

INGENIERÍA DE LÍNEA DE TRANSMISIÓN 220 KV RESTITUCIÓN DE LÍNEA

AUDITORÍA DE LA INFORMACIÓN TÉCNICA “LÍNEA POLPAICO- SANTA FILOMENA 220 KV”

CLIENTE	:	CEN
PROYECTO	:	Auditoría de la Información Técnica “Línea Polpaico- Santa Filomena 220 kv”
ÁREA	:	Línea de Transmisión
TÍTULO	:	Restitución de Línea
ELABORADO POR	:	Transmission Line
CONTROLADO POR	:	Transmission Line
N.U.P. (CEN)	:	

2	05/04/23	Aprobado	A.V.H.	J.T.E.	J.T.E.
1	31/03/23	Aprobado	A.V.H.	J.T.E.	J.T.E.
0	24/03/23	Aprobado	A.V.H.	J.T.E.	J.T.E.
B	23/02/23	Para Revisión Coordinador	A.V.H.	J.T.E.	J.T.E.
A	21/02/23	Para Revisión Interna	A.V.H.	J.T.E.	J.T.E.
REV.	FECHA	MOTIVO DE LA EMISIÓN	PREPARÓ	REVISÓ	APROBÓ

CÓDIGO DOC.	:	TRLI-P-131-DCA-DOC-PA-003	REVISIÓN	
CÓDIGO EXTERNO	:		ACTUAL	2

ÍNDICE

1. OBJETIVO	2
2. ALCANCE	2
3. NORMAS Y ANTECEDENTES	2
4. CONDICIONES DE INSTALACIÓN Y OPERACIÓN	3
4.1. Condiciones ambientales	3
4.2. Características del sistema	4
5. METODOLOGÍA DE DESARROLLO.....	4
5.1. Levantamiento topográfico	4
5.2. Precisión de topografía con tecnología LIDAR	5
5.3. Restitución de la línea	6
5.3.1. Características conductor existente	6
5.3.2. Características de los aisladores.....	6
5.3.3. Geometría de las estructuras	9
5.3.4. Coordenadas de las estructuras	12
5.3.5. Registro ambiental de levantamiento topográfico	12
5.3.6. Registro de transferencia de potencia	12
5.3.7. Perfil longitudinal.....	14
5.3.8. Distancias Verticales	15
5.3.9. Estaciones iniciales y finales.....	19
5.3.10. Volumen y polígono	19
5.3.11. Determinación de temperatura en conductor para cumplir distancia vertical	20
5.4. Hipótesis flechas y tensiones.....	22
5.4.1. Flechas y tensiones.....	22
5.4.2. Cálculo capacidad térmica del conductor	22
6. CONCLUSIONES	29
ANEXO 1 VANOS CON DISTANCIAS VERTICALES MÍNIMAS Y LAS ÁREAS DE INCUMPLIMIENTO	30
ANEXO 2 ANEXO TÉCNICO: DESARROLLO DE AUDITORÍAS TÉCNICAS	33
ANEXO 3 TOPOGRAFÍA TRANSMISSION LINE.....	33
ANEXO 4 PERFIL LONGITUDINAL “ANGLO AMERICAN SUR S.A.”	33
ANEXO 5 INFORMACIÓN DE ENOTÉCNICA.....	33
ANEXO 6 PERFIL LONGITUDINAL RESTITUIDO	33
ANEXO 7 REGISTROS MEDIDOR PAÑO J13 DE LA SE POLPAICO 220 KV	33
ANEXO 8 MODELO PLS-CADD RESTITUCIÓN LÍNEA	33
ANEXO 9 REPORTE RECURSO SOLAR Y DATOS METEOROLÓGICOS	33
ANEXO 10 REPORTE CAPACIDAD DE CORRIENTE PARA TEMPERATURAS DE 57[°C] Y 68[°C]	34

1. OBJETIVO

El presente documento tiene como objetivo determinar la condición de flechas y tensiones del conductor conforme a lo establecido en los Pliegos Técnicos Normativos RPTD, utilizando levantamientos topográficos y análisis con el software PLS-CADD.

Además, este documento abarca lo siguiente:

- Obtener las distancias verticales a 50[°C], 55[°C], 60[°C], 65[°C], 70[°C], 75[°C] y 80[°C].
- Identificación de distancias que no cumplen con la distancia mínima al suelo.
- Cálculo y presentación de la franja de seguridad en áreas que no cumplan con la distancia al suelo.
- Estimación del volumen de terreno a remover.
- Presentación de las coordenadas del polígono del terreno a remover.

2. ALCANCE

Se desarrolla la ingeniería de restitución correspondiente entre las estructuras 39, 40, 41 y 42 vanos de la línea existente 1x220 kV Polpaico- Santa Filomena.

3. NORMAS Y ANTECEDENTES

Todos los aspectos que este informe consulte expresamente y que tengan relación directa con las obras por realizar, se entenderán sin lugar a dudas, que deberán ser ejecutados de acuerdo a las normas y procedimientos más modernos que se aplican en esta área, y que a su vez garanticen una racional y eficaz utilización de las instalaciones.

Entra otras, se deben respetar las normas, reglamentos y criterios que se detallan a continuación:

- | | | |
|------------|---|---|
| [1] NTSyCS | : | Norma Técnica de Seguridad u Calidad de Servicio. |
| [2] RPTDN | : | Pliegos Técnicos Normativos 1 al 16. |
| [3] IEEE | : | Institute of Electrical and Electronical Engineers. |

Se disponen de los siguientes antecedentes obtenidos de la Información técnica dispuestos por “Anglo American Sur S.A.”, Coordinador Eléctrico Nacional y campañas de terreno:

- [4] ANEXO TÉCNICO: Desarrollo de Auditorías Técnicas (Anexo 2)
<https://transmissionline.sharepoint.com/:f:/s/TRLI-P-162-CEN/EtYnHXkqD7xIlh20d8Oos0EBXR4glx-gSEZkqwSVpxzdhQ?e=1Ymy4q>
- [5] Topografía Transmission Line (Anexo 3)
<https://transmissionline.sharepoint.com/:f:/s/TRLI-P-162-CEN/EmJvyjWP1Y1AhfIPjxz8P2QB6k8tInMG0hQSW472JFbtCg?e=Tc93pX>
- [6] Perfil longitudinal “Anglo American Sur S.A.” (Anexo 4)
<https://transmissionline.sharepoint.com/:f:/s/TRLI-P-162-CEN/EmhhwJpwVChArEdOH8JWgflB8FI5uC-Jsf9755d4eT91w?e=6eV7iF>
- [7] Información de infotecnica (Anexo 5)
<https://transmissionline.sharepoint.com/:f:/s/TRLI-P-162-CEN/EpjMkZ7BkR1CuKxSZzc2UNgBFFwhlz-0yxXry4Dj7Dwp0A?e=hYTeCd>
- [8] Perfil longitudinal restituido (Anexo 6)
<https://transmissionline.sharepoint.com/:f:/s/TRLI-P-162-CEN/EnnWuufRsZRAbw8aLZWY6wBYoHerwnB2OmebvD1wFkfVQ?e=SZXmTZ>

[9] Registros medidor paño J13 de la SE Polpaico 220 kV (Anexo 7)

<https://transmissionline.sharepoint.com/:f:/s/TRLI-P-162-CEN/EIDMpvduJsRko25csJEtApUBt4gj3ONlqvbCcfdRZEKbgQ?e=8UZTKH>

[10] Modelo PLS-CADD Restitución línea (Anexo 8)

<https://transmissionline.sharepoint.com/:f:/s/TRLI-P-162-CEN/Eg-sRujvAxtHIQ2TZZKAUI8BfE6bg533S6v9XM-SjAZj-Q?e=0RckEb>

[11] Reporte Recurso solar y datos meteorológicos (Anexo 9)

https://transmissionline.sharepoint.com/:f:/s/TRLI-P-162-CEN/Eq1AYHz_2UVNo2XBYpb1BqABnllko4d2siOZFyfiPQ6QDA?e=czHid1

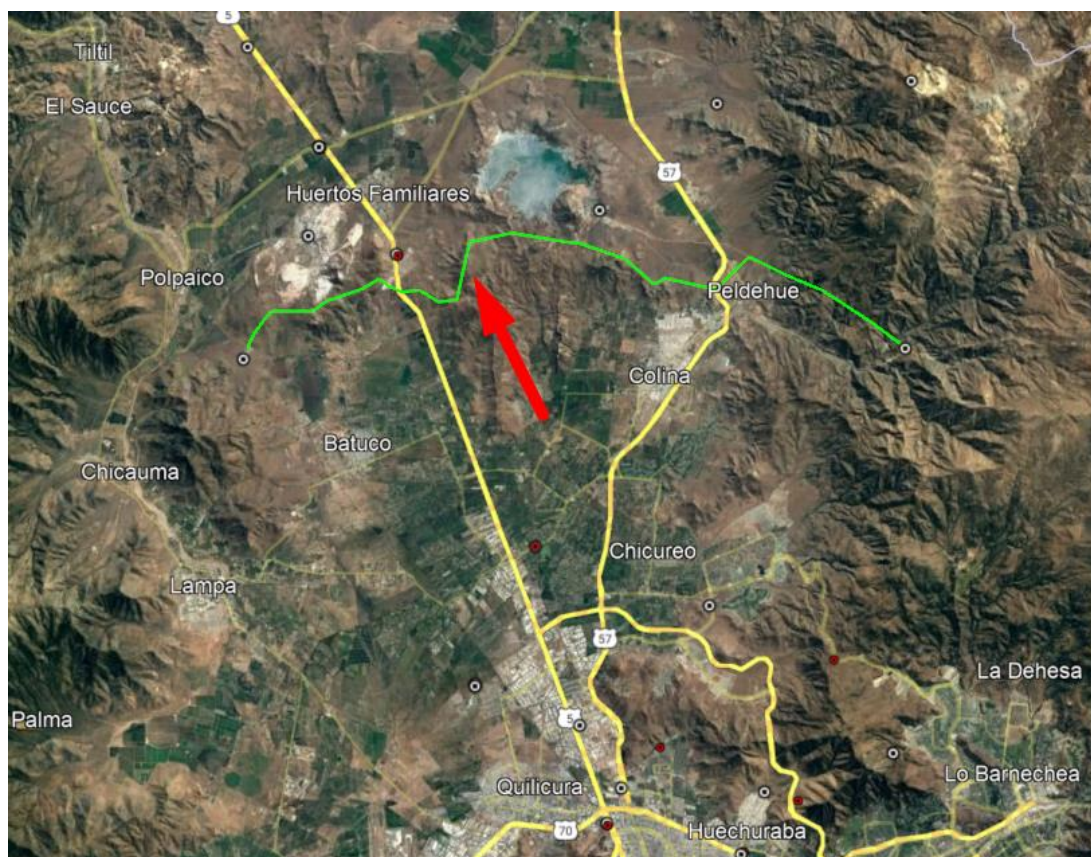


Ilustración 3-1 Trazado de línea existente 1x220 kV Polpaico- Santa Filomena

4. CONDICIONES DE INSTALACIÓN Y OPERACIÓN

4.1. Condiciones ambientales

Las características meteorológicas más representativas presentes en la zona de la línea de transmisión son las siguientes:

Tabla 1: Características ambientales.

Detalle	Valor
Según Pliegos Técnicos Normativos	Zona III
Altitud máxima sobre el nivel del mar	522 hasta 1287 [m.s.n.m.]
Temperatura máxima para cálculo de capacidad térmica del conductor	35 [°C]
Temperatura mínima según RPTD N°11	10 [°C]

Detalle	Valor
Registro máximo según registro de topografía en terreno Anexo 3)	26 [°C]
Espesor del manguito de hielo	0 [mm]
Presión de viento máximo según RPTD N°11	40 [kg/m2]
Presión de viento medio	10 [kg/m2]

4.2. Características del sistema

La línea de transmisión posee las siguientes características:

Tabla 2: Características generales del sistema eléctrico.

Características	Valor
Tensión Nominal	220 [kV]
Frecuencia	50 [Hz]
Longitud de la línea	33 [Km]
Disposición de conductores	triangular
Número de fases por circuito	3
Cantidad de circuitos	1
Número de Conductores por fase	1
Conductor de fase	AAAC 1200 MCM 61/0

5. METODOLOGÍA DE DESARROLLO

5.1. Levantamiento topográfico

Para ejecutar los estudios pertinentes, se llevó a cabo un levantamiento topográfico utilizando la tecnología LIDAR (Light Detection and Ranging), que básicamente utiliza láseres para medir distancias y crear mapas de alta precisión. A continuación, se muestran ilustraciones de los datos obtenidos durante el levantamiento topográfico.

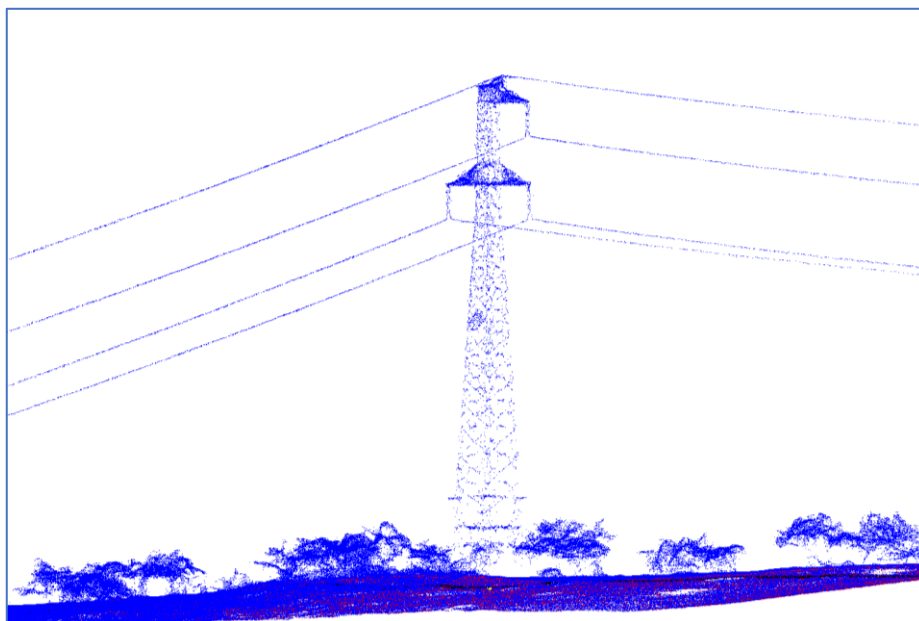


Ilustración 2: Imagen 3D, topografía LIDAR.

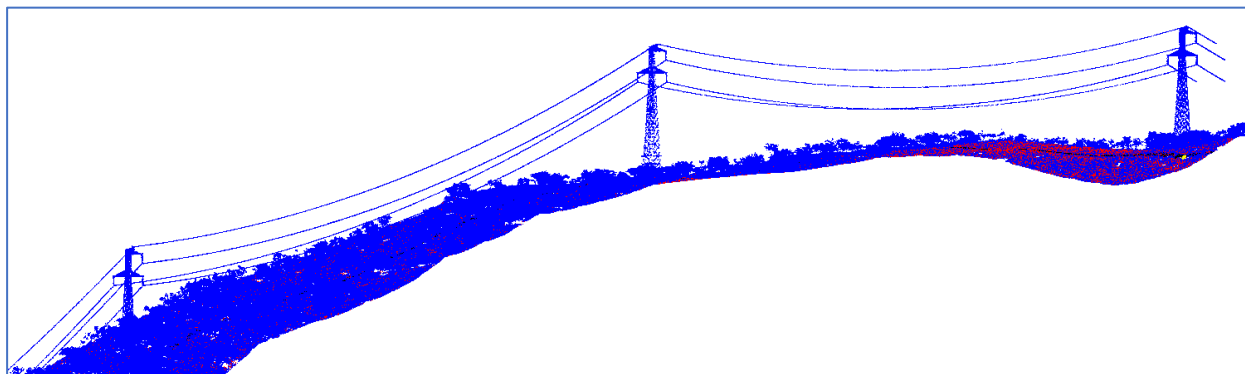


Ilustración 3: Imagen de perfil, topografía LIDAR.

