

**ADENDA I A LA MODIFICACIÓN 02 DE  
PROYECTO DE LAT 400 KV DC  
EVACUACIÓN PE DE SET EJULVE A SET CÁMARAS**



## 1. OBJETO

Se redacta la presente ADENDA I A LA MODIFICACIÓN 02 del proyecto con objeto de realizar las preceptivas modificaciones a los apartados de proyecto que resulten afectados por el cambio en la ubicación algunos de los apoyos de la línea con el fin de evitar producir afecciones sobre el PSFV Encuentro y sacarlos fuera del perímetro delimitado para el parque.

## 2. ALCANCE

En el presente documento de ADENDA I A LA MODIFICACIÓN 02 de Proyecto se exponen y justifican las modificaciones sufridas por la LAT 400 kV DC SET Ejulve a SET Cámaras desde el apoyo de 85A de la LAT 400 KV DC SET EJULVE - SET CÁMARAS, hasta el apoyo 91A de la LAT 400KV DC SET EJULVE - SET CÁMARAS. Éstas incluyen la valoración, estudio y cálculos justificativos de los apoyos modificados de la línea, así como de los apoyos contiguos.

Las modificaciones indicadas en el presente Anexo I con respecto a la anterior documentación suponen la modificación de la ubicación y, en consecuencia, tipología de los apoyos indicados en las siguiente tablas.

Modificaciones en la ubicación de los apoyos. Coordenadas mostradas en proyección UTM utilizando el Datum ETRS89 en el huso 30:

Nº Apoyo	Coordenadas iniciales		Coordenadas finales	
	X UTM	Y UTM	X UTM	Y UTM
85A	710.623	4.545.914	710.623	4.545.914
86A	710.910	4.546.188	710.879	4.546.253
87A	711.167	4.546.434	711.060	4.546.494
88A	711.423	4.546.679	711.395	4.546.758
89A	711.715	4.546.958	711.703	4.547.001
91A	712.026	4.547.255	712.026	4.547.255

Modificaciones en la tipología de los apoyos:

Nº Apoyo	Denominación Apoyo Anterior	Tipo anterior	Denominación Apoyo Nuevo	Tipo nuevo
85A	30 / IME-AN2-DC-400	AG-AM	30 / IME-AN2-DC-400	AG-AM
86A	30 / IME-SUS-DC-400	AL-SUS	36 / IME-SUS-DC-400	AL-SUS
87A	30 / IME-SUS-DC-400	AG-AM	30 / IME-AN2-DC-400	AG-AM
88A	30 / IME-SUS-DC-400	AL-SUS	39 / IME-SUS-DC-400	AL-SUS
89A	30 / IME-SUS-DC-400	AL-SUS	30 / IME-SUS-DC-400	AL-SUS
91A	30 / IME-FL1-DC-PAS-400	FL-PAS	30 / IME-FL1-DC-PAS-400	FL-PAS

En este ADENDA I A LA MODIFICACIÓN 02, solo se describirán los puntos que se vean afectados por el cambio de ubicación de los apoyos y en consecuencia del trazado de la línea, quedando vigentes los puntos no modificados de la documentación anteriormente presentada en la MODIFICACIÓN 02 DE PROYECTO de LAT 400 kV DC EVACUACIÓN PE DE SET EJULVE A SET CÁMARAS.

### **3. ANTECEDENTES Y TRAMITACIÓN ADMINISTRATIVA**

En diciembre de 2020 se redactó el proyecto de la Línea Aérea de Alta Tensión 400 kV Doble Circuito de SET EJULVE a SET CÁMARAS, por el Ingeniero Industrial D. Ramón Fernández de Bordons, a petición de RENOVABLES SANTIA, S.L., con CIF B99530115 Y VISADO EN EL Colegio Nacional de Ingenieros ICAI el 09/12/2020 con Nº Visado 0604/20. Este proyecto describe las obras e instalaciones para la construcción de la línea de evacuación en doble circuito desde la SET EJULVE hasta la SET CÁMARAS y solo está contemplado el tendido de uno de los circuitos. Dicho proyecto se registró el 16/12/2020 en Dirección General de Energía y Minas con Nº de Expediente IP-PC-0149/2020.

