RADIANTE CHASKA
EMPRESA DE GENERACIÓN ELÉCTRICA SOLAR RADIANTE CHASKA S.A.C.

blaudenergy

CENTRAL SOLAR FOTOVOLTAICA RADIANTE CHASKA 160 MW

ESTUDIO DE PRE-OPERATIVIDAD
VOLUMEN IV

RESUMEN EJECUTIVO

Informe: CSFSDV-EPO-REE-REV2

Preparado para:

EGE SOLAR RADIANTE CHASKA S.A.C.

Control de Versiones			
Revisión	**Detalles**		**Fecha**
0	Emisión Inicial		29/11/2024
1	Levantamiento de Observaciones 1		28/02/2025
2	Levantamiento de Observaciones 2		27/06/2025
Elaboración - Revisión - Aprobación			
Revisión	**Elaborado por:**	**Revisado por**	**Aprobado por**
0	M. Mayhua V. Díaz P. Hanco	M. Mayhua V. Díaz	R. Méndez
1	M. Mayhua V. Díaz P. Hanco	M. Mayhua V. Díaz	R. Méndez
2	M. Mayhua V. Díaz P. Hanco	M. Mayhua V. Díaz	R. Méndez

ÍNDICE

1 INTRODUCCIÓN 7

2 GENERALIDADES 7

3 UBICACIÓN GEOGRÁFICA 8

3.1 RECURSO SOLAR Y DISEÑO . . . 10
3.1.1 Recurso Solar . . . 10
3.2 DISEÑO DE LA POTENCIA ESTIMADA SEGÚN TECNOLOGÍA . . . 12

4 CRONOGRAMA DE IMPLEMENTACIÓN 12

5 INGENIERÍA DEL PROYECTO 13

5.1 RESUMEN DE LA INGENIERÍA DEL PROYECTO . . . 13
5.2 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LA CENTRAL . . . 13
5.3 SUBESTACIONES . . . 14
5.3.1 Niveles de tensión . . . 14
5.3.2 Niveles de corriente de cortocircuito . . . 15
5.3.3 Subestación Radiante Chaska 220/33 kV . . . 15
5.3.3.1 Equipamiento Radiante Chaska 220/33 kV . . . 15
5.3.3.2 Conductor de barras la S.E. Radiante Chaska . . . 16
5.3.3.3 Servicios auxiliares . . . 17
5.3.3.4 Protecciones Radiante Chaska 220/33 kV . . . 17
5.3.3.5 Sistema de control . . . 18
5.3.4 Subestación Hub San José 220 kV . . . 19
5.3.4.1 Equipamiento Hub San José 220 kV . . . 19
5.3.4.2 Conductores y barras SE. HUB San José . . . 20
5.3.4.3 Servicios auxiliares . . . 20
5.3.4.4 Protecciones Hub San José 220 kV . . . 20
5.3.5 Adecuación Subestación San José 220 kV . . . 21
5.3.6 Transformador elevador . . . 23
5.3.7 Línea de transmisión SE. Radiante Chaska – SE. Hub San José . . . 23
5.3.7.1 Nivel de tensión . . . 24
5.3.7.2 Tipo de conductor . . . 25
5.3.7.3 Cable de guarda (OPWG) . . . 25
5.3.8 Telecomunicación y control . . . 25
5.3.9 Sistemas de transferencia de datos . . . 26
5.3.10 Cumplimiento del PR-20 . . . 26

6 CONCLUSIONES 27

6.1 ANÁLISIS DE REQUERIMIENTO DE POTENCIA REACTIVA . . . 27
6.2 ANÁLISIS DE FLUJO DE POTENCIA . . . 27
6.3 VERIFICACIÓN DE LA CAPACIDAD DE BARRA . . . 29
6.4 ANÁLISIS DE CORTOCIRCUITO . . . 29
6.5 ANÁLISIS DE ESTABILIDAD . . . 30
6.6 ANÁLISIS DE ARMÓNICOS . . . 33
6.7 VERIFICACIÓN DE TENSIONES DE RESTABLECIMIENTO (TRV) . . . 33

7 DIAGRAMA UNIFILAR 34

8 ANEXOS 35

Anexo Nº1 - Lista de Equipamiento EPO RADIANTE CHASKA 35

Anexo Nº2 - Diagrama de Influencia RCH Rev2.dwg 35

FIGURAS

1 Ubicación geográfica del proyecto Radiante Chaska 160 MW 10
2 Información del Proyecto – CSF. Radiante Chaska – Localización Proyecto 10
3 CSF Radiante Chaska – Horizonte y trayectoria solar en el sitio 11
4 CSF. Radiante Chaska – Duración del Día – Ángulo Cenital Solar 11
5 Diagrama uniflar SE Radiante Chaska 220/33 kV 19
6 Diagrama unifilar - Ampliación Subestación Hub San José 220 kV 23
7 Diagrama uniflar CSF Radiante Chaska 34

TABLAS

1 Coordenadas S.E. Radiante Chaska 8
2 Coordenadas de la futura S.E. Hub San José 8
3 Coordenadas de la CSF Radiante Chaska 9
4 Características Generales CSF. Radiante Chaska 160 MW 12
5 Cronograma de Implementación 12
6 Características técnicas de los paneles fotovoltaicos 13
7 Características técnicas de los inversores 13
8 Características técnicas - trasformadores BT/MT 14
9 Niveles de Tensión en el Proyecto CSF. Radiante Chaska 14
10 Niveles de Corriente Cortocircuito Proyecto CSF. RADIANTE CHASKA 15
11 Características técnicas - trasformadores MT/AT 24
12 Trazado Preliminar S.E. HUB SAN JOSÉ – S.E. RADIANTE CHASKA 24

ESTUDIO DE PRE-OPERATIVIDAD
RESUMEN EJECUTIVO CSF RADIANTE CHASKA
160 MW

1. INTRODUCCIÓN

La **EMPRESA DE GENERACIÓN ELÉCTRICA SOLAR RADIANTE CHASKA S.A.C.** ha proyectado implementar en el sur del país una Central Eléctrica Solar de 160 MW (CS. Radiante Chaska), la cual tiene previsto que ingrese en operación comercial en diciembre del año 2029 y cuya conexión al SEIN será en la futura barra de 220 kV de la SE. Hub San José (Proyecto del Plan de Transmisión).

Debido a que la central de generación es del tipo CGNC porque utiliza Recursos Energéticos Renovables (RER - Solar) y cuyo punto de Conexión es el sistema de transmisión y afecta a otros agentes del SEIN; es necesario presentar al COES y al titular de la Subestación Hub San José el correspondiente Estudio de Pre-Operatividad, de acuerdo a los lineamientos, parámetros e indicaciones establecidos en el Procedimiento Técnico del COES N° 20 “Ingreso, Modificación y Retiro de las Instalaciones del SEIN” (PR-20).

El presente informe contiene un resumen detallado de las características técnicas de la central eléctrica solar Radiante Chaska 160MW..

De acuerdo con el PR-20, el Estudio de Pre-Operatividad debe incluir los siguientes documentos:

1. Resumen Ejecutivo del Proyecto
2. Características Técnicas de la Central
3. Ingeniería de la Transmisión
4. Estudios Eléctricos
5. Información Confidencial

El presente documento abarca lo correspondiente al numeral **Resumen Ejecutivo** del Proyecto.

2. GENERALIDADES

El proyecto Central Solar Radiante Chaska consiste en una Central de Generación Fotovoltaica con una potencia nominal de 160 MWac, con fecha prevista de inicio de operaciones en diciembre del 2029.

El Proyecto para la conexión de la Central Solar Fotovoltaica Radiante Chaska incluye la implementación de una (01) subestación de potencia en 220 kV y la adición de una nueva celda de línea en 220 kV en la futura S.E. Hub San José en 220 kV, ubicada a una distancia de 19.97 km. Esto permitirá el acceso y llegada de la nueva línea de transmisión en 220 kV proveniente del proyecto.

La nueva subestación se denominará S.E. Radiante Chaska, la cual estará ubicada al interior de la central solar fotovoltaica Radiante Chaska, elevando el nivel de tensión de generación de 33 kV a 220 kV para transmitir la potencia generada e inyectarla al SEIN.

3. UBICACIÓN GEOGRÁFICA

El proyecto Central Solar Fotovoltaica Radiante Chaska está ubicado en el Departamento de Arequipa, en el extremo sur de Perú, a 776 km al sur de la Ciudad de Lima, lindando con los departamentos de Moquegua y Puno al norte.

Detalles de ubicación:

- **Departamento:** Arequipa.
- **Provincia:** Arequipa.

El parque de generación Radiante Chaska se ubicará en el distrito de la Joya, provincia de Arequipa. La línea de transmisión de 220 kV iniciará su recorrido dentro del área proyectada de dicho parque de generación y se conectará a la futura S.E. HUB San José.

Las coordenadas aproximadas para la ubicación de la S.E. Radiante Chaska son las siguientes:

A continuación, se presentan las coordenadas aproximadas para la ubicación de la S.E. Radiante Chaska, que se muestran en la Tabla 1:

Tabla 1: Coordenadas S.E. Radiante Chaska

Vértices	Zona	Este	Norte
SE. RADIANTE CHASKA	19K	186448	8159117

La futura S.E. HUB San José 220 kV también estará ubicada en el departamento de Arequipa y forma parte del Plan de Transmisión. Las coordenadas aproximadas para la ampliación de esta subestación se presentan en la Tabla 2:

Tabla 2: Coordenadas de la futura S.E. Hub San José

Vértices	Zona	Este	Norte
SE. HUB SAN JOSÉ	19K	203712	8152660

Las coordenadas aproximadas de la Central Solar Radiante Chaska se muestran en la Tabla 3:

Tabla 3: Coordenadas de la CSF Radiante Chaska

Vértices	Este	Norte
1	181051	8155680
2	181842	8154808
3	182352	8155233
4	182906	8156518
5	184059	8157667
6	184972	8157808
7	185211	8158392
8	185953	8158667
9	186502	8159095
10	186352	8159232
11	185953	8158917
12	184733	8158969
13	184686	8158143
14	183924	8158162

El proyecto Central Solar Fotovoltaica Radiante Chaska está localizado en el departamento de Arequipa, al extremo sur del Perú, a 776 km al sur de la ciudad de Lima. Limita al norte con los departamentos de Moquegua y Puno. La zona destinada para la instalación de los paneles solares abarca una superficie de 406 hectáreas, ubicada principalmente dentro de la provincia de Arequipa.

La Subestación Hub San José 220 kV se encuentra en el departamento de Arequipa, cerca de la subestación San José. Esta infraestructura es considerada una propuesta estratégica para soportar el crecimiento de proyectos de energías renovables, específicamente solares, en la región.

El parque de generación solar Radiante Chaska estará situado en la provincia de Arequipa. Desde este parque partirá una línea de transmisión de 220 kV, la cual recorrerá el área proyectada y se conectará a la nueva subestación Hub San José. La ubicación geográfica del proyecto y su interconexión con el SEIN se presentan en la Figura 1.