5.2. Precisión de topografía con tecnología LIDAR

El LIDAR es un método de levantamiento topográfico que utiliza pulsos de luz láser para medir la distancia entre el sensor y los objetos en el terreno. Esta tecnología se puede utilizar desde diferentes plataformas, como drones, aviones, vehículos terrestres y estaciones terrestres. En general, la precisión del levantamiento topográfico LIDAR depende de varios factores, incluidos el sistema LIDAR, la plataforma de adquisición, las condiciones ambientales y la calidad del procesamiento de datos.

En el caso de un levantamiento topográfico LIDAR con drones, la precisión suele ser alta. Para la mayoría de los sistemas LIDAR montados en drones, se puede esperar una precisión vertical de alrededor de 5- 10 [cm] y una precisión horizontal de alrededor de 10-20 [cm]. Sin embargo, estas cifras pueden variar dependiendo de los factores mencionados anteriormente.

Algunas consideraciones clave que pueden afectar la precisión del levantamiento topográfico LIDAR incluyen:

- a) **Calidad del sistema LIDAR:** Los sensores LIDAR de alta calidad ofrecen una mayor precisión y resolución. La tasa de repetición del pulso, la precisión del reloj y la calidad del receptor GPS también son factores importantes.
- b) **Altitud y velocidad del vuelo:** La altitud y la velocidad del vuelo del drone influyen en la densidad de puntos y la resolución de la nube de puntos, lo que afecta la precisión del levantamiento. En general, volar a menor altitud y a menor velocidad proporcionará mejores resultados.
- c) **Condiciones ambientales:** Las condiciones climáticas, como la niebla, la lluvia o el polvo, pueden afectar la calidad de los datos LIDAR. Además, la presencia de vegetación puede dificultar la medición precisa del terreno subyacente.
- d) **Procesamiento de datos:** La precisión del levantamiento topográfico LIDAR también depende de la calidad del procesamiento de datos, incluida la corrección de errores, la clasificación de puntos y la generación de productos finales, como modelos digitales de terreno o modelos digitales de superficie.

En resumen, la precisión del levantamiento topográfico LIDAR con drones suele ser bastante alta, pero puede verse afectada por una variedad de factores. Al tener en cuenta estos factores y garantizar el uso de equipos y técnicas de procesamiento de datos de alta calidad, se puede lograr una precisión de 5- 10 [cm] en la medición vertical y de 10-20 [cm] en la medición horizontal.

5.3. Restitución de la línea

A continuación, se procederá a citar las características principales de la línea eléctrica de transmisión 1x220 kV Polpaico- Santa Filomena.

5.3.1. Características conductor existente

El conductor de fase perteneciente a la línea de transmisión corresponde a un conductor tipo AAAC.

Tabla 3: Características generales del conductor.

Características	Valor
Nombre	1200 MCM 61 hebras AAAC
Calibre	1200 [MCM]
Diámetro	32.08 [mm]
Sección	608 [mm²]
Peso	1.6683 [kgf/m]
Carga de rotura	17675 [kgf]
Resistencia AC 50[°C]	0.057493 [Ohm/km]
Resistencia AC 75[°C]	0.062164 [Ohm/km]

5.3.2. Características de los aisladores

A continuación, se muestran las características de los aisladores que conforman el tramo en estudio de la línea.

Tabla 4: Lista de materiales conjuntos para estructuras HK11ED99, HK11EE01 y AK11EF09.

ITEM	DESCRIPCIÓN	CÓDIGO DEL FABRICANTE	HK11ED99	HK11EE01	AK11EF09
			FIGURA 1. CONJUNTO DE SUSPENSIÓN	FIGURA 2. CONJUNTO DE SUSPENSIÓN PUENTE ELÉCTRICO	FIGURA 3. CONJUNTO DE ANCLAJE
1	GRILLETE RECTO CON PASADOR, 320 KN	F0309124	2	2	
2	ESLABÓN-BOLA NORMAL, 320 KN	F0302042	1	1	1
3	AISLADOR DE VIDRIO TIPO BOLA Y ROTULA, DF=320 MM, 240 KN	SPA366DA6F7	16	16	17
4	RÓTULA-OJO 90° DE SUSPENSIÓN, 240 KN	F0308059	1	1	
5	GRAMPA DE SUSPENSIÓN (CON ARMADURA PREFORMADA), PARA CONDUCTOR AAAC 1200 MCM, 160KN	F0401142	1		
6	GRAMPA DE SUSPENSIÓN (CON ARMADURA PREFORMADA), PARA CONTRAPESO Y CONDUCTOR AAAC 1200 MCM, 240KN	F0401143			
7	GRAMPA DE SUSPENSIÓN (PARA PUENTE ELÉCTRICO), PARA CONDUCTOR AAAC 1200 MCM, 100 KN	F0401110		1	
8	ARMADURA PREFORMADA	F1003011	1		
9	SOPORTE BASCULANTE, 240 KN	---			1
10	JUNTURA UNIVERSAL, 280 KN	F0206131			1
11	TENSOR HORQUILLA-HORQUILLA DE AJUSTE LINEAL CONTINUO, MÍNIMO 200 MM, 280 KN	F0315120			
12	RÓTULA-OJO 90° DE ANCLAJE, 320 KN	F0308058			1
13	GRAMPA DE ANCLAJE TIPO COMPRESIÓN	F0535143			1
14	PERNO OJO	F048025/2			
15	CONTRA PESO 25 kg	F0409007			
16	AMORTIGUADOR TIPO STOCKBRIDGE, PARA CONDUCTOR AAAC 1200 MCM	---			
17	UNIÓN A COMPRESIÓN, PARA CONDUCTOR AAAC 1200 MCM	---			

Tabla 5: Lista de materiales conjuntos para estructuras AK11EF10 y HK11EE02.

ITEM	DESCRIPCIÓN	CÓDIGO DEL FABRICANTE	AK11EF10	—	—	HK11EE02
			FIGURA 4. CONJUNTO DE ANCLAJE CON TENSOR	FIGURA 5. AMORTIGUADOR TIPO STOCKBRIDGE	FIGURA 6. UNIÓN A COMPRESIÓN	FIGURA 7. CONJUNTO DE SUSPENSIÓN CON CONTRAPESO DE 200 KG
1	GRILLETE RECTO CON PASADOR, 320 KN	F0309124				2
2	ESLABÓN-BOLA NORMAL, 320 KN	F0302042	1			1
3	AISLADOR DE VIDRIO TIPO BOLA Y ROTULA, DF=320 MM, 240 KN	SPA366DA6F7	17			16
4	RÓTULA-OJO 90° DE SUSPENSIÓN, 240 KN	F0308059				1
5	GRAMPA DE SUSPENSIÓN (CON ARMADURA PREFORMADA), PARA CONDUCTOR AAAC 1200 MCM, 160KN	F0401142				
6	GRAMPA DE SUSPENSIÓN (CON ARMADURA PREFORMADA), PARA CONTRAPESO Y CONDUCTOR AAAC 1200 MCM, 240KN	F0401143				1
7	GRAMPA DE SUSPENSIÓN (PARA PUENTE ELÉCTRICO), PARA CONDUCTOR AAAC 1200 MCM, 100 KN	F0401110				
8	ARMADURA PREFORMADA	F1003011				1
9	SOPORTE BASCULANTE, 240 KN	---	1			
10	JUNTURA UNIVERSAL, 280 KN	F0206131	1			
11	TENSOR HORQUILLA-HORQUILLA DE AJUSTE LINEAL CONTINUO, MÍNIMO 200 MM, 280 KN	F0315120	1			
12	RÓTULA-OJO 90° DE ANCLAJE, 320 KN	F0308058	1			
13	GRAMPA DE ANCLAJE TIPO COMPRESIÓN	F0535143	1			
14	PERNO OJO	F048025/2				1
15	CONTRA PESO 25 kg	F0409007				8
16	AMORTIGUADOR TIPO STOCKBRIDGE, PARA CONDUCTOR AAAC 1200 MCM	---		(VER NOTA 5)		
17	UNIÓN A COMPRESIÓN, PARA CONDUCTOR AAAC 1200 MCM	---			---	

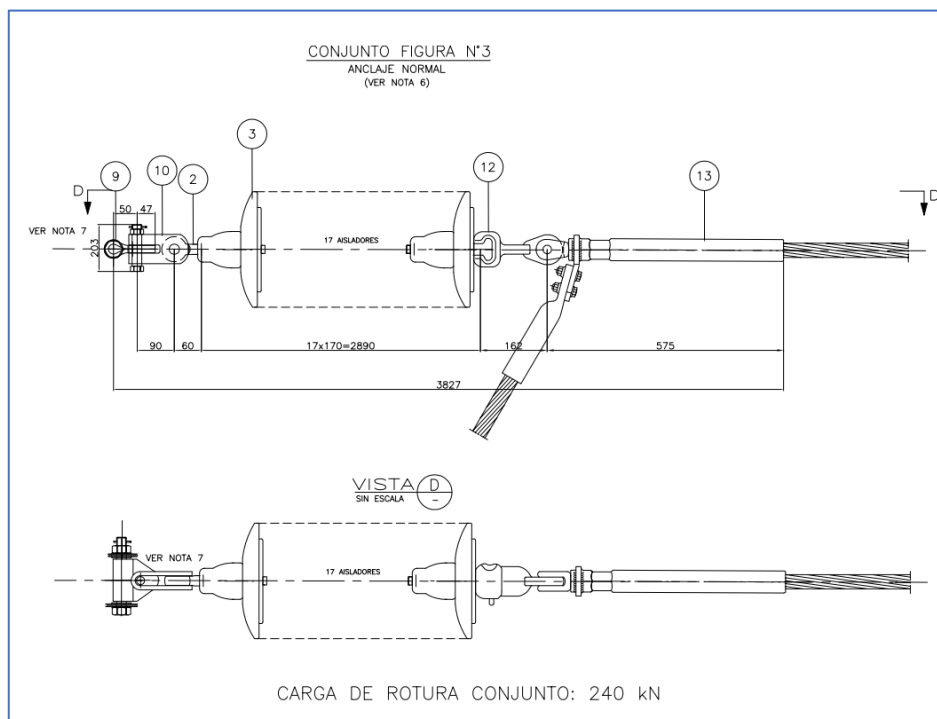
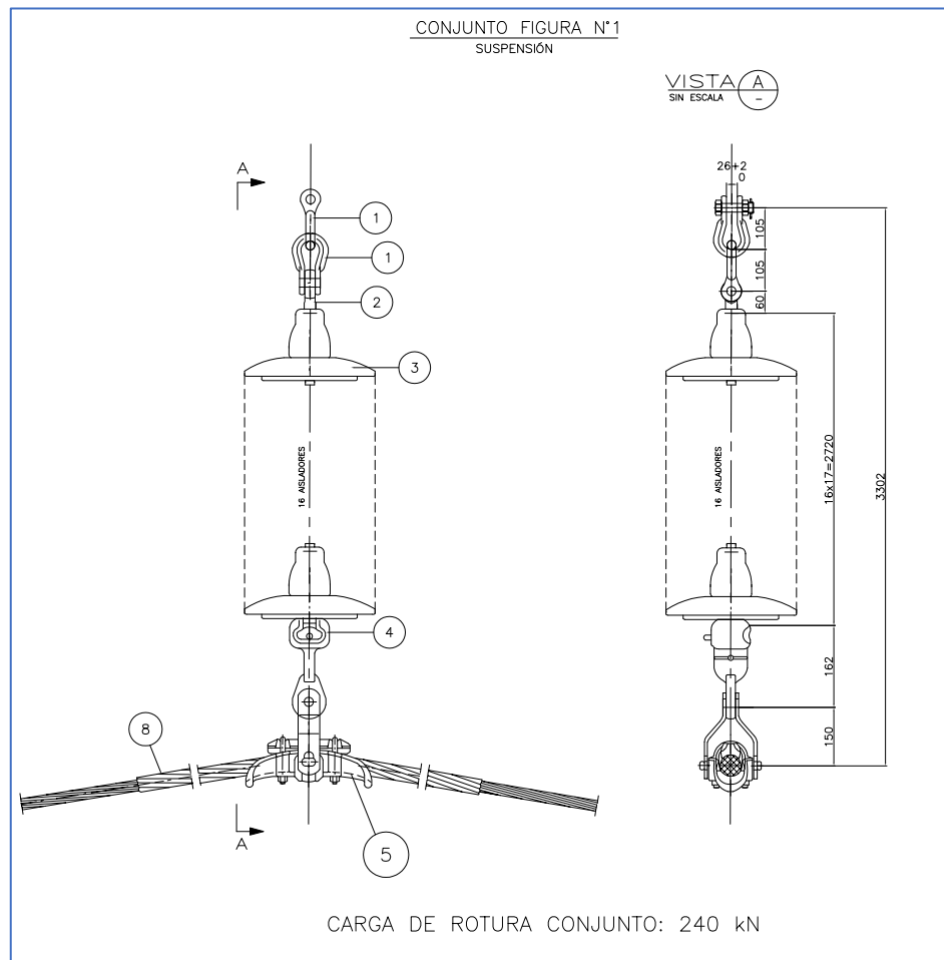


Ilustración 4: Características generales de las cadenas de anclajes según plano DLB_DRW_6232_EE_1020_REV_5 LV.PDF de Anexo 5.



*Ilustración 5: Características generales de las cadenas de suspensión según plano
DLB_DRW_6232_EE_1020_REV_5 LV.PDF de Anexo 5.*

5.3.3. Geometría de las estructuras

A continuación, se muestran las geometrías de las estructuras que conforman el tramo en estudio de la línea.