En febrero de 2021, con objeto de reducir la huella medioambiental y buscar sinergias para la evacuación de la energía de los parques eólicos situados en varios de los municipios de las cuencas mineras, en diálogo con el Servicio Provincial de Teruel, se decide aprovechar parte del trazado de la Línea Aérea a 220 kV SET IBEROS – SET MUDÉJAR propiedad de ENEL GREEN POWER ESPAÑA, S.L. para compartir apoyos con la Línea de Alta Tensión 400 kV DC SET EJULVE – SET CÁMARAS, objeto de este proyecto.

Es por ello que se desarrolló un Acuerdo entre los promotores de los Parques Eólicos IBEROS, MAJALINOS I, GUADALOPILLO I, GUADALOPILLO II, EL BAILADOR y TOSQUILLA y la mercantil FORESTALIA RENOVABLES, S.L. en el que se recoge el alcance de las Infraestructuras de evacuación compartidas afectadas, y se deja un circuito reserva.

Debido a que durante el proceso de tramitación, el estudio de avifauna de los parques eólicos MAJALINOS I, GUADALOPILLO I, GUADALOPILLO II, EL BAILADOR y TOSQUILLA concluyó que la zona escogida para la ubicación de los mismos tenía restricciones, se modificaron los proyectos originales de los Parques Eólicos, y por consiguiente las evacuaciones de los mismos.

Para adaptar el trazado de la línea a las nuevas necesidades que se plantearon, se redactó el Modificado de PROYECTO Línea de Alta Tensión Doble Circuito 400 kV de SET EJULVE a SET CÁMARAS, por el Ingeniero Industrial D. Ramón Fernández de Bordons y que contempla las modificaciones indicadas. Este Modificado de Proyecto se registró en el Servicio Provincial de Teruel el 14 de mayo de 2021.

En fecha de 14 de mayo de 2021, se solicitó al Servicio Provincial de Teruel la reestructuración de los expedientes relativos a las infraestructuras de evacuación de los parques eólicos TOSQUILLA, GUADALOPILLO II, EL BAILADOR, MAJALINOS I y GUADALOPILLO I, tras los cual se otorgó el número de expediente: TE\_SP-ENE-AT-2021-049.



En fecha 17 de octubre de 2022, el Instituto Aragonés de Gestión Ambiental (INAGA) notificó el borrador de la Declaración de Impacto Ambiental (DIA) de la LAAT 400 kV DC “Apoyo 62 LAAT Íberos – SET Mudéjar Promotores – SET Cámaras”, resultando COMPATIBLE y CONDICIONADA al cumplimiento de unos determinados condicionantes en la fase de construcción y explotación.

Para dar cumplimiento a dichos condicionantes se redactó el Modificado 02 de PROYECTO Línea de Alta Tensión Doble Circuito 400 kV de SET EJULVE a SET CÁMARAS, por el Ingeniero Industrial D. Ramón Fernández de Bordons y que contempla las modificaciones indicadas.

#### 4. CONCLUSIÓN

Expuesto el objeto y la utilidad del presente documento ADENDA I A LA MODIFICACIÓN 02 de Proyecto, se espera que el mismo merezca de aprobación de los Organismos, Administraciones y el Ayuntamientos, y se emitan las autorizaciones para su tramitación y puesta en servicio.