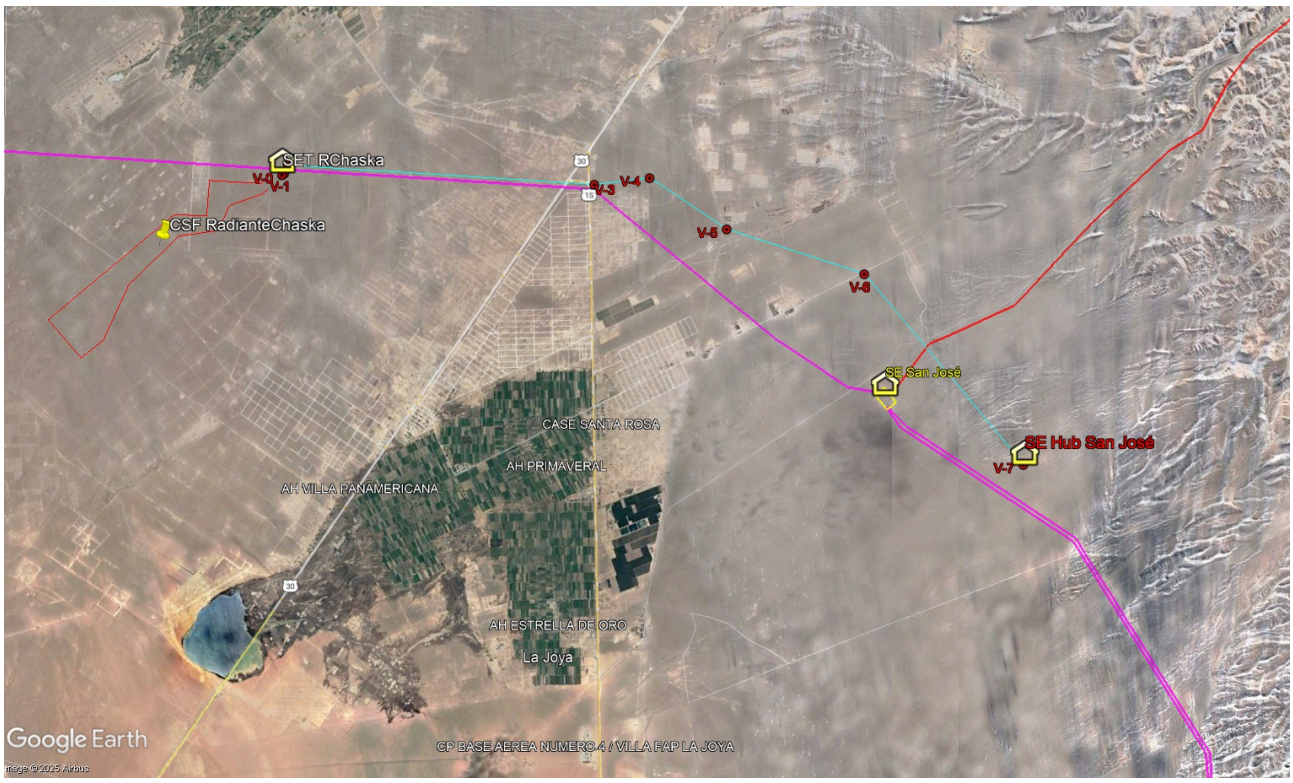

Figura 1: Ubicación geográfica del proyecto Radiante Chaska 160 MW

3.1. RECURSO SOLAR Y DISEÑO

3.1.1. Recurso Solar

Para la estimación de energía producible por el proyecto Fotovoltaico Radiante Chaska se ha hecho uso del software SOLARGIS, el mismo que permite una estimación del potencial de la energía solar.

Map data		Per year	
Direct normal irradiation	DNI	2618.6	kWh/m²
Global horizontal irradiation	GHI	2484.6	kWh/m²
Diffuse horizontal irradiation	DIF	679.8	kWh/m²
Global tilted irradiation at optimum angle	GTI opta	2605.6	kWh/m²
Optimum tilt of PV modules	OPTA	19 / 0	°
Air temperature	TEMP	18.1	°C
Terrain elevation	ELE	1141	m

Figura 2: Información del Proyecto – CSF. Radiante Chaska – Localización Proyecto

Proyección de la generación de energía en la central fotovoltaica, de manera mensual y horaria.

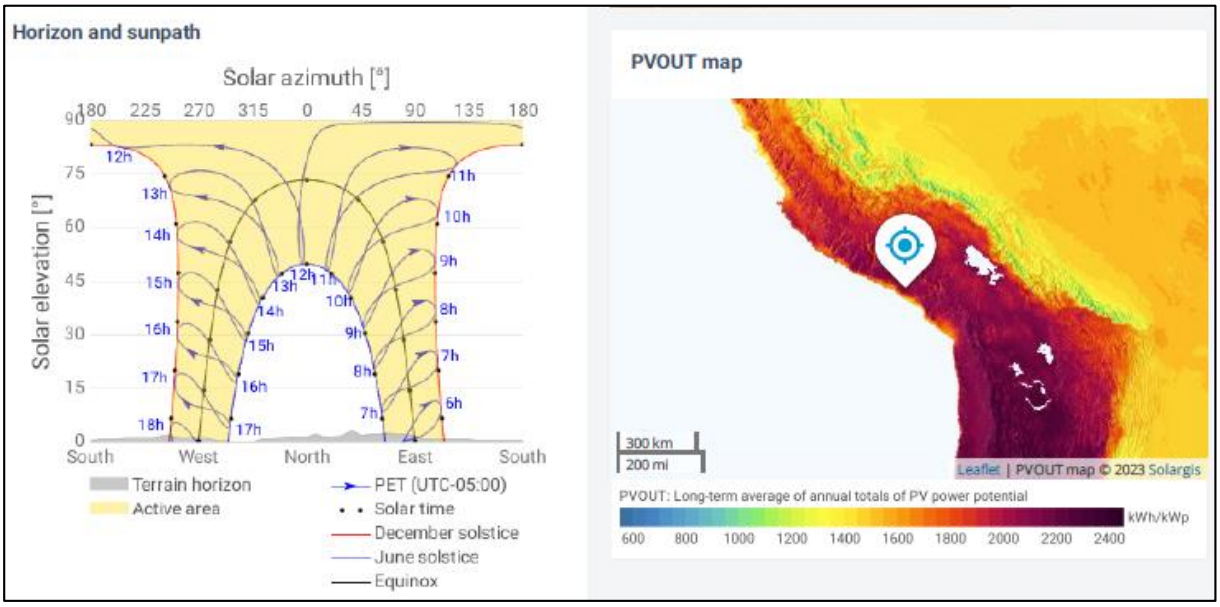

Figura 3: CSF Radiante Chaska – Horizonte y trayectoria solar en el sitio

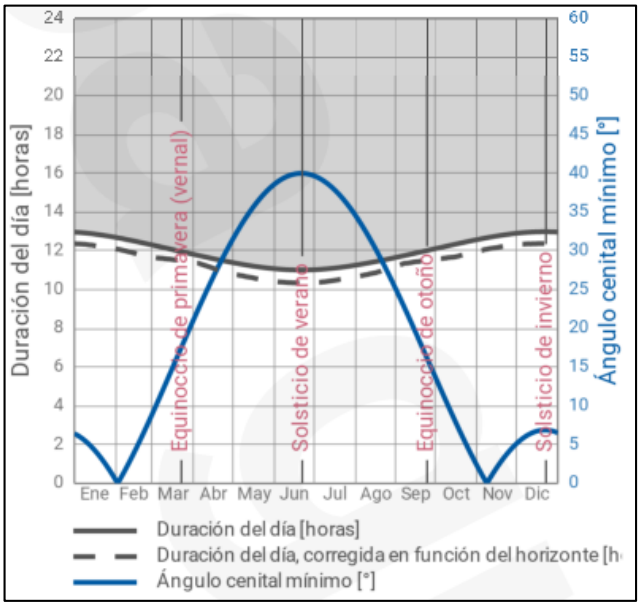

Figura 4: CSF. Radiante Chaska – Duración del Día – Ángulo Cenital Solar

La instalación fotovoltaica será de gran escala y se ubicará en un terreno nivelado. Los módulos fotovoltaicos estarán montados en seguidores con un eje horizontal alineado en dirección Norte-Sur, permitiendo un rango de rotación de -60 grados Este a 60 grados Oeste. Para minimizar las pérdidas por sombras entre filas en momentos de bajo ángulo solar, se empleará el algoritmo de *backtracking*. Además, los módulos estarán bien ventilados.

Este tipo de instalación fotovoltaica estará conectada a una red de media tensión a través de un inversor y un transformador de distribución. En caso de ser necesario, podría incluirse un transformador adicional. No se contempla el almacenamiento de energía.

Como referencia, se muestran las proyecciones gráficas de la generación energética y las condiciones solares del proyecto en Figura 2, Figura 3 y Figura 4.

3.2. DISEÑO DE LA POTENCIA ESTIMADA SEGÚN TECNOLOGÍA

El número de módulos fotovoltaicos instalable en el área identificada es igual a 282 224 para una potencia de 160 MW. Cada módulo dispone de una potencia en condiciones estándar de 635 Wp, en la siguiente se muestra las características generales de la central fotovoltaica:

Tabla 4: Características Generales CSF. Radiante Chaska 160 MW

CARACTERÍSTICAS	UNIDAD	VALOR
Potencia Total (AC)	MW	160
Área de Terreno	Ha	406
Módulo Fotovoltaico	Wp	635
Cantidad Tracker	unid.	4552
Cantidad de Módulos Fotovoltaicos por Tracker	unid.	62
Cantidad de Módulos Fotovoltaicos	unid.	282224
Potencia de cada Inversor	kVA	350
Cantidad de Inversores	unid.	512
Cantidad de Centros de Transformación	unid.	24

4. CRONOGRAMA DE IMPLEMENTACIÓN

La construcción de la central solar y de la interconexión al SEIN se estima demandará 16 meses. En el cronograma no está incluido los tiempos para la gestión de permisos ambientales (DIA, CIRA, etc.) ni gestión de servidumbres. En la siguiente figura se muestra un detalle del cronograma estimado de obra:

Tabla 5: Cronograma de Implementación

Cronograma de Ejecución del Proyecto Solar Radiante Chaska	MESES															
	Set-28	Oct-28	Nov-28	Dic-28	Ene-29	Feb-29	Mar-29	Abr-29	May-29	Jun-29	Jul-29	Ago-29	Set-29	Oct-29	Nov-29	Dic-29
Central Solar Fotovoltaica																
Movilización de, instalaciones, temporales, actividades preliminares, acceso																
Movimiento de Tierras (Excavaciones / Rellenos)																
Caminos internos																
Cimentaciones (centros de transformación, cunetas, plataformas, etc)																
Obras Eléctricas (Canalizaciones, Media Tensión, BoS)																
Montajes de Componentes de la Central (hincas, trackers, inversores, paneles, etc)																
Pruebas y puesta en servicio																
Subestación Radiante Chaska																
Movilización de, instalaciones, temporales, actividades preliminares, acceso																
Obras civiles																
Obras electromecánicas																
Pruebas y puesta en servicio																
Conexión Subestación HUB San José																
Movilización de, instalaciones, temporales, actividades preliminares, acceso																
Obras civiles																
Obras electromecánicas																
Pruebas y puesta en servicio																
Línea de Transmisión																
Movilización de, instalaciones, temporales, actividades preliminares, acceso																
Obras civiles																
Obras electromecánicas																
Pruebas y puesta en servicio																

5. INGENIERÍA DEL PROYECTO

5.1. RESUMEN DE LA INGENIERÍA DEL PROYECTO

El equipamiento eléctrico para el presente proyecto en estudio abarca lo siguiente:

- **C.S.F. Radiante Chaska:** formado por 512 módulos conversores de 0.350 MVA cada uno, interconectados mediante una red de 33 kV, totalizando al final 08 circuitos en 33 kV que llegan a la subestación Radiante Chaska.
- **Subestación Radiante Chaska:** con celdas 220 kV independientes para línea y transformador con equipos convencionales al exterior; transformador de potencia de 220±10x1 %/33 kV, YNd5, 95 MVA, ONAN y celdas en 33 kV para uso interior.
- **Línea de Transmisión 220 kV:** en simple terna, un conductor por fase, con una longitud aproximada de 19.97 km.
- **Conexión a la futura S.E. Hub San José 220 kV:** conformada por equipos de patio convencionales de características similares a los ya instalados.