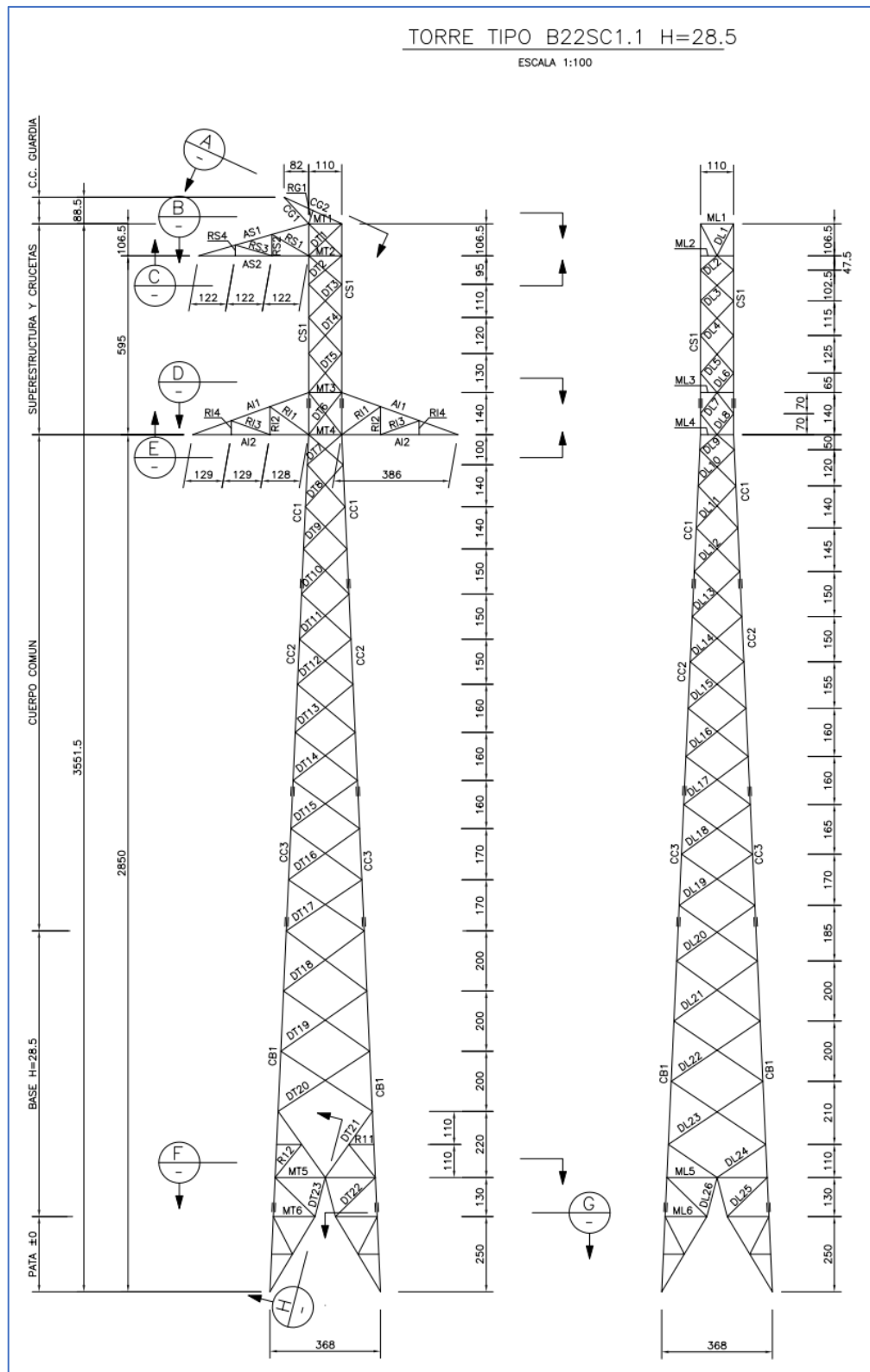


Ilustración 6: Geometría Torre de Suspensión.



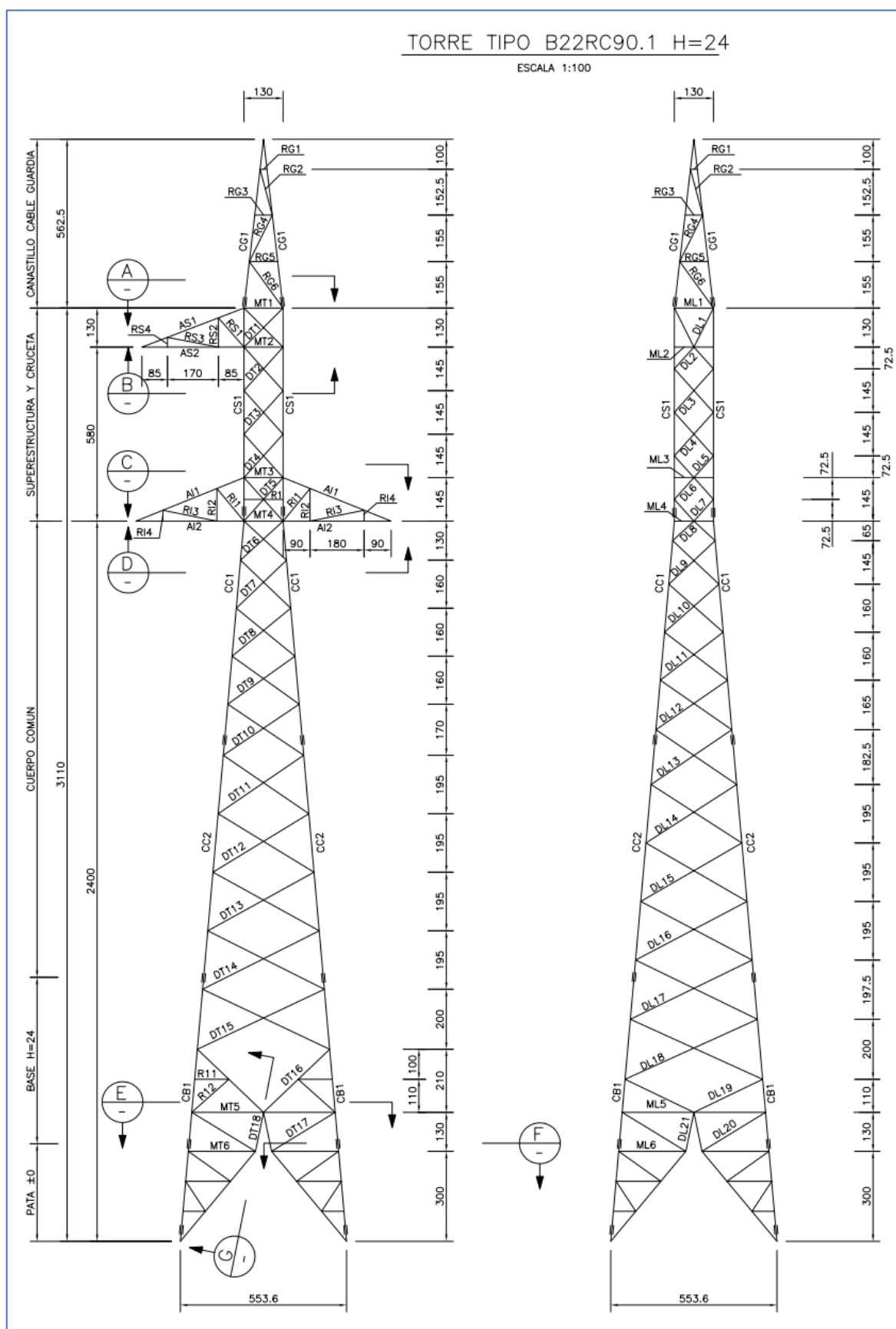


Ilustración 8: Geometría Torre de Anclaje-Remate.

5.3.4. Coordenadas de las estructuras

En la Tabla 6, se observan las coordenadas de las estructuras desde la estructura 39 hasta la estructura 42.

Tabla 6: Coordenadas de las estructuras después de la restitución.

Row #	Nombre Estructura	Tipo de Estructura	Altura Conductor [m]	Altura Cruceta [m]	WGS84 HUSO -19			Vano adelante [m]	Ángulo de línea [grados]
					ESTE [m]	NORTE [m]	Elevación [m]		
1	T39	B22AC	21.10	21.10	335478.33	6328540.19	833.08	157.15	0.00
2	T40	B22SC	25.90	28.50	335509.01	6328694.32	896.01	308.66	0.00
3	T41	B22SC	26.40	28.90	335569.66	6328996.96	950.60	312.31	0.00
4	T42	B22SC	24.40	26.90	335631.03	6329303.18	957.28	0.00	0.00

5.3.5. Registro ambiental de levantamiento topográfico

Durante el levantamiento topográfico se registraron las temperaturas ambientes, velocidad de viento y temperatura en el conductor (ver anexo 3), y como resultado se obtuvieron los siguientes datos:

Tabla 7: Registro ambiental el día del levantamiento topográfico.

Fecha	Hora	Tramo	Temperatura [°C]	Viento [km/h]	Ráfagas Viento [km/h]	Humedad [%]	Nubosidad
15-02-2023	11:00	E39-E42	26	4	15	43	0

De la misma manera se registraron las temperaturas de conductores entre la estructura 40 y estructura 41, la cual en promedio se obtuvo un valor de 29.4 [°C].

Tabla 8: Registro temperaturas en el conductor el día del levantamiento topográfico.

Tramos	Estructuras	Hora	TEMPERATURA PROMEDIO CONDUCTORES [°C]	TEMPERATURA AMBIENTE [°C]
1	E40-E41	11:50	29.4	26

5.3.6. Registro de transferencia de potencia

El Coordinador Eléctrico Nacional ha proporcionado registros de las corrientes que circulaban por la línea el día del levantamiento topográfico (ver anexo 7). Utilizando esta información, se calculó la temperatura del conductor, obteniendo una temperatura promedio de 31.21 [°C].

A continuación, se presentan los cálculos obtenidos mediante el uso del software PLSCADD:

Tabla 9: Registro de corrientes el día del levantamiento topográfico.

Fecha	Intervalo	"IA"	"IB"	"IC"
02/15/2023	11:00:00	247.19	236.17	237.31
02/15/2023	11:15:00	241.27	229.96	231.05
02/15/2023	11:30:00	243.90	232.29	233.36
02/15/2023	11:45:00	244.76	233.00	234.21
02/15/2023	12:00:00	242.93	231.17	232.22
02/15/2023	12:15:00	242.04	229.67	230.99
02/15/2023	12:30:00	249.97	238.02	238.58
02/15/2023	12:45:00	254.13	241.67	242.44
02/15/2023	13:00:00	241.89	229.39	230.28

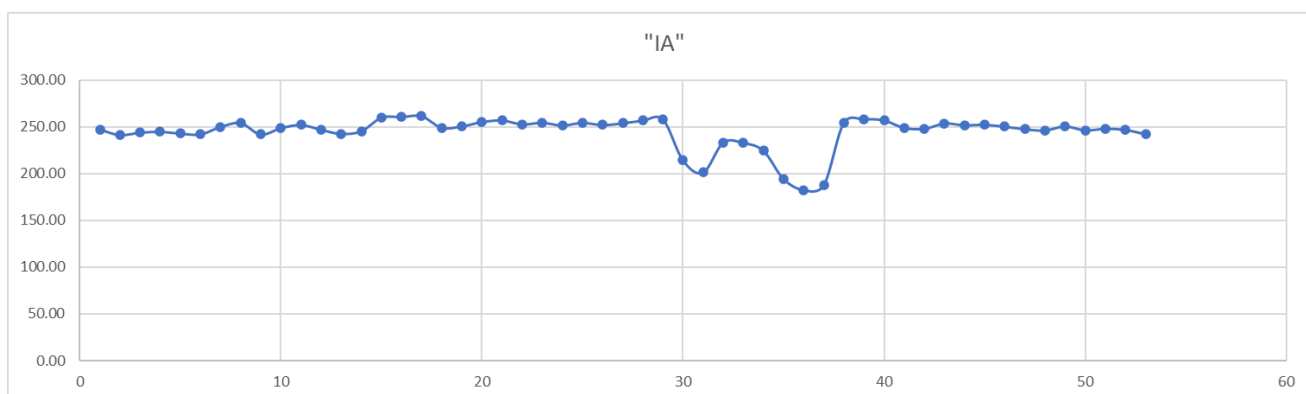


Ilustración 9: Grafico de registro de corrientes en el día de levantamiento topográfico.

La **corriente promedio es de 245.34 Amperes**, los que se utilizaron para calcular la temperatura del conductor, como se muestran en el siguiente reporte:

IEEE Standard 738-2006 method of calculation

Weather Conditions

Air temperature: 26.000 [deg C] ver anexo 3
Wind speed: 1.111 [m/s]/ 4 [km/h] ver anexo 3
Wind to conductor angle: 90.000 [deg]

Solar Conditions

Measured solar radiation: 518.000 [Watt/m²]

Conductor Properties

Description: 1200 MCM 61/0 Strands AAAC
Azimuth: 90.000 [deg]
AC resistance at 50.0 [deg C]: 0.0575 [Ohm/km]
AC resistance at 75.0 [deg C]: 0.0622 [Ohm/km]
Solar absorptivity: 0.500
Emissivity: 0.500
Outer diameter: 32.080 [mm]
Outer strand diameter: 0.000 [mm]
Outer strand layers: 0
Outer surface finish: Smooth
Cable is thermal bimetallic: False
Heat capacity: 1228.280 [Watt-s/m-deg C]
Elevation above sea level: 958.590 [m]

Analysis Results

Current: 245.340 [Amps]
Conductor temperature 31.214 [deg C]
Convective cooling: 9.910 [Watt/m]
Radiative cooling: 1.636 [Watt/m]
Solar heating: 8.309 [Watt/m]
Equivalent global solar radiation: 518.000 [Watt/m²]
Final solar absorptivity: 0.500
Final emissivity: 0.500
Final wind to conductor angle: 90.000 [deg]

5.3.7. Perfil longitudinal

Mediante la restitución de la línea de transmisión se modeló el conductor en condiciones de topografía y registros de transferencia de potencia a 31.21°C y luego se dispuso el conductor a 80°C dando como resultado las distancias verticales entre la parte más baja del conductor al suelo.

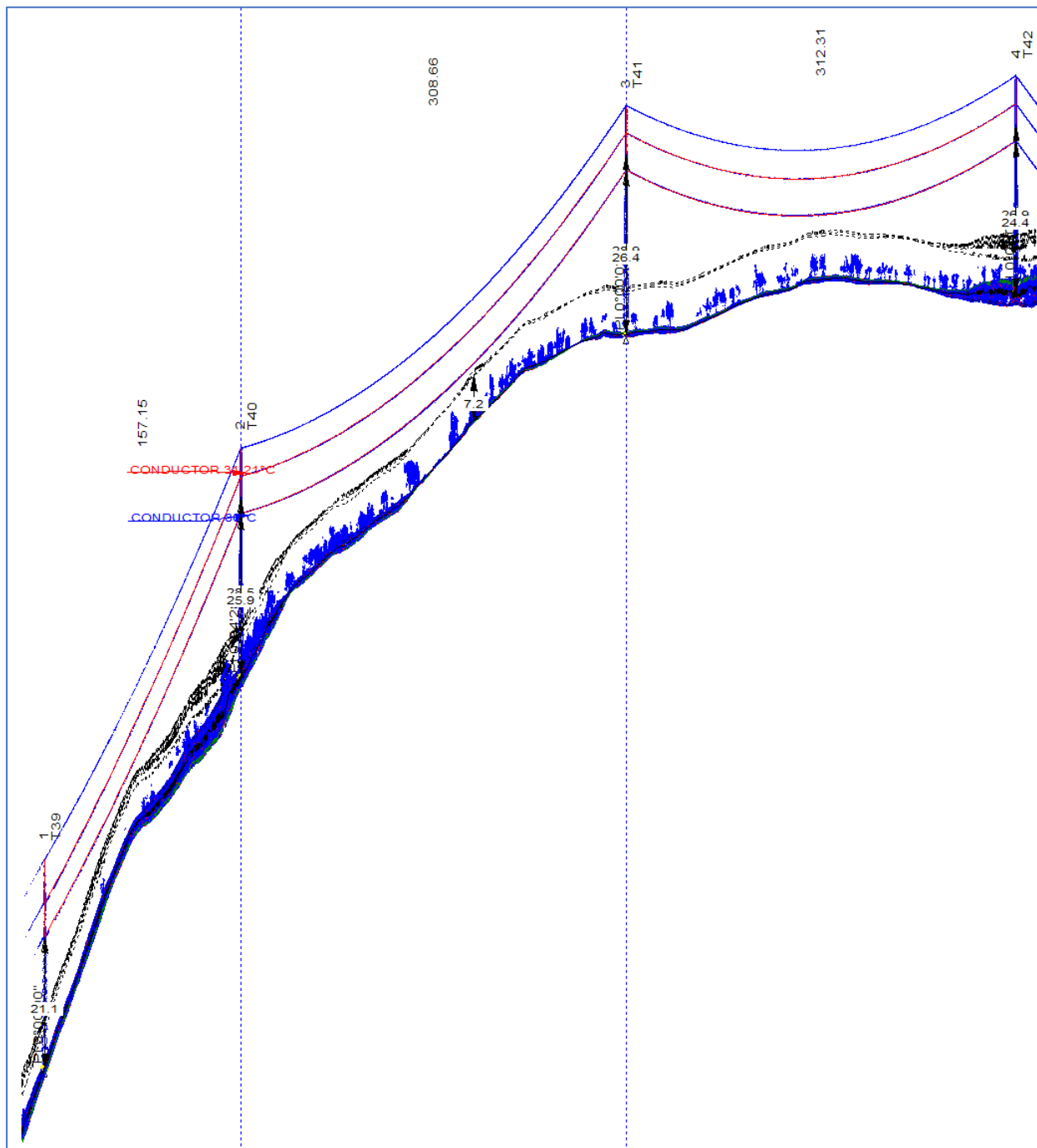


Ilustración 10: Perfil longitudinal entre las estructuras 39 y 42 a temperatura de 31.21°C en el conductor.

