Estudio de Operatividad

“Central Solar Expansión Intipampa 51.7 MW”

IT01: Resumen Ejecutivo (RE)

2	14/08/2025	Revisión	EEGALOC	EEGALOC	EEGALOC
1	28/04/2025	Revisión	EEGALOC	EEGALOC	EEGALOC
Vers.	**Fecha**	**Emitido Para**	**Por**	**Revisado**	**Aprobado**
Cliente					

Estudio de Operatividad

"Central Solar Expansión Intipampa 51.7 MW"

IT01: Resumen Ejecutivo (RE)

Contenido

1. GENERALIDADES 5
1.1. ANTECEDENTES 5
1.2. OBJETIVO 5
1.3. UBICACIÓN DEL PROYECTO 6
1.4. CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS GENERALES 8
1.4.1. Niveles de Tensión 8
1.4.2. Niveles de Aislamiento 9
1.4.3. Capacidad de Cortocircuito 9
1.5. PUESTA EN SERVICIO 10
2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO 10
2.1. CONFIGURACIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO 10
2.2. PUNTO DE CONEXIÓN 10
2.3. DESCRIPCIÓN DE LAS INSTALACIONES 11
2.3.1. Subestación 11
2.3.2. Transformador de potencia 12
2.3.3. Cables de media tensión (33 kV) 12
2.3.4. Sistema de Puesta a Tierra 13
2.3.5. Paneles Fotovoltaicos 13
2.3.6. Centro de Transformación 14
2.3.7. Sistemas de protección 15
2.3.8. Sistema de comunicación 17
2.3.9. Sistemas de Control del Inversor en Alterna 18
2.3.9.1. Control potencia activa 18

2.3.9.2. Control potencia reactiva *19*
2.3.9.3. Seguimiento del punto de máxima potencia *19*
2.3.9.4. Control de Tensión y Frecuencia *20*
2.3.9.5. Continuidad de Suministro ante Contingencias Severas *20*
2.3.9.6. Inyección de corriente durante el hueco de tensión *21*
2.3.9.7. Consumos de Potencia / Energía Activa y Reactiva durante huecos de tensión *21*
2.3.9.8. Calidad de la Tensión *21*
2.3.9.9. Sistemas de Protección *22*
2.3.9.10. Sistemas de Comunicación y Control Externo *22*
2.3.9.11. Sistema de predicción de la potencia *22*
2.3.9.12. Sincronismo con la red *22*
2.3.9.13. Reconocimiento de red aislada *23*
2.3.9.14. Fallo de aislamiento de conexión a tierra *23*
2.3.9.15. Power Plant Controller (PPC) *24*

3. CONCLUSIONES DEL ESTUDIO ELÉCTRICO **25**

3.1. ESTUDIO DE ESTADO ESTACIONARIO **25**
3.2. ESTUDIO DE CORTOCIRCUITO **31**
3.3. ESTUDIO DE TRANSITORIOS ELECTROMAGNÉTICOS **33**
3.4. ESTUDIO DE COORDINACIÓN DE PROTECCIONES **34**
3.5. ESTUDIO DE ARMÓNICOS **34**
3.6. ESTUDIO DE ESTABILIDAD TRANSITORIA **36**

4. UNIFILAR DEL PROYECTO **39**

Contenido de Figuras

Figura 1. Ubicación geográfica del Proyecto C.S. Expansión Intipampa 6
Figura 2. Diagrama unifilar del Proyecto de la Central Solar Expansión Intipampa 11
Figura 3. Datos técnicos de los Paneles Solares (para el proyecto) 14
Figura 4. Capacidad de los transformadores (SG88000, SG6600 y SG3300) a la máxima temperatura ambiente (28°C) 15
Figura 5. Interacción del Power Plant Controller (PLC) de cada proyecto. 24

Contenido de Tablas

Tabla 1. Coordenadas área del Proyecto 6
Tabla 2. Niveles de Tensión..... 8
Tabla 3. Niveles de Aislamiento de Subestación Intipampa 138 kV 9
Tabla 4. Niveles de Aislamiento de la Expansión Intipampa 9
Tabla 5. Corrientes de cortocircuito 9
Tabla 6. Características de los cables de media tensión (33 kV) 13

Estudio de Operatividad

“Central Solar Expansión Intipampa 51.7 MW”

IT01: Resumen Ejecutivo (RE)

1. Generalidades

1.1. Antecedentes

La empresa ENGIE ENERGÍA PERÚ S.A. (en adelante, “ENGIE”) está desarrollando el proyecto de la Central Solar Expansión Intipampa, que se ubica en el distrito de Moquegua, provincia de Mariscal Nieto, departamento de Moquegua, Perú.

Mediante carta COES/D/DP-012-2025, con fecha 6 de enero de 2025, el COES emite el alcance para el desarrollo del Estudio de Operatividad para la conexión al SEIN del proyecto **“Central Solar Fotovoltaica Expansión Intipampa de 51.7 MW”**.

Los estudios eléctricos que forma parte del Estudio de Operatividad se desarrollan en los periodos hidrológicos de Avenida y Estiaje 2026 debido a que el Proyecto tiene previsto su puesta en operación comercial en el mes de enero del año 2026.

La ***Empresa ENGIE ENERGÍA PERÚ S.A.*** ha contratado a la empresa ***EEGALOC EIRL*** para el desarrollo del estudio de Operatividad.

1.2. Objetivo

Presentar la descripción técnica y conclusiones de los estudios eléctricos del **Estudio de Operatividad** que forma parte del proyecto de “Central Solar Expansión Intipampa 51.7 MW”.

1.3.Ubicación del Proyecto

El Proyecto está ubicado en el distrito de Moquegua, provincia de Mariscal Nieto, departamento de Moquegua, Perú, a una altitud aproximada de 2100 metros sobre el nivel del mar.

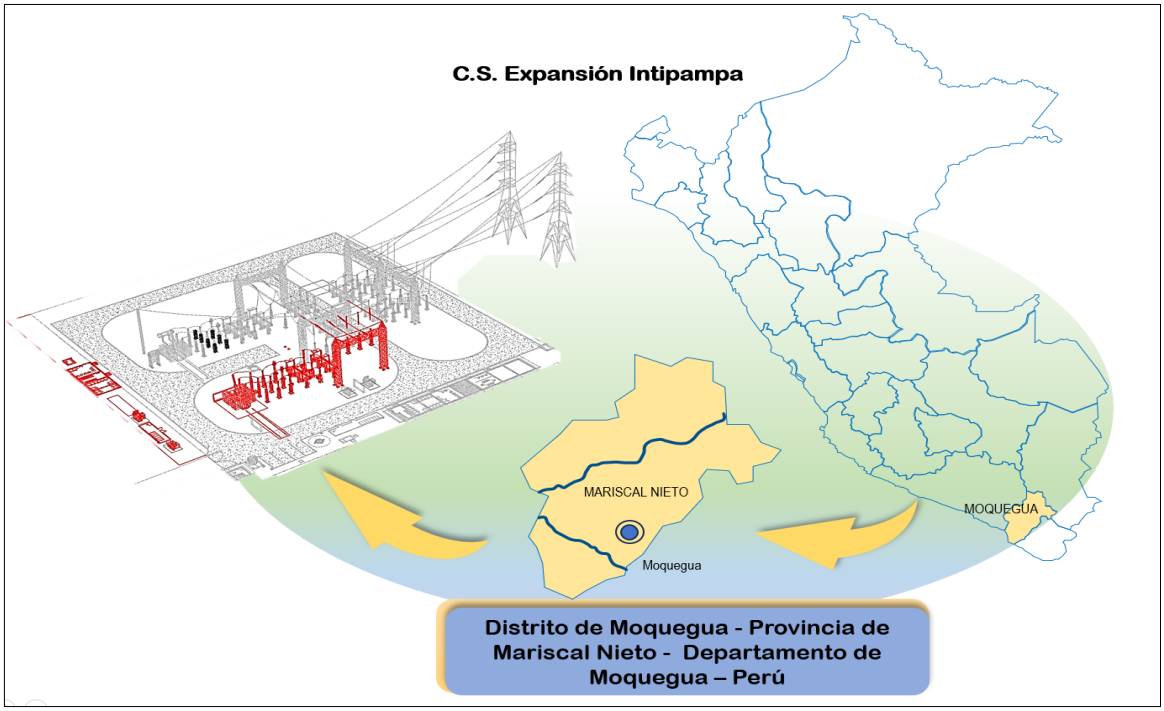


Figura 1. Ubicación geográfica del Proyecto C.S. Expansión Intipampa

El área de ubicación del proyecto queda definida por los vértices que se muestran en la siguiente Tabla, con coordenadas UTM.

Tabla 1. Coordenadas área del Proyecto

Vértice	UTM WGS 84 coordenadas Zona 19 Sur		Vértice	UTM WGS 84 coordenadas Zona 19 Sur	
	Este	Norte		Este	Norte
1	299956.60	8093504.58	42	301693.84	8093552.29
2	300604.07	8093919.69	43	301675.09	8093514.62
3	300694.99	8093982.64	44	301641.18	8093476.60
4	300850.58	8094042.65	45	301583.63	8093476.84

Vértice	UTM WGS 84 coordenadas Zona 19 Sur		Vértice	UTM WGS 84 coordenadas Zona 19 Sur	
	Este	Norte		Este	Norte
5	301315.40	8094196.00	46	301583.63	8093456.84
6	302572.88	8094786.42	47	301621.58	8093456.71
7	303121.11	8094955.36	48	301602.71	8093413.49
8	303258.71	8094725.96	49	301609.25	8093325.21
9	303129.36	8094231.00	50	301562.84	8093325.21
10	303316.03	8094231.00	51	301571.28	8093272.62
11	303199.17	8093545.79	52	3013640.47	8093272.62
12	302968.68	8093505.81	53	301364.47	8093458.35
13	302979.96	8093471.73	54	301483.63	8093457.26
14	302679.23	8093472.99	55	301483.63	8093477.53
15	302679.23	8093452.99	56	301365.04	8093478.35
16	302986.60	8093451.70	57	301365.11	8093506.47
17	303017.14	8093359.47	58	301083.91	8093504.49
18	302905.55	8093147.19	59	300971.78	8093504.18
19	302273.38	8093198.23	60	301002.09	8093553.78
20	302273.22	8093454.55	61	301060.41	8093583.92
21	302579.23	8093453.41	62	301098.60	8093634.37
22	302579.23	8093473.41	63	301143.97	8093707.45
23	3022273.47	8093474.55	64	301126.98	8093718.00
24	302288.58	8093521.50	65	301082.10	8093645.70
25	302322.69	8093547.24	66	301047.20	8093504.11
26	302434.19	8093742.85	67	300987.94	8093568.98
27	302434.82	8093814.62	68	300948.31	8093504.11
28	302416.90	8093823.50	69	300671.08	8093503.34
29	302406.52	8093800.33	70	300670.50	8093484.82
30	302414.83	8093749.77	71	300608.18	8093485.31
31	302317.75	8093607.17	72	300608.18	8093465.09
32	302304.46	8093564.22	73	300669.87	8093167.25
33	302275.24	8093540.33	74	300660.50	8093167.25
34	302258.20	8093505.35	75	300584.19	8093120.06
35	301840.38	8093505.11	76	300534.07	8093055.06
36	301850.15	8093475.76	77	300386.01	8093065.44
37	301669.66	8093476.49	78	300443.02	8093465.81
38	301692.29	8093503.70	79	300508.18	8093465.31
39	301710.27	8093539.88	80	300508.18	8093465.53
40	301752.28	8093573.04	81	300445.86	8093485.80
41	301740.46	8093589.56	82	300445.86	8093504.07

Área N°2		
VÉRTICE	**ESTE**	**NORTE**
83	300558.03	8093053.38
84	300597.81	8093104.96
85	300659.74	8093143.27
86	300656.69	8093046.46

Área N°3		
VÉRTICE	**ESTE**	**NORTE**
87	301594.98	8093270.05
88	301592.13	8093307.03
89	301635.97	8093327.17
90	301622.85	8093410.83
91	301649.55	8093456.60
92	301856.82	8093455.74
93	301930.80	8093233.67

1.4. Características eléctricas generales

1.4.1. Niveles de Tensión

Los niveles de tensión se han adoptado en base al sistema eléctrico existente y en base a los requerimientos de potencia del proyecto en los diferentes sectores que conforman el mismo. Los niveles de tensión a ser utilizados tomando en cuenta las recomendaciones del Código Nacional de Electricidad (CNE) del Perú se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 2. Niveles de Tensión

DESCRIPCIÓN	UND	EXPANSIÓN INTIPAMPA
Alta Tensión	**kV**	138
Media Tensión	**kV**	33
Servicios auxiliares CA	**Vca**	400/230
Servicios auxiliares CC	**Vcc**	125

1.4.2. Niveles de Aislamiento

En la selección del nivel de aislamiento externo de los equipos a ser instalados en la subestación se deberá tomar en consideración la altura sobre el nivel del mar a la cual se encuentra ubicada la subestación. Para el caso del aislamiento interno este factor no es necesario tomarlo en consideración.

Por lo descrito anteriormente, en tablas siguientes se muestran los valores de las tensiones representativas para la subestación Intipampa 138 kV y para las instalaciones del Proyecto.

Tabla 3. Niveles de Aislamiento de Subestación Intipampa 138 kV

TENSIÓN NOMINAL [kV]	TENSIÓN MÁXIMA DEL EQUIPO [kV]	TENSIÓN SOPORTADA A LA FRECUENCIA INDUSTRIAL [kV]	TENSIÓN SOPORTADA A IMPULSO TIPO MANIOBRA [kV]	TENSIÓN SOPORTADA AL IMPULSO TIPO ATMOSFÉRICO (BIL) [kV]
138	**170**	325	550	750

Tabla 4. Niveles de Aislamiento de la Expansión Intipampa

TENSIÓN NOMINAL [kV]	TENSIÓN MÁXIMA DEL EQUIPO [kV]	TENSIÓN SOPORTADA A LA FRECUENCIA INDUSTRIAL [kV]	TENSIÓN SOPORTADA A IMPULSO TIPO MANIOBRA [kV]	TENSIÓN SOPORTADA AL IMPULSO TIPO ATMOSFÉRICO (BIL) [kV]
138	**170**	325	550	750
33	**36**	70	-	170

1.4.3. Capacidad de Cortocircuito

Las corrientes de cortocircuitos máximas determinadas en los Estudios Eléctricos se resumen en la siguiente tabla. En concordancia con estos valores y los requerimientos establecidos en el Procedimiento PR-20 del COES, queda establecido que los equipos e instalaciones de la Expansión Intipampa deberán tener una capacidad mayor a los niveles de cortocircuito registrado.

