.3.3 Aislamiento

Para el diseño de aislamiento se considera como base de diseño un BIL de 1095 kV, que será garantizando un adecuado margen de seguridad frente a sobretensiones atmosféricas y de maniobra. Para las distancias de aislamiento fase–tierra y fase-fase, se tomará en cuenta las indicaciones de la Norma IEC 50341 correspondiente a sobretensiones de frecuencia industrial y de impulso. El proyecto se ubica en una zona eriaza de la costa, cercana al mar, lo que ha llevado a especificar una línea de fuga de 40 mm/kV. Los aisladores serán tipo poliméricos, de goma de silicona hidrófugo, de las siguientes características:

Tabla 5 – Características de Aisladores Poliméricos seleccionados.

Descripción	Unidad	Suspensión	Tensión
Tensión nominal de la línea	kV	220	220
Tensión máxima de operación	kV	245	245
Material del núcleo	-	Fibra de vidrio	Fibra de vidrio
Material de recubrimiento núcleo / campanas	-	Goma de Silicón Hidrófugo	Goma de Silicón Hidrófugo
Material de los herrajes	-	Acero forjado	Acero forjado
Tipo de acople		Ball - Socket	Ball - Socket
Longitud del aislador	mm	2681	2785
Longitud de línea de fuga	mm	9959	10276
Distancia de arco seco	mm	2362	2363
Carga mecánica garantizada	kN	120	210

Las cadenas de aisladores, cuyos detalles se muestran en el Plano N° CEP-LT-PL-203 (Detalle de Cadena de Aisladores).

8.3.4 Estructuras de Soporte

Para el proyecto se emplearán estructuras autosoportadas de acero galvanizado con configuración tronco-piramidal. Dado el alto nivel de contaminación ambiental, los perfiles contarán con un tratamiento de protección adicional contra la corrosión atmosférica agresiva.

Las estructuras tendrán las siguientes variantes de altura por tramos fijos de 3,0 m, permitiendo variaciones desde -6 m hasta +6 m; y, estarán provistas de patas desniveladas de alturas variables de -3.0, -1.5, ±0, +1.5, +3.0, +4.5 m, con el objeto de aprovechar los desniveles naturales del terreno y/o poder alcanzar mayores alturas entre el suelo y el punto de suspensión o retención del conductor para vencer los obstáculos naturales que se presenten. El detalle de las estructuras se muestra en el plano CEP-LT-PL-202

Tabla 6 – Tipo de estructuras y prestaciones.

Característica	Tipo de Estructura				
	DTS	DTA	DTT	DTA2	PTT
Aplicación	Suspensión	Ángulo Medio Anclaje	Angulo Mayor / Terminal	Anclaje	Poste Terminal
Ángulo máximo	0º-1º	30º	90º	10°	90º
Vano Medio (m)	500	450	350	300	200
Vano Peso (m)	550	500 (-400)	600 (-400)	400 (-300)	700 (-300)

8.4 SECCIONAMIENTO L-2239

Como parte del alcance del proyecto se tiene previsto el seccionamiento en PI de la línea existente L-2239 Chiclayo Oeste – La Niña generando se dos nuevas líneas para su conexión a la SE Felam, estas líneas serian:

- L-2239 A LT 220kV Chiclayo Oeste - Felam
- L-2239 B LT 220kV Felam – La Niña.

Este seccionamiento será entre las estructuras P-208 y P-209, ubicándose una estructura doble terna de celosía para realizar el ingreso al pórtico de la S.E. Felam.

9. SUBESTACIONES

9.1 INSTALACIONES EXISTENTES

Las instalaciones existentes ligadas al proyecto, es la subestación Felam 220 kV propiedad de la empresa COELVISAC, que es el punto de conexión del proyecto al SEIN. Es una subestación convencional a la intemperie, tiene una configuración doble barra más seccionador de transferencia en 220 kV. Está conformada en su totalidad con equipos convencionales del tipo AIS, con las siguientes bahías y equipos en 220kV:

- Bahía de línea 220kV hacia la subestación Tierras Nuevas (L-2163).
- Bahía de línea 220kV hacia la subestación La Niña (L-2164).
- Bahía de línea 220kV hacia la subestación Lambayeque Oeste (L-2238).
- Bahía de acoplamiento de barras

Esta subestación actualmente cuenta con espacios libres en 220 kV, pero no serán considerados ya que según información de COELVISAC, ya están destinados a sus futuros proyectos. Cuenta, además con un edificio de control donde se albergan los tableros de control, protección y medición de la subestación, tableros de servicios auxiliares, etc.

De acuerdo a la información proporcionada por COES, se tiene previsto la conexión de dos proyectos eólicos y un proyecto de transmisión a la barra 220 kV, que cuentan con EPO aprobado y con planteamiento de uso y ampliación de la SE Felam. Estas son:

- Bahía de línea 220kV hacia el proyecto de la CE Zapote;
- Bahía de línea 220kV hacia el proyecto de la CE Flug;
- Bahía de línea 220 kV hacia el proyecto de la SE Sureños

9.2 INSTALACIONES DEL PROYECTO

Los equipos seleccionados para la implementación del PROYECTO cumplirán con los requerimientos estipulados en el PR-20 del COES y demás normatividad específica de acuerdo con cada equipo.

Estas instalaciones serán las siguientes:

9.2.1 Subestación Pacifico 220/33 kV

Equipamiento Patio 220 kV

GIS 220 kV

El equipamiento GIS de 220kV de la subestación que posee una configuración doble barra. Se tendrán seis (06) bahías tipo GIS, las cuales se describen a continuación:

- Una (01) bahía de medición con tres (03) transformadores de tensión inductivos por barra de 220:√3/0,10:√3/0,10:√3kV, 1x10 VA – Cl. 0.2 (Medición), 1x10 VA – 3P (Protección), 220 kV, 1050 kVp-BIL.
- Una (01) bahía de acoplamiento 2450 kV con seccionadores tripolares de barra de 245 kV, 2500 A, 40 kA, 1050 kVp-BIL, interruptor de potencia unitripolar 245 kV, 2500 A, 40 kA, 1050 kVp-BIL y transformadores de corriente de 1000-2000/1/1/1/1 A, 3x(20VA-5P20), 1x(20VA-Cl0.2S).
- Dos (02) bahías de transformación 220kV con seccionadores tripolares de 245 kV, 2500 A, 40 kA, 1050 kVp-BIL, interruptor de potencia uni-tripolar con mando sincronizado 245 kV, 2500 A, 40 kA, 1050 kVp-BIL, transformadores de corriente de 800/1/1/1/1 A, 3x(20VA-5P20), 1x(20VA-Cl0.2) y transformadores de tensión inductivos de 220:√3/0,10:√3/0,10:√3 kV, 1x30 VA – Cl. 0.2.
- Dos (02) bahías de líneas hacia la Ampliación de la subestación Felam con seccionadores tripolares de 245 kV, 2500 A, 40 kA, 1050 kVp-BIL, interruptor de potencia unitripolar 245 kV, 2500 A, 40 kA, 1050 kVp-BIL, transformadores de corriente de 1000-2000/1/1/1/1 A, 3x(20VA-5P20), 1x(20VA-Cl0.2).