INDICE

<b>1. MEMORIA .....</b>	<b>1</b>
1.1. Descripción del trazado de la línea .....	2
1.2. Coordenadas de los apoyos de la línea .....	6
1.3. Descripción de la instalación aérea .....	7
1.3.1. Características generales.....	7
1.4. Cálculos .....	8
1.4.1. Cálculo eléctrico aéreo.....	8
1.4.1.1. Características generales .....	8
1.4.1.2. Resistencia.....	8
1.4.1.3. Reactancia .....	9
1.4.1.4. Susceptancia.....	12
1.4.1.5. Conductancia .....	13
1.4.1.6. Ecuaciones de parámetros distribuidos de la línea .....	14
1.4.1.7. Caída de tensión .....	15
1.4.1.8. Aislamiento.....	18
1.4.2. Cálculo mecánico de conductores .....	21
1.4.2.1. Características de la línea .....	21
1.4.2.2. Vano ideal de regulación .....	21
1.4.2.3. Tabla de regulación .....	26
1.4.3. Cálculo mecánico del cable de fibra óptica .....	34
1.4.3.1. Características de la línea .....	34
1.4.3.2. Vano ideal de regulación .....	34
1.4.3.3. Tabla de regulación .....	39
1.4.3.4. Distancia de los conductores y el cable de tierra .....	44
1.4.4. Cálculo mecánico de apoyos .....	46
1.4.4.2. Tablas de resultados.....	48
1.4.5. Cálculo mecánico de cimentaciones.....	59
1.4.6. Puesta a tierra .....	59
1.4.6.1. Electrodo de puesta a tierra .....	59
1.5. Relación de cruzamientos .....	61
<b>2. PLANOS.....</b>	<b>64</b>
2.1. Lista de planos.....	65
<b>3. PRESUPUESTO .....</b>	<b>66</b>
3.1. Presupuesto General .....	67
3.1.1. Suministro equipos tramos aéreos.....	67

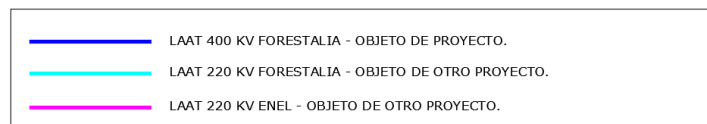
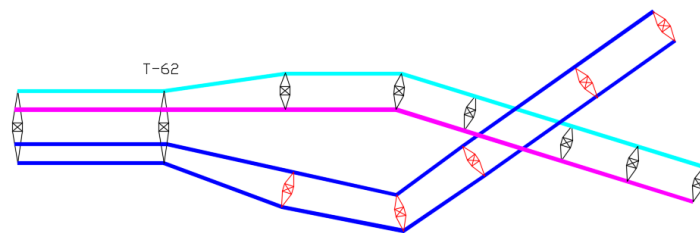
3.1.2. Montaje equipos tramos aéreos .....	68
3.1.3. Suministro equipos tramo subterráneo .....	69
3.1.4. Montaje equipos tramo subterráneo .....	70
3.1.5. Obra Civil.....	71
3.1.6. Resumen presupuesto Modificación 02 .....	72
3.2. Resumen presupuesto Modificación 01 .....	72
3.3. Resumen presupuesto tramos eliminados en Modificación 02 .....	72
3.4. Resumen del presupuesto instalación proyectada.....	73

## 1. MEMORIA

### 1.1. Descripción del trazado de la línea

Tras las modificaciones expuestas en esta adenda, la línea objeto de la MODIFICACIÓN 02 de PROYECTO presenta una longitud de 72,098 kilómetros desde la SET EJULVE hasta la SET CÁMARAS, siendo la longitud del tramo objeto de la modificación de 11,733 km. Su origen es SET EJULVE, ubicada en el término municipal de Aliaga y el final de la línea será SET CÁMARAS, perteneciente al término municipal de Híjar.

La línea de evacuación LAT 400 kV DC SET EJULVE a SET CÁMARAS comparte parte del trazado con la línea de evacuación LAT SET EJULVE – APOYO 1-2 de LAT SET PE ÍBEROS – SET MUDÉJAR PROMOTORES en su tramo inicial y central. Adicionalmente, en su tramo central la LAT 400 kV DC SET EJULVE a SET CÁMARAS comparte trazado con la LAT 400-220 kV SET PE ÍBEROS – SET MUDÉJAR PROMOTORES.



A continuación se describe por tramos el trazado y la configuración de la LAT 400 kV DC SET EJULVE a SET CÁMARAS a lo largo de la totalidad de su recorrido.

- **TRAMO Nº1:** SET Ejulve – AP2 LAT SET Íberos a SET Mudéjar Promotores (no objeto de modificación)

Trazado aéreo, en configuración de triple circuito. La línea compartirá apoyos con otras líneas, siendo la asignación de la energía de los circuitos de izquierda a derecha y en sentido de la evacuación de la energía:

- Primer Circuito, asignado para LAT 220 kV SET EJULVE a SET MUDÉJAR PROMOTORES.
- Segundo Circuito, asignado para LAT 400 kV SET EJULVE a SET CÁMARAS.
- Tercer Circuito, en reserva, asignado para LAT 400 kV SET EJULVE a SET CÁMARAS.