Tabla 5. Corrientes de cortocircuito

BARRA	TENSIÓN NOMINAL [kV]	FASE (Icc) [kA]	TIERRA (3I0) [kA]	CAPACIDAD DE CORTOCIRCUITO [kA]
Intipampa	**138**	8.95	10.85	40

BARRA	TENSIÓN NOMINAL [kV]	FASE (Icc) [kA]	TIERRA (3I0) [kA]	CAPACIDAD DE CORTOCIRCUITO [kA]
Intipampa	**33**	7.34	0.66	25

1.5. Puesta en Servicio

La fecha de puesta en operación comercial del proyecto (**Central Solar Expansión Intipampa**), está prevista para el primer trimestre del año 2026.

2. Descripción del Proyecto

2.1. Configuración del Sistema Eléctrico

El Proyecto consiste en el ingreso de la Central Solar Expansión Intipampa, que se conectará a la barra de 138 kV de la S.E. Intipampa, para ello se instalará un transformador de potencia de 50-62.5 MVA (ONAN-ONAF) y 138/33 kV, nuevos paneles fotovoltaicos, inversores, nuevos accesos, nueva ruta de conexión de los cables de baja y media tensión. El Proyecto generará energía eléctrica para ser inyectada al Sistema Interconectado Nacional. La generación será a partir del uso energía solar fotovoltaica, proyectando una generación total de 51.7 MW.

La CSF Expansión Intipampa estará compuesta por 7 centros de transformación (ITS). El proyecto contempla la instalación de 3 tipos de centros de transformación de los cuales: cinco (5) son de tres devanados 33±2x2.5%/0.63/0.63 kV de 8.8/4.4/4.4 MVA; uno (1) de tres devanados 33±2x2.5%/0.63/0.63 kV de 6.6/3.3/3.3 MVA y uno (1) de dos devanados 33±2x2.5%/0.63 kV de 3.30 MVA. La temperatura de diseño de los transformadores es 45°C.

Para evacuar la energía generada por la central, se dispondrá con un transformador de potencia 138±12x0.75%/33 kV de 50-62.5 MVA (ONAN-ONAF), que se conectará a la barra de 138 kV de la S.E. Intipampa.

2.2. Punto de Conexión

La Central Solar Expansión Intipampa se conectará al SEIN por medio del punto de conexión con la barra de 138 kV de la S.E. Intipampa.

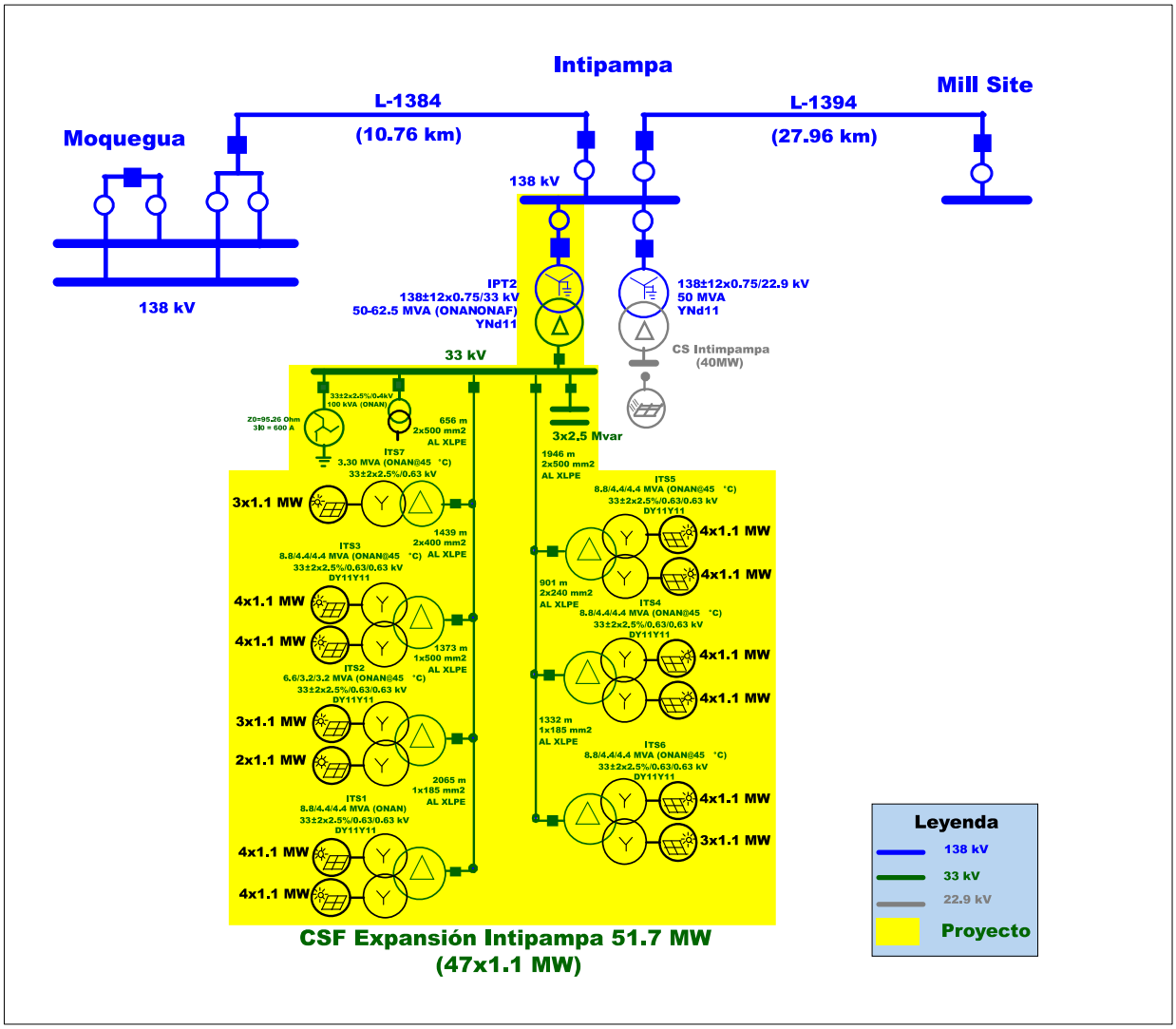


Figura 2. Diagrama unifilar del Proyecto de la Central Solar Expansión Intipampa

2.3.Descripción de las instalaciones

2.3.1. Subestación

Para albergar al nuevo transformador de potencia de 50/62.5 MVA 138/33 kV, se implementará una celda en el nivel de 138 kV en la S.E. Intipampa que contará con seccionadores de barra, interruptor, seccionador de transformador, transformador de corriente, transformador de tensión capacitivo y pararrayo con contador de descarga.

Para el lado de 138 kV el esquema será de una barra con equipamiento AIS (Air-Insulated Switchgear). Esta barra de 138 kV será una ampliación de la barra existente de la S.E. Intipampa.

Se contará con los siguientes equipos:

- Instalación de una bahía de transformación de 138 kV.
- Instalación de un transformador de potencia de 138±12x0.75%/33 kV de 50/62.5 MVA (ONAN/ONAF) con grupo de conexión Ynd11

En el lado de 33 kV se ha optado por una configuración de 1 segmentos de simple barra. Para la barra de 33 kV se dispondrá de:

- Instalación de una celda de transformación de 33 kV (seccionador de barra, interruptor y transformador de corriente). También se tendrá, pararrayos con contador de descarga para la protección del transformador de potencia, un transformador de tensión inductivo y un transformador de corriente tipo toroide.
- 1 celda para la instalación un transformador Zig-Zag de 33 kV con Z0= 95.26 ohm y 3I0=600 A (seccionador, interruptor, transformador de corriente y pararrayo).
- 1 celda para la instalación un Banco de Condensadores de 3x2.5 Mvar (seccionador, interruptor, transformador de corriente y pararrayo).
- Instalación de 2 celdas para los circuitos de 33 kV (Seccionador, interruptor, transformador de corriente y pararrayos).

2.3.2. Transformador de potencia

Un transformador de potencia de 138±12x0.75%/33 kV de 50-62.5 MVA (ONAN-ONAF) con grupo de conexión Ynd11.

Para el nivel de media tensión, se dispondrán de celdas de 33 kV del tipo cabinas las cuales contarán con:

- Seccionador de barra
- Interruptor
- Transformador de corriente
- Pararrayos

2.3.3. Cables de media tensión (33 kV)

La red de media tensión se conectará a las posiciones de entrada y salida de las celdas de media tensión situadas en los centros de transformación de paneles fotovoltaicos, Cada uno de los circuitos de media tensión estará conectado a una de las celdas de línea de la subestación.

Los cables que constituyen la red colectora de 33 kV del parque solar tendrán las siguientes características:

Tabla 6. Características de los cables de media tensión (33 kV)

ID	CABLE CODE	RATED VOLTAGE (V_{AC})	INSULATION VOLTAGE (kV)	SINGLE / MULTICORE (S / M)	PHASE SECTION (mm^2)	CABLE FORMATION	TYPE OF CABLE	CONDUCTOR	INSULATION	FROM	TO	LENGTH (m)
										EQUIPMENT CODE	EQUIPMENT CODE	ESTIMATED
1	MV ST-ITS7	33	19/33 kV (36 kV)	SINGLECORE	500	3x(2x500mm2) Al	LSHF	Aluminium	XLPE	ITS7	ST	656
2	MV ITS7-ITS3	33	19/33 kV (36 kV)	SINGLECORE	400	3x(2x400mm2) Al	LSHF	Aluminium	XLPE	ITS3	ITS7	1439
3	MV ITS3-ITS2	33	19/33 kV (36 kV)	SINGLECORE	500	3x(1x500mm2) Al	LSHF	Aluminium	XLPE	ITS2	ITS3	1373
4	MV ITS2-ITS1	33	19/33 kV (36 kV)	SINGLECORE	185	3x(1x185mm2) Al	LSHF	Aluminium	XLPE	ITS1	ITS2	2065
5	MV ST-ITS5	33	19/33 kV (36 kV)	SINGLECORE	500	3x(2x500mm2) Al	LSHF	Aluminium	XLPE	ITS5	ST	1946
6	MV ITS5-ITS4	33	19/33 kV (36 kV)	SINGLECORE	240	3x(2x240mm2) Al	LSHF	Aluminium	XLPE	ITS4	ITS5	902
7	MV ITS4-ITS6	33	19/33 kV (36 kV)	SINGLECORE	185	3x(1x185mm2) Al	LSHF	Aluminium	XLPE	ITS6	ITS4	1332

2.3.4. Sistema de Puesta a Tierra

La malla de puesta a tierra en la subestación ya está tendida por el cual proyecto no considera extensión de la malla a tierra.

2.3.5. Paneles Fotovoltaicos

Los paneles para utilizarse serán del tipo bifacial con vidrio dual cuyo modelo es ASTRO N7 CHSM66RN(DG)/F-BH Biacial Series de 605 – 630 W y medidas 2382x1134x30mm. Estos irán dispuestos en serie, en grupos de 27 módulos por string, siendo un total de 88101 módulos fotovoltaicos que se emplearán en el Proyecto. Desde cada string se interconectarán, a través de conductores entre 4 mm2 a 10 mm2, en cajas string. Las cajas string serán capaces de recoger la energía entregada de entre 10 a 15 string. Desde la caja string, se transportará la energía entregada por los string hacia los inversores en conductores de entre 300 mm2 a 400 mm2.

Electrical Specifications

STC: Irradiance 1000W/m², Cell Temperature 25° C, AM=1.5

Rated output (Pmpp / Wp)	605	610	615	620	625	630
Rated voltage (Vmpp / V)	41.18	41.31	41.43	41.56	41.69	41.82
Rated current (Impp / A)	14.69	14.77	14.84	14.92	14.99	15.07
Open circuit voltage (Voc / V)	48.59	48.74	48.89	49.04	49.19	49.34
Short circuit current (Isc / A)	15.86	15.94	16.02	16.11	16.19	16.27
Module efficiency	22.4%	22.6%	22.8%	23.0%	23.1%	23.3%

NMOT: Irradiance 800W/m², Ambient Temperature 20° C, AM=1.5, Wind Speed 1m/s

Rated output (Pmpp / Wp)	455.0	458.7	462.5	466.2	470.0	473.8
Rated voltage (Vmpp / V)	38.76	38.88	39.00	39.12	39.24	39.36
Rated current (Impp / A)	11.74	11.80	11.86	11.92	11.98	12.04
Open circuit voltage (Voc / V)	46.15	46.30	46.44	46.58	46.72	46.86
Short circuit current (Isc / A)	12.80	12.87	12.94	13.00	13.07	13.13

Mechanical Specifications

Outer dimensions (L x W x H)	2382 x 1134 x 30 mm
Cell type	n-type mono-crystalline
No. of cells	132 (6*22)
Frame technology	Aluminum, silver anodized
Front / Back glass	2.0+2.0 mm
Cable length (Including connector)	Portrait: (+)350 mm,(-)250 mm; Customized length
Cable diameter (IEC/UL)	4 mm² / 12 AWG
① Maximum mechanical test load	5400 Pa (front) / 2400 Pa (back)
Connector type (IEC/UL)	HCB40 (Standard) / MC4-EVO2A (Optional)
Module weight	32.8 kg
Packing unit	36 pcs / box
Weight of packing unit (for 40'HQ container)	1231 kg
Modules per 40' HQ container	720 pcs (Subject to sales contract)

① Refer to Astronergy crystalline installation manual or contact technical department.
Maximum Mechanical Test Load=1.5×Maximum Mechanical Design Load.