<u>Pórticos 220kV</u>

En las bahías de salidas de línea 220kV hacia la subestación Felam se implementará lo siguiente:

- Tres (03) pararrayos (descargadores de sobretensión) con contador de descargas, Uc=156 kV, Ur=198 kV, 20 kA, Clase 4.

En las bahías que alimenta a los transformadores se implementará lo siguiente:

- Tres (03) pararrayos (descargadores de sobretensión) con contador de descargas, Uc=156 kV, Ur=198 kV, 20 kA, Clase 4.

<u>Transformador de Potencia</u>

- Dos (02) transformadores de potencia 200/100/100 MVA (ONAN), 220±10x1.0%/33kV, 1050/170kVp-BIL, 3Ø, 60Hz, YNd11d11, con intercambiador de tomas automático bajo carga en el lado de alta tensión y con transformadores de corriente del tipo toroidal montados en bushings con las siguientes características:
    - Alta tensión (220kV): 800/1/1 A, 2x(20 VA – 5P20)
    - Media tensión (33kV): 2000/1/1 A, 2x(20 VA – 5P20)

<u>Edificio de control</u>

- Edificio de Control de la subestación que albergará a los tableros de protección, medición y control, tableros de servicios auxiliares y banco de baterías. Asimismo, se implementará una Sala de Celdas que albergará a los transformadores de servicios auxiliares, transformadores zig-zag y celdas de media tensión.

- Treinta (30) Celdas aisladas en gas SF6 clase 36kV tipo interior.
- Dos (02) transformadores de servicios auxiliares.
- Cuatro (04) transformadores zig-zag.

Otras instalaciones

Implementación de un edificio de control que albergará los tableros de protección, control y medición, tableros de servicios auxiliares, celdas de media tensión aisladas en gas SF6, etc. Al exterior de la sala se instalarán los transformadores de servicios auxiliares con aislamiento en aceite y un sistema de generación de emergencia.

En el patio de llaves se implementará un sistema de compensación reactiva tipo exterior con un banco de capacitores de 10 MVAr uno por cada barra de 33kV.

Los pórticos y las estructuras de soporte de los equipos serán del tipo celosía.

9.2.2 Ampliación Subestación Felam 220 kV

La ampliación de la S.E. Felam comprenderá la implementación de las siguientes bahías 220 kV:

Conexión a S.E. Pacifico:

Incluirá dos (02) nuevas bahías de línea para la conexión a la S.E. Pacifico, a ubicarse en el lado longitudinal opuesto de las bahías proyectas para las CE Zapote y Flug. Asimismo, para esta ampliación se considerará la implementación del cerco perimétrico.

El equipamiento principal proyectado para cada una de las nuevas bahías de línea, se listan a continuación:

- Un (01) interruptor de potencia del tipo tanque vivo en SF6 de 245 kV, 2500 A, 40 kA, 1050 kVp-BIL, apertura uni – tripolar.
- Un (01) seccionador tripolar de línea tipo apertura central, con cuchilla de puesta a tierra, de 245 kV, 2500 A, 40 kA, 1050 kVp-BIL.
- Un (01) seccionador tripolar de barra tipo apertura central, sin cuchilla de puesta a tierra, de 245 kV, 2500 A, 40 kA, 1050 kVp-BIL.
- Dos (02) seccionador tipo pantógrafo de barra, sin cuchilla de puesta a tierra, de 245 kV, 2500 A, 40 kA, 1050 kVp-BIL.
- Tres (03) transformadores de tensión capacitivos de 220:√3/0,10:√3/0,10:√3/0,10:√3kV, 1x30VA – Cl. 0.2 (Medición), 1x30 VA – 3P (Protección), 245 kV, 1050 kVp-BIL.
- Tres (03) transformadores de corriente 1000-2000/1/1/1/1 A, 1x(20 VA – Cl.0.2S) y 3x(20 VA – 5P20), 245 kV, 1050 kVp-BIL.
- Tres (03) pararrayos (descargadores de sobretensión) con contador de descargas, Ur=198 kV, Uc=156 kV, 20 kA, Clase 4.

Además, para proveer un suministro auxiliar VAC a las nuevas bahías del proyecto, se instalarán, en cada una de las barras 220 kV, tres (03) transformadores de tensión inductivos, cargables, tipo SSVT, de 220:√3/0,40:√3kV, 1x33.33 kVA, 1050 kVp-BIL.

Seccionamiento de línea 220 kV L-2239:

Incluirá dos (02) bahías para el seccionamiento de la línea 220 kV L-2239, cuya implementación, está condicionada solo al caso que el proyecto de la CE Zapote no se conecte en el año previsto (2026), ya que el referido seccionamiento de línea forma parte de los alcances del EPO aprobado para la CE.