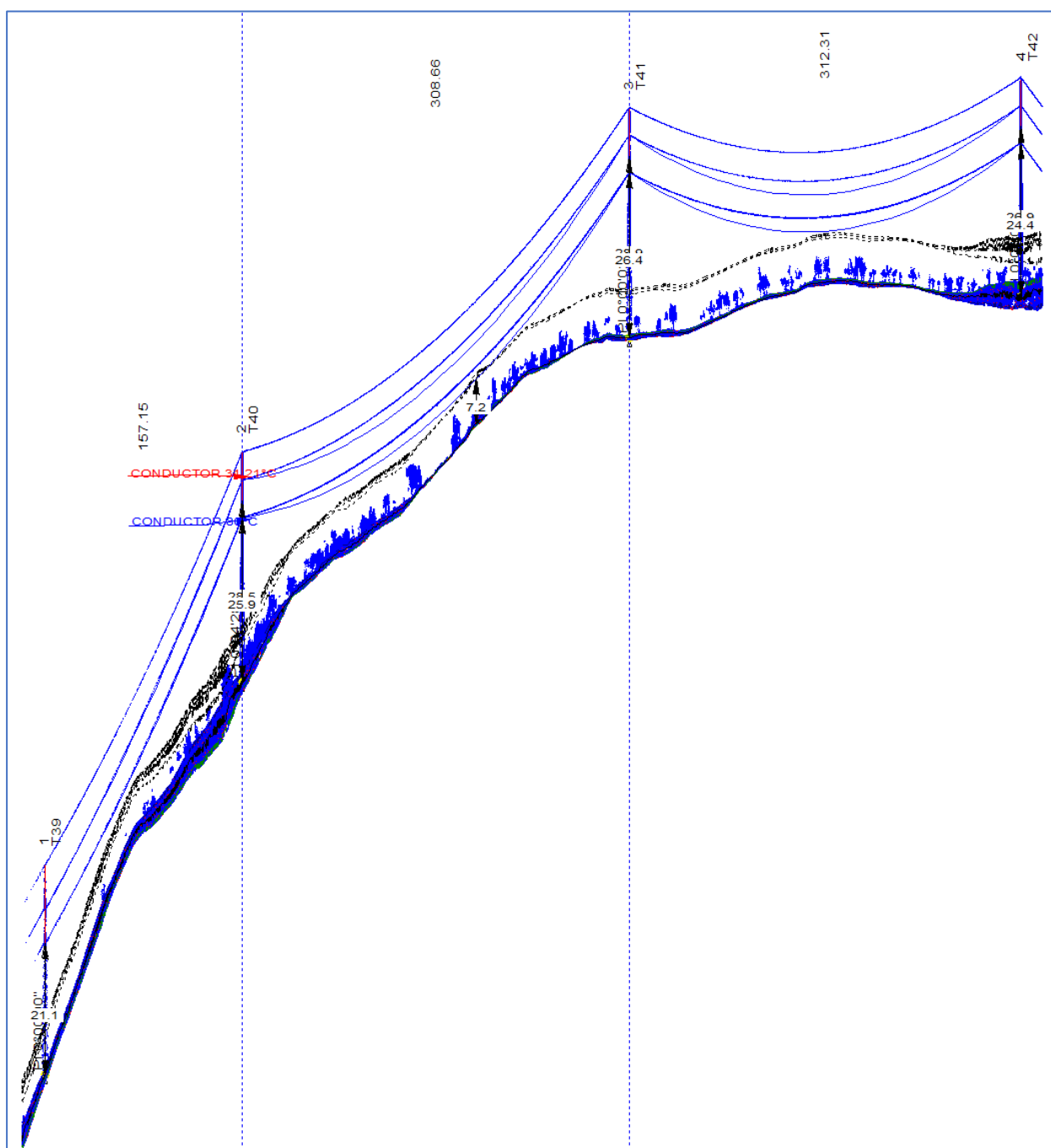


Ilustración 11: Perfil longitudinal entre las estructuras 39 y 42 a temperatura de 80[°C] en el conductor.

5.3.8. Distancias Verticales

A través de los informes del modelo PLS CADD, se obtiene la distancia mínima entre los conductores y el terreno TIN para cada vano. Se considerará el punto más bajo de cada vano para los conductores izquierdo y derecho. Se evaluará la distancia mínima para temperaturas del conductor desde 50[°C] hasta 80[°C], con intervalos de 5[°C] en cada caso.

Además, se verificará si esta distancia cumple con la distancia mínima requerida para el proyecto, que debe ser de 7.32 [m]. Finalmente, se indicará la estación en la que se encuentra dicha distancia mínima.

Ver tabla 10 y 11.

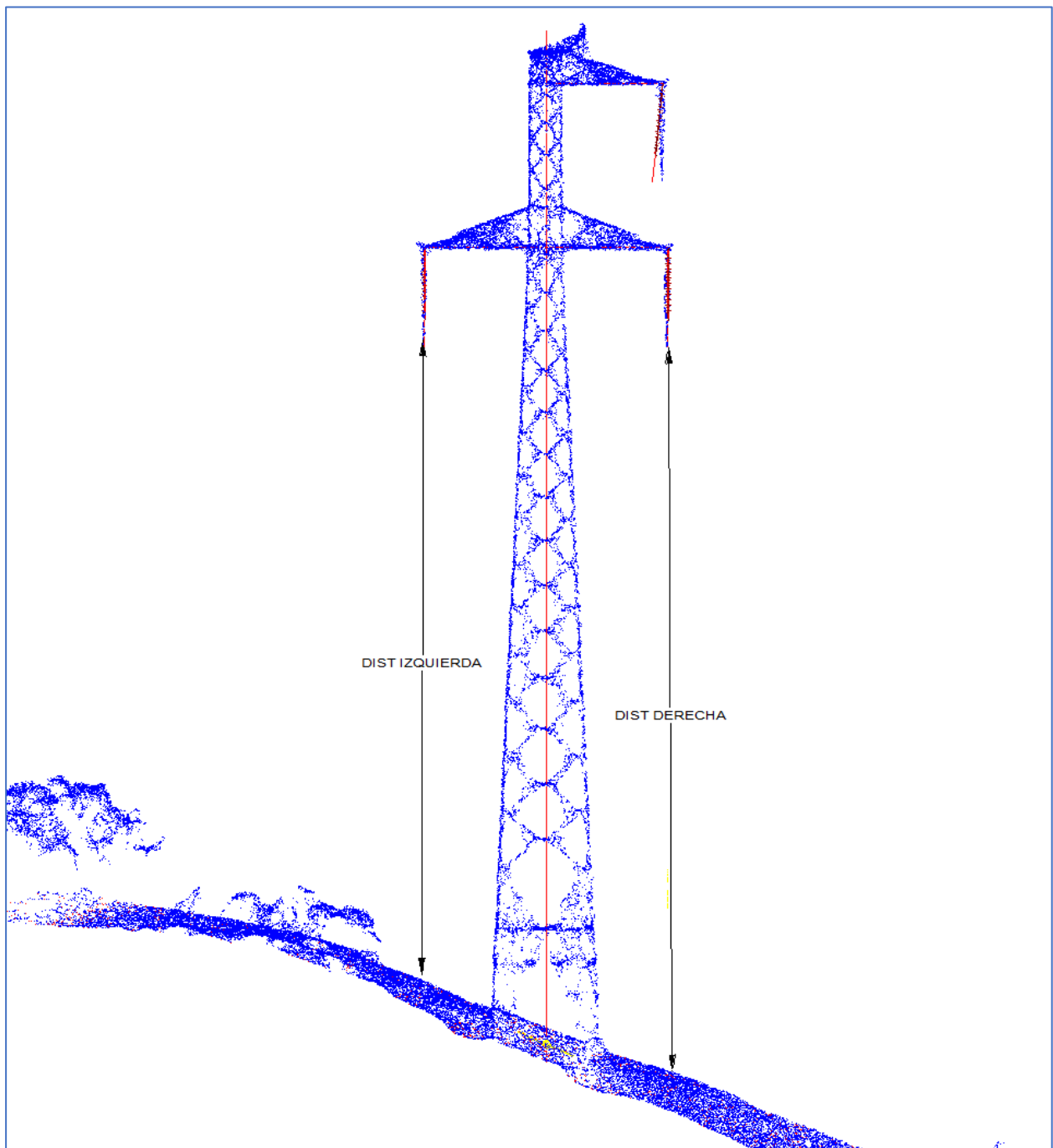


Ilustración 12: Corte transversal distancia vertical en el punto más bajo de la catenaria.

Tabla 10: Distancias mínimas Verticales conductor Izquierdo

Estructura Inicial	Estructura Final	Temperatura del conductor [°C]	Distancia vertical mínima al conductor Izquierdo [m]	Cumple / No Cumple	Estación [m]
T39	T40	50	8.85	Cumple	66.22
T39	T40	55	8.79	Cumple	66.22
T39	T40	60	8.73	Cumple	66.22
T39	T40	65	8.68	Cumple	66.22
T39	T40	70	8.62	Cumple	66.22
T39	T40	75	8.56	Cumple	66.22
T39	T40	80	8.51	Cumple	66.22
T40	T41	50	7.64	Cumple	344.71
T40	T41	55	7.43	Cumple	344.71
T40	T41	60	7.22	No Cumple	344.71
T40	T41	65	7.01	No Cumple	344.71
T40	T41	70	6.81	No Cumple	344.71
T40	T41	75	6.61	No Cumple	344.71
T40	T41	80	6.41	No Cumple	344.71
T41	T42	50	9.58	Cumple	626.9
T41	T42	55	9.36	Cumple	626.9
T41	T42	60	9.13	Cumple	626.9
T41	T42	65	8.92	Cumple	626.9
T41	T42	70	8.7	Cumple	626.9
T41	T42	75	8.49	Cumple	626.9
T41	T42	80	8.28	Cumple	626.9

Tabla 11: Distancias mínimas Verticales conductor derecho.

Estructura Inicial	Estructura Final	Temperatura del conductor [°C]	Distancia vertical mínima al conductor derecho [m]	Cumple / No Cumple	Estación [m]
T39	T40	50	11.1	Cumple	69.87
T39	T40	55	11.04	Cumple	69.87
T39	T40	60	10.98	Cumple	69.87
T39	T40	65	10.92	Cumple	69.87
T39	T40	70	10.86	Cumple	69.87
T39	T40	75	10.8	Cumple	69.87
T39	T40	80	10.75	Cumple	69.87
T40	T41	50	8.07	Cumple	355.05
T40	T41	55	7.86	Cumple	355.05
T40	T41	60	7.66	Cumple	355.05
T40	T41	65	7.46	Cumple	355.05
T40	T41	70	7.26	No Cumple	355.05
T40	T41	75	7.07	No Cumple	355.05
T40	T41	80	6.87	No Cumple	355.05
T41	T42	50	8.83	Cumple	625.06
T41	T42	55	8.6	Cumple	625.06
T41	T42	60	8.38	Cumple	625.06
T41	T42	65	8.16	Cumple	625.06
T41	T42	70	7.95	Cumple	625.06
T41	T42	75	7.73	Cumple	625.06
T41	T42	80	7.52	Cumple	625.06

La Tabla 12 muestra que entre las estructuras T40 y T41, la distancia mínima requerida por la RPTD N°7 no se cumple a partir de la temperatura del conductor de 60[°C] en el conductor del lado izquierdo y desde 70[°C] para el lado derecho.

Basándonos en la información de las Tablas 10 y 11 en particular el vano 40-41, es posible calcular la discrepancia entre la distancia mínima exigida por la RPTD a 80[°C] en el conductor y la distancia mínima obtenida, tal como se muestra en la Tabla 12. La mayor diferencia se encuentra en 0.91 [m] en el lado izquierdo, siendo este el conductor que presenta el mayor incumplimiento en cuanto a distancias mínimas.

Tabla 12: Distancias mínimas Verticales vano 40-41 a 80[°C] en el conductor.

Diferencia	
Izquierda [m]	Derecha [m]
-1.53	-3.78
-1.47	-3.72
-1.41	-3.66
-1.36	-3.6
-1.3	-3.54

Diferencia	
Izquierda [m]	Derecha [m]
-1.24	-3.48
-1.19	-3.43
-0.32	-0.75
-0.11	-0.54
0.1	-0.34
0.31	-0.14
0.51	0.06
0.71	0.25
0.91	0.45
-2.26	-1.51
-2.04	-1.28
-1.81	-1.06
-1.6	-0.84
-1.38	-0.63
-1.17	-0.41
-0.96	-0.20

5.3.9. Estaciones iniciales y finales

Dado que solo se conoce la estación de la distancia mínima en la parte más baja de la catenaria a 80[°C] en el conductor, se deben determinar las estaciones inicial y final del tramo que no cumplen con dicha distancia. Estas estaciones son:

Tabla 13: Estaciones en la parte más baja de la catenaria a 80[°C].

Estaciones entre estructuras 40-41 [m]			
Condición	Conductor izquierdo	Conductor Derecho	Estación Seleccionada
Inicial	332.34	345.33	332.34
Final	354.12	362.41	362.41

Tomando en cuenta las condiciones más críticas, el tramo comienza en la estación 332.34 [m] y finaliza en la estación 362.41 [m]. El Anexo 1 muestra los vanos con sus respectivas distancias verticales mínimas y las áreas de incumplimiento.

5.3.10. Volumen y polígono

Con la información de los puntos anteriores y el ancho de la franja de seguridad (F.S.) del vano que no cumple (entre estructuras 40-41), que es de 32 [m], se puede calcular el volumen de terreno a remover mediante la siguiente fórmula:

$$V = F.S. \times (Estación\ final - Estación\ inicial) \times 0,91$$

Sustituyendo los datos, se obtiene un volumen de 875.63 [m³].

Se genera un polígono con las coordenadas correspondientes:

Tabla 14: Coordenadas del polígono.