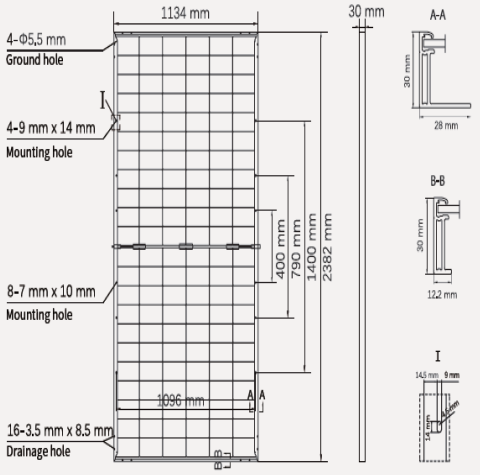
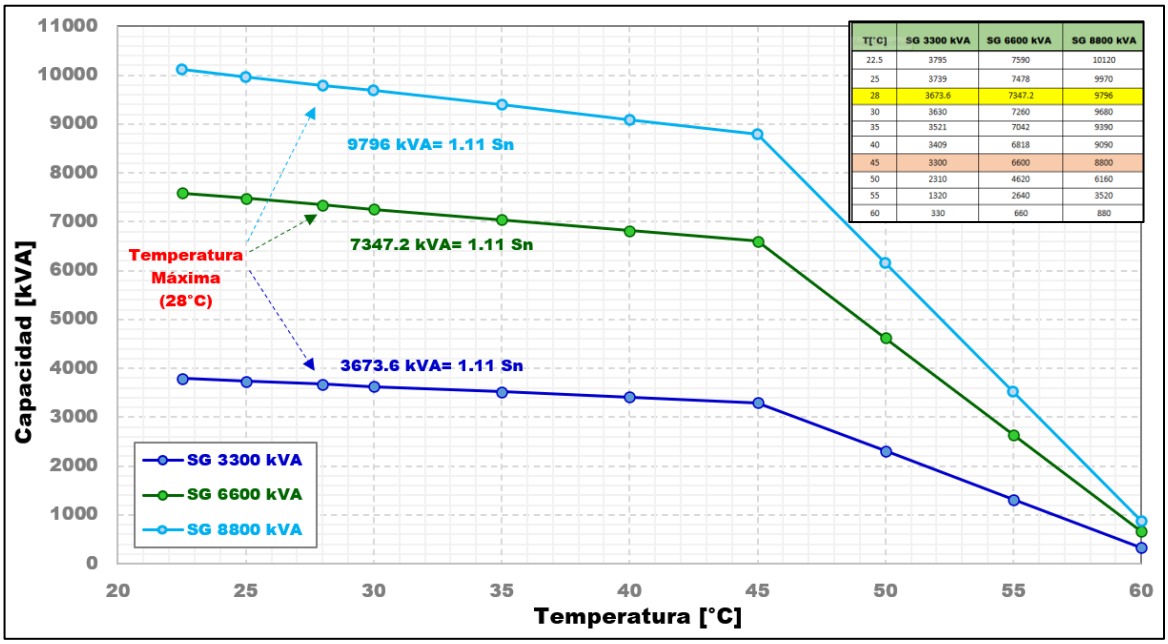


Figura 3. Datos técnicos de los Paneles Solares (para el proyecto)

2.3.6. Centro de Transformación

El proyecto contempla la instalación de 3 tipos de centros de transformación de los cuales: cinco (5) son de tres devanados 33±2x2.5%/0.63/0.63 kV de **8.8/4.4/4.4 MVA**; uno (1) de tres devanados 33±2x2.5%/0.63/0.63 kV de **6.6/3.3/3.3 MVA** y uno (1) de dos devanados 33±2x2.5%/0.63 kV de **3.30 MVA** cuyas temperaturas de diseño es 45°C. Las capacidades

de los transformadores, considerando la máxima temperatura ambiente de la zona (28°C), es **9.796/4.898/4.898 MVA**; **7.3472/3.6736/3.6736 MVA** y **3.6736 MVA** respectivamente, calculado considerando las curvas de las figuras del documento "*CJR-ITP-11168-ELE-ET-01-02-MV-LV Tansformer Datasheet.pdf*" (páginas 7, 13 y 19). Por lo tanto, a la temperatura de 28°C los transformadores tienen una capacidad de 111% de su potencia nominal de diseño a 45°C.



T[°C]	SG 3300 kVA	SG 6600 kVA	SG 8800 kVA
22.5	3795	7590	10120
25	3739	7478	9970
28	3673.6	7347.2	9796
30	3630	7260	9680
35	3521	7042	9390
40	3409	6818	9090
45	3300	6600	8800
50	2310	4620	6160
55	1320	2640	3520
60	330	660	880

Figura 4. Capacidad de los transformadores (SG88000, SG6600 y SG3300) a la máxima temperatura ambiente (28°C)

2.3.7. Sistemas de protección

Para la definición y recomendación de los esquemas de protección a ser utilizados en las instalaciones de 33 y 138 kV del proyecto se consideran como mínimo, los requerimientos de las protecciones recomendadas por el Comité de Operación Económica del Sistema Interconectado Nacional (COES) en el documento "Requisitos mínimos para los sistemas de protección del SEIN" así como también en el "Procedimiento Técnico del Comité de Operación Económica del SEIN – PR 20".

Los equipos de protección considerados serán de tipo digital, de última generación, de múltiples funciones, que permitan funciones de protección, medición, señalización y registro. Contarán con puertos de comunicación para permitir acceso local o remoto con posibilidad de integrarse en un sistema SCADA.

Transformador de 138±12x0.75%/33 kV de 50-62.5 MVA (ONAN-ONAF)

El transformador dispondrá de protección mecánica con las siguientes funciones:

- Protección térmica (49)
- Protección de Flujo y Sobretensión (63)
- Protección de Nivel de aceite (71)

Las protecciones eléctricas estarán habilitadas en dos relés multifunción con las siguientes funciones:

- Protección diferencial de transformador (87T)
- Protección de sobrecorriente de fases (50/51)
- Sobrecorriente de neutro (50N/51N)
- Protección de diferencial de neutro (87N)
- Protección de sobretensión (59)
- Protección de sobretensión de fases (59)
- Protección de sobretensión homopolar (59N)

Protección diferencial de barras (87B)

La barra de 138 kV de la subestación Intipampa dispone de un relé para la protección diferencial de barras, dicho relé existente es una unidad centralizada de marca MICOM modelo P746. Por ende, el Proyecto solo contempla el cableado hacia dicho relé.

Celda llegada a la barra de 33 kV

Estarán equipada con un relé multifunción con las siguientes funciones mínimas:

- Protección de sobrecorriente de fases (50/51)
- Protección de sobrecorriente de neutro (50G/51G)
- Protección de sobretensión de fases (59)
- Protección de sobretensión homopolar (59N)

Celda del banco de condensadores de 33 kV

Estará equipada con un relé multifunción con las siguientes funciones mínimas:

- Protección de sobrecorriente de fases (50/51)
- Protección de sobrecorriente de neutro (50N/51N)
- Protección de sobretensión de fases (59)

Celda de 33 kV del transformado Zig-Zag

Estarán equipadas con un relé multifunción con las siguientes funciones mínimas:

- Protección diferencial de corriente de tierra (87N)

- Protección de sobrecorriente de fases (50/51)
- Protección de sobrecorriente de neutro (50G/51G)
- Protección de sobrecorriente de tierra (50N/51N)
- Protección de sobretensión homopolar (59N)

Celdas de 33 kV asociada a los centros de transformación

Estarán equipadas con un relé multifunción con las siguientes funciones mínimas:

- Protección de sobrecorriente de fases (50/51)
- Protección de sobrecorriente de neutro (50N/51N)

Registradores de fallas

Equipo registrador de fallas con funciones de osciloperturbografía y registro de secuencia de eventos para el transformador de 138/33 kV instalado en los devanados de 138 y 33 kV.

2.3.8. Sistema de comunicación

Centro de Control

Engie dispone de un Centro de Control para la Central de Generación No Convencional (CC-CGNC) y cumplirá con la Norma Técnica para la Coordinación de la Operación en Tiempo Real de los Sistemas Interconectados (NTCOTR).

Sistema de transferencia de datos

El sistema de control del CC-CGNC, cumplirá con lo señalado en la Norma de Intercambio de Información en Tiempo Real para la operación del SEIN (NTIITR), en la cual contará con un sistema de comunicación que permita enviar en tiempo real al COES la información que señala la NTCOTR.

Adicionalmente, se enviará siguiente información:

Central Solar:

- Radiación solar.
- Temperatura de las células.

Sistema de predicción de la potencia

La Central de Generación No Convencional (CGNC) de Engie dispondrá de un sistema de predicción de la potencia que permita calcular el valor de la potencia total de la instalación hasta un horizonte de dos días.

La CGNC entregará la información sobre la previsión de potencia horaria en un horizonte de 24 horas. La información sobre las predicciones de potencia se transmitirá al COES con al menos 24 horas de antelación. Para los estados de emergencia, las predicciones hasta un horizonte máximo de dos días se tendrán disponible para el COES.

2.3.9. Sistemas de Control del Inversor en Alterna

El inversor también se encarga de controlar la calidad de la potencia inyectada a red para que esta se encuentre en todo momento dentro de los límites del sistema, así como del correcto funcionamiento de la Central Solar evitando el modo de funcionamiento en isla y protegiendo los diferentes equipos que la componen.

El sistema de control del inversor para la inyección de potencia a la red pública cumple los requisitos especificados en la norma PR-20 "Procedimiento Técnico del Comité de Operación Económica del SEIN ", Anexo 1 "Criterios mínimos de diseño de instalaciones eléctricas" Capítulo 4 de "Requisitos Técnicos de Conexión de las Instalaciones de Centrales de Generación no Convencional (CGNC) al SEIN"

2.3.9.1. Control potencia activa

El inversor puede realizar el control de potencia activa inyectada mediante un valor máximo predeterminado de esta potencia a inyectar que no sobrepasará o bien en función de la frecuencia de red.

En la limitación de la potencia activa por medio de la de la frecuencia de red, el inversor comprueba constantemente la frecuencia de red existente. Si la frecuencia de red supera un valor límite definido, el inversor reduce la potencia activa inyectada a la red en función del aumento de frecuencia. Si la frecuencia de red vuelve a bajar, el valor de potencia inyectada se mantendrá constante hasta que el valor de frecuencia de la red alcance el valor límite definido antes indicado.

Si la frecuencia de red supera alguno de los límites del rango de frecuencia determinado en el inversor, se desconecta y pasa al estado de funcionamiento de "Monitorización de Red" definido en apartados anteriores permaneciendo en este estado de funcionamiento hasta que se cumplan todas las condiciones de inyección.

Además, esta inyección de potencia por parte de la Central Solar puede ser gestionada por operadores externos e incluso reducirla a cero en casos críticos actuando directamente sobre el inversor de manera remota.

La central cumple con los requisitos técnicos establecidos en el Cap. 4 del Anexo 1 del PR-20, referente al control de potencia activa:

- ✓ Ajuste de la potencia activa
- ✓ Control de rampas de potencia activa
- ✓ Control de arranque y desconexión
- ✓ Control de potencia en condiciones de emergencia

2.3.9.2. Control potencia reactiva

Se cumple con lo establecido en el PR-20 con referente al control de potencia reactiva:

- ✓ Potencia reactiva en régimen permanente
- ✓ Potencia reactiva en condiciones anormales

El inversor puede proporcionar potencia reactiva si el operador de red lo requiere. En tal caso, el operador de red establece los procedimientos y valores nominales que se han de utilizar.

La regulación de potencia reactiva inyectada por el inversor puede realizarse mediante los siguientes procedimientos:

- ✓ Ajuste del inversor para no proporcionar potencia reactiva.
- ✓ Valor nominal de potencia reactiva proporcionado por un operador externo a la planta.
- ✓ Programación de un rango de potencia reactiva que el inversor debe suministrar.
- ✓ Mediante el ajuste del factor de potencia en función de la potencia inyectada. Con una curva característica "Factor de potencia/Potencia activa" se regula el factor de potencia o desfase en función de la potencia activa que se inyecta en un instante dado.
- ✓ Ajuste de la potencia reactiva proporcionada por el inversor en función de la tensión de la red. En este caso, el valor de la potencia reactiva se va ajustando gradualmente.

2.3.9.3. Seguimiento del punto de máxima potencia

Es la implementación del software de control del inversor que se encarga de garantizar el seguimiento del punto de máxima potencia, es decir, la obtención óptima de energía del campo fotovoltaico.

Este control dependerá de la tensión máxima del campo, la cual a su vez dependerá de la radiación y la temperatura en los paneles. Dependiendo de estos niveles de radiación y temperatura, el inversor se moverá en las curvas I-V para buscar los niveles de tensión óptimos obteniendo la máxima potencia a la salida del parque fotovoltaico.

2.3.9.4. Control de Tensión y Frecuencia

Se cumple con lo establecido en el numeral 5 del Anexo 1 de la norma PR-20 "Procedimiento Técnico del Comité de Operación Económica del SEIN.

El sistema de control de tensión de la CGNC permite el ajuste de la tensión en el punto de conexión al valor de referencia establecido por el COES. La CGNC se mantendrá conectada al sistema de transmisión ante variaciones de la tensión en el punto de conexión en un rango de ± 10% de la tensión nominal.

El inversor monitoriza la tensión y frecuencia de la red pública por si se superan o no se alcanzan unos valores límite. Si estos parámetros sobrepasan estos límites durante un tiempo determinado, el inversor se desconecta de la red por razones de seguridad.