5.2. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LA CENTRAL

La producción de energía de los paneles solares se realizará a 0.8 kV, y será convertida a corriente alterna mediante los inversores. Posteriormente, la energía será transformada a un nivel de 33 kV, para su distribución a las barras principales a través de cables subterráneos. Las características técnicas de los paneles solares y los inversores se muestran en la Tabla 6 y la Tabla 7, respectivamente.

Tabla 6: Características técnicas de los paneles fotovoltaicos

CARACTERÍSTICAS	UNIDAD	VALOR
Fabricante	-	Trina Solar
Cantidad	-	282224
Modelo	-	TSM-635DEG21C.20
Tensión de circuito abierto	Voc/V	44.9
Corriente de cortocircuito	Isc/A	18.21
Tensión a potencia máxima	Vmp/V	36.9
Corriente a potencia máxima	Imp/A	17.29

Tabla 7: Características técnicas de los inversores

CARACTERÍSTICAS	UNIDAD	VALOR
Fabricante	-	Sungrow
Cantidad	-	512
Modelo	-	SG350HX
Estrategia de control	-	Maximum power point tracking (MPPT)
Tensión DC (min MPP)	V	500/550
Max. DC short-circuit current per MPPT	A	60
Potencia aparente AC	kVA	350
Frecuencia nominal	Hz	60
Corriente AC (máx.)	A	254
Power factor at nominal power / Adjustable power factor	-	> 0.99 / 0.8 leading – 0.8 lagging
Distorsión armónica	%	<3

Los transformadores conectados a los inversores en 0.8/0.8/33 kV con una capacidad de 5/5/10 MVA. Las características técnicas de los trasformadores elevadores BT/MT se muestra en la Tabla 8

Tabla 8: Características técnicas - trasformadores BT/MT

CARACTERÍSTICAS	UNIDAD	VALOR
Refrigeración	-	ONAN
Potencia nominal (MT/BT/BT)	MVA	10/5/5
Cantidad	-	24
Frecuencia	Hz	60
Relación de Transformación	kV	33/0.8/0.8
Grupo de conexión	-	D0y5y5
Tensión de cortocircuito	%	7
Cambiador de tomas		±2x 2.5 %,

5.3. SUBESTACIONES

La Subestación de la Central Solar Fotovoltaica Radiante Chaska ha sido proyectada al exterior en 220 kV y al interior en 33 kV. Tendrá una configuración de simple barra en ambos niveles de tensión.

5.3.1. Niveles de tensión

El nivel de tensión lo determina el nivel de tensión del punto de conexión con el SEIN, 220 kV y la tensión de salida de las máquinas instaladas 33 kV.

Tabla 9: Niveles de Tensión en el Proyecto CSF. Radiante Chaska

Descripción	Unidad	S.E Radiante Chaska		S.E Hub San José
		220 kV	33 kV	220 kV
Tensión nominal del sistema	kV	220	33	220
Tensión máxima del sistema	kV	245	36	245
Tensión asignada soportada a la frecuencia industrial	kV	460	70	460
Corriente de cortocircuito	kA	40	25	40
Tensión asignada al impulso tipo rayo	kV	1050	170	1050
Frecuencia asignada	Hz	60	60	60
Puesta a Tierra	-	Neutro sólidamente aterrizado	Delta	Neutro sólidamente aterrizado

5.3.2. Niveles de corriente de cortocircuito

Los niveles de intensidad de cortocircuito de diseño de las instalaciones se resumen en el siguiente cuadro:

Tabla 10: Niveles de Corriente Cortocircuito Proyecto CSF. RADIANTE CHASKA

Subestación/Barra	33 kV	220 kV
S.E. Hub San José	-	40
S.E. Radiante Chaska	25	40

5.3.3. Subestación Radiante Chaska 220/33 kV

El equipamiento eléctrico para la S.E. Radiante Chaska está conforme a las características propias de la instalación, para la correcta operación tanto en condiciones normales como en situaciones de funcionamiento anormal.

La disposición espacial de los equipos se realiza de acuerdo con la reglamentación vigente y a otras consideraciones prácticas con objeto de facilitar las operaciones requeridas durante el montaje y mantenimiento.

La Subestación Radiante Chaska ha sido proyectada al exterior en 220 kV y al interior en 33 kV, tendrá una configuración simple barra en ambos niveles de tensión.

5.3.3.1. Equipamiento Radiante Chaska 220/33 kV

Se contará con las siguientes celdas en 220 kV:

a) **Una (01) celda de línea en 220 kV hacia la futura S.E. Hub San José**, cada una equipada con:
   - Tres (03) descargadores de sobretensión de óxido de zinc con contador de descargas.
   - Tres (03) transformadores de tensión capacitivo con tres núcleos secundarios.
   - Dos (02) trampas de onda en fases R y S.
   - Un (01) seccionador tripolar de línea con cuchilla de puesta a tierra.
   - Tres (03) transformadores de corriente de 4 núcleos secundarios.
   - Un (01) interruptor de accionamiento uni-tripolar, tipo tanque vivo.
   - Un (01) seccionador tripolar de barra.

b) **Dos (02) celdas de transformador en 220 kV**, cada una equipada con:
   - Un (01) transformador trifásico de 02 devanados en 220± 10x1 %/33 kV. YNd1, 95 MVA (ONAN)) con regulación bajo carga.
   - Tres (03) descargadores de sobretensión de óxido de zinc, sin contador de descargas.
   - Tres (03) transformadores de tensión capacitivos, con dos núcleos secundarios.
   - Tres (03) transformadores de corriente de 4 núcleos secundarios.
   - Un (01) interruptor de potencia uni-tripolar, tipo tanque vivo con dispositivo de mando sincronizado
   - Un (01) seccionador tripolar de barra.

c) **Tres (03) transformadores de tensión capacitivos**, con dos (02) núcleos secundarios en barra.

Se contará con las siguientes celdas de media tensión en 33 kV:

a) **Dos (02) celdas de media tensión de transformador en 33 kV**, equipadas con:

- Un (01) seccionador tripolar de barra con cuchilla de puesta a tierra.
- Un (01) interruptor extraíble de accionamiento tripolar.
- Tres (03) transformadores de corriente de 4 núcleos secundarios.
- Tres (03) descargadores de sobretensión de óxido de zinc.

b) **Ocho (08) circuitos en 33 kV**, cada uno compuesto por:

- Un (01) seccionador tripolar de barra con cuchilla de puesta a tierra.
- Un (01) interruptor extraíble de accionamiento tripolar.
- Tres (03) transformadores de corriente de 2 núcleos secundarios.
- Tres (03) descargadores de sobretensión de óxido de zinc.

c) **Una (01) celda de acople de barras en 33 kV**, equipada con:

- Tres (03) transformadores de corriente de 2 núcleos secundarios.
- Un (01) interruptor extraíble de accionamiento tripolar.

d) **Dos (02) celdas de transformador Zig Zag**, cada una compuesta por:

- Un (01) seccionador tripolar de barra con cuchilla de puesta a tierra.
- Un (01) interruptor extraíble de accionamiento tripolar.
- Tres (03) transformadores de corriente de 1 núcleo secundario.
- Tres (03) descargadores de sobretensión de óxido de zinc.
- Un (01) transformador Zigzag en 33 kV.
- Tres (03) transformadores de corriente de 1 núcleo secundario.

e) **Dos (02) celdas de servicios auxiliares**, cada una compuesta por:

- Un (01) seccionador tripolar de barra con cuchilla de puesta a tierra.
- Un (01) interruptor extraíble de accionamiento tripolar.
- Tres (03) transformadores de corriente de 2 núcleos secundarios.
- Tres (03) descargadores de sobretensión de óxido de zinc.
- Un (01) transformador trifásico de 02 devanados en 33/0.38 kV; 150 kVA, tipo seco.

f) **Dos (02) transformadores de tensión inductivos**, de 3 devanados (en barra).

5.3.3.2. Conductor de barras la S.E. Radiante Chaska

Se empleará un (01) conductor flexible por fase del tipo AAC 954 MCM en las conexiones de equipos, barras y templas superiores. Ver cálculo en documento CSFRCH-SUB-MC-005 “Memoria de selección de conductores SE Radiante Chaska”.

5.3.3.3. Servicios auxiliares

Para alimentar los sistemas de protección, control y mando de los equipos de la subestación, se deberá implementar en el edificio de control un gabinete de servicios auxiliares en 380/220 Vca, y un gabinete en 110 Vdc.

Se implementará dos (02) bancos de baterías de igual capacidad (200 A.h) que trabajen uno como respaldo del otro, mejorando la confiabilidad del sistema. Se implementará dos (02) tableros cargadores-rectificadores independientes y redundantes gestionables de manera remota.

Los servicios auxiliares serán alimentados de la barra de 33 kV de la subestación, por medio de un transformador de servicios auxiliares de 150 kVA, 33/0,38-0,22 kV. El transformador de servicios auxiliares, será de montaje al exterior, trifásico, del tipo de inmersión en aceite y refrigeración natural de aire, además deberá estar provisto de tomas de regulación en vacío en el lado de alta tensión.

Como respaldo, se implementará un grupo electrógeno cuya potencia será definida en la ingeniería de detalle en función a las cargas esenciales AC.