El equipamiento principal proyectado para cada una de las nuevas bahías de línea, se listan a continuación:

- Un (01) interruptor de potencia del tipo tanque vico en SF6 de 245 kV, 2500 A, 40 kA, 1050 kVp-BIL, apertura uni – tripolar.
- Un (01) seccionador tripolar de línea tipo apertura central, con cuchilla de puesta a tierra, de 245 kV, 2500 A, 40 kA, 1050 kVp-BIL.
- Un (01) seccionador tripolar de barra tipo apertura central, sin cuchilla de puesta a tierra, de 245 kV, 2500 A, 40 kA, 1050 kVp-BIL.
- Dos (02) seccionador tipo pantógrafo de barra, sin cuchilla de puesta a tierra, de 245 kV, 2500 A, 40 kA, 1050 kVp-BIL.
- Tres (03) transformadores de tensión capacitivos de 220:√3/0,10:√3/0,10:√3/0,10:√3kV, 1x30VA – Cl. 0.2 (Medición), 1x30 VA – 3P (Protección), 245 kV, 1050 kVp-BIL.
- Transformadores de corriente 500-1000/1/1/1/1 A, 1x(20 VA – Cl.0.2S) y 3x(20 VA – 5P20), 245 kV, 1050 kVp-BIL.
- Tres (03) transformadores de tensión inductivos, cargables, tipo SSVT, de 220:√3/0,40:√3kV, 1x33.33 kVA, 1050 kVp-BIL (solo en una bahía de línea).
- Tres (03) pararrayos (descargadores de sobretensión) con contador de descargas, Ur=198 kV, Uc=156 kV, 20 kA, Clase 4.
- Dos (02) trampas de onda (solo para las bahías de seccionamiento de la L-2239), de 2000 A, y 40 kA.

Reforzamiento de barras 220 kV:

Dado que, además de la CE Pacifico, se prevé que se conectaran a la barra 220 kV de la SE Felam, otros dos proyectos eólicos, como son la CE Flug (164 MW) y la CE Zapote (216 MW), ocasionando un flujo de corriente en las barras existentes, AAC 1272 MCM – MCM – 1106 A. Por tal razón, el proyecto considera:

- En el caso que el proyecto se realice de los proyectos Zapote y Flugg, implementar los nuevos tramos de barras con dos (02) conductores por fase, Narcissus;
- Reforzar el tramo existente de barras desde el extremo de conexión del proyecto CE Pacifico hasta la conexión de la bahía de acoplamiento inclusive, adicionando un conductor más del mismo tipo, Narcissus; y
- Reemplazar los transformadores de corriente de la bahía de acoplamiento, por unos de 1250-2500/1/1/1/1 A, 1x(30 VA – Cl.0.2S) y 3x(30 VA – 5P20), 245 kV, 1050 kVp-BIL.

9.3 SISTEMA DE MEDICIÓN

El sistema de medición se realizará mediante medidores digitales multifunción, con puertos de comunicación Ethernet IEC 61850, en los cuales se podrá visualizar los diferentes parámetros de red.

Estos medidores multifunción deberán poderse integrar a cualquier sistema de monitoreo y ser compatibles con los de otros fabricantes en cuanto a comunicación.

9.4 SISTEMA DE PROTECCIÓN

Se ha evaluado el SIR de la Línea de Transmisión, por lo que se ha aplicado las funciones de protección indicadas en el PR-20 para este caso.

En la subestación Pacífico se implementará un sistema redundante de protección diferencial 87T para cada transformador de potencia y un sistema redundante de protección diferencial 87L para la línea 220kV.

Cada uno de estos sistemas constará de relés numéricos multifunción de tecnología digital y de alta confiabilidad. Dichos relés tendrán funciones de medición y control; así como poder realizar funciones lógicas programables con respecto a la aplicación de esquemas de automatización de subestaciones.

Los relés serán del tipo para empotrar, extraíbles, a prueba de polvo, con cubiertas removibles, equipados con display, alarmas (LED's) y botones de control. Además, contarán con dos (02) puertos de comunicación Ethernet y protocolos de comunicación IEC 61850 y DNP3, un sistema de auto supervisión integrado monitoreará continuamente el estado de hardware de los relés y la operación del software; cuyas funciones de protección se agruparán de acuerdo a su funcionalidad y confiabilidad.

9.4.1 Protección de los transformadores

Los relés diferenciales 87T tomarán las señales de los transformadores de corriente 220kV de los transformadores de corriente tipo toroidal asociados (montados en instalaciones GIS) y de los respectivos TC's de la celda de llegada en 34.5kV.

Se contará con dos relés de protección, uno principal (P) y otro de respaldo (R), con las principales funciones de protección:

- Supervisión de bobinas del interruptor (3)
- Protección diferencial del transformador (87T).
- Protección diferencial del transformador a tierra (87TN)
- Protección de sobreflujo (Voltios / Hertz) (24).
- Protección de subtensión (27).
- Protección de corriente de secuencia negativa (46).
- Protección de sobrecarga (49).
- Protección de sobrecorriente instantánea de fase (50).
- Protección de sobrecorriente temporizada de fase (51).

- Protección de sobrecorriente instantánea a tierra (50N).
- Protección de sobrecorriente temporizada a tierra (51N).
- Protección de sobretensión (59).
- Protección de sobretensión a tierra (59N).
- Protección de falla del interruptor (50BF).
- Controlador de bahía (BCU)

Asimismo, las protecciones propias del transformador de potencia serán:

- Dispositivo de control de temperatura (23).
- Temperatura del aceite (26).
- Protección de sobrecarga (49).
- Relé de presión súbita (63)
- Relé Buchholz (80).
- Protección de mínimo nivel de aceite (71).

Adicionalmente, se considerará un relé de bloqueo al cierre (86T) para el transformador de potencia.

Estas protecciones contarán con contactos auxiliares para alarma y disparo según corresponda.

9.4.2 Protección de línea 220kV

Las principales funciones de cada relé numérico multifunción de la línea proyectada 220kV serán:

- Protección diferencial de línea (87L).
- Supervisión de bobinas del interruptor (3)
- Protección de distancia (21/21N)
- Función de sincronismo (25).
- Protección de subtensión (27).
- Protección de falla del interruptor (50BF).
- Protección de sobrecorriente instantánea de fase (50).
- Protección de sobrecorriente temporizada de fase (51).
- Protección de sobrecorriente instantánea a tierra (50N).
- Protección de sobrecorriente temporizada a tierra (51N).
- Protección de sobretensión (59).
- Protección de sobrecorriente direccional de fase (67).
- Protección de sobrecorriente direccional a tierra (67N).
- Bloqueo por oscilaciones de potencia (68).
- Protección por pérdida de sincronismo (78).
- Recierre automático (79).
- Relé de frecuencia (81).