- **TRAMO Nº2:** AP2 LAT SET Íberos a SET Mudéjar Promotores – AP62 LAT SET Íberos a SET Mudéjar Promotores (no objeto de modificación)

Trazado aéreo, en configuración de cuádruple circuito. La línea compartirá apoyos con otras líneas, siendo la asignación de la energía de los circuitos de izquierda a derecha y en sentido de la evacuación de la energía:

- Primer Circuito, asignado para LAT 220 kV SET ÍBEROS a SET MUDÉJAR PROMOTORES.
- Segundo Circuito, asignado para LAT 220 kV SET EJULVE a SET MUDÉJAR PROMOTORES.
- Tercer Circuito, asignado para LAT 400 kV SET EJULVE a SE CÁMARAS.
- Cuarto Circuito, en reserva, asignado para LAT 400 kV SET EJULVE a SE CÁMARAS.

- **TRAMO Nº3:** AP62 LAT SET Íberos a SET Mudéjar Promotores – AP91A PAS LASAT 400 kV SET Ejulve a SET Cámaras

Trazado aéreo, en configuración de doble circuito. La línea se ha dimensionado en configuración de doble, sin embargo, se procederá al **tendido inicial de uno de los circuitos**, quedando en reserva para futuras actuaciones las posiciones del segundo circuito, siendo la asignación de la energía de los circuitos:

- Primer Circuito, en triángulo superior, asignado para LAT 400 kV SET EJULVE a SE CÁMARAS.
- Segundo Circuito, en triángulo inferior, en reserva, asignado para LAT 400 kV SET EJULVE a SE CÁMARAS.

- **TRAMO Nº4:** AP91A PAS LASAT 400 kV SET Ejulve a SET Cámaras – AP107 PAS LASAT 400 kV SET Ejulve a SET Cámaras

Trazado subterráneo, en configuración de doble circuito. La línea se ha dimensionado en configuración de doble circuito, sin embargo, se procederá al **tendido inicial de uno de los circuitos**, quedando en reserva para futuras actuaciones las posiciones del segundo circuito, siendo la asignación de la energía de los circuitos:

- Primer Circuito, circuito izquierdo, asignado para LAT 400 kV SET EJULVE a SE CÁMARAS.
- Segundo Circuito, circuito derecho, en reserva, asignado para LAT 400 kV SET EJULVE a SE CÁMARAS.

- **TRAMO Nº5:** AP107 PAS LASAT 400 kV SET Ejulve a SET Cámaras – SET Cámaras

Trazado aéreo, en configuración de doble circuito. La línea se ha dimensionado en configuración de doble, sin embargo, se procederá al **tendido inicial de**

**uno de los circuitos**, quedando en reserva para futuras actuaciones las posiciones del segundo circuito, siendo la asignación de la energía de los circuitos:

- Primer Circuito, en triángulo superior, asignado para LAT 400 kV SET EJULVE a SE CÁMARAS.
- Segundo Circuito, en triángulo inferior, en reserva, asignado para LAT 400 kV SET EJULVE a SE CÁMARAS.

La línea tiene una tensión de 400 kV y parte de la SET EJULVE, con una configuración Triple Circuito, y se conectará al pórtico de llegada de la SET CÁMARAS, produciéndose la llegada a la SET en configuración Doble Circuito. Para el diseño de la línea se ha utilizado un conductor LA-455 Dúplex para los tramos aéreos y u RHZ1-RA+2OL(AS) 230/400kV 1x630KAl+T480Al para el tramo subterráneo.