5.3.3.4. Protecciones Radiante Chaska 220/33 kV

a) **La protección propia del transformador de Potencia estará compuesta por:**

- Relé Buchholz: alarma y desenganche (63).
- Relé de imagen térmica (49).
- Relé de nivel de aceite (71).
- Termómetros indicadores, con contactos de alarma y disparo (23) (26).
- Sensores y monitores para detectar presencia de humedad, gases.

b) **La protección externa del transformador de Potencia**

De acuerdo al PR-20, los requisitos mínimos de protección de transformadores grandes son los que se muestran en su plano RP-SE-03. Según esto, se ha previsto la instalación de dos relés digitales redundantes con función principal basada en protección diferencial (87T) y distancia (21/21N), con funciones de sobrecorriente de respaldo para cada devanado. Las funciones de protección para cada relé redundante son las siguientes:

- Protección distancia de fases (21).
- Protección distancia de tierra (21N).
- Protección diferencial del transformador (87T).
- Protección de Sobrecorriente Instantánea (50).
- Protección de Sobrecorriente temporizada (51).
- Protección de Sobrecorriente a tierra Instantánea (50N).
- Protección de Sobrecorriente a tierra temporizada (51N).
- Protección direccional de Sobrecorriente de fases (67).
- Protección direccional de sobrecorriente a tierra (67N).
- Protección de Sobretensión (59).
- Protección de subtensión (27).
- Protección térmica (49).
- Protección de corriente de secuencia negativa (46).

- Función de control de bahía.

c) **Para la protección de la línea (hacia la futura S.E. HUB San José 220 kV)**

De acuerdo al PR-20, los requisitos mínimos de protección de líneas de transmisión consideradas cortas con tensión de 220 kV, son los que se muestran en su plano RP-LT-03. Según esto, se ha previsto la instalación de dos relés digitales redundantes con funciones principales basadas en protección diferencial (87L) y protección distancia (21/21N) y con funciones de sobrecorriente de respaldo. Las funciones de protección para cada relé redundante son las siguientes:

- Protección diferencial de línea (87L).
- Protección distancia falla entre fases (21).
- Protección distancia falla entre fases a tierra (21N).
- Protección direccional de sobrecorriente de fases (67).
- Protección direccional de sobrecorriente de tierra (67N).
- Dispositivo de verificación de sincronismo (25).
- Función recierre (79).
- Protección de sobretensión (59).
- Protección de subtensión (27).
- Bloqueo contra la oscilación de potencia (68).
- Protección por fallas del interruptor (50BF).
- Protección de pérdida de paso (78).
- Esquema de teleprotección POTT.
- Esquema de teleprotección 67NCD.
- Esquema de teleprotección DDT.
- Función de control de bahía.

d) **Para la protección de barras**

Contará con una protección diferencial de barras distribuida 220 kV con la capacidad de integrar las celdas del proyecto, el cual incluirá la protección de falla de interruptor (50BF).

5.3.3.5. Sistema de control

El criterio para el diseño del Sistema de Control de Subestaciones, considerando que será una subestación automatizada basada en la norma IEC 61850, teniendo un control local y uno remoto es el de un sistema de control con topología en anillo, unida mediante una red LAN y/o red de campo con protocolo abierto.

- El nivel 0 lo conforman los equipos convencionales del patio de llaves.
- El nivel 1 lo conforman los dispositivos electrónicos controladores inteligentes (IEDs) distribuidos según su función para las celdas de 220 kV y 33 kV ubicados en los gabinetes de control correspondientes instalados en el edificio de control.
- El nivel 2 lo conforma un gabinete de control SAS el cual tendrá un sistema central de supervisión general de la subestación desde el edificio de control de la subestación. Estará conformado por dos (2) unidades centrales controladoras de subestación y dos (2) computadores de interfaz de usuario (IHM), que constituyen el sistema de supervisión y control remoto en tiempo real de la subestación.
- El nivel 3 está constituido por la comunicación entre el centro de control empresarial de la EMPRESA DE GENERACIÓN ELÉCTRICA SOLAR RADIANTE CHASKA y el centro del COES.

Para el intercambio de información con el centro del control del COES se contratará el servicio de un proveedor de comunicaciones vía satélite para la comunicación desde el centro de control empresarial de la EMPRESA DE GENERACIÓN ELÉCTRICA SOLAR RADIANTE CHASKA en la S.E. Radiante Chaska y el centro de control del COES mediante dos vías diferentes (principal y de respaldo).

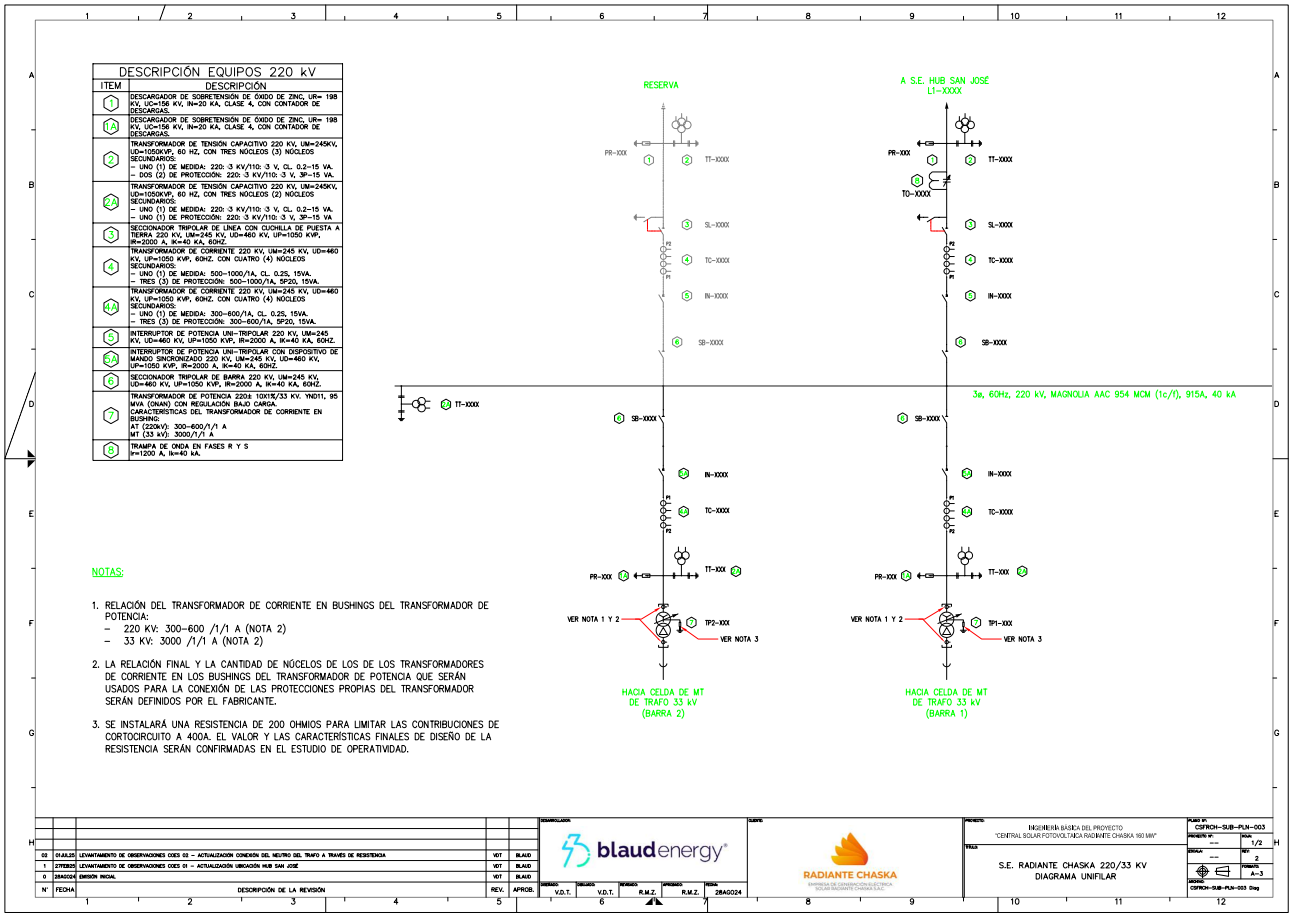

Figura 5: Diagrama uniflar SE Radiante Chaska 220/33 kV

5.3.4. Subestación Hub San José 220 kV

El equipamiento eléctrico y los equipos para implementar la conexión a la futura S.E. Hub San José está conforme a las características propias de cada instalación, para la correcta operación tanto en condiciones normales como en situaciones de funcionamiento anormal.

La disposición espacial de los equipos se realiza de acuerdo con la reglamentación vigente y a otras consideraciones prácticas con objeto de facilitar las operaciones requeridas durante el montaje y mantenimiento.

La futura Subestación Hub San José es parte del Plan de Transmisión. El sistema en 220 kV contará con una configuración de barra doble con seccionador de transferencia. El proyecto CSF Radiante Chaska prevé la instalación de dos celdas de línea en 220 kV.

5.3.4.1. Equipamiento Hub San José 220 kV

a) **La celda de línea 220 kV a SE Radiante Chaska comprenderán el siguiente equipamiento:**

- Tres (03) descargadores de sobretensión de óxido de zinc con contadores de descarga.
- Tres (03) transformadores de tensión capacitivos con 2 núcleos secundarios.
- Dos (02) trampas de onda en fases R y S.
- Un (01) seccionador tripolar de línea, tipo apertura central, con cuchilla de puesta a tierra.
- Tres (03) transformadores de corriente de 4 núcleos.
- Un (01) interruptor de potencia uni-tripolar, tipo tanque vivo.
- Un (01) seccionador tripolar de barra, tipo de apertura central sin cuchilla de puesta a tierra.
- Un (01) seccionador tripolar de barra, tipo pantógrafo.

b) **La subestación contará además con las siguientes celdas en 220 kV:**

- Dos (02) celdas de línea en 220 kV hacia la ampliación de la futura S.E. HUB San José.
- Dos (02) celdas de línea en 220 kV hacia la subestación Nueva Repartición.
- Una (01) celda de línea en 220 kV hacia la S.E. Radiante Chaska.
- Una (01) celda de acoplamiento en 220 kV.

5.3.4.2. Conductores y barras SE. HUB San José

Se empleará un conductor flexible por fase del tipo MAGNOLIA AAC 954 MCM, que será empleado en las conexiones entre equipos y templas de la celda de línea a la SE. Hub San José 220 kV. Ver cálculo en documento CSFRCH-SUB-MC-006 “Memoria de selección de conductores y barras SE. Hub San José”.

Se realizó la verificación del conductor de barras de la SE. Hub San José el cual tendrá una configuración de 2 C/F del tipo Nightshade AAC 2x4327 MCM. Ver cálculo en documento CSFRCH-SUB-MC-006 “Memoria de selección de conductores y barras SE. Hub San José”.

5.3.4.3. Servicios auxiliares

La ampliación de la SE. Hub San José 220 kV cuenta con malla de tierra profunda. Solo se requiere la malla superficial con conductor de cobre 4/0 AWG.

Para la ampliación de la subestación se implementará un tablero de SSAA VAC en la caseta de campo proyectada, el cual energizará a todas las cargas auxiliares en VAC de las instalaciones del proyecto (bahía de línea hacia la SE. Radiante Chaska), este tablero se alimentará desde el panel general de SSAA VAC desde la futura subestación Hub San José. de ser necesario se adicionarán interruptores en los tableros.