- Controlador de bahía (BCU)

Adicionalmente, se considerará la implementación de unidades de medición de fasores (PMU) como componente de los relés de protección de la línea, a fin de proveer en tiempo real, información del estado de la red de área amplia (WAMS). El proyecto considera además la instalación de una estación concentradora de datos de fasores (PDC), a ubicarse en la SE Pacifico; desde donde, mediante un canal de comunicación dedicado, enviará la información al centro de control de COES.

9.4.3 Protecciones de salidas 33 kV

Las principales funciones de los relés numéricos multifunción de las celdas serán:

- Protección de sobrecorriente de fase (50/51).
- Protección de sobrecorriente a tierra (50N/51N).
- Protección de direccional de sobrecorriente (67/67N).
- Protección de sobre/sub tensión (27/59).
- Protección de frecuencia (81).
- Controlador de bahía (BCU).

9.4.4 Otras consideraciones

Se implementará un sistema de protección de barras 220kV tipo distribuido para las instalaciones de la subestación Pacífico (para barras A y B).

Se deberá instalar un registrador de fallas tipo distribuido para las instalaciones en 220kV de la subestación Pacífico. Este registrador monitoreará las celdas 33kV de salidas a los transformadores de potencia.

Además, se implementará un sistema de mando sincronizado para los interruptores asociados a los transformadores de potencia para las maniobras de energización del transformador de potencia.

9.5 SERVICIOS AUXILIARES

El sistema de servicios auxiliares para las subestaciones se implementará considerando las exigencias de confiabilidad por tratarse de instalaciones de generación y transmisión y tendrán las siguientes características:

Sistema de Corriente alterna (VAC)

- Tensión nominal : 380/220 Vac, 3Ø, 4 hilos
- Margen de tensión : 85-110 %
- Frecuencia nominal : 60 Hz

Sistema de corriente continua (VDC)

- Tensión nominal : 125 Vdc, 2 hilos
- Margen de tensión : 85-110 %

9.5.1 Subestación Pacífico 220/33 kV

En la subestación Pacífico, el sistema de servicios auxiliares se alimentará desde la barra colectora 33 kV de generación a través de dos celdas de media tensión y de dos transformadores 33/0.38-0.22kV (ello con la finalidad de alimentar de manera continua los circuitos secundarios del equipamiento proyectado en la subestación), los cuales, a su vez, energizarán al único tablero principal VAC de SSAA de la subestación (de forma redundante). Se implementará un grupo electrógeno 0.38-0.22kV, el cual alimentará a las cargas esenciales de dicho tablero general VAC ante la falta de alimentación desde los transformadores 33/0.38-0.22kV.

Se implementará un tablero principal de SSAA 125 VDC para alimentar las cargas auxiliares de mando y protección, este tablero se alimentará a través de dos cargadores rectificadores independientes y redundantes, y, dos bancos de baterías con una autonomía de 8 horas exclusivo.

9.5.2 Ampliación subestación Felam 220 kV

En el caso de la SE Felam, por tratarse de un sistema de transmisión nacional (STN), se ha previsto incrementar las fuentes de suministro existentes, a fin de contar con dos (02) fuentes VAC independientes más un grupo electrógeno, tal cual lo requiere el PR20.

La alimentación de los servicios auxiliares VAC de la ampliación de la subestación Felam, será a través de los siguientes puntos:

- Principal: Desde los devanados 380/220 VAC de los transformadores de tensión inductivos (SSVT), instalados en las barras 220 kV. Se prevé que, normalmente solo una de ellas opere, y la otra se mantenga en “stand by”;
- Respaldo: Desde las barras de servicios auxiliares 380/220 VAC existentes en la SE Felam; y
- Emergencia: Desde el grupo electrógeno existente en la SE Felam. Se aclara que, en el caso que CVC no incremente la capacidad de su grupo de generación, el proyecto instalará un nuevo grupo electrógeno, 75 kVA, 380/220 VAC, uso intemperie y con tablero de transferencia de carga automático.

Se prevé instalar un tablero general 380VAC, ubicado en el edificio de control de la subestación de CVC, desde se efectuará el enlace con el tablero de servicios auxiliares existente, y de su grupo electrógeno; y, de donde se tendrán circuitos alimentadores a los tableros de las casetas de campo.

Se implementará un tablero de SSAA VAC en las casetas de campo proyectadas, los cuales energizarán a todas las cargas auxiliares en VAC de las instalaciones del PROYECTO. Además, se implementará en cada caseta un tablero de SSAA 125 VDC para alimentar las cargas auxiliares de mando, protección, control del PROYECTO en esta subestación, este tablero se energizará a través de dos cargadores rectificadores independientes y redundantes para 125 VDC (los cuales se alimentarán desde el tablero de SSAA VAC proyectado). Se considerará adicionalmente, un banco de batería por cada cargador rectificador con una autonomía de 8 horas exclusivo para las instalaciones proyectadas en la subestación.

9.6 SISTEMA DE PUESTA A TIERRA

En el caso de la subestación Pacífico se implementará una red de tierra profunda y superficial compuesta por conductores de cobre desnudo.

El diseño se efectuará de acuerdo al estándar IEEE 80-2000 “Guide for safety in AC Substation Grounding” y las mediciones de resistividad del suelo serán realizados según la IEEE std. 81, “IEEE Guide for Measuring Earth Resistivity, Ground Impedance, and Earth Surface Potentials of a Ground System”.

El valor de la resistencia de la malla de tierra profunda deberá ser menor a 5 Ohmios. Además, se verificará (una vez implementada la malla) que las tensiones de toque y de paso producidas en condiciones de falla cumplan los valores admisibles de seguridad para las personas.

9.7 ESTRUCTURAS METÁLICAS

Todas las estructuras requeridas para las subestaciones del PROYECTO serán de acero galvanizado por inmersión en caliente, aplicándose después de efectuar los cortes, soldaduras y perforaciones necesarias. Solo se empleará estructuras del tipo celosía.

10. SISTEMA DE TELECOMUNICACIONES y CONTROL

10.1 GENERALIDADES

El proyecto considera la implementación de un sistema de control y comunicaciones con el siguiente alcance:

- SE Pacifico
- SE Felam
- Enlaces hacia subestaciones La Niña y Lambayeque Oeste, debido al seccionamiento de la línea L-2239.

10.2 SISTEMA DE TELECOMUNICACIONES

El sistema de Telecomunicaciones garantizará el intercambio de información entre los componentes del proyecto, considerando intercambio de información de voz, data, etc. Por otro lado, el sistema de Telecomunicaciones también garantizará la integración con los Centros de Control de COES.