Coordenadas UTM WGS84 Huso -19		
Vértice	Norte [m]	Este [m]
V1	6328898.71	335533.65
V2	6328892.43	335565.03
V3	6328869.23	335527.74
V4	6328862.94	335559.12

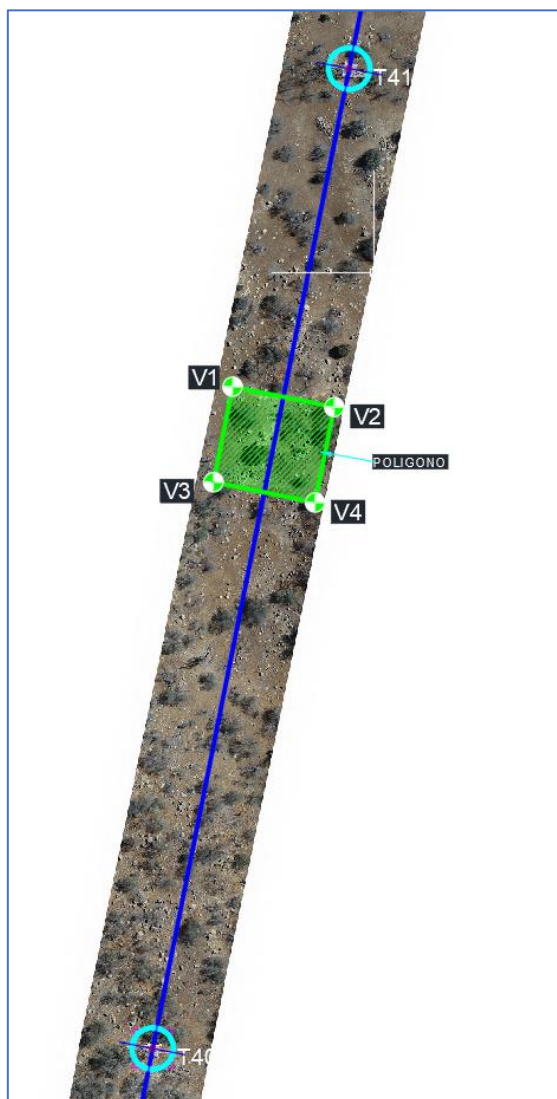


Ilustración 13 Polígono de terreno.

5.3.11. Determinación de temperatura en conductor para cumplir distancia vertical

Según los puntos anteriores, entre las estructuras T40 y T41, no se cumple la distancia vertical a partir de la temperatura del conductor de 60[°C] en el conductor del lado izquierdo y desde 70[°C] para el lado derecho, lo que se precisará las potencias y temperaturas en las que el conductor cumple con las distancias verticales según RPTD N°7.

Tabla 15: Distancias mínimas Verticales conductor Izquierdo entre estructuras 40-41.

Estructura Inicial	Estructura Final	Temperatura del conductor [°C]	Distancia vertical mínima al conductor Izquierdo [m]	Cumple / No Cumple
T40	T41	50	7.64	Cumple
T40	T41	51	7.60	Cumple
T40	T41	52	7.56	Cumple
T40	T41	53	7.52	Cumple
T40	T41	54	7.47	Cumple
T40	T41	55	7.43	Cumple
T40	T41	56	7.39	Cumple
T40	T41	57	7.34	Cumple
T40	T41	58	7.30	No Cumple
T40	T41	59	7.26	No Cumple
T40	T41	60	7.22	No Cumple
T40	T41	65	7.01	No Cumple
T40	T41	70	6.81	No Cumple
T40	T41	75	6.61	No Cumple
T40	T41	80	6.41	No Cumple

Tabla 16: Distancias mínimas Verticales conductor Derecho entre estructuras 40-41.

Estructura Inicial	Estructura Final	Temperatura del conductor [°C]	Distancia vertical mínima al conductor Derecho [m]	Cumple / No Cumple
T40	T41	50	8.07	Cumple
T40	T41	55	7.86	Cumple
T40	T41	60	7.66	Cumple
T40	T41	61	7.62	Cumple
T40	T41	62	7.58	Cumple
T40	T41	63	7.54	Cumple
T40	T41	64	7.50	Cumple
T40	T41	65	7.46	Cumple
T40	T41	66	7.42	Cumple
T40	T41	67	7.38	Cumple
T40	T41	68	7.34	Cumple
T40	T41	69	7.30	No Cumple
T40	T41	70	7.26	No Cumple
T40	T41	75	7.07	No Cumple
T40	T41	50	8.07	No Cumple

Según los resultados de las tablas anteriores, se obtienen las corrientes para las temperaturas de 57[°C] (586.43 [A]) conductor lado izquierdo y 68[°C] (809.09 [A]) conductor lado derecho ver Anexo 10.

5.4. Hipótesis flechas y tensiones

Para el análisis de flechas y tensiones se consideran las condiciones ambientales de la zona de emplazamiento del proyecto. Las hipótesis para el cálculo de flechas y tensiones de los conductores se aprecian en la siguiente tabla:

Tabla 17: Hipótesis de carga.

Hipótesis	Temperatura Conductor	Temperatura Ambiente	Presión de Viento	Espesor Manguito de Hielo	Porcentaje UTS en Conductor
	[°C]	[°C]	[kg/m ²]	[mm]	[%]
EDS	15	15	0	0	15
Flecha Máxima	80	26	0	0	50
Topografía	29.4	26	0.077	0	50
Registros corrientes	31.2	26	0.077	0	50

5.4.1. Flechas y tensiones

A continuación, se indican las flechas y tensiones del conductor de fase perteneciente a los vanos en estudio de la línea.

Tabla 18: Flechas y tensiones conductor entre estructuras T39 hasta T42.

Hipótesis	Tensión Horizontal	Tensión de Rotura	Flecha
	[kgf]	[%]	[m]
EDS	2600.28	15	7.11
Flecha Máxima	1959.89	11	9.52
Topografía	2410.61	14	7.69
Registros corrientes	2389.19	14	7.76

5.4.2. Cálculo capacidad térmica del conductor

A continuación, se indican los límites térmicos con máxima y mínima radiación solar para el conductor de fase utilizado en la línea 1x220 kV Polpaico- Santa Filomena

En las siguientes tablas se presentan los límites térmicos del conductor de fase AAAC 1200 MCM 61 hebras considerando la relación corriente [kA] / temperatura [°C] del conductor con y sin sol. Para lo cual se tuvieron los siguientes parámetros de cálculo:

- Las corrientes se calcularon para la cota máxima considerando un valor de 1287 m.s.n.m.
- Se considera un viento de 0.61 [m/s] (2 [pie/s]).
- El efecto del sol se considera igual a 1106 W/m² para verano y 385 [W/m²] para invierno.
- El factor de emisividad de 0.5.
- La temperatura ambiente varía de -5 a 45[°C] cada 1[°C].
- La temperatura del conductor varía de 15 a 90[°C] cada 5[°C].
- Se presentarán las tablas sin efecto del sol [0 W/m²] y con efecto del sol [1105 W/m²].

Para la elaboración de las tablas se considera lo indicado en el documento técnico IEEE 738 Standard for Calculating the Current – Temperature Relationship of Bare Overhead Conductor.

Tabla 19: Valores de radiación solar invierno verano.

Ubicación de la línea		Coordenadas		Radiación [W/m ²]	
		Latitud	Longitud	Diciembre 13:00-13:59	Julio 13:00-13:59
Inicio	S/E POLPAICO	-33.194703°	-70.858427°	1106	405
Mitad		-33.162555°	-70.762665°	1106	380
Término	S/E SANTA FILOMENA	-33.193678°	-70.566406°	1102	369
Radiación máxima promedio en diciembre y junio				1105	385

Tabla 20: Radicación solar ciclo diario ciclo anual S/E Polpaico.

3.1.4 Ciclo diario-anual

Los siguientes gráficos muestran el ciclo diario y el ciclo anual de la radiación solar incidente. El eje horizontal indica la hora del día (UTC-4) y el eje vertical indica el mes del año. La escala de colores indica el valor medio de la radiación instantánea incidente en el panel en [W/m²] para cada hora y mes.

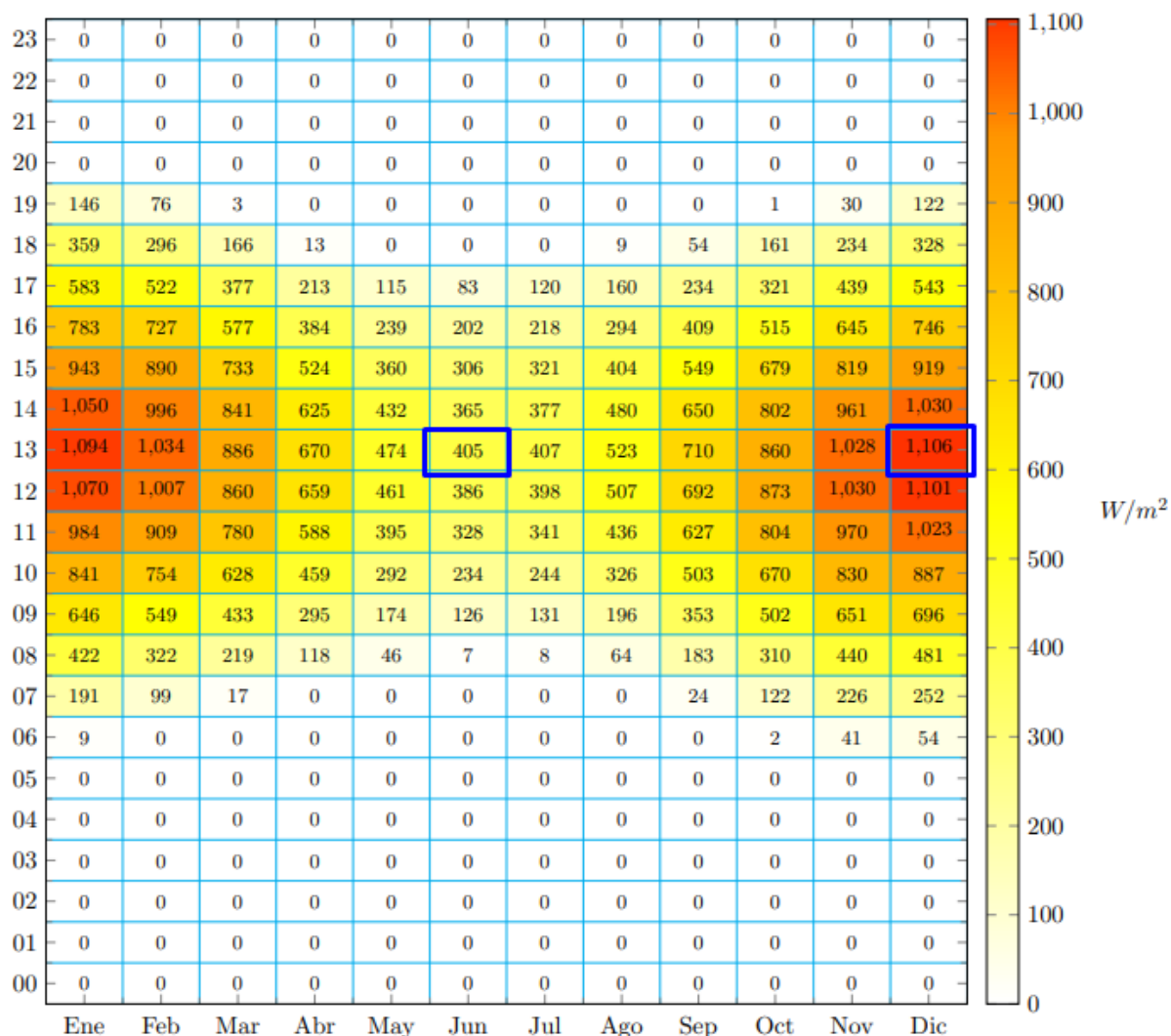


Figura 7: Promedio de la radiación global horizontal para cada hora y mes.

Tabla 21: Radicación solar ciclo diario ciclo anual Mitad.

3.1.4 Ciclo diario-anual

Los siguientes gráficos muestran el ciclo diario y el ciclo anual de la radiación solar incidente. El eje horizontal indica la hora del día (UTC-4) y el eje vertical indica el mes del año. La escala de colores indica el valor medio de la radiación instantánea incidente en el panel en $[W/m^2]$ para cada hora y mes.

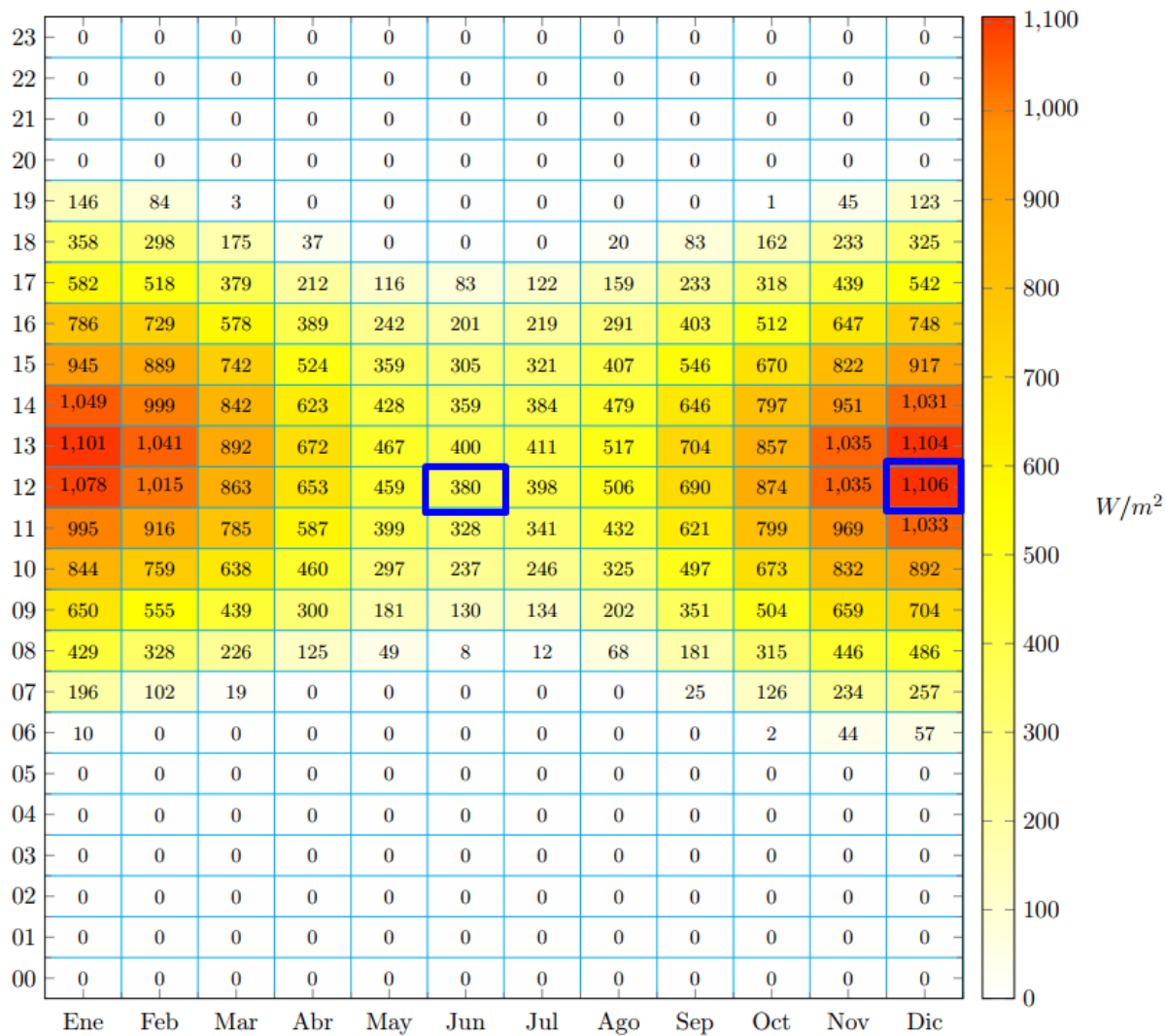


Figura 7: Promedio de la radiación global horizontal para cada hora y mes.

Tabla 22: Radicación solar ciclo diario ciclo anual S/E Santa Filomena.

3.1.4 Ciclo diario-anual

Los siguientes gráficos muestran el ciclo diario y el ciclo anual de la radiación solar incidente. El eje horizontal indica la hora del día (UTC-4) y el eje vertical indica el mes del año. La escala de colores indica el valor medio de la radiación instantánea incidente en el panel en $[W/m^2]$ para cada hora y mes.