El sistema de servicios auxiliares de la SE. Hub San José cuenta con alimentación normal y grupo de emergencia), por lo que para la alimentación se considerará como único suministro al tablero SSAA VAC de las instalaciones proyectadas y no se considerará una alimentación distinta (redundante).

Los SSAA de la futura subestación Hub San José serán diseñadas tanto para las instalaciones existentes como para las futuras. La ingeniería y acuerdos relativos a los SSAA se desarrollarán en una etapa posterior (Ingeniería definitiva del proyecto

5.3.4.4. Protecciones Hub San José 220 kV

Los relés de protección a emplearse serán del tipo digital, multifunción.

a) **Protección de la Línea 220 kV (hacia S.E Radiante Chaska):**

De acuerdo con el PR-20, los requisitos mínimos de protección de líneas de transmisión consideradas cortas con tensión de 220 kV, son los que se muestran en su plano RP-LT-03. Según esto, se ha previsto la instalación de dos relés digitales redundantes con funciones principales basadas en protección diferencial (87L) y protección distancia (21/21N) y con funciones de sobrecorriente de respaldo.

Las funciones de protección para cada relé redundante son las siguientes:

- Protección diferencial de línea (87L).
- Protección distancia falla entre fases (21).
- Protección distancia falla entre fases a tierra (21N).
- Protección direccional de sobrecorriente de fases (67).
- Protección direccional de sobrecorriente de tierra (67N).
- Dispositivo de verificación de sincronismo (25).
- Función recierre (79).
- Protección de sobretensión (59).
- Protección de subtensión (27).
- Bloqueo contra la oscilación de potencia (68).
- Protección por fallas del interruptor (50BF).
- Protección de pérdida de paso (78).
- Esquema de teleprotección POTT.
- Esquema de teleprotección 67NCD.
- Esquema de teleprotección DDT.
- Función de control de bahía.

Para mayor detalle del sistema de protecciones ver plano adjunto “diagrama unifilar de protecciones de la ampliación de la Nueva S.E. Hub San José”.

b) **Protección de barras:**

Se deberá suministrar dos (02) unidades de bahía para integrar cada nueva celda de línea a la protección diferencial de barra proyectada en 220 kV, el cual deberá incluir la protección de falla de interruptor (50BF).

5.3.5. Adecuación Subestación San José 220 kV

La subestación San José es existente de tipo convencional y está conformada de un patio de llaves en el nivel de 220 kV. La configuración de la subestación en el nivel de 220 kV es de doble barra con celda de acoplamiento.

De acuerdo con los resultados obtenidos en:

- El cálculo de verificación de la capacidad de barras (Numeral 9 del Informe de Estudios Eléctricos, cambio de conductor de Barra) debido al ingreso del proyecto CSF. Radiante Chaska, se tendrá que realizar:
  - cambio en la capacidad nominal del equipamiento de la bahía de acople.
  - cambio del conductor de conexión entre equipos de bahía de acople por el conductor BLUEBONNET en la configuración de 3 c/f.

- cambio de conductor de barra por el conductor BLUEBONNET en la configuración de 3 c/f.

- De acuerdo con los resultados obtenidos en el análisis de la corriente de cortocircuito del informe de estudios eléctricos específicamente en el Caso Adicional 1 y Caso Adicional 1 Máxima Generación, debido al ingreso del proyecto CSF. Radiante Chaska se obtienen niveles de corriente de corto circuito de 43.09 kA (Falla bifásica a tierra) por lo que se tendrá que realizar:
  - cambio en la capacidad de cortocircuito del interruptor de potencia de las bahías existentes (acople, autotransformador, líneas, SVC) de la subestación San José 220 kV.

Ante estos resultados obtenidos de la verificación de barra y el análisis de corto circuito, el proyecto CSF. Radiante Chaska prevé realizar como parte del alcance del proyecto las siguientes adecuaciones en la S.E. San José en el nivel de 220 kV:

a) **Cambio de equipamiento en la bahía de acoplamiento en la SE. San José:**
   - Reemplazo de los siguientes equipos existentes:
     - Dos (2) Seccionadores de barras: 245 kV, 3150 A, 44 kA, 1050 kVp.
     - Interruptor de potencia: 245 kV, 3000 A, 40 kA, 1050 kVp.
     - Transformador de corriente: 245 kV, 2000/5 A, C800.

b) **Instalación de los siguientes equipos proyectados:**
   - Dos (2) Seccionadores de barras: 245 kV, 5000 A, 44 kA, 1050kVp.
   - Interruptor de potencia: 245 kV, 5000 A, 63 kA, 1050kVp.
   - Transformador de corriente: 245 kV, 5000/5A, 5P20, 200VA, 1050kVp.

c) Cambio de conductor de conexión entre equipos de la bahía de acople, por el conductor BLUEBONNET 3 x AAC, 3500 kcmil, 5277 A.

d) Cambio de conductor de barra, por conductor BLUEBONNET 3 x AAC, 3500 kcmil 5277 A (Se realizó la verificación de la capacidad del conductor en el numeral 6 de la memoria de cálculo de Conductores y Barras **"CSFRCH-SUB-MC-006 Conductores y Barras"**.

e) Cambio de equipamiento en las celdas de autotransformación (**AUT ATXF-001, AUT ATXF-002**):
   - Reemplazo de los siguientes equipos existentes:
     - Interruptor de potencia tipo tanque muerto: 245 kV, 3000 A, 40 kA, 1050 kVp.

f) **Instalación de los siguientes equipos proyectados:**
   - Interruptor de potencia tipo tanque muerto: 245 kV, 3000 A, 63 kA, 1050 kVp.

g) **Cambio de equipamiento en las celdas de línea (L-2071, L-2072):**
   - Reemplazo de los siguientes equipos existentes:
     - Interruptor de potencia tipo tanque muerto: 245 kV, 3000 A, 40 kA, 1050 kVp.
   - Instalación de los siguientes equipos proyectados:
     - Interruptor de potencia tipo tanque muerto: 245 kV, 3000 A, 63 kA, 1050 kVp.

h) **Cambio del equipamiento en la celda SVC:**
   - Reemplazo de los siguientes equipos existentes:
     - Interruptor de potencia tipo tanque muerto: 245 kV, 3000 A, 40 kA, 1050 kVp.
   - Instalación de los siguientes equipos proyectados:
     - Interruptor de potencia tipo tanque muerto: 245 kV, 3000 A, 63 kA, 1050 kVp.

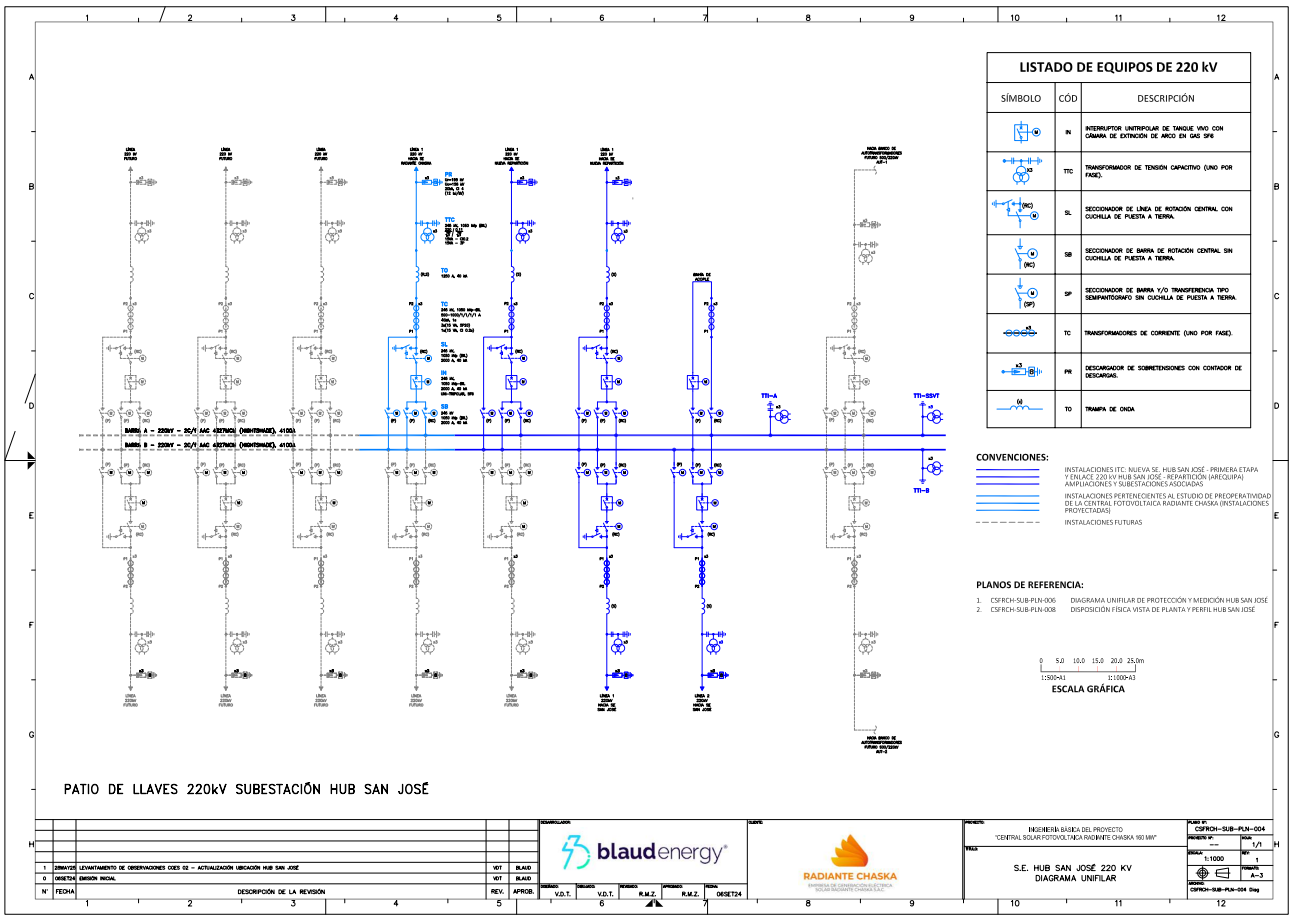

Figura 6: Diagrama unifilar - Ampliación Subestación Hub San José 220 kV

5.3.6. Transformador elevador

Los transformadores serán trifásicos de dos devanados, para servicio exterior, inmersos en aceite, con cambiador de Taps bajo carga en el lado primario, dispondrán de un colector de aceite, el mismo que será canalizado hacia un foso debajo del transformador de potencia. La capacidad del foso será el equivalente al volumen de aceite del transformador y siguiendo las recomendaciones del estándar IEC 61936-1 y IEEE Std 980- 1994 (R2001).

La Tabla 11 muestra las características técnicas de los transformadores de potencia.

5.3.7. Línea de transmisión SE. Radiante Chaska – SE. Hub San José

El trazado de la línea de transmisión (S.E. RADIANTE CHASKA– S.E. HUB SAN JOSÉ) está conformado por siete vértices necesarios para orientar el trazado de la ruta hacia el punto de conexión con el SEIN (S.E. HUB SAN JOSÉ 220 kV).