El proyecto considera los enlaces de telecomunicaciones indicados en los Planos CEP-GE-PL-003 y 004, como sigue:

a) Enlace entre SE Pacifico y SE Felam
b) Enlace entre SE Felam y SEs La Niña y Lambayeque Oeste
c) Enlace con Sistema de Control de la Concesionaria Felam
d) Enlace entre SE Pacifico y COES

10.3 SISTEMA DE CONTROL

La C.E. Pacifico contará con un sistema de control basado en una arquitectura acorde a lo referido a la IEC 61850, cuya funcionalidad será el monitoreo, control y gestión de los sistemas de la CE Pacifico, así como el monitoreo de los sistemas asociados, ubicados en la SE Felam.

La arquitectura respetará un modelo de control distribuido como se muestra en el Plano N° CEP-GE-PL-005, y estará compuesto por:

- 01 red LAN ethernet 10/100 Mbps, topología estrella redundante para la integración de los componentes plataforma de control (Nivel 2). La gestión de la red se dará a través de 02 switch de comunicación cabeceras.
- 01 plataforma de control, conformado por 02 servidores y 01 estación de operación, donde se ejecutará el software SCADA de la subestación.
- 01 red de fibra óptica, topología anillo simple, para la integración de los equipos/sub sistemas de campo (Nivel 1) a los servidores SCADA.
- 01 equipamiento de ruteo (routers) y seguridad (firewall), para el control y la seguridad de la información asociada a la integración de sistemas terceros (COES, CC REP, etc.).

Para la integración de los componentes propios se usará los protocolos IEC61850, y para la integración de sistemas externos (Nivel 2), se usarán los protocolos IEC 61870-5-104 como ICCP/Tase2. Las redes de comunicación LAN en las subestaciones del PROYECTO se realizarán mediante fibra óptica multimodo redundante.

Para las instalaciones de la subestación Pacifico se implementará los siguientes niveles de control:

- Nivel 0 Mando desde los tableros de los equipos en patio.
- Nivel 1 Control y mando desde las unidades de control de bahía (BCU's) y relés
- Nivel 2 Control y mando desde los servidores SCADA principal y de respaldo utilizando los HMI1 y HMI2
- Nivel 3 Control y mando desde el Centro de Control Centralizado de KALLPA

Además, se realizará, de manera redundante, la comunicación y envío de datos en tiempo real (de todas las instalaciones del PROYECTO) desde el Centro de Control Centralizado de KALLPA al centro de control del COES mediante protocolo ICCP.

11. ESTUDIOS DE DISEÑO DEL PROYECTO

11.1 CALCULO DE PARÁMETROS ELÉCTRICOS DE LA LÍNEA DE TRANSMISIÓN

De acuerdo a los resultados obtenidos del programa de simulación Digsilent Power Factory, se extraen los parámetros eléctricos de la LT 220 kV Pacifico - Felam, los cuales se muestran en la siguiente Tabla.

Línea de Transmisión	Longitud (km)	R_0 (Ω/km)	X_0 (Ω/km)	B_0 (μS/km)	R_1 (Ω/km)	X_1 (Ω/km)	B_1 (μS/km)
Pacifico – Felam	30.96	0.30104	1.04314	2.77912	0.04009	0.36014	4.62672

11.2 CONTROL DE POTENCIA REACTIVA

- El Proyecto CE Pacífico cumple con el requerimiento de Control de Potencia Reactiva en el lado de alta tensión de los transformadores elevadores (SE Pacífico 220 kV) de acuerdo a lo mencionado en el numeral 4.4.3, Anexo 1, Capitulo 4 del Procedimiento Técnico (PR-20) del Comité de Operación Económica del SEIN (COES).
- Para controlar el factor de potencia inductivo en el lado de alta tensión de los transformadores elevadores, en régimen permanente y bajo las condiciones más exigentes (100% del despacho de CE Pacífico), se prevé la instalación de bancos de capacitores de 10 MVAR en cada barra de 33 kV de la SE Pacífico. Esto implicará un total de 40 MVAR para el proyecto (4 x 10 MVAR), con el objetivo de inyectar potencia reactiva, controlar el factor de potencia en el lado de alta tensión de los transformadores elevadores del Proyecto en cumplimiento del PR-20, aliviar el nivel de carga de los aerogeneradores y mejorar el perfil de tensiones en bornes de los aerogeneradores.
- Se determina mediante simulaciones, que la maniobra de 10 MVAR en barras de media tensión del Proyecto no provocan cambios en la tensión superiores a 2.5% de la tensión de operación en las barras de la zona de influencia del Proyecto.
- La operación de CE Pacífico de 306 MW despachando al 0% de su capacidad, es decir, considerando el aporte de potencia reactiva que presentan los aerogeneradores, cables de MT y la LT 220 kV, no tiene impacto significativo sobre la operación del SEIN.
- En un eventual Estudio de Operatividad del Proyecto de la CE Pacifico, se verificará nuevamente que se cumpla el requisito establecido en el numeral 3.1 del capítulo 4 del Anexo 1 del PR-20.

11.3 CALCULO DE LA REACTANCIA HOMOPOLAR DEL TRANSFORMADOR ZIGZAG

De acuerdo a los resultados obtenidos mediante el cálculo y las simulaciones, en la siguiente Tabla se muestran los datos nominales del transformador Zigzag.

Variables	Magnitud	Unidad
Tensión Nominal	33	kV
Corriente $3I_0$ de diseño	400	A

Impedancia X_0 del Zigzag	158	Ω/fase
Resistencia de puesta a tierra	0	Ω

11.4 VERIFICACIÓN DE LA CAPACIDAD DE BARRA

11.4.1 Verificación Cargabilidad de la barra en estado estacionario

Se ha verificado la cargabilidad del sistema de barras de 220 kV de la SE Felam para las dos configuraciones detalladas en la metodología.