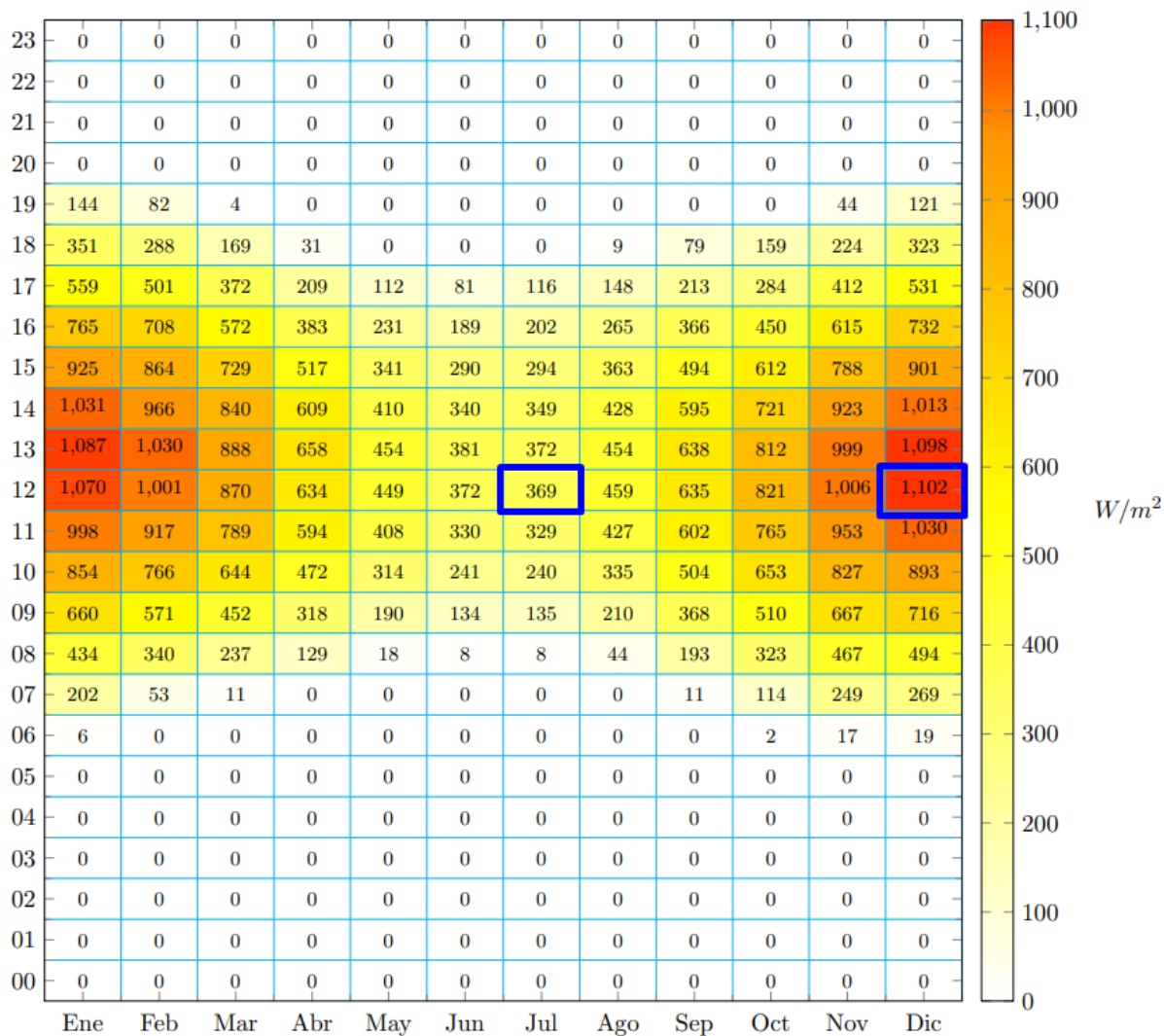


Figura 7: Promedio de la radiación global horizontal para cada hora y mes.

Tabla 23: Límite térmico verano con sol verano.

Valores en [kA]	Con Sol																		
	Temperatura en el Conductor °C																		
	0°C	5°C	10°C	15°C	20°C	25°C	30°C	35°C	40°C	45°C	50°C	55°C	60°C	65°C	70°C	75°C	80°C	85°C	90°C
-5°C	0.000	0.000	0.356	0.533	0.661	0.765	0.855	0.934	1.005	1.070	1.130	1.186	1.238	1.287	1.333	1.377	1.420	1.460	1.498
-4°C	0.000	0.000	0.308	0.503	0.638	0.746	0.837	0.918	0.991	1.057	1.118	1.174	1.227	1.277	1.324	1.368	1.411	1.451	1.490
-3°C	0.000	0.000	0.252	0.471	0.613	0.725	0.820	0.902	0.976	1.043	1.105	1.162	1.216	1.266	1.314	1.359	1.402	1.443	1.482
-2°C	0.000	0.000	0.177	0.437	0.588	0.704	0.801	0.886	0.961	1.030	1.093	1.151	1.205	1.256	1.304	1.349	1.393	1.434	1.474
-1°C	0.000	0.000	0.000	0.399	0.561	0.682	0.783	0.869	0.946	1.016	1.080	1.139	1.194	1.245	1.294	1.340	1.384	1.425	1.465
0°C	0.000	0.000	0.000	0.358	0.533	0.660	0.763	0.852	0.931	1.002	1.067	1.127	1.182	1.235	1.284	1.330	1.374	1.417	1.457
1°C	0.000	0.000	0.000	0.311	0.503	0.636	0.744	0.835	0.916	0.988	1.054	1.114	1.171	1.224	1.273	1.321	1.365	1.408	1.449
2°C	0.000	0.000	0.000	0.255	0.471	0.612	0.723	0.817	0.900	0.973	1.040	1.102	1.159	1.213	1.263	1.311	1.356	1.399	1.440
3°C	0.000	0.000	0.000	0.183	0.437	0.587	0.702	0.799	0.884	0.959	1.027	1.090	1.148	1.202	1.253	1.301	1.347	1.390	1.431
4°C	0.000	0.000	0.000	0.046	0.400	0.560	0.681	0.781	0.867	0.944	1.013	1.077	1.136	1.191	1.242	1.291	1.337	1.381	1.423
5°C	0.000	0.000	0.000	0.000	0.359	0.532	0.658	0.762	0.850	0.929	0.999	1.064	1.124	1.179	1.232	1.281	1.327	1.372	1.414
6°C	0.000	0.000	0.000	0.000	0.313	0.503	0.635	0.742	0.833	0.913	0.985	1.051	1.112	1.168	1.221	1.271	1.318	1.363	1.405
7°C	0.000	0.000	0.000	0.000	0.259	0.472	0.611	0.722	0.815	0.897	0.971	1.038	1.099	1.157	1.210	1.260	1.308	1.353	1.396
8°C	0.000	0.000	0.000	0.000	0.189	0.438	0.586	0.701	0.797	0.881	0.956	1.024	1.087	1.145	1.199	1.250	1.298	1.344	1.388
9°C	0.000	0.000	0.000	0.000	0.069	0.401	0.560	0.680	0.779	0.865	0.942	1.011	1.074	1.133	1.188	1.240	1.288	1.335	1.379
10°C	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.361	0.532	0.658	0.760	0.848	0.926	0.997	1.062	1.121	1.177	1.229	1.278	1.325	1.370
11°C	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.316	0.503	0.635	0.741	0.831	0.911	0.983	1.049	1.109	1.166	1.219	1.268	1.316	1.360
12°C	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.263	0.472	0.611	0.721	0.814	0.895	0.969	1.036	1.097	1.154	1.208	1.258	1.306	1.351
13°C	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.195	0.439	0.586	0.700	0.796	0.880	0.954	1.022	1.085	1.143	1.197	1.248	1.296	1.342
14°C	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.086	0.403	0.560	0.679	0.775	0.863	0.940	1.009	1.072	1.131	1.186	1.238	1.286	1.333
15°C	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.363	0.532	0.657	0.759	0.847	0.925	0.995	1.059	1.119	1.175	1.227	1.276	1.323
16°C	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.319	0.504	0.634	0.739	0.830	0.909	0.981	1.047	1.107	1.164	1.216	1.266	1.314
17°C	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.267	0.473	0.610	0.720	0.812	0.894	0.967	1.034	1.095	1.152	1.206	1.256	1.304
18°C	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.201	0.440	0.586	0.699	0.795	0.878	0.952	1.020	1.083	1.141	1.195	1.246	1.294
19°C	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.100	0.405	0.560	0.678	0.776	0.862	0.938	1.007	1.070	1.129	1.184	1.236	1.284
20°C	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.365	0.533	0.656	0.758	0.845	0.923	0.993	1.058	1.117	1.173	1.225	1.275
21°C	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.322	0.504	0.634	0.739	0.828	0.908	0.979	1.045	1.105	1.162	1.215	1.265
22°C	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.271	0.474	0.610	0.719	0.811	0.892	0.965	1.032	1.093	1.150	1.204
23°C	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.207	0.441	0.586	0.699	0.794	0.877	0.951	1.019	1.081	1.139	1.193	1.244
24°C	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.113	0.406	0.560	0.678	0.775	0.861	0.936	1.005	1.069	1.127	1.182	1.234
25°C	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.368	0.533	0.656	0.757	0.844	0.922	0.992	1.056	1.116	1.171	1.224
26°C	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.325	0.505	0.634	0.738	0.827	0.907	0.978	1.043	1.104	1.160
27°C	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.275	0.475	0.610	0.718	0.810	0.891	0.964	1.030	1.092	1.149	1.203
28°C	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.213	0.443	0.586	0.698	0.793	0.876	0.950	1.017	1.080	1.138	1.192
29°C	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.124	0.408	0.561	0.677	0.775	0.860	0.935	1.004	1.067	1.126	1.181
30°C	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.370	0.534	0.656	0.756	0.843	0.921	0.991	1.055	1.114	1.170
31°C	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.328	0.506	0.634	0.737	0.827	0.906	0.977	1.042	1.103	1.159
32°C	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.279	0.476	0.611	0.718	0.810	0.890	0.963	1.029	1.091	1.148
33°C	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.219	0.445	0.587	0.698	0.792	0.875	0.949	1.016	1.079	1.136
34°C	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.135	0.410	0.561	0.677	0.774	0.859	0.934	1.003	1.066	1.125
35°C	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.373	0.535	0.656	0.756	0.843	0.920	0.990	1.054	1.113
36°C	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.331	0.507	0.634	0.737	0.826	0.905	0.976	1.041	1.102
37°C	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.283	0.478	0.611	0.718	0.809	0.890	0.962	1.028	1.090
38°C	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.225	0.446	0.587	0.698	0.792	0.874	0.948	1.015	1.078
39°C	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.145	0.413	0.562	0.678	0.774	0.858	0.934	1.002	1.065
40°C	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.375	0.536	0.656	0.756	0.842	0.919	0.989	1.053
41°C	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.334	0.509	0.634	0.737	0.826	0.904	0.975	1.041
42°C	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.287	0.479	0.612	0.718	0.809	0.889	0.962	1.028
43°C	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.231	0.448	0.588	0.698	0.792	0.874	0.948	1.015
44°C	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.154	0.415	0.563	0.678	0.774	0.858	0.933	1.002
45°C	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.378	0.537	0.657	0.756	0.842	0.919	0.989

Tabla 24: Límite térmico verano con sol invierno.

Valores en [kA]	Con Sol																		
	Temperatura en el Conductor °C																		
	0°C	5°C	10°C	15°C	20°C	25°C	30°C	35°C	40°C	45°C	50°C	55°C	60°C	65°C	70°C	75°C	80°C	85°C	90°C
-5°C	0.193	0.447	0.598	0.715	0.812	0.897	0.972	1.041	1.103	1.161	1.215	1.266	1.314	1.359	1.402	1.443	1.483	1.520	1.557
-4°C	0.066	0.409	0.571	0.693	0.793	0.880	0.957	1.027	1.090	1.149	1.204	1.255	1.304	1.350	1.393	1.434	1.474	1.512	1.549
-3°C	0.000	0.368	0.542	0.670	0.774	0.863	0.942	1.013	1.077	1.137	1.193	1.245	1.293	1.340	1.384	1.426	1.466	1.504	1.541
-2°C	0.000	0.321	0.512	0.646	0.754	0.845	0.926	0.998	1.064	1.125	1.181	1.234	1.283	1.330	1.374	1.417	1.457	1.496	1.533
-1°C	0.000	0.265	0.480	0.621	0.733	0.827	0.910	0.983	1.050	1.112	1.169	1.222	1.273	1.320	1.365	1.407	1.448	1.487	1.525
0°C	0.000	0.194	0.446	0.595	0.712	0.809	0.893	0.968	1.037	1.099	1.157	1.211	1.262	1.310	1.355	1.398	1.439	1.479	1.517
1°C	0.000	0.071	0.408	0.568	0.690	0.790	0.876	0.953	1.023	1.086	1.145	1.200	1.251	1.300	1.345	1.389	1.431	1.470	1.509
2°C	0.000	0.000	0.367	0.540	0.667	0.770	0.859	0.938	1.008	1.073	1.133	1.188	1.240	1.289	1.336	1.380	1.422	1.462	1.500
3°C	0.000	0.000	0.320	0.510	0.643	0.750	0.842	0.922	0.994	1.060	1.120	1.177	1.229	1.279	1.326	1.370	1.413	1.453	1.492
4°C	0.000	0.000	0.265	0.478	0.619	0.730	0.824	0.906	0.979	1.046	1.108	1.165	1.218	1.269	1.316	1.361	1.404	1.445	1.484
5°C	0.000	0.000	0.195	0.444	0.593	0.709	0.805	0.889	0.965	1.033	1.095	1.153	1.207	1.258	1.306	1.351	1.395	1.436	1.476
6°C	0.000	0.000	0.077	0.407	0.566	0.687	0.786	0.873	0.949	1.019	1.082	1.141	1.196	1.247	1.296	1.342	1.386	1.427	1.467
7°C	0.000	0.000	0.000	0.366	0.538	0.664	0.767	0.856	0.934	1.005	1.069	1.129	1.185	1.237	1.286	1.332	1.376	1.418	1.459
8°C	0.000	0.000	0.000	0.320	0.508	0.641	0.747	0.838	0.918	0.990	1.056	1.117	1.173	1.226	1.275	1.322	1.367	1.410	1.450
9°C	0.000	0.000	0.000	0.265	0.477	0.616	0.727	0.820	0.902	0.976	1.043	1.104	1.161	1.215	1.265	1.313	1.358	1.401	1.442
10°C	0.000	0.000	0.000	0.197	0.443	0.591	0.706	0.802	0.886	0.961	1.029	1.092	1.150	1.204	1.255	1.303	1.348	1.392	1.433
11°C	0.000	0.000	0.000	0.082	0.406	0.564	0.684	0.783	0.870	0.946	1.015	1.079	1.138	1.192	1.244	1.293	1.339	1.382	1.424
12°C	0.000	0.000	0.000	0.000	0.365	0.536	0.662	0.764	0.853	0.931	1.001	1.066	1.126	1.181	1.233	1.282	1.329	1.373	1.415
13°C	0.000	0.000	0.000	0.000	0.319	0.507	0.638	0.745	0.835	0.915	0.987	1.053	1.113	1.170	1.222	1.272	1.319	1.364	1.407
14°C	0.000	0.000	0.000	0.000	0.266	0.475	0.614	0.724	0.818	0.899	0.973	1.039	1.101	1.158	1.211	1.262	1.309	1.355	1.398
15°C	0.000	0.000	0.000	0.000	0.198	0.442	0.589	0.703	0.799	0.883	0.958	1.026	1.088	1.146	1.200	1.251	1.299	1.345	1.389
16°C	0.000	0.000	0.000	0.000	0.088	0.405	0.562	0.682	0.781	0.867	0.943	1.012	1.076	1.134	1.189	1.241	1.289	1.336	1.380
17°C	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.365	0.535	0.659	0.762	0.850	0.928	0.998	1.063	1.122	1.178	1.230	1.279	1.326	1.370
18°C	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.319	0.505	0.636	0.742	0.832	0.912	0.984	1.050	1.110	1.167	1.219	1.269	1.316	1.361
19°C	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.266	0.474	0.612	0.722	0.815	0.896	0.970	1.036	1.098	1.155	1.209	1.259	1.307	1.352
20°C	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.199	0.441	0.587	0.701	0.797	0.880	0.955	1.023	1.085	1.143	1.198	1.248	1.297	1.342
21°C	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.092	0.404	0.561	0.680	0.778	0.864	0.940	1.009	1.073	1.131	1.186	1.238	1.287	1.333
22°C	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.364	0.533	0.657	0.759	0.847	0.925	0.995	1.060	1.120	1.175	1.227	1.277	1.323
23°C	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.319	0.504	0.634	0.740	0.830	0.910	0.981	1.047	1.107	1.164	1.217	1.267	1.314
24°C	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.267	0.473	0.610	0.720	0.812	0.894	0.967	1.034	1.095	1.152	1.206	1.256	1.304
25°C	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.201	0.440	0.586	0.699	0.794	0.878	0.952	1.020	1.083	1.141	1.195	1.246	1.294
26°C	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.097	0.404	0.559	0.678	0.776	0.862	0.938	1.007	1.070	1.129	1.184	1.235	1.284
27°C	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.364	0.532	0.656	0.757	0.845	0.923	0.993	1.057	1.117	1.173	1.225	1.274
28°C	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.320	0.503	0.633	0.738	0.828	0.907	0.979	1.044	1.105	1.161	1.214	1.264
29°C	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.268	0.472	0.609	0.718	0.810	0.892	0.965	1.031	1.093	1.150	1.203	1.254
30°C	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.203	0.439	0.584	0.697	0.792	0.876	0.950	1.018	1.080	1.138	1.193	1.244
31°C	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.102	0.403	0.558	0.676	0.774	0.859	0.935	1.004	1.068	1.127	1.182	1.233
32°C	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.364	0.531	0.654	0.755	0.843	0.920	0.991	1.055	1.115	1.170	1.223
33°C	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.320	0.502	0.631	0.736	0.826	0.905	0.977	1.042	1.103	1.159	1.212
34°C	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.268	0.472	0.608	0.716	0.808	0.889	0.962	1.029	1.090	1.148	1.201
35°C	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.204	0.439	0.583	0.696	0.791	0.874	0.948	1.016	1.078	1.136	1.191
36°C	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.106	0.403	0.557	0.675	0.772	0.857	0.933	1.002	1.066	1.125	1.180
37°C	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.364	0.530	0.653	0.754	0.841	0.918	0.989	1.053	1.113	1.168
38°C	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.320	0.501	0.630	0.734	0.824	0.903	0.975	1.040	1.101	1.157
39°C	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.269	0.471	0.606	0.715	0.807	0.888	0.961	1.027	1.089	1.146
40°C	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.206	0.438	0.582	0.694	0.789	0.872	0.946	1.014	1.076	1.134
41°C	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.111	0.403	0.556	0.673	0.771	0.856	0.932	1.000	1.064	1.123
42°C	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.364	0.529	0.651	0.752	0.839	0.917	0.987	1.051	1.111
43°C	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.321	0.501	0.629	0.733	0.822	0.901	0.973	1.038	1.099
44°C	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.270	0.471	0.606	0.713	0.805	0.886	0.959	1.025	1.087
45°C	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.208	0.438	0.581	0.693	0.788	0.870	0.945	1.012	1.075