A continuación, se muestran los municipios por los que discurre la línea y los cruza- mientos que existen en cada municipio por alineaciones correspondientes a la presente modificación del proyecto:

Provincia: TERUEL

Término municipal: ANDORRA

Longitud: 1.985,27 m

Nº Alineación	Tramo línea	Apoyo inicial	Apoyo final	Ángulo con siguiente alineación (g)	Longitud (m)	Cruza mientos
1	3	85A	87AA	216,40	725,65	-
2	3	87A	91A	-	1.230,02	Nº 1, V.P. PASO DESDE VALDORÍA HASTA EL MÁS QUEMADO Nº 2, CAMINO DE SANTIAGO ANDORRA – ALBALATE DEL ARZOBISPO
-	4	-	-	-	29,60	-

Provincia: TERUEL

Término municipal: ALBALATE DEL ARZOBISPO

Longitud: 8.452,7 m

Nº Alineación	Tramo línea	Apoyo inicial	Apoyo final	Ángulo con siguiente alineación (g)	Longitud (m)	Cruza mientos
-	4	-	-	-	8.452,67	Nº 3, BARRANCO Nº 4, CRTA A-223 PK: 23+946,00 Nº 5, ARROYO Nº 6, CRTA A-223 PK: 27+145,00 Nº 7, CRTA A-1401 PK: 34+712 Nº 8, ACEQUIA DE MELIDA Nº 9, CAMINO DE SANTIAGO ANDORRA – ALN BALATE DEL ARZOBISPO Nº 10, RÍO MARTÍN Nº 11, ACEQUIA DEL CAMPO DEL LUGAR Nº 12, ACEQUIA DEL CAMPO DEL LUGAR



Provincia: TERUEL

Término municipal: HIJAR

Longitud: 1.295,53 m

Nº Alineación	Tramo línea	Apoyo inicial	Apoyo final	Ángulo con siguiente alineación (g)	Longitud (m)	Cruzamientos
2	5	145A	146A	221,45	427,07	-
3	5	146A	148A	233,31	818,46	Nº 13,BARRANCO DE LOS ESTANCOS
4	5	148A	PÓRT	0,0	50,0	-

Para la redacción de este proyecto se ha realizado un trabajo de campo, consistente en un estudio de trazado y unas mediciones de campo de precisión con equipos GPS diferencial. Para la validar los cruces con las líneas existentes se han medido las alturas de estas líneas, utilizado los medios adecuados.

Los trabajos han consistido en:

#### ESTUDIO DE TRAZADO LAT

- Estudio de alternativas de trazado, considerando la legislación española aplicable.
- Selección del trazado más adecuado en campo, considerando los condicionantes ambientales que se han identificado.
- Se han considerado los condicionantes impuestos por las infraestructuras existentes.
- Definición y estaquillado de los vértices de la línea, comprobando insitu si existen instalaciones y construcciones que puedan condicionar el trazado de la línea, y comprobando que se ubican en lugares accesibles.

#### LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO

- Ubicación de los vértices de la línea, y de los puntos de cruce con infraestructuras, con GPS
- Medición de las alturas de los cables de las líneas que cruza el trazado.
- Medición de los límites de las infraestructuras a las que cruza el trazado de la línea.

## 1.2. Coordenadas de los apoyos de la línea

En la siguiente tabla se muestran las coordenadas de los apoyos del trazado objeto del documento de la línea en proyección UTM utilizando el Datum ETRS89 en el huso 30. Las cotas de los apoyos de la línea referidas al nivel medio del mar se muestran en la siguiente tabla:

Nº Apoyo	Tipo	X UTM	Y UTM	Z	Longitud	Latitud
85A	AG-AM	710.623	4.545.914	663,65	0° 29' 40,0"	41° 2' 11,4"
86A	AL-S	710.879	4.546.253	655,44	0° 29' 28,7"	41° 2' 22,2"
87A	AG-AM	711.060	4.546.494	654,88	0° 29' 20,6"	41° 2' 29,8"
88A	AL-S	711.395	4.546.758	641,07	0° 29' 6,0"	41° 2' 38,1"
89A	AL-S	711.703	4.547.001	643,87	0° 28' 52,5"	41° 2' 45,6"
91A	FL-PAS	712.026	4.547.255	636,33	0° 28' 38,4"	41° 2' 53,6"
107	FL-PAS	700.733	4.564.823	376,58	0° 36' 21,0"	41° 12' 31,1"
145	AG-AM	700.535	4.565.178	375,35	0° 36' 29,0"	41° 12' 44,8"
146A	AG-AM	700.617	4.565.597	369,63	0° 36' 25,0"	41° 12' 58,3"
147A	AL-S	700.815	4.565.935	363,10	0° 36' 16,1"	41° 13' 9,0"
148A	FL	701.031	4.566.304	359,43	0° 36' 6,4"	41° 13' 20,8"
PORT	PORTICO	701.074	4.566.328	359,03	0° 36' 4,5"	41° 13' 21,5"

siendo:

AG-AM Apoyo de ángulo-amarre.