El trazado de la línea se inicia frente a la subestación Hub San José 220 kV, ubicada en la provincia de Arequipa, departamento Arequipa. Este punto de inicio vendría a ser el Pórtico vértice SE. Radiante Chaska.
partir del Pórtico SE. Radiante Chaska, el eje de la línea recorre un tramo de 19.97 km hasta llegar al Pórtico SE. Hub San José 220 kV, el cual se ubica frente a la nueva subestación denominada S.E. Radiante Chaska 220/33 kV, próximo al pórtico previsto para su ingreso.

Coordenadas de los vértices del trazado preliminar de la línea de transmisión: Los vértices de la línea

Tabla 11: Características técnicas - trasformadores MT/AT

CARACTERÍSTICAS	UNIDAD	VALOR
Tipo de unidad	--	Trifásico
Instalación	--	Exterior
Cantidad	Unid.	2
Numero de devanados	--	2
Refrigeración	--	ONAN
Potencia Nominal	MVA	95
Tensión Nominal (HV/MV)	kV	220/33
Regulación lado AT	--	±10x1%
N° de tomas	--	21
Clase de aislamiento	--	Aceite mineral
Grupo de Conexión	--	YNd11
Tipo de Regulación de Tensión	--	Bajo carga
Tipo de conexión de neutro	--	Aterrizado mediante resistencia
Impedancia de cortocircuito AT-MT (ONAF)	%	12

del Proyecto C.S.F. Radiante Chaska, se presenta en la siguiente tabla en coordenadas UTM WGS-84 huso 19K.

Tabla 12: Trazado Preliminar S.E. HUB SAN JOSÉ – S.E. RADIANTE CHASKA

Ítem	Descripción	Este (m)	Sur (m)
1	PÓRTICO SE.RADIANTE CHASKA 220 kV	186447.60	8159116.83
2	V-1	186491.13	8159151.35
3	V-2	186576.27	8159345.47
4	V-3	193736.84	8158970.30
5	V-4	195016.44	8159137.48
6	V-5	196813.60	8157972.20
7	V-6	199992.30	8156979.92
8	V-7	203775.04	8152711.86
9	PÓRTICO SE. HUB SAN JOSÉ 220 kV	203712.19	8152659.78

5.3.7.1. Nivel de tensión

El nivel de tensión del punto de conexión con el SEIN, que es 220 kV.

Características de la LT SE. RADIANTE CHASKA – SE. HUB SAN JOSÉ

Las características de la línea de transmisión son las siguientes:

- **Tensión** : 220 kV
- **Potencia de Nominal (*)** : 250 MVA por terna
- **Número de ternas** : 1
- **Disposición conductores** : Triangular
- **Frecuencia** : 60 Hz.
- **Longitud promedio** : 19.97 km
- **Conductor Activo** : ACAR 1000 MCM
- **Estructuras** : Torres Autosoportadas
- **Material** : Metálicas, Acero Galvanizado
- **Configuración de la estructura** : Pino
- **Cable de guarda** : OPGW – 108 mm^2, 24 fibras

- **Aisladores** :
  - Cadenas de Susp. : Poliméricos
  - Designación del Aislador : Rótula Bola: Tiro de rotura 120 kN
  - Cadenas de anclaje : Poliméricos
  - Designación del Aislador : Rótula Bola: Tiro de rotura 160 kN
- **Puesta a Tierra** : Varillas de Copperweld 2.4 x 16mm y Contrapesos de conductor acero recubierto con cobre de 70 mm² de sección

5.3.7.2. Tipo de conductor

El conductor para utilizar para la conexión entre la Nueva S.E RADIANTE CHASKA 220/33 kV y la futura SE HUB SAN JOSÉ 220 kV tiene las siguientes características:

- **Sección Total** : 1000 MCM
- **Tipo de conductor** : ACAR
- **Diámetro exterior** : 29,23 mm
- **Peso Unitario del conductor** : 1,397 kg/m
- **Carga ruptura mínima de tracción** : 11 452 kg
- **Módulo de elasticidad final** : 6 350 kg/mm^2
- **Coeficiente de dilatación térmica** : 23×10^{-6} 1/°C
- **Resistencia en CC, a 20°C** : 0,0613 Ohm/km

5.3.7.3. Cable de guarda (OPWG)

Cable de fibra óptica de 24 fibras de 13,40 mm de diámetro que cumple con la capacidad mecánica necesaria y la estabilidad térmica al corto circuito. Las características principales son:

- **Número de fibras** : 24
- **Normas de Fabricación** : ITU-T G. 652
- **Sección Total** : 108 mm^2
- **Diámetro exterior** : 13,70 mm
- **Peso Unitario del conductor** : 0,563 kg/m
- **Carga ruptura mínima de tracción** : 6 850 kg
- **Módulo de elasticidad final** : 12 000 kg/mm^2
- **Coeficiente de dilatación térmica** : $14,16 \times 10^{-6}$ 1/°C
- **Corriente de cortocircuito** : $\geq$ 82 kA^2 seg
- **Número de unidades ópticas** : 2 ó 4
- **Número de fibras por unidad óptica** : 12 ó 6
- **Corriente de cortocircuito** : $\geq$ 82 kA^2 seg

5.3.8. Telecomunicación y control

El proyecto contará con un centro de control centralizado (CC-CGNC) que cumpla con la Norma Técnica para la Coordinación de la Operación en Tiempo Real de los Sistemas Interconectados (NT-COTR). El centro de control de las instalaciones del proyecto (futura subestación Hub San José, subestación Radiante Chaska y de generación solar de la Central Solar Radiante Chaska) se realizará el control desde El Centro de Control empresarial de la EMPRESA DE GENERACIÓN ELÉCTRICA SOLAR RADIANTE CHASKA (CC-CGNC). Este centro se encontrará dentro de un edificio ubicado dentro de la subestación RADIANTE CHASKA, independientemente de la sala de control

de la S.E. RADIANTE CHASKA.

Se contratarán los servicios de un proveedor de comunicaciones vía satélite para la comunicación desde el centro de control empresarial de la EMPRESA DE GENERACIÓN ELÉCTRICA SOLAR RADIANTE CHASKA (CC-CGNC) en la S.E. RADIANTE CHASKA hasta el centro de control del COES, mediante dos vías diferentes. El protocolo de transmisión de datos entre el Centro de Control de la empresa integrante de la RIS y los Centros de Control del COES deberá cumplir con lo especificado en la NTIITR. Asimismo, se considerará el envío de señales de estado de los equipos de patio y mediciones (MW, Mvar, A, kV, etc.) en 220 kV, mediciones de radiación solar y temperatura de las células.

5.3.9. Sistemas de transferencia de datos

El sistema de control de la Central Solar cumplirá con lo señalado en la Norma de Intercambio de Información en Tiempo Real para la operación del SEIN (NTIITR) a fin de contar con un sistema de comunicación que permita enviar en tiempo real al COES la información que señala la NTCOTR. Adicionalmente, se enviará la siguiente información:

- Radiación solar
- Temperatura de las células

5.3.10. Cumplimiento del PR-20

Para el proyecto solar se tiene previsto instalar módulos fotovoltaicos de última generación, adecuados al régimen de radiación solar existente en la zona, incorporando elementos que permitirán garantizar el cumplimiento de todos los requerimientos del PR-20 del COES, en lo referido al control de potencia activa, control de potencia reactiva, control de frecuencia, control de tensión y continuidad de suministro ante contingencias severas (numerales 2, 3, 4, 5 y 6 del capítulo 4 del Anexo 1 “Criterios Mínimos de Diseño de Instalaciones Eléctricas” del PR-20).

6. CONCLUSIONES

6.1. ANÁLISIS DE REQUERIMIENTO DE POTENCIA REACTIVA

- En el análisis de requerimiento de potencia reactiva, se constató que la CSF Radiante Chaska de 160 MW satisface los requisitos establecidos por el procedimiento técnico PR-20 del COES sin la necesidad de instalar un elemento de compensación reactiva (capacitivo/inductivo).
- Se llevó a cabo una evaluación exhaustiva considerando niveles de tensión en la Barra Hub San José 220 kV de 0.95, 1.00, 1.05 pu, verificando que la CSF Radiante Chaska de 160 MW tiene la capacidad para operar en modo de exportación/importación de potencia reactiva. En consecuencia, se concluye que nuestro proyecto ofrece ventajas al proporcionar un eficaz control de potencia reactiva, lo que incide positivamente en el control de la tensión en determinados niveles.
- Los resultados indicados en el análisis de requerimiento de potencia reactiva indica el cumplimiento del numeral 3.1 del capítulo 4 del Anexo 1 del PR-20. Sin embargo, estos resultados serán ratificados en un posterior Estudio de Operatividad.

6.2. ANÁLISIS DE FLUJO DE POTENCIA

Condiciones de Flujo Normal (N)

- El escenario de máxima generación (CMG) por parte de las Centrales de Generación No Convencionales (CGNC) en la zona de influencia mostró limitaciones significativas. Se constató que estas centrales solo pueden generar entre el 10 % y el 80 % de su potencia nominal, dependiendo del bloque de generación y la cantidad de CGNC conectadas. Esto provoca sobrecargas considerables en los elementos de enlace del SEIN. Este escenario fue incluido para demostrar que la infraestructura eléctrica actual no tiene la capacidad adecuada para transmitir eficientemente esta cantidad de potencia generada.
- El escenario de Reducción de Generación (RG) se diseñó para equilibrar la generación de las Centrales de Generación No Convencionales (CGNC) en cada uno de los siete bloques de análisis de manera proporcional. El objetivo fue identificar un modo de operación que mantuviera al menos un elemento limitante con una cargabilidad del 99 %, permitiendo así evaluar el impacto de la entrada en servicio del proyecto 'CSF Radiante Chaska de 160 MW'. El análisis mostró que, tras la incorporación del proyecto, la sobrecarga (incremento del nivel de cargabilidad) en los elementos limitantes es menor a 13.72 %. Sin embargo, los demás elementos evaluados en la Sección 8 presentaron niveles de sobrecarga inferiores. Es importante destacar que, en todos los escenarios analizados, los perfiles de tensión y las cargabilidades de los demás elementos se mantuvieron dentro de los límites establecidos por el PR-20.

Inyección de generación Bloque IV

- Como resultado del análisis de inyección de generación en las subestaciones San José y Hub San José 220 kV, se evidencia que los escenarios operativos propuestos tienen un impacto significativo en la capacidad de evacuación del Bloque IV. En los Casos Base y Adicional 1, la inyección máxima conjunta se mantiene en 1 GW de potencia activa, limitada la línea L-5032_B y el transformador TR-1 Nueva Repartición. Esto indica que, bajo configuraciones convencionales de operación, la infraestructura actual impone restricciones técnicas que condicionan el despacho completo de generación renovable en la zona.