Tanto el valor límite de los parámetros de la red antes mencionados, como el tiempo de retardo de activación durante el cual el fallo de red debe estar presente para que el generador fotovoltaico se desconecte de la red pública son configurables.

Para la monitorización de la tensión de red pueden configurarse dos límites para la sobretensión y dos límites para la subtendían. Si el valor de tensión sobrepasa alguno de estos límites durante un tiempo preseleccionado, el sistema se desconectará de la red pública.

Por otro lado, para la monitorización de la frecuencia de red, pueden configurarse tres límites de sobrefrecuencia y tres de subfrecuencia que, en caso de ser sobrepasados, el inversor procederá a su desconexión de la red.

Una vez resuelto el fallo en la red, el inversor no arrancará hasta que los parámetros de red cumplan las condiciones necesarias. La tensión y frecuencia durante el tiempo de monitorización deben estar dentro de los valores límites establecidos para la conexión.

Es posible configurar el inversor para que la potencia inyectada a la red aumente gradualmente una vez detectados los valores adecuados de tensión y frecuencia de red.

La CGNC operará a una frecuencia nominal igual a 60 Hz. No obstante, estas instalaciones deberán estar especificadas a fin de operar en un rango que oscila entre los 57,0 Hz y 62,0 Hz.

2.3.9.5. Continuidad de Suministro ante Contingencias Severas

Se cumple con lo establecido en el numeral 6 del Anexo 1 de la norma PR-20 "Procedimiento Técnico del Comité de Operación Económica del SEIN.

Se garantiza que ante huecos de tensión se cumple que:

- Los sistemas de protección no la desconecten como consecuencia de la aparición de huecos de tensión en el punto de conexión asociado a cortocircuitos correctamente despejados según la curva tensión-tiempo.
- Los consumos de potencia y energía (activa y reactiva) en el punto de conexión, tanto durante el período de duración del hueco de tensión, así como durante el período de recuperación posterior al despeje de una falla equilibrada o desequilibrada, se deberán encontrar dentro de las tolerancias descritas en las Tablas 2 y 3, respectivamente, del numeral 6.3 del capítulo 4 del PR-20.

Perfil de los huecos de tensión

La central y todos sus componentes son capaces de permanecer conectados al SEIN con los perfiles de magnitud y duración del hueco de tensión.

En caso de producirse un descenso importante en la tensión del sistema como consecuencia de un fallo transitorio de corta duración, el inversor actuará conforme a los requisitos fijados en el Punto 6 "Continuidad de Suministro Ante Contingencias Severas" del Capítulo 4 "Requisitos Técnicos de Conexión de las Instalaciones de Centrales de Generación no Convencional (CGNC) al SEIN" dentro del Anexo 1 de la norma PR-20 "Procedimiento Técnico del Comité de Operación Económica del SEIN ".

2.3.9.6. Inyección de corriente durante el hueco de tensión

Durante la duración del hueco de tensión, el sistema de control de tensión/potencia reactiva del proyecto garantizará que no se consuma potencia reactiva en el punto de conexión.

2.3.9.7. Consumos de Potencia / Energía Activa y Reactiva durante huecos de tensión

Para huecos de tensión originados por cortocircuitos (monofásicas, bifásicas o trifásicas), tanto durante el periodo de falla por cortocircuito, como durante el periodo de recuperación de tensión posterior al despeje de la falla, se admitirán solamente consumos puntuales de potencia reactiva y potencia activa en el punto de conexión a la red, tal como se indica en las tablas 2 y 3 del numeral 6.3 del capítulo 4 del PR-20.

2.3.9.8. Calidad de la Tensión

El cambio relativo de tensión que podría causar la CGNC será limitado y no superará los valores máximos permitidos para los cambios bruscos de tensión, lo cuales están indicados en la tabla 4 del capítulo 4, anexo 1 del PR-20.

Para tensiones armónicas, Parpadeo (Flicker) y fluctuaciones de tensión

Se aplicarán las tolerancias dispuestas en la NTCSE.

2.3.9.9. Sistemas de Protección

En la conexión del Proyecto se tendrá en cuenta los requisitos para las protecciones establecidos por el COES, relativos a la conexión de centrales de generación al SEIN.

2.3.9.10. Sistemas de Comunicación y Control Externo

Centro de Control:

Engie dispone de un Centro de Control para la Central de Generación No Convencional (CC-CGNC) y cumplirá con la Norma Técnica para la Coordinación de la Operación en Tiempo Real de los Sistemas Interconectados (NTCOTR).

Sistema de transferencia de datos:

El sistema de control del CC-CGNC, cumplirá con lo señalado en la Norma de Intercambio de Información en Tiempo Real para la operación del SEIN (NTIITR), en la cual contará con un sistema de comunicación que permita enviar en tiempo real al COES la información que señala la NTCOTR.

Adicionalmente, se enviará siguiente información:

Central Solar:

- Radiación solar.
- Temperatura de las células.

2.3.9.11. Sistema de predicción de la potencia

La Central de Generación No Convencional (CGNC) de Engie dispondrá de un sistema de predicción de la potencia que permita calcular el valor de la potencia total de la instalación hasta un horizonte de dos días.

La CGNC entregará la información sobre la previsión de potencia horaria en un horizonte de 24 horas. La información sobre las predicciones de potencia se transmitirá al COES con al menos 24 horas de antelación. Para los estados de emergencia, las predicciones hasta un horizonte máximo de dos días se tendrán disponible para el COES.

2.3.9.12. Sincronismo con la red

Los inversores fotovoltaicos, a diferencia de otros generadores, no buscan el sincronismo con la red, sino que genera unas corrientes de referencia en función del control de potencia instantáneas, a partir de las cuales se obtiene una función de tensión de red en

cada instante. Dada esta tensión de red, se calcula la tensión del inversor, la inductancia del filtro y de conexión a red y el control de corriente.

Se consigue controlar la tensión en amplitud y fase a la salida del inversor, controlando por lo tanto la corriente alterna y los niveles de potencia activa y reactiva.

2.3.9.13. Reconocimiento de red aislada

La función de reconocimiento de red aislada detecta la formación de redes aisladas y desconecta el equipo de la red pública.

Las redes aisladas aparecen cuando, tras desconectar una porción de la red eléctrica, la fuente de generación continúa energizando dicha porción. Este fenómeno es conocido como funcionamiento en isla de la Central Solar.

Los problemas que plantea el funcionamiento en isla de una Central Solar son dos:

- La red deja de imponer tanto la tensión como la frecuencia del sistema, pudiendo provocar daños en los equipos.
- Peligro para el personal de la planta.

Para el control de la Central Solar en estos casos, el inversor comprueba continuamente la estabilidad de la red pública intentando actuar de forma activa sobre la red.

Para detectar la formación de redes aisladas, el inversor utiliza métodos activos mediante los cuales, al producirse una determinada variación en los distintos parámetros de la red como pueden ser la tensión y la frecuencia, según unos determinados requisitos, el inversor detiene la conversión de energía.

En una red pública intacta este procedimiento no tiene ningún efecto sobre esta. Solamente si existe una red aislada es posible actuar sobre la frecuencia de la red. La frecuencia será modificada hasta que se sobrepase el rango de frecuencia ajustado y el inversor se desconecte de la red pública.

2.3.9.14. Fallo de aislamiento de conexión a tierra

El inversor está equipado con un dispositivo de monitorización de aislamiento que monitoriza la resistencia del aislamiento del sistema fotovoltaico en generadores no conectados a tierra realizando un cálculo permanente de la resistencia de aislamiento mediante un proceso de medición activo. Cuando el valor de esta resistencia del aislamiento supera el umbral de alarma ajustado en el dispositivo de monitorización de aislamiento, se muestra una advertencia de aislamiento y se toman las medidas necesarias antes de que se produzca un fallo, como, por ejemplo, daños personales por corrientes de fuga o avería.

2.3.9.15. Power Plant Controller (PPC)

La CS Intipampa dispone del Power Plant Controller (PPC) que controla la tensión de la barra de 138 kV de la S.E. Intipampa o el modo de control con factor de potencia constante (celta de 138 kV del transformador). El Proyecto CSF Expansión Intipampa también controlará la barra de 138 kV de la S.E. Intipampa u operará el modo de control con factor de potencia (celda de 138 kV del transformador). Con la finalidad de generar interacción entre ambos proyectos, para la operación se considerará los siguientes casos:

- CS Intipampa con regulación de tensión de la barra de 138 kV de la S.E. Intipampa y CS Expansión Intipampa modo factor de potencia.
- CS Intipampa modo factor de potencia y CS Expansión Intipampa regulando la tensión de la barra de 138 kV de la S.E. Intipampa.
- CS Intipampa modo factor de potencia y CS Expansión Intipampa modo factor de potencia.

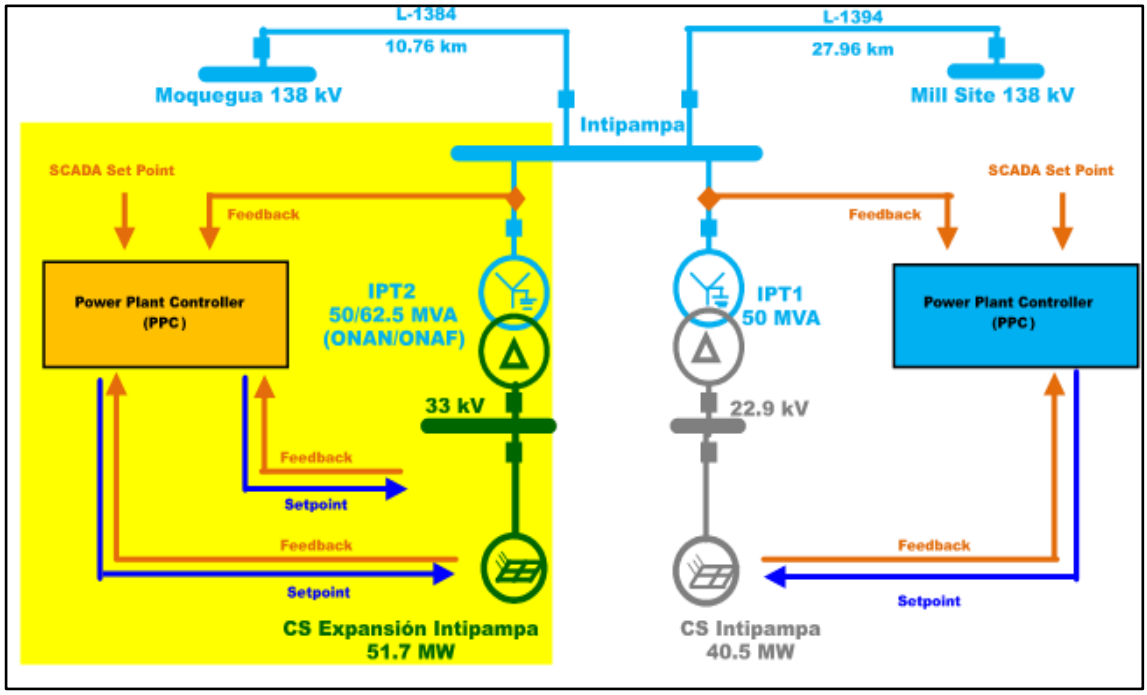


Figura 5. Interacción del Power Plant Controller (PLC) de cada proyecto.

3. Conclusiones del Estudio Eléctrico

3.1. Estudio de Estado Estacionario

Operación Normal – Caso Base:

Perfil de tensión

Para los casos **Sin** y **Con Proyecto**, para las barras con tensión de referencia el perfil de tensión en los escenarios analizados no transgrede los límites de la tensión nominal [±2.5%]. Pero para las barras que no cuentan con tensión de referencia tanto para el Caso Sin y Con Proyecto registran tensiones elevadas, ya que estas barras se han simulado con una tensión nominal igual a 220 kV y 138 kV.

Cargabilidad por las líneas de transmisión

Para los casos Sin y Con Proyecto, la cargabilidad por las líneas de transmisión se mantiene menor el 100% de su capacidad.

Cargabilidad por los transformadores

Para los casos Sin y Con Proyecto, la cargabilidad por los transformadores de potencia se encuentra por debajo del 100% de su capacidad.