AL-S Apoyo de alineación-suspensión.

FL Apoyo de fin de línea.

FL-PAS Apoyo de fin de línea con transición aéreo-subterránea

En los planos adjuntos se puede ver la ubicación de cada apoyo.

### 1.3. Descripción de la instalación aérea

La instalación aérea, en el tramo comprendido en el alcance de la modificación, queda definida por las siguientes características:

#### 1.3.1. Características generales

Sistema .....	Corriente Alterna Trifásica
Frecuencia (Hz) .....	50
Tensión nominal (KV) .....	400
Tensión más elevada de la red (KV) .....	420,0
Categoría.....	Especial
Nº de circuitos.....	2
Nº de conductores aéreos por fase.....	2
Tipo de conductor aéreo .....	LA-455
Tipo de cable de tierra .....	OPGW-24
Número de cables de tierra.....	2
Potencia máxima de transporte en aéreo por circuito (MVA) .....	1.300
Número de apoyos .....	11
Longitud Tramo N°3 (km).....	13,925
Longitud Tramo N°5 (km).....	16,006
Zona de aplicación.....	ZONAS A y B
Tipo de aislamiento.....	Cadenas de aisladores de vidrio
Apoyos .....	IME-SUS-DC-400, IME-AN2-DC-400, IME-FLI-DC-400
Cimentaciones.....	Hormigón
Puesta a tierra .....	Picas de toma de tierra doble
Nº Apoyos alineación/Tipo .....	4 / IME-SUS-DC-400
Nº Apoyos ángulo/Tipo .....	4 / IME-AN2-DC-400
Nº Apoyos fin de línea PAS/Tipo .....	2 / IME-FLI-DC-PAS-400
Nº Apoyos fin de línea/Tipo.....	1 / IME-FLI-DC-400

#### 1.4. Cálculos

Seguidamente se justifican los elementos que componen las instalaciones proyectadas.

##### 1.4.1. Cálculo eléctrico aéreo

Para la realización de los cálculos eléctricos aéreos se ha tenido en cuenta la longitud total de la línea, diferenciando en cada tramo la configuración y disposición de los conductores.

La potencia máxima prevista de transporte de la línea es de 148,2 MVA por lo que todos los cálculos se realizarán con esta potencia. Bajo estas condiciones, la potencia de transporte máxima que puede circular en las condiciones de diseño tiene un valor de 1.300 MVA por circuito.

##### 1.4.1.1. Características generales

Tensión nominal (kV).....	U = 400
Longitud aproximada de la línea (km).....	L = 63,62
Número de circuitos.....	n = 2
Número de conductores por fase.....	n' = 2
Distancia entre conductores del haz (mm).....	D = 400
Frecuencia (Hz).....	f = 50
Zonas de aplicación.....	ZONAS A y B

##### 1.4.1.2. Resistencia

La resistencia del conductor, por unidad de longitud, en corriente alterna y a la temperatura vendrá dada por la siguiente expresión:

$$R_{\theta} = R'_{\theta} \cdot (1 + y_s) \quad \Omega/\text{km}$$

Donde:

$R_{\theta}$ : Resistencia del conductor con corriente alterna a la temperatura  $\theta$  °C ( $\Omega/\text{km}$ )

$R'_{\theta}$ : Resistencia del conductor con corriente continua a la temperatura  $\theta$  °C ( $\Omega/\text{km}$ )

$y_s$ : Factor de efecto pelicular

El cálculo del factor de efecto pelicular se realiza según la teoría de Kelvin con la ecuación:

$$y_s = \frac{x_s^2}{192 + 0.8x_s^2}$$



Siendo:

$$x_s = \frac{8\pi f 10^{-7}}{R'_\theta}$$

Donde:

- f: Frecuencia (50Hz)  
 $R'_\theta$  Resistencia a la temperatura  $\theta$

El valor de la resistencia por unidad de longitud en corriente continua a la temperatura  $\theta$  vendrá dado por la siguiente expresión:

$$R'_\theta = R'_{20} \cdot [1 + \alpha_{20} \cdot (\theta - 20)]$$

donde:

- $R'_\theta$ : Resistencia del conductor con corriente continua a la temperatura  $\theta$  °C ( $\Omega$ /km)  
 $R'_{20}$ : Resistencia del conductor con corriente continua a la temperatura de 20 °C ( $\Omega$ /km)  
 $\alpha_{20}$ : Coeficiente de variación a 20 °C de la resistividad en función de la temperatura (°C)  
 $\theta$ : Temperatura de servicio (°C)

Se obtiene:

$$R'_\theta = 0,0451 \Omega/\text{km}$$
$$y_s = 0,0100$$

Se obtiene un valor unitario de:

$$R_\theta = 0,0456 \Omega/\text{km}$$

Para la longitud total de la línea (63,62 km)

$$R_\theta = 2,901 \Omega$$

### 1.4.1.3. Reactancia

#### 1.4.1.3.1. Distancia media geométrica entre conductores:

La distancia media geométrica de los conductores en la línea es variable a lo largo de ella. Para calcular una distancia media aproximada se utiliza la distancia media geométrica de las crucetas ponderadas con el vano a ambos lados:



$$\overline{DMG} = \frac{\sum_i DMG_i e_{o_i}}{L}$$

donde:

- DMG<sub>i</sub>: Distancia media geométrica de la cruceta i (m)  
e<sub>o<sub>i</sub></sub>: Eolovano del apoyo i (m)  
L: Longitud total de la línea (m)

Dadas las diferentes configuraciones de cada uno de los tramos descritos la distancia media geométrica será diferente para cada uno de los mismos. Así, se calcula la distancia media geométrica para cada uno de los tramos.

1.4.1.3.1.1. **TRAMO Nº1:** SET Ejulve – AP2 LAT SET Íberos a SET Mudéjar Promotores

Se determina la DMG para un triple circuito trifásico:

$$DMG_1 = 18,709 \text{ m}$$

1.4.1.3.1.2. **TRAMO Nº2:** AP2 LAT SET Íberos a SET Mudéjar Promotores – AP62 LAT SET Íberos a SET Mudéjar Promotores

Se determina la DMG para un cuádruple circuito trifásico:

$$DMG_2 = 18,225 \text{ m}$$

1.4.1.3.1.3. **TRAMO Nº3:** AP62 LAT SET Íberos a SET Mudéjar Promotores – AP91A PAS LASAT 400 kV SET Ejulve a SET Cámaras

Se determina la DMG para un doble circuito trifásico, con disposición de circuitos en triángulo superior e inferior:

$$DMG_3 = 12,730 \text{ m}$$

1.4.1.3.1.4. **TRAMO Nº5:** AP107 PAS LASAT 400 kV SET Ejulve a SET Cámaras – SET Cámaras

Se determina la DMG para un doble circuito trifásico, con disposición de circuitos en triángulo superior e inferior:

$$DMG_3 = 12,730 \text{ m}$$

1.4.1.3.2. Reactancia kilométrica:

La reactancia del conductor, por unidad de longitud, en corriente alterna y a las condiciones de diseño indicadas vendrá dada por la siguiente expresión:

$$X = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot \frac{1}{n} \cdot \left[ \frac{1}{2 \cdot n'} + 4,6 \cdot \log \left( \frac{D_m}{r_{eq}} \right) \right] \cdot 10^{-4}$$

➤ **TRAMO Nº1: SET Ejulve – AP2 LAT SET Íberos a SET Mudéjar Promotores**

Se obtiene un valor unitario de:

$$X = 0,3803 \Omega/\text{km}$$

Para la longitud del tramo de la línea (15,22 km)

$$X = 5,8179 \Omega$$

siendo  $r_{eq} = \sqrt[n']{\frac{d_a}{2} \Delta^{(n'-1)}} = 0,074 \text{ m}$

➤ **TRAMO Nº2: AP2 LAT SET Íberos a SET Mudéjar Promotores – AP62 LAT SET Íberos a SET Mudéjar Promotores**