En términos generales se ha determinado mediante simulaciones de estado estacionario lo siguiente:

- Para el Caso Base, el máximo nivel de carga en operación normal determinado entre los tramos de barra de la SE Felam es 108.0%. Asimismo, el máximo nivel de carga obtenido en la bahía del acoplamiento es de 199%.
- Para el Caso Adicional, el máximo nivel de carga en operación normal encontrada entre los tramos de barra de la SE Felam es 159%. Asimismo, el máximo nivel de carga obtenida en la bahía del acoplamiento es 293%.
- Para el Caso Sensibilidad (SE Sureños), el máximo nivel de carga en operación normal encontrada entre los tramos de barra de la SE Felam es 108%. Asimismo, el máximo nivel de carga obtenida en la bahía del acoplamiento es 198%.
- En tal sentido, se propone la repotenciación del sistema de barras y en la bahía de acoplamiento para la SE Felam del tipo AAC Narcissus 1272 MCM a 2 conductores por fase (1106 A/conductor), y además el cambio del transformador de corriente por uno de capacidad de 2500 A en la bahía de acoplamiento. **Cabe resaltar que la necesidad de la repotenciación será verificada en el Estudio de Operatividad del Proyecto.**

11.4.2 Verificación la Cargabilidad de la barra en Estado Estacionario con Repotenciación

Con la repotenciación del sistema de barras y en la bahía de acopamiento para la SE Felam, y el cambio del transformador de corriente en la bahía de acoplamiento de la SE Felam se ha verificado la cargabilidad del sistema de barras de 220 kV de la SE Felam y para las dos configuraciones detalladas en la metodología.

La repotenciación dependerá del ingreso de los nuevos proyectos renovables en la barra de la SE Felam 220 kV, por lo que la necesidad de repotenciación será verificada en el Estudio de Operatividad.

En ese sentido, en términos generales se ha determinado mediante simulaciones de estado estacionario lo siguiente:

- Para el Caso Base, el máximo nivel de carga en operación normal determinado entre los tramos de barra de la SE Felam es 54%. Asimismo, el máximo nivel de carga obtenido en el interruptor de acoplamiento es de 48%.
- Para el Caso Adicional, el máximo nivel de carga en operación normal encontrada entre los tramos de barra de la SE Felam es 80%. Asimismo, el máximo nivel de carga obtenida en el interruptor de acoplamiento es 70%.
- Para el Caso Sensibilidad SE Sureños, el máximo nivel de carga en operación normal encontrada entre los tramos de barra de la SE Felam es 54%. Asimismo, el máximo nivel de carga obtenida en el interruptor de acoplamiento es 48%.

11.4.3 Verificación de la Capacidad de la barra por Cortocircuito

Se ha verificado el nivel de cortocircuito trifásico del sistema de barras de 220 kV de la SE Felam para para las dos configuraciones detalladas en la metodología.

En ese sentido, en términos generales se ha determinado mediante simulaciones de cortocircuito en el caso base, caso adicional y caso sensibilidad, que el **Proyecto no produce un impacto significativo en el sistema de barras de SE Felam 220 kV.**

Cortocircuito:

- Para el Caso Base, el máximo nivel de cortocircuito en operación normal encontrada en la barra de la SE Felam es 18.9 kA.
- Para el Caso Adicional, el máximo nivel de cortocircuito en operación normal encontrada en la barra de la SE Felam es 20.5 kA.
- Para el Caso Sensibilidad SE Sureños, el máximo nivel de cortocircuito en operación normal encontrada en la barra de la SE Felam es 19 kA.
- Los resultados indican que, en los escenarios analizados los niveles de cortocircuito en las barras SE Felam 220 kV están en el orden de 20.5 kA, cuyo valor se encuentra por debajo de la capacidad de cortocircuito de la barra, el cual es 40 kA.

11.5 CALCULO DE SOURCE IMPEDANCE RATIO (SIR)

Según los resultados obtenidos mediante el cálculo y las simulaciones, se determina que las líneas de transmisión de 220 kV LT Pacifico – Felam, LT Felam – La Niña y LT Lambayeque Oeste – Felam son de longitud media.

12. ESTUDIOS ELÉCTRICOS

12.1 OPERACIÓN EN ESTADO ESTACIONARIO

12.1.1 Caso Base, Adicional 1 y Sensibilidad

Operación Normal

- Las tensiones en las barras en los escenarios SIN PROYECTO y CON PROYECTO tanto en el Caso Base, el Caso Adicional 1 y el Caso Sensibilidad en los escenarios analizados de 2029 al 2032, se encuentran dentro de los rangos de operación según los criterios de desempeño en condición normal de operación del SEIN.
- Respecto a los niveles de carga, para el Caso Base, Caso Adicional 1 y el Caso Sensibilidad con la primera reducción de generación, se identifican como elementos limitantes a la línea de transmisión en 220 kV LT La Niña – Felam (L-2164/L-2239C), LT Guadalupe - Trujillo Norte (L-2234/L-2235), LT Guadalupe – Reque (L-2236/L-2237), LT Lambayeque Oeste – Chiclayo Oeste (L-2238A/L-2239A) y LT Reque – Chiclayo Oeste (L-2296/L-2297). Cabe precisar que este caso fue simulado para evaluar el impacto del Proyecto de la CE Pacifico en los tres casos.

  Al considerar la segunda reducción de generación: de 4393 MW (69%) como promedio de todos los escenarios de los años 2029, 2030, 2031 y 2032 en la condición con proyecto del total de los 6324 MW de todas las centrales RER en el caso base, de 4765 MW (73%) como promedio de todos los escenarios de los años 2029, 2030, 2031 y 2032 en la condición con proyecto del total de los 6540 MW de todas las centrales RER en el caso adicional, y de 4378 MW (69%) como promedio de todos los escenarios de los años 2031 y 2032 en la condición con proyecto del total de los 6324 MW de todas las centrales RER en el caso sensibilidad – según lo sugerido en la carta COES/D/DP-984-2024 – se identifica como elemento limitante a la línea de transmisión en 220 kV LT La Niña – Felam (L-2164/L-2239C), LT Guadalupe - Trujillo Norte (L-2234/L-2235), LT Guadalupe – Reque (L-2236/L-2237), LT Lambayeque Oeste – Chiclayo Oeste (L-2238A/L-2239A) y LT Reque – Chiclayo Oeste (L-2296/L-2297). En ese sentido, para el esquema de reducción de generación se considerará el monitoreo de las líneas de transmisión en 220 kV L-2164/L-2239C, L-2234/L-2235, L-2236/L-2237, L-2238A/L-2239A y L-2296/L-2297.