Operación ante Contingencias – Caso Base:

- Del análisis de flujo de carga en estado estacionario en condición (N-1) se concluye que:

Contingencia	Descripción	Sin Proyecto	Con Proyecto	Acción
C01	LT San José - Montalvo	a) La tensión en las barras del área de influencia se encuentra dentro de las tolerancias admisibles (0.90 - 1.075 p.u.). b) La cargabilidad por las líneas se encuentra por debajo del límite admisible de operación (120%). c) La cargabilidad por los transformadores se encuentra por debajo del límite admisible de operación (100%).	a) La tensión en las barras del área de influencia se encuentra dentro de las tolerancias admisibles (0.90 - 1.075 p.u.). b) La cargabilidad por las líneas se encuentra por debajo del límite admisible de operación (120%). c) La cargabilidad por los transformadores se encuentra por debajo del límite admisible de operación (100%).	--
C02	LT Montalvo - Yarabamba	a) La tensión en las barras del área de influencia se encuentra dentro de las tolerancias admisibles (0.90 - 1.075 p.u.). b) La cargabilidad por las líneas se encuentra por debajo del límite admisible de operación (120%). c) La cargabilidad por los transformadores se encuentra por debajo del límite admisible de operación (100%).	a) La tensión en las barras del área de influencia se encuentra dentro de las tolerancias admisibles (0.90 - 1.075 p.u.). b) La cargabilidad por las líneas se encuentra por debajo del límite admisible de operación (120%). c) La cargabilidad por los transformadores se encuentra por debajo del límite admisible de operación (100%).	--
C03	LT San José – Ocoña	a) La tensión en las barras del área de influencia se encuentra dentro de las tolerancias admisibles (0.90 - 1.075 p.u.). b) La cargabilidad por las líneas se encuentra por debajo del límite admisible de operación (120%). c) La cargabilidad por los transformadores se encuentra por debajo del límite admisible de operación (100%).	a) La tensión en las barras del área de influencia se encuentra dentro de las tolerancias admisibles (0.90 - 1.075 p.u.). b) La cargabilidad por las líneas se encuentra por debajo del límite admisible de operación (120%). c) La cargabilidad por los transformadores se encuentra por debajo del límite admisible de operación (100%).	--

Contingencia	Descripción	Sin Proyecto	Con Proyecto	Acción
C04	LT Yarabamba - Poroma	a) La tensión en las barras del área de influencia se encuentra dentro de las tolerancias admisibles (0.90 - 1.075 p.u.). b) La cargabilidad por las líneas se encuentra por encima del límite admisible de operación (120%). *Año / Max / Escenario / Tensión / Línea* 2026 / 152.32 / Est2026Min / 500 kV / L-5036 2026 / 142.35 / Est2026Min / 500 kV / L-5034 2026 / 137.09 / Est2026Max / 500 kV / L-5036 2026 / 128.1 / Est2026Max / 500 kV / L-5034 2026 / 93.56 / Est2026Min / 500 kV / L-5037 c) La cargabilidad por los transformadores se encuentra por debajo del límite admisible de operación (100%).	a) La tensión en las barras del área de influencia se encuentra dentro de las tolerancias admisibles (0.90 - 1.075 p.u.). b) La cargabilidad por las líneas se encuentra por encima del límite admisible de operación (120%). *Año / Max / Escenario / Tensión / Línea* 2026 / 152.33 / Est2026Min / 500 kV / L-5036 2026 / 142.35 / Est2026Min / 500 kV / L-5034 2026 / 137.09 / Est2026Max / 500 kV / L-5036 2026 / 128.1 / Est2026Max / 500 kV / L-5034 2026 / 93.59 / Est2026Min / 500 kV / L-5037 c) La cargabilidad por los transformadores se encuentra por debajo del límite admisible de operación (100%).	Es ajeno al Proyectp
C05	LT Moquegua - Socabaya	a) La tensión en las barras del área de influencia se encuentra dentro de las tolerancias admisibles (0.90 - 1.075 p.u.). b) La cargabilidad por las líneas se encuentra por debajo del límite admisible de operación (120%). c) La cargabilidad por los transformadores se encuentra por debajo del límite admisible de operación (100%).	a) La tensión en las barras del área de influencia se encuentra dentro de las tolerancias admisibles (0.90 - 1.075 p.u.). b) La cargabilidad por las líneas se encuentra por debajo del límite admisible de operación (120%). c) La cargabilidad por los transformadores se encuentra por debajo del límite admisible de operación (100%).	--
C06	LT Montalvo - Moquegua	a) La tensión en las barras del área de influencia se encuentra dentro de las tolerancias admisibles (0.90 - 1.075 p.u.). b) La cargabilidad por las líneas se encuentra por encima del límite admisible de operación (120%). *Año / Max / Escenario / Tensión / Línea* 2026 / 125.95 / Est2026Max / 220 kV / L-2025 2026 / 125.95 / Est2026Max / 220 kV / L-2026 2026 / 121.43 / Est2026Min / 220 kV / L-2025 2026 / 121.43 / Est2026Min / 220 kV / L-2026 c) La cargabilidad por los transformadores se encuentra por debajo del límite admisible de operación (100%). *Año / Max / Escenario / Transformador / S.E.* 2026 / 100.11 / Est2026Max / AT104-523 / Yarabamba	a) La tensión en las barras del área de influencia se encuentra dentro de las tolerancias admisibles (0.90 - 1.075 p.u.). b) La cargabilidad por las líneas se encuentra por encima del límite admisible de operación (120%). *Año / Max / Escenario / Tensión / Línea* 2026 / 125.99 / Est2026Max / 220 kV / L-2025 2026 / 125.99 / Est2026Max / 220 kV / L-2026 2026 / 121.49 / Est2026Min / 220 kV / L-2025 2026 / 121.49 / Est2026Min / 220 kV / L-2026 c) La cargabilidad por los transformadores se encuentra por debajo del límite admisible de operación (100%). *Año / Max / Escenario / Transformador / S.E.* 2026 / 100.11 / Est2026Max / AT104-523 / Yarabamba	Es ajeno al Proyecto
C07	LT Montalvo – Los Héroes	a) La tensión en las barras del área de influencia se encuentra dentro de las tolerancias admisibles (0.90 - 1.075 p.u.). b) La cargabilidad por las líneas se encuentra por debajo del límite admisible de operación (120%). c) La cargabilidad por los transformadores se encuentra por debajo del límite admisible de operación (100%).	a) La tensión en las barras del área de influencia se encuentra dentro de las tolerancias admisibles (0.90 - 1.075 p.u.). b) La cargabilidad por las líneas se encuentra por debajo del límite admisible de operación (120%). c) La cargabilidad por los transformadores se encuentra por debajo del límite admisible de operación (100%).	--
C08	LT Moquegua – Los Héroes	a) La tensión en las barras del área de influencia se encuentra dentro de las tolerancias admisibles (0.90 - 1.075 p.u.). b) La cargabilidad por las líneas se encuentra por debajo del límite admisible de operación (120%). c) La cargabilidad por los transformadores se encuentra por debajo del límite admisible de operación (100%).	a) La tensión en las barras del área de influencia se encuentra dentro de las tolerancias admisibles (0.90 - 1.075 p.u.). b) La cargabilidad por las líneas se encuentra por debajo del límite admisible de operación (120%). c) La cargabilidad por los transformadores se encuentra por debajo del límite admisible de operación (100%).	--
C09	LT Moquegua - Botiflaca	a) La tensión en las barras del área de influencia se encuentra dentro de las tolerancias admisibles (0.90 - 1.075 p.u.). b) La cargabilidad por las líneas se encuentra por debajo del límite admisible de operación (120%). c) La cargabilidad por los transformadores se encuentra por debajo del límite admisible de operación (100%).	a) La tensión en las barras del área de influencia se encuentra dentro de las tolerancias admisibles (0.90 - 1.075 p.u.). b) La cargabilidad por las líneas se encuentra por debajo del límite admisible de operación (120%). c) La cargabilidad por los transformadores se encuentra por debajo del límite admisible de operación (100%).	--
C10	LT Moquegua – Ilo 1	a) La tensión en las barras del área de influencia se encuentra dentro de las tolerancias admisibles (0.90 - 1.075 p.u.). b) La cargabilidad por las líneas se encuentra por debajo del límite admisible de operación (120%). c) La cargabilidad por los transformadores se encuentra por debajo del límite admisible de operación (100%).	a) La tensión en las barras del área de influencia se encuentra dentro de las tolerancias admisibles (0.90 - 1.075 p.u.). b) La cargabilidad por las líneas se encuentra por debajo del límite admisible de operación (120%). c) La cargabilidad por los transformadores se encuentra por debajo del límite admisible de operación (100%).	--
C11	LT Moquegua – Intipampa	a) La tensión en las barras del área de influencia se encuentra dentro de las tolerancias admisibles (0.90 - 1.075 p.u.). b) La cargabilidad por las líneas se encuentra por debajo del límite admisible de operación (120%).	a) La tensión en las barras del área de influencia se encuentra dentro de las tolerancias admisibles (0.90 - 1.075 p.u.). b) La cargabilidad por las líneas se encuentra por debajo del límite admisible de operación (120%).	--

Contingencia	Descripción	Sin Proyecto	Con Proyecto	Acción
		c) La cargabilidad por los transformadores se encuentra por debajo del límite admisible de operación (100%).	c) La cargabilidad por los transformadores se encuentra por debajo del límite admisible de operación (100%).	
C12	LT Botiflaca - Pushback	a) La tensión en las barras del área de influencia se encuentra dentro de las tolerancias admisibles (0.90 - 1.075 p.u.). b) La cargabilidad por las líneas se encuentra por debajo del límite admisible de operación (120%). c) La cargabilidad por los transformadores se encuentra por debajo del límite admisible de operación (100%).	a) La tensión en las barras del área de influencia se encuentra dentro de las tolerancias admisibles (0.90 - 1.075 p.u.). b) La cargabilidad por las líneas se encuentra por debajo del límite admisible de operación (120%). c) La cargabilidad por los transformadores se encuentra por debajo del límite admisible de operación (100%).	--
C13	LT Mill Site– Intipampa	a) La tensión en las barras del área de influencia se encuentra dentro de las tolerancias admisibles (0.90 - 1.075 p.u.). b) La cargabilidad por las líneas se encuentra por debajo del límite admisible de operación (120%). c) La cargabilidad por los transformadores se encuentra por debajo del límite admisible de operación (100%).	a) La tensión en las barras del área de influencia se encuentra dentro de las tolerancias admisibles (0.90 - 1.075 p.u.). b) La cargabilidad por las líneas se encuentra por debajo del límite admisible de operación (120%). c) La cargabilidad por los transformadores se encuentra por debajo del límite admisible de operación (100%).	--
C14	LT Moquegua – Mill Site	a) La tensión en las barras del área de influencia se encuentra dentro de las tolerancias admisibles (0.90 - 1.075 p.u.). b) La cargabilidad por las líneas se encuentra por debajo del límite admisible de operación (120%). c) La cargabilidad por los transformadores se encuentra por debajo del límite admisible de operación (100%).	a) La tensión en las barras del área de influencia se encuentra dentro de las tolerancias admisibles (0.90 - 1.075 p.u.). b) La cargabilidad por las líneas se encuentra por debajo del límite admisible de operación (120%). c) La cargabilidad por los transformadores se encuentra por debajo del límite admisible de operación (100%).	--
C15	LT Mill Site – Plaza	a) La tensión en las barras del área de influencia se encuentra dentro de las tolerancias admisibles (0.90 - 1.075 p.u.). b) La cargabilidad por las líneas se encuentra por debajo del límite admisible de operación (120%). c) La cargabilidad por los transformadores se encuentra por debajo del límite admisible de operación (100%).	a) La tensión en las barras del área de influencia se encuentra dentro de las tolerancias admisibles (0.90 - 1.075 p.u.). b) La cargabilidad por las líneas se encuentra por debajo del límite admisible de operación (120%). c) La cargabilidad por los transformadores se encuentra por debajo del límite admisible de operación (100%).	--
C16	LT Mill Site - Lixiviación	a) La tensión en las barras del área de influencia se encuentra dentro de las tolerancias admisibles (0.90 - 1.075 p.u.). b) La cargabilidad por las líneas se encuentra por debajo del límite admisible de operación (120%). c) La cargabilidad por los transformadores se encuentra por debajo del límite admisible de operación (100%).	a) La tensión en las barras del área de influencia se encuentra dentro de las tolerancias admisibles (0.90 - 1.075 p.u.). b) La cargabilidad por las líneas se encuentra por debajo del límite admisible de operación (120%). c) La cargabilidad por los transformadores se encuentra por debajo del límite admisible de operación (100%).	--
C17	LT Plaza – Lixiviación	a) La tensión en las barras del área de influencia se encuentra dentro de las tolerancias admisibles (0.90 - 1.075 p.u.). b) La cargabilidad por las líneas se encuentra por debajo del límite admisible de operación (120%). c) La cargabilidad por los transformadores se encuentra por debajo del límite admisible de operación (100%).	a) La tensión en las barras del área de influencia se encuentra dentro de las tolerancias admisibles (0.90 - 1.075 p.u.). b) La cargabilidad por las líneas se encuentra por debajo del límite admisible de operación (120%). c) La cargabilidad por los transformadores se encuentra por debajo del límite admisible de operación (100%).	--
C18	LT Moquegua – Toquepala	a) La tensión en las barras del área de influencia se encuentra dentro de las tolerancias admisibles (0.90 - 1.075 p.u.). b) La cargabilidad por las líneas se encuentra por debajo del límite admisible de operación (120%). c) La cargabilidad por los transformadores se encuentra por debajo del límite admisible de operación (100%).	a) La tensión en las barras del área de influencia se encuentra dentro de las tolerancias admisibles (0.90 - 1.075 p.u.). b) La cargabilidad por las líneas se encuentra por debajo del límite admisible de operación (120%). c) La cargabilidad por los transformadores se encuentra por debajo del límite admisible de operación (100%).	--
C19	Transformador de S.E. Moquegua 220/138 kV	a) La tensión en las barras del área de influencia se encuentra dentro de las tolerancias admisibles (0.90 - 1.075 p.u.). b) La cargabilidad por las líneas se encuentra por debajo del límite admisible de operación (120%). c) La cargabilidad por los transformadores se encuentra por debajo del límite admisible de operación (100%).	a) La tensión en las barras del área de influencia se encuentra dentro de las tolerancias admisibles (0.90 - 1.075 p.u.). b) La cargabilidad por las líneas se encuentra por debajo del límite admisible de operación (120%). c) La cargabilidad por los transformadores se encuentra por debajo del límite admisible de operación (100%).	--
C20	Autotransformador de S.E. Montalvo 500/220 kV	a) La tensión en las barras del área de influencia se encuentra dentro de las tolerancias admisibles (0.90 - 1.075 p.u.). b) La cargabilidad por las líneas se encuentra por debajo del límite admisible de operación (120%). c) La cargabilidad por los transformadores se encuentra por debajo del límite admisible de operación (100%).	a) La tensión en las barras del área de influencia se encuentra dentro de las tolerancias admisibles (0.90 - 1.075 p.u.). b) La cargabilidad por las líneas se encuentra por debajo del límite admisible de operación (120%). c) La cargabilidad por los transformadores se encuentra por debajo del límite admisible de operación (100%).	--

Operación Normal – Adicional:

Perfil de tensión

Para los casos **Sin** y **Con Proyecto**, para las barras con tensión de referencia el perfil de tensión en los escenarios analizados no transgrede los límites de la tensión nominal [±2.5%]. Pero para las barras que no cuentan con tensión de referencia tanto para el Caso

Sin y Con Proyecto registran tensiones elevadas, ya que estas barras se han simulado con una tensión nominal igual a 220 kV y 138 kV.