- Por otro lado, los escenarios del Caso Adicional 2 y el Caso SMCV permiten una mayor inyección de generación, alcanzando hasta 1.52 GW y 1.53 GW respectivamente. Esto resalta la importancia de la configuración topológica de la red en la habilitación de mayor capacidad de inyección. Sin embargo, se identifican nuevos elementos limitantes como los transformadores TR3 San José 1 y 2, así como las líneas L-5032_B y L-2074, lo que sugiere la necesidad de evaluar medidas complementarias de refuerzo o redespacho para garantizar la operación eficiente y segura del sistema ante la incorporación de nuevos proyectos de generación.

Condiciones de Flujo en Contingencia (N-1)

- En la condición operativa de contingencias (N-1), se han identificado elementos sobrecargados que exceden el límite establecido. Sin embargo, también se han registrado sobrecargas ya existentes en el escenario 'Sin Proyecto'. Se ha planteado el esquema de reducción automática de generación (ERAG) el cual se incorporará al esquema propuesto por el EO San Martin en la SE. San José, de tal forma que para aliviar las sobrecargas ocasionadas por la inclusión del proyecto 'CSF Radiante Chaska de 160 MW'.
- Se sugiere realizar una evaluación para aumentar la capacidad de transmisión de los siguientes equipos TR3 SanJose1, TR3 SanJose2, TR-1 Nueva Reparticion, TR 220/23.6 kV, Lne220-Mayorazgo-Derivacion, Lne220-Ica-Mayorazgo_T2, L-5032_B, L-5034, L-5036, L-5036a,b, L-2025, L-2026, L-1029 y L-2074, ya que se han identificado como elementos condicionantes ante un posible incremento en la generación por parte de las Centrales de Generación No Convencionales (CGNC), tanto en condiciones normales (N) como en contingencia (N-1). Estos elementos destacaron por experimentar las mayores sobrecargas durante el estudio, lo que resalta la necesidad de fortalecer su capacidad de transmisión.

Esquema de Reducción de Generación (ERAG)

- El análisis realizado confirma que el proyecto CSF Radiante Chaska, con una capacidad instalada de 160 MW, presenta una influencia mínima sobre las líneas evaluadas en el esquema de reducción de generación de Marcona, tanto en condiciones normales como de contingencia (N-1). Si bien se registran incrementos moderados de sobrecarga en ciertas líneas durante la condición N-1, estos se mantienen por debajo de los valores máximos previamente identificados. En consecuencia, se concluye que el proyecto no formará parte del esquema ERAG de Marcona.
- Por otro lado, considerando que el Estudio de Operatividad de la zona San José prevé la implementación de un nuevo esquema ERAG, el proyecto se compromete a incorporar el equipamiento necesario para su integración. En caso de que dicho esquema aún no se encuentre operativo al momento de la conexión, el CSF Radiante Chaska deberá adaptarse al esquema vigente en esa fecha o, de ser necesario, implementar un esquema propio conforme a los lineamientos técnicos del COES. Esta estrategia garantiza la operación coordinada y segura del sistema, en cumplimiento con la normativa aplicable.

Generales

- Se verifica que la integración y puesta en servicio del proyecto 'CSF Radiante Chaska de 160 MW' al Sistema Eléctrico Interconectado Nacional (SEIN) es técnicamente viable desde el punto de vista del estudio de flujo de carga, dado que se han cumplido satisfactoriamente las exigencias y requisitos establecidos por el PR-20.

6.3. VERIFICACIÓN DE LA CAPACIDAD DE BARRA

- Del análisis de la capacidad de barra se concluye que, en estado estacionario, la corriente máxima representa el 67.3 % de la capacidad nominal del conductor (5.277 kA), mientras que bajo condiciones de cortocircuito, el valor más alto registrado —ante falla bifásica a tierra— alcanza el 94.68 % de la capacidad térmica de corto plazo (40 kA). Por lo tanto, se concluye que el ingreso del proyecto Radiante Chaska (160 MW) no compromete la capacidad de conducción ni la capacidad de ruptura de las barras en las subestaciones San José y Hub San José 220 kV.
- Como parte de las medidas de adecuación, se ha considerado el reemplazo de los conductores de conexión entre equipos de la bahía de acople y los conductores de barra por conductores tipo BLUEBONNET 3×AAC, de 3500 kcmil y capacidad de 5277 A. Estas modificaciones, descritas en el Numeral 6 del documento *CSFRCH-SUB-MD-01 Memoria Descriptiva SETs Rev2.pdf*, cumplen con los requerimientos establecidos en el procedimiento PR-20 y garantizan un diseño adecuado ante las condiciones operativas y de falla evaluadas.

6.4. ANÁLISIS DE CORTOCIRCUITO

Cortocircuito normal

- En el análisis de cortocircuito normal, el mayor nivel de cortocircuito registrado en la subestación Hub San José 220 kV, correspondiente al Caso Adicional 1, es de 32.12 kA, producto de una falla bifásica a tierra. Con base en estos resultados, se concluye que la barra de la subestación Hub San José 220 kV no está comprometida por corrientes de cortocircuito que excedan su capacidad nominal ni la capacidad de ruptura de los equipos de la subestación.

Cortocircuito máxima generación

- En el análisis de cortocircuito para el escenario de máxima generación, el nivel más alto registrado en la subestación Hub San José 220 kV, correspondiente al Caso Adicional 1 con el proyecto en operación, es de 33.66 kA, valor que se encuentra por debajo del límite de 40 kA. Esto indica que el impacto del proyecto en la capacidad nominal y de ruptura de la subestación es mínimo.

Respecto a la S.E. San José 220 kV

- En el análisis de cortocircuito para el escenario de máxima generación, se identificó que el nivel más alto registrado en la S.E. Hub San José 220 kV correspondiente al Caso Adicional 1, con el proyecto en operación alcanza los 43.09 kA ante una falla bifásica a tierra, superando así la capacidad de diseño de 40 kA. En respuesta, el proyecto contempla las adecuaciones necesarias, las cuales se detallan en el Numeral 6 del documento *CSFRCH-SUB-MD-01 Memoria Descriptiva SETs Rev2.pdf*.

Respecto a Barras MT SMCV

- Del análisis de cortocircuito en condiciones normales y de máxima generación, se concluye que las barras de media tensión de las instalaciones de la minera Cerro Verde (SMCV), específicamente **San Luis 34.5 kV**, **San Carlos 34.5 kV** y **Sulfuros 22.9 kV**, presentan transgresiones a su capacidad de ruptura desde el escenario sin proyecto, con corrientes trifásicas que superan entre **102 % y 132 %** de sus capacidades nominales. Esta condición evidencia que los niveles de cortocircuito ya están presentes en la red interna de SMCV antes del ingreso del proyecto, por lo tanto, **no son consecuencia directa de su incorporación**.

- Por el contrario, se observa que la entrada del proyecto **mejora levemente las condiciones de nivel de cortocircuito**, con reducciones del orden de hasta **0.25 %**. En tal sentido, el presente análisis se considera de carácter informativo, confirmando que el proyecto **no representa un factor agravante ni una afectación adicional** sobre la infraestructura de SMCV. Por tanto, desde el punto de vista del comportamiento ante cortocircuitos, el ingreso del proyecto puede considerarse **técnicamente viable**.

Corriente de retorno por tierra 3xI0

- En cuanto al análisis de la corriente 3xI0, se observa que, dentro del horizonte de evaluación para el Caso Adicional 1, esta supera la capacidad de diseño de la malla de puesta a tierra de la SE San José y de la futura SE Hub San José 220 kV, incluso desde el escenario sin proyecto. Tras el ingreso del proyecto, se registra un incremento mínimo en dicha corriente; sin embargo, este aumento también obedece a la presencia de múltiples proyectos conectados en las subestaciones mencionadas. Por lo tanto, la puesta en servicio de la CSF Radiante Chaska (160 MW) no es la única responsable del incremento de la corriente homopolar en las subestaciones analizadas. No obstante, el Promotor evaluará la necesidad de repotenciar las mallas de puesta a tierra, en caso de que dicha deficiencia sea confirmada en un Estudio de Operatividad posterior.
- Para mitigar el incremento de la corriente homopolar 3xI0 generado por la entrada en operación del proyecto, se propone la instalación de resistencias de puesta a tierra de 200 ohm en los neutros de los dos transformadores de potencia de la SE Radiante Chaska. Esta medida permitirá limitar las contribuciones de cortocircuito a 0.4 kA, reduciendo eficazmente el aporte de corriente homopolar 3xI0 ante fallas bifásicas a tierra, este análisis será verificado en un eventual Estudio de Operatividad.

Generales

- Con lo anterior se asegura que la puesta en marcha del Proyecto Central Solar Fotovoltaica CSF Radiante Chaska de 160 MW, analizado en este estudio, cuenta con un margen adecuado en relación con las corrientes de cortocircuito obtenidas con respecto a su capacidad de interrupción. Esto se debe a que, según los requisitos establecidos por el COES para las instalaciones del sistema de transmisión a 220 kV y 500 kV, la capacidad mínima de interrupción debe ser de 40 kA. Se sugiere utilizar los niveles de cortocircuito obtenidos en este estudio para propósitos de comparación y diseño tanto por parte del COES como por parte de los interesados.

6.5. ANÁLISIS DE ESTABILIDAD

Estabilidad Transitoria

- Los resultados de las pruebas ante fallas monofásicas, tanto al 1 % como al 99 %, muestran que no se producen interrupciones en el suministro eléctrico gracias al exitoso recierre de los enlaces de transmisión cercanos al proyecto. Se observa una pronta recuperación de las principales variables operativas al término de la falla, lo que permite que el sistema se estabilice dentro de los márgenes permisibles y asegure la continuidad operativa del área de análisis. Cabe destacar que los problemas observados no pueden atribuirse al proyecto en su ausencia.
- En ambos escenarios de falla trifásica, tanto al 1 % como al 99 %, con la apertura definitiva de los interruptores en líneas de transmisión cercanas al proyecto, se verifica la ausencia de inconvenientes en el suministro eléctrico. Se destaca una rápida recuperación de las variables operativas clave al término de la falla, lo que facilita la adopción de un nuevo punto de operación dentro de los márgenes permisibles, garantizando así la continuidad operativa del área de análisis.