  El Proyecto operara con un esquema de desconexión ante contingencias en caso sea requerido. Sin embargo, para evitar las sobrecargas de las líneas de transmisión y/o transformadores de potencia y el despacho a plena carga de las centrales RER en la zona de influencia, una solución definitiva para una mayor robustez del sistema de transmisión deberá eventualmente ser propuesta por el COES en su Plan de Transmisión.

<u>Contingencias</u>

- En los escenarios analizados del 2029 al 2032, las tensiones en barras para los Casos Base y Adicional 1, SIN PROYECTO y CON PROYECTO se encuentran dentro de los admisibles cumpliendo con los criterios de desempeño en condición normal de red.
- En los escenarios analizados del 2031 al 2032, las tensiones en barras para el Caso Sensibilidad, SIN PROYECTO y CON PROYECTO se encuentran dentro de los admisibles cumpliendo con los criterios de desempeño en condición normal de red.
- Respecto a los resultados de las simulaciones de las contingencias del Caso Base, Caso Adicional 1 y el Caso Sensibilidad Sin Proyecto y Con Proyecto, son evidentes las sobrecargas

superiores al 20% en las líneas de transmisión en 220 kV L-2164/L-2239C, L-2233, L-2232_A/L-2232_B, L-2233, L-2234/L-2235, L-2236/L-2237, L-2238A/L-2239A y L-2296/L-2297, líneas de transmisión en 500 kV L-5010A y L-5010B, y sobrecargas por encima del 100% de cargabilidad en el autotransformador AT91-523.

Esquema de Reducción/Desconexión de Generación del Proyecto

Se plantea monitorear los elementos que impactan directamente en la zona de influencia del Proyecto ante condiciones de operación normal y en contingencias, estos elementos son líneas de transmisión en 220 kV y 500 kV, y autotransformadores para la activación del esquema de reducción/desconexión de generación:

- LT La Niña – Felam (L-2164/L-2239C)
- LT Chimbote – Viru (L-2232_A)
- LT Trujillo Norte – Viru (L-2232_B)
- LT Trujillo Norte – Chimbote (L-2233)
- LT Guadalupe - Trujillo Norte (L-2234/L-2235)
- LT Guadalupe – Reque (L-2236/L-2237)
- LT Lambayeque Oeste – Chiclayo Oeste (L-2238A/L-2239A)
- LT Reque – Chiclayo Oeste (L-2296/L-2297)
- LT 500 kV LT La Niña – La Libertad (L-5010A)
- LT La Libertad – Trujillo Norte (L-5010B)
- Autotransformador (AT91-523)

12.1.2 Cálculo de las Corrientes de Cortocircuito

- Los resultados en el escenario de máxima generación indican que, en la CE Pacifico se presenta una máxima corriente de cortocircuito de 18 kA y 25 kA, ubicadas en las barras de 220 kV y 33 kV de la SE Pacifico, respectivamente.
- La capacidad de cortocircuito de los equipos de maniobra asociados al proyecto en 220 kV y 33 kV de la SE Pacifico son de 40 kA y 31.5 kA respectivamente. En ese sentido, los resultados obtenidos indican que los equipos de maniobra cumplen con la capacidad para tolerar corrientes de cortocircuito sin sufrir daño electromecánico.
- En la SE Felam la máxima corriente homopolar 3Io se da en el Caso Adicional para una corriente de cortocircuito bifásica a tierra con un valor de 28.2 kA, el cual es un valor muy inferior a la corriente que soporta la malla de puesta a tierra cuyo valor es de 48.68 kA.
- En todas las barras donde se han calculado las corrientes de cortocircuito, ninguna supera su capacidad de ruptura, a excepción de la barra de 220 kV de la SE La Niña cuya corriente de cortocircuito bifásica a tierra tiene un valor 3Io de (40.3 kA y 40.8 kA en sin y con proyecto respectivamente en el caso base) y (42.7 kA y 42.8 kA en sin y con proyecto respectivamente en el caso adicional) valores que superan la corriente que puede soportar la malla de puesta a

tierra de 31.5 kA, no obstante, el proyecto de la CE Pacifico incrementa como máximo la corriente de cortocircuito bifásica a tierra en 0.5 kA en el caso base.

- Las corrientes homopolares 3Io ante fallas bifásicas a tierra se incrementan en la barra de 220 kV de la SE La Niña debido principalmente a la cantidad de proyectos Eólicos en la zona de influencia, en ese sentido, de ser necesario se debe repotenciar la malla de puesta a tierra con la finalidad de soportar las corrientes homopolares 3Io ante fallas bifásicas a tierra, lo cual se evaluará su necesidad posteriormente en un eventual estudio de operatividad de los proyectos Eólicos y/o solares que entren en operación en la zona de influencia de la SE La Niña.
- Se muestra el cálculo de cortocircuito de las subestaciones en el área de influencia en donde se observa que considerando el proyecto de la CE Pacifico.
- Para el cálculo de cortocircuito del escenario realista, se ha tomado en cuenta los proyectos con EPO aprobado con conformidad y vigencia a la fecha, de los cuales tienen más probabilidades de ejecutarse aquellos proyectos que pertenecen a los agentes del COES, tales como Kallpa, Fenix, Enel y Statkraf, en donde la máxima corriente en la barra de 220 kV de la SE La Niña es de 3Io=18.5 kA para una falla bifásica a tierra, valor mucho menor que la corriente de 31.5 KA que puede soportar su malla de puesta a tierra.

12.2 ESTABILIDAD

12.2.1 Estabilidad Transitoria

- Los eventos de fallas realizadas en el sistema de transmisión y desconexión de transformadores de potencia en la zona de influencia del proyecto, logra recuperar un punto de operación estable, donde principalmente los ángulos de los rotores de los generadores se estabilizan sin perder el sincronismo.
- El tiempo crítico de despeje de falla es mayor a 100ms, alcanzando valores alrededor de 150ms en SE Felam y 210ms en SE Pacífico, cumpliendo con los criterios establecidos. Asimismo, en las líneas de transmisión se verifica que este tiempo es mayor a 100ms.
- La CE Pacífico soporta los límites establecidos respecto a los huecos de tensión, evaluado en el punto de conexión correspondiente a la barra 220 kV de la SE Felam.
- Asimismo, los resultados de las simulaciones transitorias, considerando los mismos eventos de fallas en el sistema de transmisión, realizadas en los escenarios del Caso base y Caso Adicional muestran resultados aceptables.