Cargabilidad por las líneas de transmisión

Para los casos Sin y Con Proyecto, la cargabilidad por las líneas de transmisión se mantiene menor el 100% de su capacidad.

Cargabilidad por los transformadores

Para los casos Sin y Con Proyecto, la cargabilidad por los transformadores de potencia se encuentra por debajo del 100% de su capacidad.

Operación ante Contingencias – Caso Adicional:

- Del análisis de flujo de carga en estado estacionario en condición (N-1) se concluye que:

Contingencia	Descripción	Sin Proyecto	Con Proyecto	Acción
C01	LT San José - Montalvo	a) La tensión en las barras del área de influencia se encuentra dentro de las tolerancias admisibles (0.90 - 1.075 p.u.). b) La cargabilidad por las líneas se encuentra por debajo del límite admisible de operación (120%). c) La cargabilidad por los transformadores se encuentra por debajo del límite admisible de operación (100%).	a) La tensión en las barras del área de influencia se encuentra dentro de las tolerancias admisibles (0.90 - 1.075 p.u.). b) La cargabilidad por las líneas se encuentra por debajo del límite admisible de operación (120%). c) La cargabilidad por los transformadores se encuentra por debajo del límite admisible de operación (100%).	--
C02	LT Montalvo - Yarabamba	a) La tensión en las barras del área de influencia se encuentra dentro de las tolerancias admisibles (0.90 - 1.075 p.u.). b) La cargabilidad por las líneas se encuentra por debajo del límite admisible de operación (120%). c) La cargabilidad por los transformadores se encuentra por debajo del límite admisible de operación (100%).	a) La tensión en las barras del área de influencia se encuentra dentro de las tolerancias admisibles (0.90 - 1.075 p.u.). b) La cargabilidad por las líneas se encuentra por debajo del límite admisible de operación (120%). c) La cargabilidad por los transformadores se encuentra por debajo del límite admisible de operación (100%).	--
C03	LT San José – Ocoña	a) La tensión en las barras del área de influencia se encuentra dentro de las tolerancias admisibles (0.90 - 1.075 p.u.). b) La cargabilidad por las líneas se encuentra por debajo del límite admisible de operación (120%). c) La cargabilidad por los transformadores se encuentra por debajo del límite admisible de operación (100%).	a) La tensión en las barras del área de influencia se encuentra dentro de las tolerancias admisibles (0.90 - 1.075 p.u.). b) La cargabilidad por las líneas se encuentra por debajo del límite admisible de operación (120%). c) La cargabilidad por los transformadores se encuentra por debajo del límite admisible de operación (100%).	--
C04	LT Yarabamba - Poroma	a) La tensión en las barras del área de influencia se encuentra dentro de las tolerancias admisibles (0.90 - 1.075 p.u.). b) La cargabilidad por las líneas se encuentra por encima del límite admisible de operación (120%). *Año* / *Max* / *Escenario* / *Tensión* / *Línea* 2026 / 148.87 / Est2026Min / 500 kV / L-5036 2026 / 139.16 / Est2026Min / 500 kV / L-5034 2026 / 136.40 / Est2026Max / 500 kV / L-5036 2026 / 127.46 / Est2026Max / 500 kV / L-5034 c) La cargabilidad por los transformadores se encuentra por debajo del límite admisible de operación (100%).	a) La tensión en las barras del área de influencia se encuentra dentro de las tolerancias admisibles (0.90 - 1.075 p.u.). b) La cargabilidad por las líneas se encuentra por encima del límite admisible de operación (120%). *Año* / *Max* / *Escenario* / *Tensión* / *Línea* 2026 / 148.86 / Est2026Min / 500 kV / L-5036 2026 / 139.15 / Est2026Min / 500 kV / L-5034 2026 / 136..39 / Est2026Max / 500 kV / L-5036 2026 / 127.45 / Est2026Max / 500 kV / L-5034 c) La cargabilidad por los transformadores se encuentra por debajo del límite admisible de operación (100%).	Es ajeno al Proyecto
C05	LT Moquegua - Socabaya	a) La tensión en las barras del área de influencia se encuentra dentro de las tolerancias admisibles (0.90 - 1.075 p.u.). b) La cargabilidad por las líneas se encuentra por debajo del límite admisible de operación (120%). c) La cargabilidad por los transformadores se encuentra por debajo del límite admisible de operación (100%).	a) La tensión en las barras del área de influencia se encuentra dentro de las tolerancias admisibles (0.90 - 1.075 p.u.). b) La cargabilidad por las líneas se encuentra por debajo del límite admisible de operación (120%). c) La cargabilidad por los transformadores se encuentra por debajo del límite admisible de operación (100%).	--
C06	LT Montalvo - Moquegua	a) La tensión en las barras del área de influencia se encuentra dentro de las tolerancias admisibles (0.90 - 1.075 p.u.). b) La cargabilidad por las líneas se encuentra por encima del límite admisible de operación (120%).	a) La tensión en las barras del área de influencia se encuentra dentro de las tolerancias admisibles (0.90 - 1.075 p.u.). b) La cargabilidad por las líneas se encuentra por encima del límite admisible de operación (120%).	Es ajeno al Proyecto

Contingencia	Descripción	Sin Proyecto	Con Proyecto	Acción
		Año *Max* *Escenario* *Tensión* *Línea* 2026 127.44 Est2026Max 220 kV L-2025 2026 127.44 Est2026Max 220 kV L-2026 2026 122.65 Est2026Min 220 kV L-2025 2026 122.65 Est2026Min 220 kV L-2026 2026 120.19 Ave2026Max 220 kV L-2025 2026 120.19 Ave2026Max 220 kV L-2026 c) La cargabilidad por los transformadores se encuentra por encima del límite admisible de operación (100%). *Año* *Max* *Escenario* *Tensión* *Transformador* *S.E.* 2026 100.76 Est2026Max 500/220/33 AT104-523 Yarabamba 2026 99.12 Ave2026Med 33/0.63/0.63 TR_ITS05 Intipampa	*Año* *Max* *Escenario* *Tensión* *Línea* 2026 127.39 Est2026Max 220 kV L-2025 2026 127.39 Est2026Max 220 kV L-2026 2026 122.65 Est2026Min 220 kV L-2025 2026 122.65 Est2026Min 220 kV L-2026 2026 120.19 Ave2026Max 220 kV L-2025 2026 120.19 Ave2026Max 220 kV L-2026 c) La cargabilidad por los transformadores se encuentra por encima del límite admisible de operación (100%). *Año* *Max* *Escenario* *Tensión* *Transformador* *S.E.* 2026 100.76 Est2026Max 500/220/33 AT104-523 Yarabamba 2026 96.44 Est2026Min 500/220/33 AT104-523 Yarabamba	
C07	LT Montalvo – Los Héroes	a) La tensión en las barras del área de influencia se encuentra dentro de las tolerancias admisibles (0.90 - 1.075 p.u.). b) La cargabilidad por las líneas se encuentra por debajo del límite admisible de operación (120%). c) La cargabilidad por los transformadores se encuentra por debajo del límite admisible de operación (100%).	a) La tensión en las barras del área de influencia se encuentra dentro de las tolerancias admisibles (0.90 - 1.075 p.u.). b) La cargabilidad por las líneas se encuentra por debajo del límite admisible de operación (120%). c) La cargabilidad por los transformadores se encuentra por debajo del límite admisible de operación (100%).	--
C08	LT Moquegua – Los Héroes	a) La tensión en las barras del área de influencia se encuentra dentro de las tolerancias admisibles (0.90 - 1.075 p.u.). b) La cargabilidad por las líneas se encuentra por debajo del límite admisible de operación (120%). c) La cargabilidad por los transformadores se encuentra por debajo del límite admisible de operación (100%).	a) La tensión en las barras del área de influencia se encuentra dentro de las tolerancias admisibles (0.90 - 1.075 p.u.). b) La cargabilidad por las líneas se encuentra por debajo del límite admisible de operación (120%). c) La cargabilidad por los transformadores se encuentra por debajo del límite admisible de operación (100%).	--
C09	LT Moquegua - Botiflaca	a) La tensión en las barras del área de influencia se encuentra dentro de las tolerancias admisibles (0.90 - 1.075 p.u.). b) La cargabilidad por las líneas se encuentra por debajo del límite admisible de operación (120%). c) La cargabilidad por los transformadores se encuentra por debajo del límite admisible de operación (100%).	a) La tensión en las barras del área de influencia se encuentra dentro de las tolerancias admisibles (0.90 - 1.075 p.u.). b) La cargabilidad por las líneas se encuentra por debajo del límite admisible de operación (120%). c) La cargabilidad por los transformadores se encuentra por debajo del límite admisible de operación (100%).	--
C10	LT Moquegua – Ilo 1	a) La tensión en las barras del área de influencia se encuentra dentro de las tolerancias admisibles (0.90 - 1.075 p.u.). b) La cargabilidad por las líneas se encuentra por debajo del límite admisible de operación (120%). c) La cargabilidad por los transformadores se encuentra por debajo del límite admisible de operación (100%).	a) La tensión en las barras del área de influencia se encuentra dentro de las tolerancias admisibles (0.90 - 1.075 p.u.). b) La cargabilidad por las líneas se encuentra por debajo del límite admisible de operación (120%). c) La cargabilidad por los transformadores se encuentra por debajo del límite admisible de operación (100%).	--
C11	LT Moquegua – Intipampa	a) La tensión en las barras del área de influencia se encuentra dentro de las tolerancias admisibles (0.90 - 1.075 p.u.). b) La cargabilidad por las líneas se encuentra por debajo del límite admisible de operación (120%). c) La cargabilidad por los transformadores se encuentra por debajo del límite admisible de operación (100%).	a) La tensión en las barras del área de influencia se encuentra dentro de las tolerancias admisibles (0.90 - 1.075 p.u.). b) La cargabilidad por las líneas se encuentra por debajo del límite admisible de operación (120%). c) La cargabilidad por los transformadores se encuentra por debajo del límite admisible de operación (100%).	--
C12	LT Botiflaca - Pushback	a) La tensión en las barras del área de influencia se encuentra dentro de las tolerancias admisibles (0.90 - 1.075 p.u.). b) La cargabilidad por las líneas se encuentra por debajo del límite admisible de operación (120%). c) La cargabilidad por los transformadores se encuentra por debajo del límite admisible de operación (100%).	a) La tensión en las barras del área de influencia se encuentra dentro de las tolerancias admisibles (0.90 - 1.075 p.u.). b) La cargabilidad por las líneas se encuentra por debajo del límite admisible de operación (120%). c) La cargabilidad por los transformadores se encuentra por debajo del límite admisible de operación (100%).	--
C13	LT Mill Site– Intipampa	a) La tensión en las barras del área de influencia se encuentra dentro de las tolerancias admisibles (0.90 - 1.075 p.u.). b) La cargabilidad por las líneas se encuentra por debajo del límite admisible de operación (120%). c) La cargabilidad por los transformadores se encuentra por debajo del límite admisible de operación (100%).	a) La tensión en las barras del área de influencia se encuentra dentro de las tolerancias admisibles (0.90 - 1.075 p.u.). b) La cargabilidad por las líneas se encuentra por debajo del límite admisible de operación (120%). c) La cargabilidad por los transformadores se encuentra por debajo del límite admisible de operación (100%).	--
C14	LT Moquegua – Mill Site	a) La tensión en las barras del área de influencia se encuentra dentro de las tolerancias admisibles (0.90 - 1.075 p.u.). b) La cargabilidad por las líneas se encuentra por debajo del límite admisible de operación (120%). c) La cargabilidad por los transformadores se encuentra por debajo del límite admisible de operación (100%).	a) La tensión en las barras del área de influencia se encuentra dentro de las tolerancias admisibles (0.90 - 1.075 p.u.). b) La cargabilidad por las líneas se encuentra por debajo del límite admisible de operación (120%). c) La cargabilidad por los transformadores se encuentra por debajo del límite admisible de operación (100%).	--
C15	LT Mill Site – Plaza	a) La tensión en las barras del área de influencia se encuentra dentro de las tolerancias admisibles (0.90 - 1.075 p.u.).	a) La tensión en las barras del área de influencia se encuentra dentro de las tolerancias admisibles (0.90 - 1.075 p.u.).	--