Tabla 25: Límite térmico verano sin sol.

Valores en [kA]	Sin Sol																		
	Temperatura en el Conductor °C																		
	0°C	5°C	10°C	15°C	20°C	25°C	30°C	35°C	40°C	45°C	50°C	55°C	60°C	65°C	70°C	75°C	80°C	85°C	90°C
-5°C	0.407	0.571	0.694	0.795	0.882	0.960	1.030	1.094	1.153	1.207	1.259	1.307	1.353	1.396	1.438	1.477	1.515	1.552	1.587
-4°C	0.364	0.542	0.670	0.775	0.865	0.944	1.015	1.080	1.140	1.196	1.248	1.297	1.343	1.387	1.429	1.469	1.507	1.544	1.579
-3°C	0.315	0.511	0.646	0.755	0.847	0.928	1.001	1.067	1.128	1.184	1.237	1.286	1.333	1.377	1.420	1.460	1.499	1.536	1.571
-2°C	0.257	0.478	0.621	0.734	0.829	0.912	0.986	1.053	1.115	1.172	1.225	1.276	1.323	1.368	1.410	1.451	1.490	1.528	1.564
-1°C	0.182	0.443	0.595	0.712	0.810	0.895	0.971	1.039	1.102	1.160	1.214	1.265	1.313	1.358	1.401	1.442	1.482	1.519	1.556
0°C	0.000	0.404	0.567	0.690	0.791	0.878	0.955	1.025	1.089	1.148	1.203	1.254	1.302	1.348	1.392	1.433	1.473	1.511	1.548
1°C	0.000	0.362	0.538	0.667	0.771	0.860	0.939	1.011	1.076	1.135	1.191	1.243	1.292	1.338	1.382	1.424	1.464	1.503	1.540
2°C	0.000	0.313	0.508	0.643	0.751	0.843	0.923	0.996	1.062	1.123	1.179	1.232	1.282	1.328	1.373	1.415	1.456	1.495	1.532
3°C	0.000	0.256	0.475	0.618	0.730	0.824	0.907	0.981	1.048	1.110	1.167	1.221	1.271	1.318	1.363	1.406	1.447	1.486	1.524
4°C	0.000	0.181	0.440	0.591	0.708	0.806	0.891	0.966	1.035	1.097	1.155	1.210	1.260	1.308	1.354	1.397	1.438	1.478	1.516
5°C	0.000	0.000	0.402	0.564	0.686	0.787	0.874	0.951	1.020	1.084	1.143	1.198	1.250	1.298	1.344	1.388	1.429	1.469	1.507
6°C	0.000	0.000	0.360	0.535	0.663	0.767	0.856	0.935	1.006	1.071	1.131	1.187	1.239	1.288	1.334	1.378	1.420	1.461	1.499
7°C	0.000	0.000	0.312	0.505	0.639	0.747	0.839	0.919	0.992	1.058	1.118	1.175	1.228	1.277	1.324	1.369	1.411	1.452	1.491
8°C	0.000	0.000	0.254	0.473	0.614	0.726	0.820	0.903	0.977	1.044	1.106	1.163	1.217	1.267	1.314	1.359	1.402	1.443	1.483
9°C	0.000	0.000	0.180	0.438	0.588	0.705	0.802	0.887	0.962	1.030	1.093	1.151	1.205	1.256	1.304	1.350	1.393	1.435	1.474
10°C	0.000	0.000	0.000	0.400	0.561	0.683	0.783	0.870	0.947	1.016	1.080	1.139	1.194	1.245	1.294	1.340	1.384	1.426	1.466
11°C	0.000	0.000	0.000	0.358	0.533	0.660	0.763	0.852	0.931	1.002	1.067	1.127	1.182	1.235	1.284	1.330	1.375	1.417	1.457
12°C	0.000	0.000	0.000	0.310	0.502	0.636	0.743	0.835	0.915	0.988	1.054	1.114	1.171	1.224	1.273	1.321	1.365	1.408	1.449
13°C	0.000	0.000	0.000	0.253	0.470	0.611	0.723	0.817	0.899	0.973	1.040	1.102	1.159	1.213	1.263	1.311	1.356	1.399	1.440
14°C	0.000	0.000	0.000	0.179	0.435	0.585	0.701	0.798	0.883	0.958	1.026	1.089	1.147	1.201	1.252	1.301	1.346	1.390	1.431
15°C	0.000	0.000	0.000	0.000	0.398	0.558	0.679	0.779	0.866	0.943	1.012	1.076	1.135	1.190	1.242	1.290	1.337	1.380	1.422
16°C	0.000	0.000	0.000	0.000	0.356	0.530	0.657	0.760	0.849	0.927	0.998	1.063	1.123	1.179	1.231	1.280	1.327	1.371	1.414
17°C	0.000	0.000	0.000	0.000	0.308	0.500	0.633	0.740	0.831	0.912	0.984	1.050	1.111	1.167	1.220	1.270	1.317	1.362	1.405
18°C	0.000	0.000	0.000	0.000	0.252	0.468	0.608	0.719	0.813	0.896	0.969	1.036	1.098	1.155	1.209	1.259	1.307	1.352	1.396
19°C	0.000	0.000	0.000	0.000	0.178	0.433	0.583	0.698	0.795	0.879	0.954	1.023	1.085	1.144	1.198	1.249	1.297	1.343	1.387
20°C	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.396	0.556	0.676	0.776	0.863	0.939	1.009	1.073	1.132	1.187	1.238	1.287	1.333	1.377
21°C	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.354	0.528	0.654	0.757	0.845	0.924	0.995	1.060	1.119	1.175	1.228	1.277	1.324	1.368
22°C	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.307	0.498	0.630	0.737	0.828	0.908	0.980	1.046	1.107	1.164	1.217	1.267	1.314	1.359
23°C	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.251	0.466	0.606	0.717	0.810	0.892	0.966	1.033	1.095	1.152	1.206	1.256	1.304	1.349
24°C	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.177	0.431	0.580	0.695	0.792	0.876	0.951	1.019	1.082	1.140	1.195	1.246	1.294	1.340
25°C	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.394	0.553	0.674	0.773	0.859	0.936	1.006	1.069	1.128	1.183	1.235	1.284	1.330
26°C	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.352	0.525	0.651	0.754	0.842	0.921	0.992	1.056	1.116	1.172	1.224	1.274	1.321
27°C	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.305	0.495	0.628	0.734	0.825	0.905	0.977	1.043	1.104	1.161	1.214	1.264	1.311
28°C	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.249	0.464	0.603	0.714	0.807	0.889	0.963	1.030	1.092	1.149	1.203	1.253	1.301
29°C	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.176	0.429	0.578	0.693	0.789	0.873	0.948	1.016	1.079	1.137	1.192	1.243	1.291
30°C	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.392	0.551	0.671	0.770	0.856	0.933	1.003	1.066	1.125	1.180	1.232	1.281
31°C	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.351	0.523	0.649	0.751	0.840	0.918	0.989	1.053	1.113	1.169	1.222	1.271
32°C	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.304	0.493	0.625	0.732	0.822	0.902	0.974	1.040	1.101	1.158	1.211	1.261
33°C	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.248	0.462	0.601	0.711	0.805	0.886	0.960	1.027	1.089	1.146	1.200	1.251
34°C	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.176	0.428	0.576	0.690	0.786	0.870	0.945	1.013	1.076	1.134	1.189	1.240
35°C	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.391	0.549	0.669	0.768	0.854	0.930	1.000	1.063	1.123	1.178	1.230
36°C	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.350	0.521	0.646	0.749	0.837	0.915	0.986	1.051	1.111	1.167	1.219
37°C	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.303	0.492	0.623	0.729	0.820	0.900	0.972	1.038	1.098	1.155	1.208
38°C	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.247	0.460	0.599	0.709	0.802	0.884	0.957	1.024	1.086	1.144	1.198
39°C	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.175	0.426	0.574	0.688	0.784	0.868	0.943	1.011	1.074	1.132	1.187
40°C	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.389	0.547	0.667	0.765	0.851	0.928	0.997	1.061	1.120	1.175
41°C	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.348	0.519	0.644	0.746	0.835	0.913	0.983	1.048	1.108	1.164
42°C	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.302	0.490	0.621	0.727	0.817	0.897	0.969	1.035	1.096	1.153
43°C	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.247	0.459	0.597	0.707	0.800	0.882	0.955	1.022	1.084	1.141
44°C	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.174	0.425	0.572	0.686	0.782	0.865	0.940	1.009	1.071	1.130
45°C	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.388	0.546	0.665	0.763	0.849	0.926	0.995	1.059	1.118

6. CONCLUSIONES

Este informe ha abordado la restitución de las condiciones de tensado del conductor de fase, geometrías de estructuras y condiciones climáticas en la línea eléctrica de transmisión 1x220 kV Polpaico-Santa Filomena entre las estructuras 39, 40, 41 y 42. Se ha realizado una comparación entre la información obtenida de la Infotécnica del Coordinador Eléctrico Nacional y la proporcionada por “Anglo American Sur S.A.”.

Se ha detectado una discrepancia en el listado de estructuras DLB-DAT-6232-GE-0001, ver Anexo 5 de este informe, donde la estructura 41 se indica con una extensión de 28.5 metros más patas de +2 metros. Sin embargo, la topografía LIDAR revela que no existen patas de +2 metros. Se recomienda actualizar el listado de estructuras con las alturas y extensiones de patas correctas.

El análisis del punto 5.3, específicamente el 5.3.8, muestra que la distancia vertical mínima en la línea eléctrica 1x220 kV Polpaico-Santa Filomena entre las estructuras 40-41 es de 6.41 [m], siendo la distancia de seguridad requerida para terrenos poco transitables de 7.32 [m] según el Pliego Técnico Normativo RPTD N° 07. Por lo tanto, existe un déficit de 0.91 [m] en el vano 40-41, y los conductores en los vanos adyacentes se encuentran en el límite establecido, como se aprecia en el plano de perfil longitudinal del punto 5.3.8.

Por otro lado, se ha determinado en el punto 5.3.9 que para cumplir con las distancias verticales requeridas por la RPTD N°7, las corrientes máximas admisibles para el conductor sin exceder la distancia de seguridad de 7.32 [m] son de 586.43 [A] (223.5 [MVA]) para el conductor izquierdo a una temperatura de 57[°C] y 809.09 [A] (308.3 [MVA]) para el conductor derecho a una temperatura de 68[°C].

Respecto a las tensiones mecánicas de los cables AAAC 1200 MCM 61 Hebras, la mayoría de los vanos presentan tensiones no superiores al 15% por fase en condición EDS (everyday stress). Además, en Viento Máximo, no se excede lo establecido por el Pliego Técnico Normativo RPTD N° 11 (50% de tensión mecánica máxima en cables).

En resumen, se concluye que los conductores de la línea de transmisión están tensados al límite de la distancia de seguridad de 7.32 [m] a una temperatura de 80[°C] sin viento.

Además, se sugiere abordar las distancias de seguridad no cumplidas mediante el escarpe del terreno. Para ello, es necesario que el área ambiental y operacional de “Anglo American Sur S.A.” evalúe esta propuesta. Asimismo, se aconseja llevar a cabo un estudio de ingeniería que examine la factibilidad de invertir las crucetas o instalar crucetas poliméricas en las estructuras de suspensión 40 y 41.