12.2.2 Verificación de la Disminución de Inercia

- En los resultados del cálculo de la constante de inercia equivalente del sistema, se observa que la inercia del SEIN del caso CON PROYECTO es ligeramente inferior respecto al caso SIN PROYECTO sobre todo en el caso adicional en los años 2030, 2031 y solo en el escenario de avenida mínima 2030 del caso base, y en otros escenarios la inercia equivalente es la misma

debido a que en ambos casos despachan casi las mismas unidades de generación térmica

- Además, se observa que la menor inercia equivalente del SEIN en el primer año y tercer año ocurre en el escenario de Avenida Media demanda 2030 y 2032 respectivamente.

12.2.3 Estabilidad de la Frecuencia

- Se ha verificado mediante simulaciones transitorias que ante el evento de la desconexión intempestiva de la unidad de generación más grande del SEIN, lo cual corresponde a la unidad G2 de la C.H. Chaglla en Avenida 2030, no se produce la activación del ERACMF tanto para el caso base y el caso adicional.
- En ese sentido, la ligera disminución de la inercia equivalente del SEIN, debido a la inclusión del Proyecto de la CE Pacífico, no tiene un efecto relevante en el comportamiento transitorio de la frecuencia del sistema.
- El proyecto de la CE Pacifico cumplirá con lo establecido en la Tercera Disposición Complementaria de la resolución OSINERGMIN N° 173-2024-OS/CD, la aplicación del numeral 4.4.4 del Capítulo 4 del Anexo 1 del Nuevo Procedimiento Técnico del COES N° 20, el cual se refiere a que la CE Pacifico deberá tener la capacidad de aportar inercia ante perturbaciones y ante un súbito desvió de la frecuencia.

12.2.4 Verificación del Esquema de Desconexión de Generación de la CE Pacífico

- Mediante simulaciones dinámicas se ha verificado que, ante la actuación del esquema de desconexión de generación de la CE Pacífico frente a las contingencias más críticas (en donde se produce los mayores niveles de sobrecarga), el valor de la mínima frecuencia está por encima del umbral de mínima frecuencia del ERACMF (59.2 Hz), por lo tanto, no se activa el ERACMF.

En términos generales, se concluye que, ante los eventos de fallas realizados en el sistema de transmisión, el SEIN operará de manera satisfactoria, manteniendo una condición de operación estable y el sincronismo del sistema, además de no presentar impacto negativo en la frecuencia del sistema ante la desconexión intempestiva de la unidad de mayor generación operando en el SEIN.

12.3 TRANSITORIOS ELECTROMAGNETICOS

12.3.1 Maniobra de líneas de transmisión

- Ante la energización de la línea de transmisión en 220 kV se producen sobretensiones con el percentil del 98% de hasta 1.31 p.u. en la SE Felam, las cuales están cubiertas por el nivel de aislamiento seleccionado para el equipo electromecánico (460 kV).
- Asimismo, ante la energización de la línea de transmisión en 220 kV en el lado de la SE Pacifico se producen sobretensiones de hasta 2.17 p.u. en donde se produce la operación de los descargadores de sobretensión que disipan energía hasta por 1.4kJ en 1.0s que representa

menos del 59% de la capacidad térmica de los descargadores.

12.3.2 Maniobra de transformadores

- Para efectos de evaluar el mayor impacto de la conexión del transformador de potencia, se realizan simulaciones sin considerar el mando sincronizado. Para la energización del primer transformador sin mando sincronizado (MS), la máxima corriente de energización calculada es 3044 A (4.6 veces la corriente nominal). Para la energización del segundo transformador sin mando sincronizado (MS), considerando el primer transformador previamente energizado, la máxima corriente de energización calculada es 3279 A (4.9 veces la corriente nominal). Para todos los casos simulados la tensión en barras de S.E. Felam 220 kV es mayor a 0.80 p.u.
- De otro lado, al considerar mando sincronizado (MS) para la energización del transformador de potencia, la corriente de energización llega a 6.3 A, el cual no afecta a la tensión en la SE Felam 220 kV.

12.3.3 Tensión Transitoria de Restablecimiento (TRV)

- Se realizó el cálculo estadístico del TRV y para todos los casos simulados se cumple con las exigencias de las curvas de soportabilidad para interruptores de 245 kV, según la norma IEC 62271-100 (2021).

12.4 ESTUDIO DE ARMONICOS

En términos de perturbación armónica el Proyecto C.E. Pacifico de 306 MW no presenta un impacto considerable en el SEIN, porque **cumple con las exigencias de límites de emisión de la IEEE 519-2022 y los límites de compatibilidad de la IEC 61000-3-6 y por tanto cumple con las exigencias del numeral 6.5, Anexo 2 del PR-20**. A continuación se detallan los resultados más relevantes:

12.4.1 ESTIMACIÓN DE LA DISTORSIÓN ARMÓNICA

a) Emisión Armónica de Corriente por Parte de CE Pacifico Expansión

- El Proyecto CE Pacífico cumple con las exigencias de los límites de emisión de la IEEE 519 - 2022 y por tanto con las exigencias del PR-20.
- Se evaluará en el Estudio de Operatividad del Proyecto la necesidad del uso de filtro de armónicos de acuerdo a las exigencias del PR-20.

b) Distorsión Armónica de Tensión

- El Proyecto CE Pacifico no representa un impacto significativo en cuanto a términos de perturbación armónica, esto se verifica en los resultados de la distorsión armónica de tensión que cumplen con las exigencias de la IEC 61000-3-6 (etapa 2).
- En cumplimiento del PR-20 se realizarán las evaluaciones para verificar la necesidad de filtros de armónicos en el Estudio de Operatividad del Proyecto.

12.4.2 CÁLCULO DE LA IMPEDANCIA ARMÓNICA

- Para el armónico de orden 5 la impedancia se reduce desde 129 a 62 Ohm desde el caso 1 al caso 5. Para el armónico de orden 7 la impedancia se reduce de 151 a 26 Ohm. Esto se valida mediante los resultados de las simulaciones del numeral 8.2, donde se evidencia que a medida que se van conectando los bancos se mantiene más controlada la tensión armónica entre los órdenes 5 a 7.