<table>
<tr><th>Contingencia</th><th>Descripción</th><th>Sin Proyecto</th><th>Con Proyecto</th><th>Acción</th></tr>
<tr><td></td><td></td><td>b) La cargabilidad por las líneas se encuentra por debajo del límite admisible de operación (120%).
c) La cargabilidad por los transformadores se encuentra por debajo del límite admisible de operación (100%).</td><td>b) La cargabilidad por las líneas se encuentra por debajo del límite admisible de operación (120%).
c) La cargabilidad por los transformadores se encuentra por debajo del límite admisible de operación (100%).</td><td></td></tr>
<tr><td>C16</td><td>LT Mill Site - Lixiviación</td><td>a) La tensión en las barras del área de influencia se encuentra dentro de las tolerancias admisibles (0.90 - 1.075 p.u.).
b) La cargabilidad por las líneas se encuentra por debajo del límite admisible de operación (120%).
c) La cargabilidad por los transformadores se encuentra por debajo del límite admisible de operación (100%).</td><td>a) La tensión en las barras del área de influencia se encuentra dentro de las tolerancias admisibles (0.90 - 1.075 p.u.).
b) La cargabilidad por las líneas se encuentra por debajo del límite admisible de operación (120%).
c) La cargabilidad por los transformadores se encuentra por debajo del límite admisible de operación (100%).</td><td>--</td></tr>
<tr><td>C17</td><td>LT Plaza – Lixiviación</td><td>a) La tensión en las barras del área de influencia se encuentra dentro de las tolerancias admisibles (0.90 - 1.075 p.u.).
b) La cargabilidad por las líneas se encuentra por debajo del límite admisible de operación (120%).
c) La cargabilidad por los transformadores se encuentra por debajo del límite admisible de operación (100%).</td><td>a) La tensión en las barras del área de influencia se encuentra dentro de las tolerancias admisibles (0.90 - 1.075 p.u.).
b) La cargabilidad por las líneas se encuentra por debajo del límite admisible de operación (120%).
c) La cargabilidad por los transformadores se encuentra por debajo del límite admisible de operación (100%).</td><td>--</td></tr>
<tr><td>C18</td><td>LT Moquegua – Toquepala</td><td>a) La tensión en las barras del área de influencia se encuentra dentro de las tolerancias admisibles (0.90 - 1.075 p.u.).
b) La cargabilidad por las líneas se encuentra por debajo del límite admisible de operación (120%).
c) La cargabilidad por los transformadores se encuentra por debajo del límite admisible de operación (100%).</td><td>a) La tensión en las barras del área de influencia se encuentra dentro de las tolerancias admisibles (0.90 - 1.075 p.u.).
b) La cargabilidad por las líneas se encuentra por debajo del límite admisible de operación (120%).
c) La cargabilidad por los transformadores se encuentra por debajo del límite admisible de operación (100%).</td><td>--</td></tr>
<tr><td>C19</td><td>Transformador de S.E. Moquegua 220/138 kV</td><td>a) La tensión en las barras del área de influencia se encuentra dentro de las tolerancias admisibles (0.90 - 1.075 p.u.).
b) La cargabilidad por las líneas se encuentra por debajo del límite admisible de operación (120%).
c) La cargabilidad por los transformadores se encuentra por debajo del límite admisible de operación (100%).</td><td>a) La tensión en las barras del área de influencia se encuentra dentro de las tolerancias admisibles (0.90 - 1.075 p.u.).
b) La cargabilidad por las líneas se encuentra por debajo del límite admisible de operación (120%).
c) La cargabilidad por los transformadores se encuentra por debajo del límite admisible de operación (100%).</td><td>--</td></tr>
<tr><td>C20</td><td>Autotransformador de S.E. Montalvo 500/220 kV</td><td>a) La tensión en las barras del área de influencia se encuentra dentro de las tolerancias admisibles (0.90 - 1.075 p.u.).
b) La cargabilidad por las líneas se encuentra por encima del límite admisible de operación (120%).
<table>
<tr><th>Año</th><th>Max</th><th>Escenario</th><th>Tensión</th><th>Línea</th></tr>
<tr><td>2026</td><td>177.06</td><td>Est2026Max</td><td>220 kV</td><td>L-2025</td></tr>
<tr><td>2026</td><td>177.06</td><td>Est2026Max</td><td>220 kV</td><td>L-2026</td></tr>
<tr><td>2026</td><td>165.21</td><td>Ave2026Max</td><td>220 kV</td><td>L-2025</td></tr>
<tr><td>2026</td><td>165.21</td><td>Ave2026Max</td><td>220 kV</td><td>L-2026</td></tr>
<tr><td>2026</td><td>165.04</td><td>Est2026Min</td><td>220 kV</td><td>L-2025</td></tr>
<tr><td>2026</td><td>165.04</td><td>Est2026Min</td><td>220 kV</td><td>L-2026</td></tr>
<tr><td>2026</td><td>161.63</td><td>Ave2026Min</td><td>220 kV</td><td>L-2025</td></tr>
<tr><td>2026</td><td>161.63</td><td>Ave2026Min</td><td>220 kV</td><td>L-2026</td></tr>
</table>
c) La cargabilidad por los transformadores se encuentra por encima del límite admisible de operación (100%).
<table>
<tr><th>Año</th><th>Max</th><th>Escenario</th><th>Tensión</th><th>Transformador</th><th>S.E.</th></tr>
<tr><td>2026</td><td>122.38</td><td>Est2026Max</td><td>500/220/33</td><td>AT104-523</td><td>Yarabamba</td></tr>
<tr><td>2026</td><td>115.39</td><td>Est2026Min</td><td>500/220/33</td><td>AT104-523</td><td>Yarabamba</td></tr>
<tr><td>2026</td><td>94.68</td><td>Ave2026Max</td><td>500/220/33</td><td>AT104-523</td><td>Yarabamba</td></tr>
</table></td><td>a) La tensión en las barras del área de influencia se encuentra dentro de las tolerancias admisibles (0.90 - 1.075 p.u.).
b) La cargabilidad por las líneas se encuentra por encima del límite admisible de operación (120%).
<table>
<tr><th>Año</th><th>Max</th><th>Escenario</th><th>Tensión</th><th>Línea</th></tr>
<tr><td>2026</td><td>176.94</td><td>Est2026Max</td><td>220 kV</td><td>L-2025</td></tr>
<tr><td>2026</td><td>176.94</td><td>Est2026Max</td><td>220 kV</td><td>L-2026</td></tr>
<tr><td>2026</td><td>165.11</td><td>Est2026Min</td><td>220 kV</td><td>L-2025</td></tr>
<tr><td>2026</td><td>165.11</td><td>Est2026Min</td><td>220 kV</td><td>L-2026</td></tr>
<tr><td>2026</td><td>165.08</td><td>Ave2026Max</td><td>220 kV</td><td>L-2025</td></tr>
<tr><td>2026</td><td>165.08</td><td>Ave2026Max</td><td>220 kV</td><td>L-2026</td></tr>
<tr><td>2026</td><td>161.53</td><td>Ave2026Min</td><td>220 kV</td><td>L-2025</td></tr>
<tr><td>2026</td><td>161.53</td><td>Ave2026Min</td><td>220 kV</td><td>L-2026</td></tr>
</table>
c) La cargabilidad por los transformadores se encuentra por encima del límite admisible de operación (100%).
<table>
<tr><th>Año</th><th>Max</th><th>Escenario</th><th>Tensión</th><th>Transformador</th><th>S.E.</th></tr>
<tr><td>2026</td><td>122.37</td><td>Est2026Max</td><td>500/220/33</td><td>AT104-523</td><td>Yarabamba</td></tr>
<tr><td>2026</td><td>115.40</td><td>Est2026Min</td><td>500/220/33</td><td>AT104-523</td><td>Yarabamba</td></tr>
<tr><td>2026</td><td>98.73</td><td>Est2026Med</td><td>33/0.63/0.63</td><td>TR_ITS05</td><td>Intipampa</td></tr>
</table></td><td>Es Ajeno Al Proyecto</td></tr>
</table>

- La sobrecarga en las líneas L-5036 y L-5034 es ajeno al ingreso del Proyecto. Por otro lado, la nueva inyección de generación del Proyecto en el Área Sur contribuye a la reducción de la cargabilidad por estas líneas (flujo de potencia desde el Área Centro a Sur del SEIN) en los escenarios de media demanda.

- La sobrecarga en las líneas paralelas L-2025 y L-2026, se deba la Carga en el área Sur y se mitigará con la activación de los esquemas Rechazo Automático de Carga (ERAC) de las empresas de la zona de influencia. El Proyecto no tiene participación en escenarios de máxima y mínima demanda. Asimismo, Proyecto contribuye a la reducción de la cargabilidad por estas líneas en los escenarios de media demanda.
- La sobrecarga en el transformador AT104-523 (500/220/33 kV) de la S.E. Yarabamba es ajeno al ingreso del Proyecto. La nueva inyección de generación del Proyecto también contribuye a la reducción de la cargabilidad por los transformadores en los escenarios de media demanda.

3.2. Estudio de Cortocircuito

1. El nivel de corriente de cortocircuito en las barras del área de influencia al Proyecto no afecta de manera significativa a la operación del Sistema Eléctrico Interconectado Nacional (SEIN).
2. El nivel de corriente de cortocircuito de las diferentes barras se encuentra por debajo de la capacidad de ruptura ante las diferentes simulaciones:

Caso Base:

- La máxima corriente de cortocircuito en la barra de 138 kV de la S.E. Intipampa es 6.89 kA por fase y 7.44 kA por tierra. Estos valores son similares para el caso sin proyecto.
- La máxima corriente de cortocircuito en la barra de 22.9 kV de la S.E. Intipampa es 7.49 kA por fase y 0.55 kA por tierra. Estos valores son similares para el caso sin proyecto.
- La máxima corriente de cortocircuito en la barra de 33 kV de la S.E. Intipampa es 6.29 kA por fase y 0.49 kA por tierra.

Caso Adicional:

- La máxima corriente de cortocircuito en la barra de 138 kV de la S.E. Intipampa es 6.69 kA por fase y 7.35 kA por tierra. Estos valores son similares para el caso sin proyecto.
- La máxima corriente de cortocircuito en la barra de 22.9 kV de la S.E. Intipampa es 7.43 kA por fase y 0.55 kA por tierra. Estos valores son similares para el caso con proyecto.

- La máxima corriente de cortocircuito en la barra de 33 kV de la S.E. Intipampa es 6.26 kA por fase y 0.49 kA por tierra.

Se evidencia una leve disminución de la máxima corriente de cortocircuito en las barras de influencia en el Caso Adicional respecto al Caso Base, debido a que se consideró el retraso del segundo autotransformador de la S.E. Montalvo.

3. En la siguiente tabla se muestran los resultados del máximo nivel de cortocircuito en las barras del área de influencia, donde se registra una leve variación en los escenarios Sin Proyecto y Con Proyecto, **lo cual no afecta negativamente la operación de Sistema Eléctrico Interconectado Nacional (SEIN).**

Nombre DIgSILENT	Barras	Tensión (kV)	Capacidad de Ruptura (kA)	Caso Base				Adicional				Max	
				Fase		Tierra		Fase		Tierra		Fase (kA)	Tierra (kA)
				Sin Proyecto (kA)	Con Proyecto (kA)	Sin Proyecto (kA)	Con Proyecto (kA)	Sin Proyecto (kA)	Con Proyecto (kA)	Sin Proyecto (kA)	Con Proyecto (kA)		
Montalvo 500_L-5039	Montalvo	500	40	5.80	5.80	7.55	7.55	5.49	5.50	6.83	6.83	5.80	7.55
MONTALVO 220A		220	40	11.69	11.69	16.72	16.73	9.81	9.85	13.46	13.71	11.69	16.73
MOQUEGUA 220A	Moquegua	220	31.5	10.70	10.71	14.53	14.56	9.55	9.58	12.93	13.17	10.71	14.56
MOQUEGUA 138A		138	20	11.29	11.32	15.29	15.41	10.60	10.70	14.47	14.79	11.32	15.41
CHILOTA 220A	Chilota	220	50	2.90	2.90	2.70	2.70	2.84	2.85	2.67	2.67	2.90	2.70
PUNO 220A	Puno	220	40	2.77	2.77	2.78	2.78	2.76	2.77	2.77	2.77	2.77	2.78
SAN ROMAN 220A	San Román	220	40	2.95	2.95	3.06	3.06	2.94	2.94	3.05	3.05	2.95	3.06
BOTIFLACA 138	Botiflaca	138	20	5.40	5.40	4.77	4.78	5.20	5.20	4.65	4.65	5.40	4.78
PUSH BACK 138A	Push Back	138	40	6.20	6.20	6.61	6.66	6.00	6.03	6.50	6.59	6.20	6.66
MILL SITE 138	Mill Site	138	20	7.97	7.98	10.52	10.57	7.68	7.73	10.24	10.38	7.98	10.57
PLAZA 138A	Plaza	138	40	7.95	7.96	10.67	10.71	7.66	7.71	10.39	10.52	7.96	10.71
ILO3 220A	Ilo3	220	40	4.55	4.55	4.61	4.61	4.35	4.34	4.51	4.54	4.55	4.61
ILO3 138A		138	40	6.77	6.77	7.81	7.87	6.53	6.58	7.68	7.75	6.77	7.87
ILO I 138A	Ilo I	138	40	4.75	4.75	6.29	6.29	4.65	4.65	6.19	6.20	4.75	6.29
ILO ELS 138	Ilo ELS	138	--	4.44	4.44	4.85	4.86	4.34	4.35	4.79	4.82	4.44	4.86
LOS HÉROES 220	Los Héroes	220	40	3.03	3.03	2.86	2.86	2.93	2.93	2.78	2.79	3.03	2.86
QUEBRADA HONDA 138B	Quebrada Honda	138	40	4.52	4.52	5.12	5.13	4.41	4.42	5.05	5.09	4.52	5.13
TOQUEPALA 138	Toquepala	138	40	7.82	7.82	10.14	10.20	7.53	7.58	9.88	10.03	7.82	10.20
INTIPAMPA138	Intipampa	138	31.5	6.60	6.89	6.50	7.44	6.34	6.69	6.38	7.35	6.89	7.44
INTIPAMPA22.9		22.9	25	7.48	7.49	0.55	0.55	7.43	7.42	0.55	0.55	7.49	0.55
Intipampa 33		33.0	31.5	---	6.29	---	0.49	---	6.26	---	0.49	6.29	0.49

3.3. Estudio de Transitorios Electromagnéticos

1. La impedancia armónica de la barra de 138 kV de la S.E. Intipampa no arroja puntos de resonancias, para armónicos de 120 Hz, que se vean afectadas con la energización del transformador 138±12x0.75%/33 kV de 62.5 MVA de la S.E. Intipampa.
2. De las 200 energizaciones estadística en **Red Completa, Radial desde Moquegua, Radial desde Intipampa** se registró las siguientes sobretensiones:

Subestación	Medición	
	Fase – Fase (Up2)	Fase – Tierra (Ue2)
Moquegua	1.0871	1.1060
Intipampa	1.0727	1.0746
Mill Site	1.0142	1.0189

3. La energía absorbida de los descargadores de sobretensión, durante la maniobra de energización de las líneas de transmisión es menor a al 5% de su capacidad de absorción de energía.
4. De las 200 simulaciones estadísticas del nuevo transformador 138/33 k, desde la barra de 138 kV de la S.E. Intipampa, los máximo niveles de corriente inserción se muestra en la tabla.