Anexo 1 vanos con distancias verticales mínimas y las áreas de incumplimiento

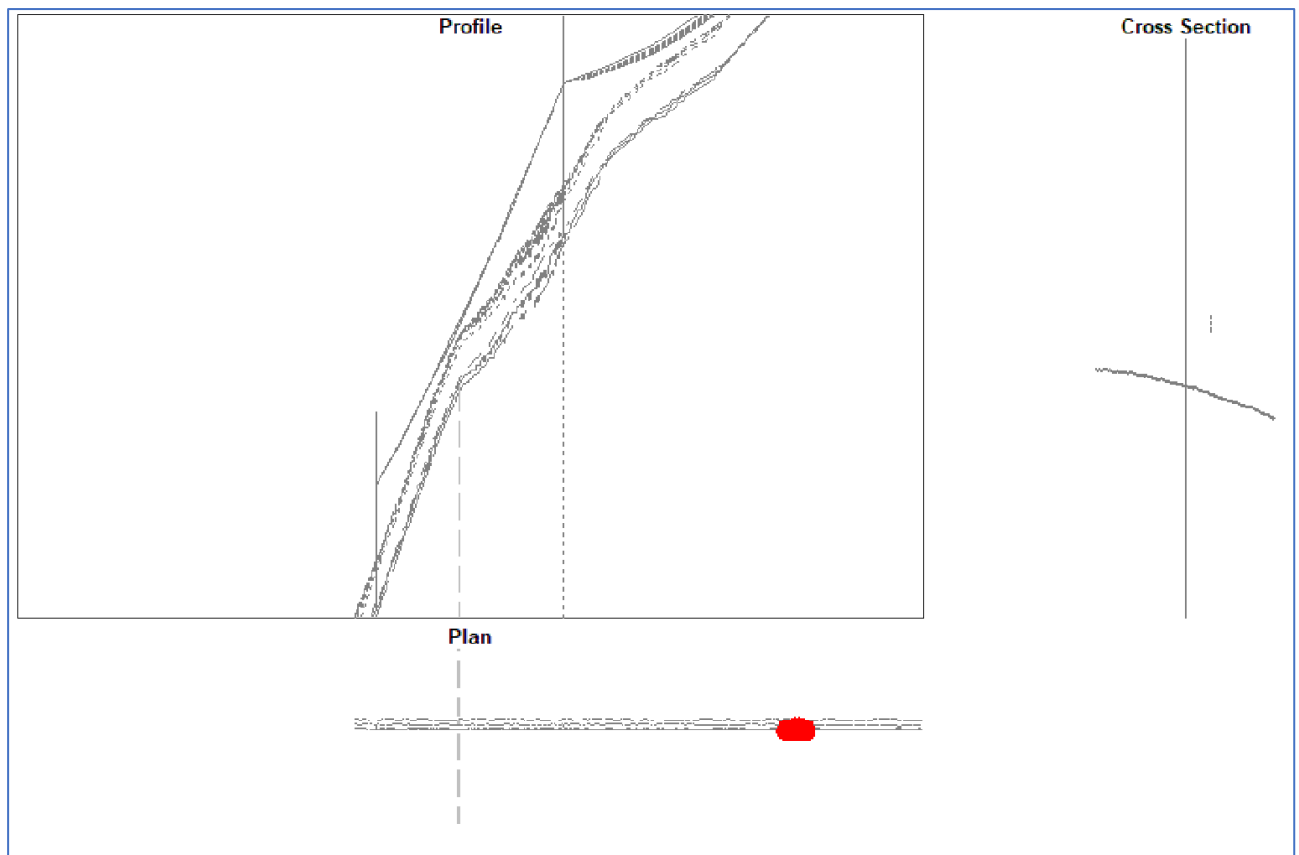


Ilustración 0-1 Vistas entre estructuras T39 y T40.

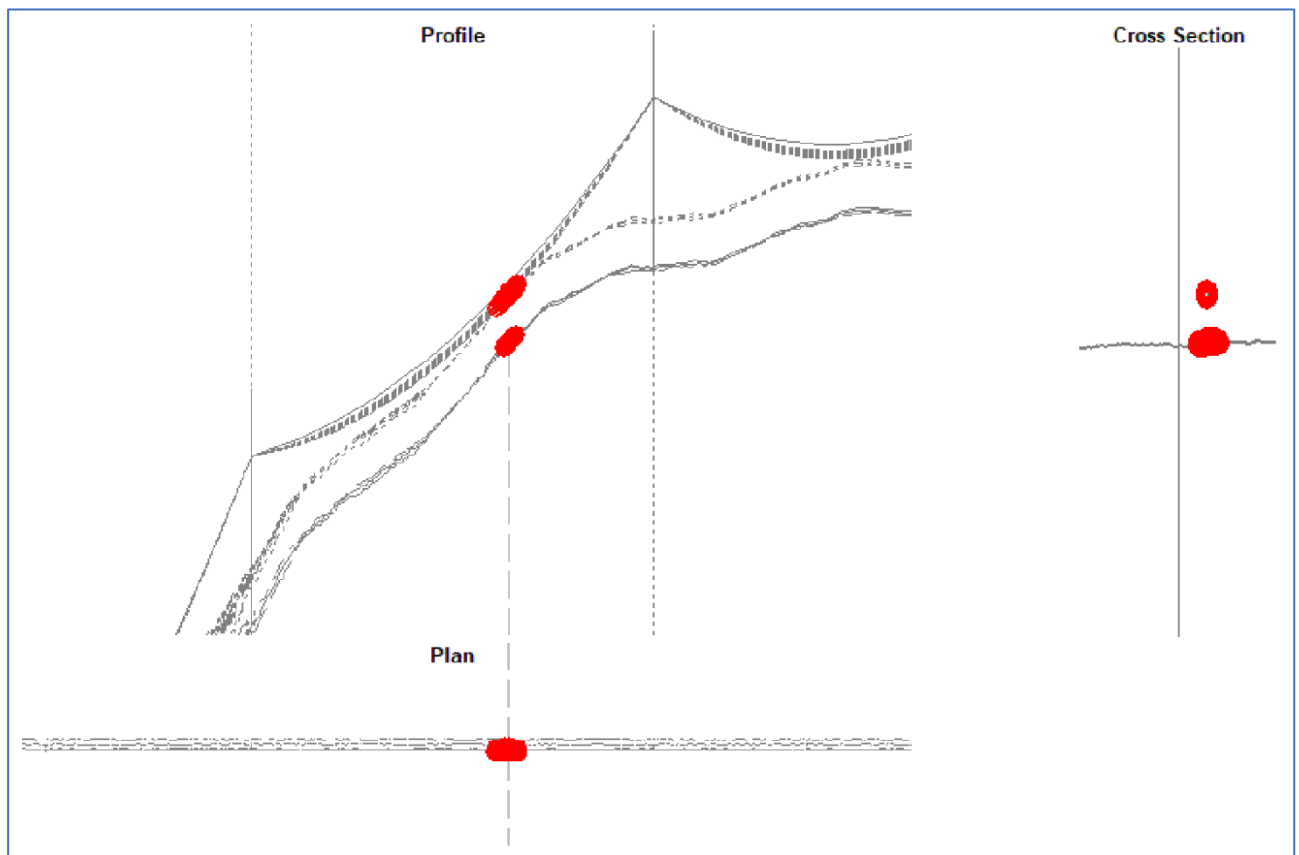


Ilustración 0-2 Vistas entre estructuras T40 y T41.

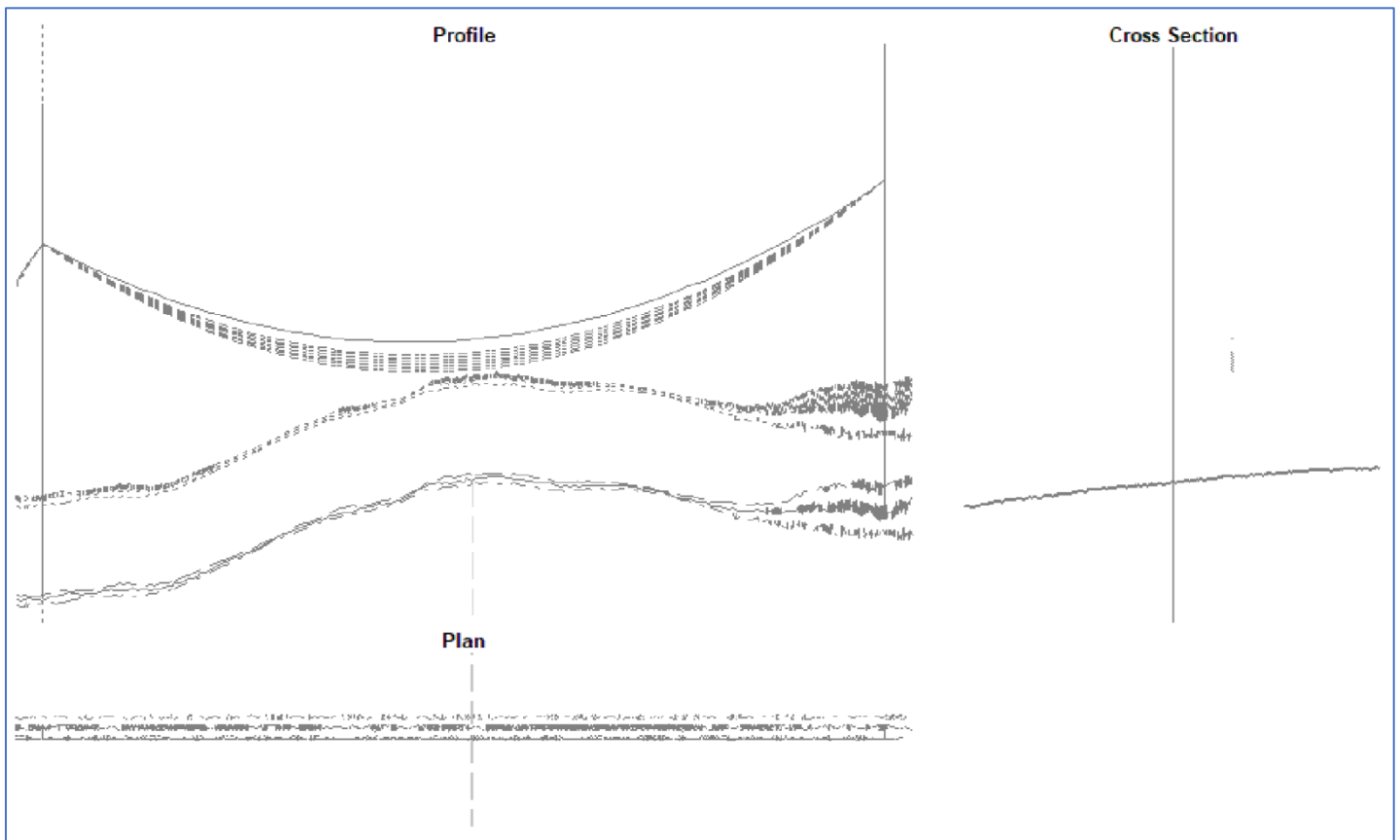


Ilustración 0-3 Vistas entre estructuras T41 y T42.

Anexo 2 ANEXO TÉCNICO: Desarrollo de Auditorías Técnicas

Anexo 3 Topografía Transmission Line

Anexo 4 Perfil longitudinal “Anglo American Sur S.A.”

Anexo 5 Información de enotécnica

Anexo 6 Perfil longitudinal restituido

Anexo 7 Registros medidor paño J13 de la SE Polpaico 220 kV

Anexo 8 Modelo PLS-CADD Restitución línea

Anexo 9 Reporte Recurso solar y datos meteorológicos

Anexo 10 Reporte capacidad de corriente para temperaturas de 57[°C] y 68[°C]

IEEE Standard 738-2006 method of calculation

Weather Conditions

Air temperature: 35.000 [deg C]
Wind speed: 0.610 [m/s]
Wind to conductor angle: 90.000 [deg]

Solar Conditions

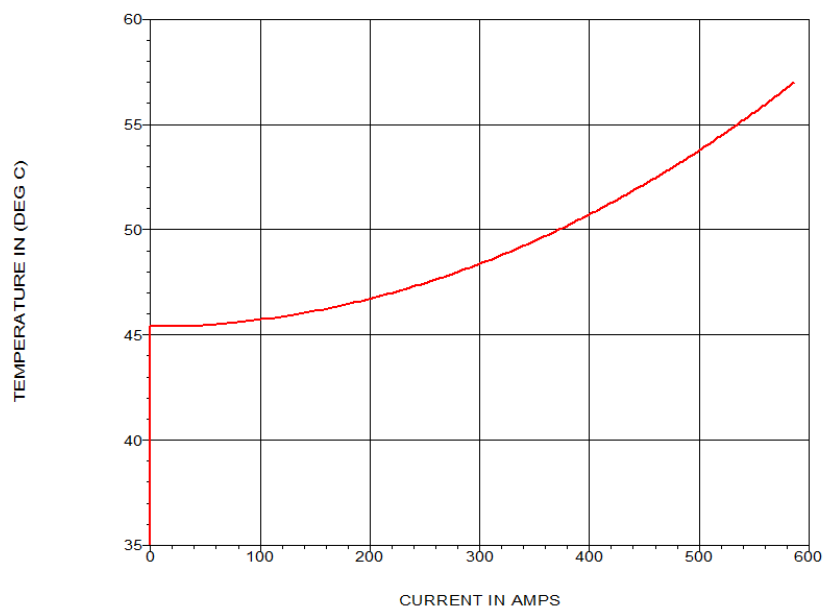
Measured solar radiation: 1106.000 [Watt/m^2]

Conductor Properties

Description: 1200 MCM 61/0 Strands AAAC
Azimuth: 90.000 [deg]
AC resistance at 50.0 [deg C]: 0.0575 [Ohm/km]
AC resistance at 75.0 [deg C]: 0.0622 [Ohm/km]
Solar absorptivity: 0.500
Emissivity: 0.500
Outer diameter: 32.080 [mm]
Outer strand diameter: 0.000 [mm]
Outer strand layers: 0
Outer surface finish: Smooth
Cable is thermal bimetallic: False
Heat capacity: 1228.280 [Watt-s/m-deg C]
Elevation above sea level: 1287.000 [m]

Analysis Results

Current: 586.430 [Amps]
Conductor temperature 57.000 [deg C]
Convective cooling: 29.785 [Watt/m]
Radiative cooling: 8.177 [Watt/m]
Solar heating: 17.740 [Watt/m]
Equivalent global solar radiation: 1106.000 [Watt/m^2]
Final solar absorptivity: 0.500
Final emissivity: 0.500
Final wind to conductor angle: 90.000 [deg]



IEEE Standard 738-2006 method of calculation

Weather Conditions

Air temperature: 35.000 [deg C]
Wind speed: 0.610 [m/s]
Wind to conductor angle: 90.000 [deg]

Solar Conditions

Measured solar radiation: 1106.000 [Watt/m²]

Conductor Properties

Description: 1200 MCM 61/0 Strands AAAC
Azimuth: 90.000 [deg]
AC resistance at 50.0 [deg C]: 0.0575 [Ohm/km]
AC resistance at 75.0 [deg C]: 0.0622 [Ohm/km]
Solar absorptivity: 0.500
Emissivity: 0.500
Outer diameter: 32.080 [mm]
Outer strand diameter: 0.000 [mm]
Outer strand layers: 0
Outer surface finish: Smooth
Cable is thermal bimetallic: False
Heat capacity: 1228.280 [Watt-s/m-deg C]
Elevation above sea level: 1287.000 [m]

Analysis Results

Current: 809.090 [Amps]
Conductor temperature 68.000 [deg C]
Convective cooling: 44.649 [Watt/m]
Radiative cooling: 12.929 [Watt/m]
Solar heating: 17.740 [Watt/m]
Equivalent global solar radiation: 1106.000 [Watt/m²]
Final solar absorptivity: 0.500
Final emissivity: 0.500
Final wind to conductor angle: 90.000 [deg]