Estabilidad de frecuencia

- La desconexión repentina de unidades de generación 'CH Chaglla G2' + 'Sam G7' (308.8 MW), genera una caída significativa de la frecuencia del sistema, activando la primera etapa del ERACMF tanto en el escenario con proyecto como sin proyecto, lo que evidencia una condición de riesgo estructural del SEIN frente a eventos de pérdida de generación. Por otro lado, en ningún escenario analizado se alcanzó un valor inferior al límite mínimo de 58 Hz establecido para el comportamiento transitorio.
- Aunque la incorporación del CSF Radiante Chaska no atenúa directamente la magnitud de la caída de frecuencia ante eventos críticos, tampoco agrava la condición existente. Esto indica que las vulnerabilidades ya están presentes en la configuración actual del sistema. No obstante, el proyecto plantea futuras medidas de soporte inercial mediante tecnologías como inversores grid forming o sistemas BESS, lo que permitirá, conforme a la normativa vigente, reforzar la estabilidad dinámica del sistema en coordinación con los lineamientos del procedimiento PR-20, ello será verificado en un eventual Estudio de Operatividad.
- En el análisis de estabilidad de frecuencia considerando la verificación del ERAG para el Caso Adicional 2 evidencia que la falla del autotransformador en la SE San José 2 genera una condición operativa crítica, debido a la sobrecarga inmediata en el transformador SE San José 1. La activación oportuna del ERAG, con una desconexión proporcional de hasta 670 MW del Bloque IV, resulta fundamental para reducir la cargabilidad dentro de límites permisibles y evitar daños en los equipos de transformación. Sin embargo, esta medida implica una pérdida significativa de generación, activando la segunda etapa del ERACMF. Por tanto, este caso destaca la necesidad de una actuación rápida, coordinada y confiable de los esquemas de protección y mitigación, así como una planificación más robusta frente a contingencias en nodos críticos del sistema eléctrico.
- En el análisis de estabilidad de frecuencia considerando la verificación del ERAG para el caso SMCV demuestra que el esquema ERAG es eficaz para mitigar contingencias asociadas a sobrecargas en la línea L-2074. La desconexión del 25 % de la generación del Bloque IV permitió mantener la frecuencia del sistema dentro de márgenes aceptables, sin activar ninguna de las etapas del ERACMF. Esto valida la capacidad del ERAG para responder de manera oportuna y controlada ante eventos moderados de congestión, garantizando la seguridad operativa del sistema sin comprometer su estabilidad dinámica.

Soporte ante huecos de tensión

- En el análisis de los huecos de tensión, se confirma que la tensión se restablece dentro de los límites establecidos por las normativas vigentes, y no se detecta la desconexión de la central en ningún momento durante la falla. Además, se constata que la CSF Radiante Chaska permanece operativa ante la presencia de huecos de tensión causados por cortocircuitos trifásicos, bifásicos a tierra y monofásicos en la S.E. Hub San Jose 220 kV. Durante estas fallas, la Central Solar es capaz de inyectar potencia reactiva hacia el punto de conexión, y mientras persisten, la CSF Radiante Chaska no consume potencia reactiva, cumpliendo así con los requisitos del procedimiento PR-20.

Verificación de inercia

- El análisis de verificación de inercia, considerando los escenarios con y sin proyecto en los casos Base y Adicional 1 para el año 2030, y determinando la inercia equivalente, muestra que la incorporación de la CSF Radiante Chaska al SEIN no genera un impacto significativo en la inercia del sistema. Los valores porcentuales de decremento de inercia observados son mínimos, por lo que no se evidencia un cambio considerable en el comportamiento global del SEIN.

Tiempo crítico de despeje de falla

- El análisis del tiempo crítico de despeje de falla revela que, para todos los eventos de falla considerados, el sistema es capaz de recuperar un estado operativo estable, donde los ángulos de los generadores se estabilizan sin perder el sincronismo. Esto indica que el sistema funcionará de manera satisfactoria ante los fallos analizados. Además, los resultados evidencian que los tiempos críticos máximos de despeje de falla trifásica en la subestación cumplen con los indicadores de desempeño establecidos por el COES, ya que en todos los casos superan el tiempo máximo de despeje de 100 ms requeridos para la operación de las protecciones principales.

Generales

- Dado que el proyecto CSF Radiante Chaska prevé su conexión al SEIN en el año 2030, resulta obligatorio el cumplimiento del requerimiento de capacidad de aporte de inercia según el PR-20. En ese sentido, se concluye que el proyecto contempla adecuadamente la incorporación de tecnologías como BESS, inversores grid forming o volantes de inercia, alineándose con las disposiciones normativas vigentes. Los detalles técnicos serán evaluados y definidos en el Estudio de Operatividad, asegurando la conformidad con los parámetros establecidos por OSINERGMIN y el COES.
- El análisis preliminar demuestra que la variabilidad rápida de irradiancia causada por el paso de nubes representa un desafío operativo relevante para plantas solares de gran escala. En respuesta, el proyecto ha previsto medidas de mitigación como control de rampa de salida, predicción de irradiancia y/o uso potencial de inversores grid forming, las cuales contribuirán a minimizar el impacto de dicha intermitencia sobre la estabilidad de tensión y frecuencia del sistema. Estas estrategias serán validadas en detalle en el Estudio de Operatividad específico de la Central Fotovoltaica Radiante Chaska.
- Los resultados presentados en este estudio confirman la viabilidad técnica del ingreso al SEIN de las instalaciones del proyecto CSF Radiante Chaska, con una capacidad de 160 MW, en términos de estabilidad transitoria y estabilidad de frecuencia. Se han cumplido satisfactoriamente con los indicadores de desempeño exigidos por el procedimiento PR-20.

6.6. ANÁLISIS DE ARMÓNICOS

- En el análisis de representación indirecta de espectros de armónicos en el punto de conexión (S.E. Hub San José 220 kV), se evidencia que la distorsión armónica de tensión se encuentra por encima de los límites establecidos por la NTCSE, tras realizar un análisis de flujo armónico balanceado, incluso con la inclusión del proyecto.
- Para el caso de generación al 50 % El valor del tercer armónico sin el proyecto es de 1.565 %, lo cual se encuentra por encima del límite. Tras la incorporación del proyecto, se observa un leve incremento de 0.004 %, elevando la distorsión a 1.569 %. Además, se confirma que el THDv total no excede el 3 % estipulado por la NTCSE, lo que indica que el sistema continúa cumpliendo con los estándares normativos.
- Para el caso de generación al 100 % El valor del tercer armónico sin el proyecto es de 1.565 %, lo cual se encuentra por encima del límite. Tras la incorporación del proyecto, se observa un leve incremento de 0.001 %, elevando la distorsión a 1.566 %. Además, se confirma que el THDv total no excede el 3 % estipulado por la NTCSE, lo que indica que el sistema continúa cumpliendo con los estándares normativos.
- Se verifica que la puesta en servicio del proyecto “CSF Radiante Chaska de 160 MW” al SEIN es técnicamente viable desde el punto de vista del estudio de flujo de carga armónica, pues las distorsiones armónicas individuales de tensión superan mínimamente las tolerancias establecidas por la NTCSE.
- Los resultados obtenidos en el estudio de armónicos serán verificados en un posterior Estudio de Operatividad. En caso de identificarse algún incumplimiento de la normativa establecida en el procedimiento PR-20, se procederá dimensionar los equipos necesarios para mitigar las desviaciones detectadas en los órdenes armónicos afectados, garantizando el cumplimiento de los estándares requeridos.

6.7. VERIFICACIÓN DE TENSIONES DE RESTABLECIMIENTO (TRV)

- Las tensiones transitorias de recuperación (TRV) de los interruptores de 220 kV cumplen con las especificaciones de los cuatro parámetros establecidos en la norma IEC 62271-100, tanto para fallas terminales como kilométricas.
- Los resultados presentados en este estudio están sujetos a las características definitivas de los inversores y las protecciones rápidas asociadas. Estas características serán verificadas durante la etapa del Estudio de Operatividad.

7. DIAGRAMA UNIFILAR

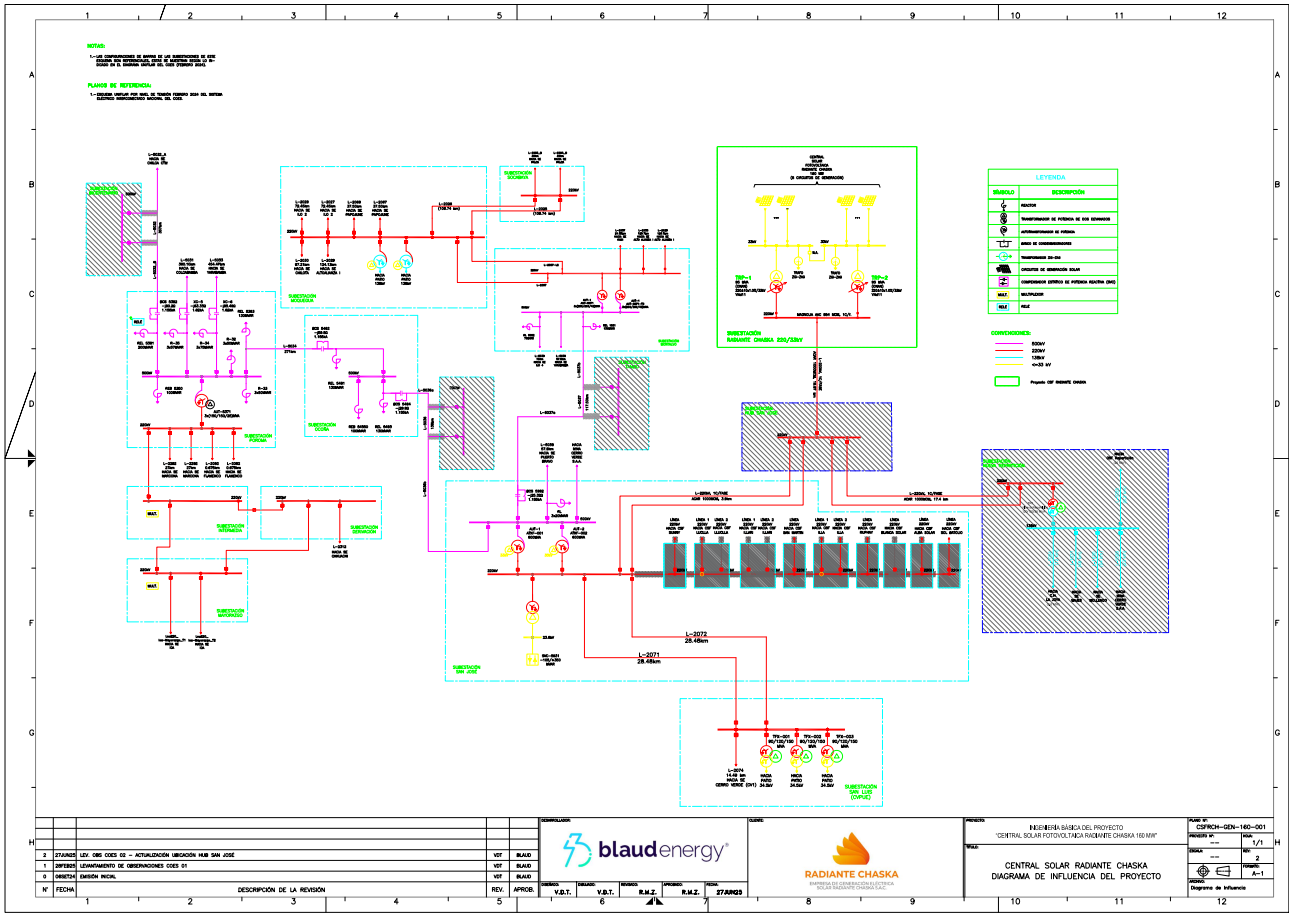

Figura 7: Diagrama uniflar CSF Radiante Chaska

8. ANEXOS

Anexo Nº1 - Lista de Equipamiento EPO RADIANTE CHASKA

Anexo Nº2 - Diagrama de Influencia RCH Rev2.dwg