Energización del Transformador						
Fase	Red Completa		L-1384 (Intipampa-Moquegua) Fuera de servicio		L-1394 (Intipampa – Mill Site) Fuera de servicio	
	I [A]	I [pu]	I [A]	I [pu]	I [A]	I [pu]
R	1228.07	4.151	892.96	3.018	1244.30	4.206
S	1261.42	4.264	927.06	3.134	1269.09	4.290
T	**1298.16**	**4.388**	**961.72**	**3.251**	**1299.68**	**4.393**

5. La energización del transformador de 138±12x0.75%/33 kV de 62.5 MVA de la S.E. Intipampa, sin interruptores con mando sincronizado, origina caídas de tensión menores al 10% de la tensión previa a la maniobra; por lo tanto, la energización no generará un impacto negativo a la operación del área de influencia.
6. El interruptor de 138 kV del transformador de la S.E. Intipampa dispondrá de los equipos de mando sincronizado con el cual se minimizará la corriente de

inserción y por ente los transitorios de tensión que podría registrase. Marca ABB, modelo **Switchsync™ PWC600.**

7. Las máximas exigencias del TRV obtenidas son cubiertas por la soportabilidad T100 de los interruptores del Proyecto.
8. Ante la energización del transformador de la S.E. Intipampa la tensión U0 se encuentra en el tercer cuadrante (ver figura) con referencia a IE de las línea L-1384 y L-1394 en la S.E. Intipampa; por lo tanto, la función 67N detectará la energización del transformador en dirección reversa.

3.4. Estudio de Coordinación de Protecciones

El estudio de Coordinación de las protecciones tiene por objetivo definir los ajustes del sistema de protección para la conexión al SEIN del proyecto "Central Solar Fotovoltaica Intipampa de 51.7 MW".

El transformador de potencia de 138/33 kV de la S.E. Intipampa estará protegido por los siguientes relés (ver numeral 4.1, 4.2 y 4.3 del Estudio de Coordinación de Protecciones):

- Un relé Micom modelo P643, conectado del transformador de corriente del buje de 138 kV y 33 kV del transformador.
- Un relé Micom modelo P643, conectado del transformador de corriente de la celda de 138 kV y de la llegada a la barra de 33 kV.
- Un relé Siemens modelo 7SJ85, instalado en la celda de llegada a la barra de 33 kV.

En el numeral 4 del Estudio de Coordinación de Protecciones se define los ajustes para el transformador Zig-Zag, Circuitos de 33 kV, Transformador de SSAA, y celda del Banco de condensadores.

En el numeral 6.2 del Estudio de Coordinación de Protecciones se incluye las recomendaciones a implementar en el área de influencia del proyecto.

3.5. Estudio de Armónicos

1. Para la evaluación se dispone de mediciones de las barras de 138 kV de la S.E. Intipampa desde las 00:00 h del 28-02-2025 hasta las 00:00 h del 07-03-2025.
2. De la medición se registra que el 31, 35, 37 y 38 avo armónico de la tensión en la barra de 138 kV de la S.E. Intipampa presenta transgresión a la NTCSE. Con el ingreso del Proyecto se espera mantener la trasgresión de estos armónicos.

3. De acuerdo con las mediciones, no se registra transgresión a la NTCSE de los armónicos 5, 7, 11, 13, 17, 25 y 29. Con el ingreso del Proyecto no presentará transgresión a la NTCSE de estos armónicos.
4. Con el ingreso del Proyecto se espera que el 5to armónico se incrementa levemente con el ingreso del Proyecto; sin embargo, es menor al límite establecido en la NTCSE.
5. Con el ingreso del Proyecto se espera que los armónicos 11, 13, 17, 19, 23, 25 y 29 disminuyen y/o incrementan levemente cuyos valores son menores a los limites establecido en la NTCSE.
6. Con el ingreso del Proyecto se espera que el 31, 35 y 37 armónico sea superior a los límites establecidos en la NTCSE, similar a lo registrado en las mediciones.
7. El THD de tensión calculado de las barras de 220 kV de las subestaciones Moquegua, Intipampa y Mill Site es menor al límite establecido en la NTCSE (3%).
8. El nivel de THD de corriente por los bancos de condensadores para las diferentes configuraciones y escenarios se muestra en la figura. El nivel de THD se considera adecuado para la operación segura de los bancos.

Cantidad de bancos de Condensadores	**THD [%] (Caso Base)**	
	Ave2026Med	**Est2026Med**
Un banco de condensadores	19.78	15.79
Dos bancos de condensadores	16.44	12.97
Tres bancos de condensadores	13.24	6.64

9. Con el ingreso del Proyecto se concluye: (1) el Proyecto inyecta niveles de armónicos menores a lo indicado al estándar de la IEEE-519. (2) El flujo de armónicos registrados en las simulaciones se debe a lo armónicos del sistema de transmisión el cual ingresaran a los bancos de condensadores. (3) **Considerando que para un adecuado análisis de flujo de corriente armónicos en el sistema de transmisión se necesita modelar adecuadamente las cargas y/o centrales que generan corrientes armónicos el cual está fuera del alcance del Estudio de Operatividad,**

con la puesta en servicio del Proyecto se realizará la medición de los niveles de armónicos en el punto de conexión.

10. El proyecto Central Solar Fotovoltaica Ampliación Intipampa no generará efectos negativos que ponga en riesgo la operación de los equipos de área de influencia.

3.6. Estudio de Estabilidad Transitoria

1. La Central Solar Expansión Intipampa soportará los límites de Huecos de Tensión establecidos en el Anexo 1 del Procedimiento Nº 20 del COES. Los ajustes de control y protecciones se ajustan para cumplir con la exigencia establecida.

2. Las contingencias con fallas Monofásicas con recierre exitoso analizadas, para todos los casos de estudio son las que se muestran en la siguiente tabla.

Contingencias Analizadas				
Descripción		Código	Sin Proyecto	Con Proyecto
C01	LT San José - Montalvo	L-5037	✓	✓
C02	LT Montalvo - Yarabamba	L-5035	✓	✓
C03	LT San José – Ocoña	L-5036	✓	✓
C04	LT Yarabamba - Poroma	L-5033	✓	✓
C05	LT Moquegua - Socabaya	L-2025	✓	✓
C06	LT Montalvo - Moquegua	L-2057	✓	✓
C07	LT Montalvo – Los Héroes	L-2036	✓	✓
C08	LT Moquegua – Los Héroes	L-2029	✓	✓
C18	LT Moquegua – Toquepala	L-1025	✓	✓

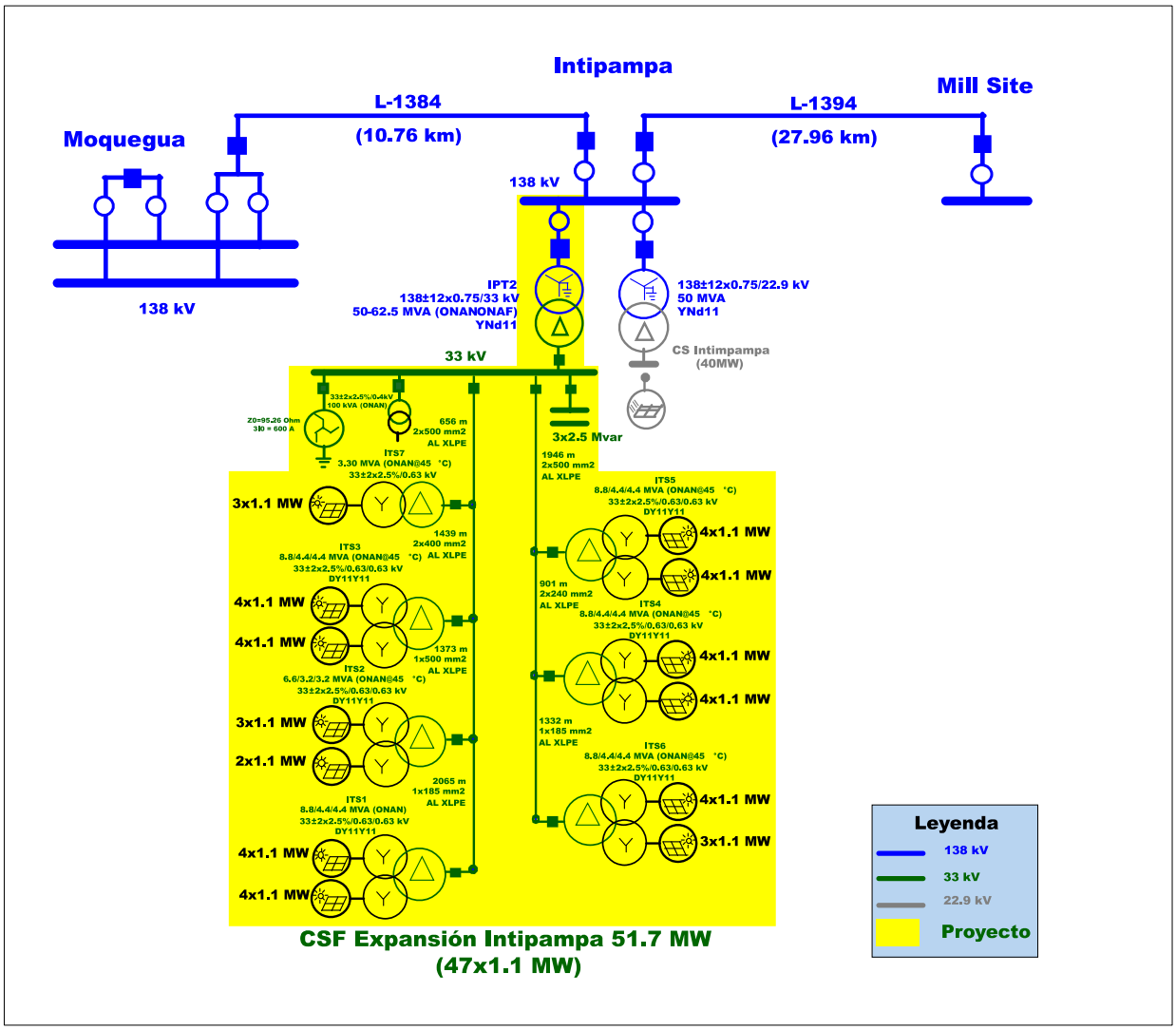
De las fallas monofásicas mencionadas en todas las contingencias dadas en el Caso Base y Adicional se concluye que, para el caso Sin y Con Proyecto, la tensión se encuentra dentro del ±10% de la tensión de operación. Además, la cargabilidad por las líneas y trasformadores es menor al límite de su capacidad.

3. Las contingencias con fallas trifásicas analizadas para todos los casos de estudio son las que se muestran en la siguiente tabla.

Contingencias Analizadas				
Descripción		Código	Sin Proyecto	Con Proyecto
C01	LT San José - Montalvo	L-5037	✓	✓
C03	LT Montalvo - Yarabamba	L-5035	✓	✓

Contingencias Analizadas				
Descripción		Código	Sin Proyecto	Con Proyecto
C03	LT San José – Ocoña	L-5036	✓	✓
C04	LT Yarabamba - Poroma	L-5033	✓	✓
C05	LT Moquegua - Socabaya	L-2025	✓	✓
C06	LT Montalvo - Moquegua	L-2057	✓	✓
C07	LT Montalvo – Los Héroes	L-2036	✓	✓
C08	LT Moquegua – Los Héroes	L-2029	✓	✓
C09	LT Moquegua - Botiflaca	L-1381	✓	✓
C10	LT Moquegua – Ilo 1	L-1383	✓	✓
C11	LT Moquegua – Intipampa	L-1384	✓	✓
C12	LT Botiflaca – Pushback	L-1386/1	✓	✓
C13	LT Mill Site– Intipampa	L-1394	✓	✓
C14	LT Toquepala – Mill Site	L-1388	✓	✓
C15	LT Mill Site – Plaza	L-1395	✓	✓
C16	LT Mill Site - Lixiviación	L-1389	✓	✓
C17	LT Plaza – Lixiviación	L-1398	✓	✓
C18	LT Moquegua – Toquepala	L-1025	✓	✓
C19	Transformador de S.E. Moquegua 220/138 kV	MT1	✓	✓
C20	Autotransformador de S.E. Montalvo 500/220 kV	AUT-5671	✓	✓

4. Para el análisis de Fallas Trifásicas en las líneas de transmisión al 1% y 99%, en el Caso Base y Adicional en las contingencias C01, C02, C03, C04, C05, C06, C07, C08, C09, C10, C11, C12, C13, C14, C15, C16, C17, C18, C19 y C20 la tensión se encuentra dentro del rango de ±10% de la tensión de operación y la cargabilidad por las líneas es menor al 120% de su capacidad.
5. La CSF Expansión Intipampa, ante fallas en el sistema de transmisión, tiene una respuesta amortiguada y no afecte la operación dinámica de otras unidades de generación del SEIN.
6. Del análisis de las simulaciones de tiempo de crítico de despeje de falla para los escenarios de estudio en año 2026 (avenida y estiaje en media demanda), se evidenció que con un tiempo de falla igual a 500 ms no se registra pérdida de sincronismo, resultando que el tiempo critico de despeje de falla es mayor a 500 ms. Por lo tanto, se cumple con los criterios establecidos en el PR-20 del COES mencionados en el numeral 2.6. de este documento.

7. Ante la desconexión del grupo de mayor generación Kallpa TV con 291.3 MW, en el escenario de estiaje de media demanda 2026, se obtiene la frecuencia mínima registrada con un valor de 59.53 Hz para el caso Sin Proyecto y 59.52 Hz para el caso Con Proyecto. De manera similar, ante la desconexión de generación solar fotovoltaica de 293.8 MW, Sin Proyecto, se obtiene una frecuencia mínima de 59.57 Hz, en Avenida media demanda, y este mismo escenario en el caso Con Proyecto (345.5 MW) se registra la frecuencia con un mínimo de 59.47 Hz. Por lo tanto, la desconexión generación origina disminución de frecuencia en el SEIN, el cual se recupera por la activación del sistema de regulación de velocidad de las unidades de generación.
8. La CSF Intipampa no activa modos de oscilación con amortiguamiento menores al 5% y no afecta la operación de otras unidades de generación del SEIN.

4. Unifilar del Proyecto