Se obtiene un valor unitario de:

$$X = 0,3534 \Omega/\text{km}$$

Para la longitud del tramo de la línea (18,47 km)

$$X = 6,5273 \Omega$$

siendo  $r_{eq} = \sqrt[n']{\frac{d_a}{2} \Delta^{(n'-1)}} = 0,074 \text{ m}$

➤ **TRAMO Nº3: AP62 LAT SET Íberos a SET Mudéjar Promotores – AP91A PAS LASAT 400 kV SET Ejulve a SET Cámaras**

Se obtiene un valor unitario de:

$$X = 0,3309 \Omega/\text{km}$$

Para la longitud del tramo de la línea (13,92 km)

$$X = 4,6074 \Omega$$

siendo  $r_{eq} = \sqrt[n']{\frac{d_a}{2} \Delta^{(n'-1)}} = 0,074 \text{ m}$

➤ **TRAMO Nº5: AP107 PAS LASAT 400 kV SET Ejulve a SET Cámaras – SET Cámaras**

Se obtiene un valor unitario de:

$$X = 0,3309 \Omega/\text{km}$$

Para la longitud del tramo de la línea (16,01 km)

$$X = 5,2977 \Omega$$

siendo  $r_{eq} = n \sqrt{\frac{d_a}{2} \Delta^{(n-1)}} = 0,074 \text{ m}$

1.4.1.4. Susceptancia

La susceptancia de la línea por unidad de longitud y por fase se calcula según la expresión:

$$B = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot n \cdot \left[ \frac{24,2}{\log\left(\frac{D_m}{r_{eq}}\right)} \right] \cdot 10^{-9}$$

➤ **TRAMO Nº1: SET Ejulve – AP2 LAT SET Íberos a SET Mudéjar Promotores**

Se obtiene un valor unitario de:

$$B = 2,9535 \mu\text{S}/\text{km}$$

Para la longitud del tramo de la línea (15,22 km)

$$B = 45,1881 \mu\text{S}$$

➤ **TRAMO Nº2: AP2 LAT SET Íberos a SET Mudéjar Promotores – AP62 LAT SET Íberos a SET Mudéjar Promotores**

Se obtiene un valor unitario de:

$$B = 3,1827 \mu\text{S}/\text{km}$$

Para la longitud del tramo de la línea (18,47 km)

$$B = 58,8796 \mu\text{S}$$

- **TRAMO Nº3: AP62 LAT SET Íberos a SET Mudéjar Promotores – AP91A PAS LASAT 400 kV SET Ejulve a SET Cámaras**

Se obtiene un valor unitario de:

$$B = 3,4048 \mu\text{S}/\text{km}$$

Para la longitud del tramo de la línea (13,92 km)

$$B = 47,4084 \mu\text{S}$$

- **TRAMO Nº5: AP107 PAS LASAT 400 kV SET Ejulve a SET Cámaras – SET Cámaras**

Se obtiene un valor unitario de:

$$B = 3,4048 \mu\text{S}/\text{km}$$

Para la longitud del tramo de la línea (16,01 km)

$$B = 54,5108 \mu\text{S}$$

$$B = 54,7598 \mu\text{S}$$

#### 1.4.1.5. Conductancia

La susceptancia de la línea por unidad de longitud y por fase se calcula según la expresión:

$$G = \frac{P_1}{U^2} \cdot 10^{-3} \text{ S}/\text{km}$$

En donde:

$P_1$ : Pérdida de potencia por fase debida a la conductancia de los aisladores (kW/km)

$U$ : Tensión nominal compuesta de la línea (kV)

Se obtiene un valor unitario de:

$$G = 1,1825 \cdot 10^{-3} \mu\text{S}/\text{km}$$

Para la longitud total de la línea (63,62 km)

$$G = 0,07523 \mu\text{S}$$

#### 1.4.1.6. Ecuaciones de parámetros distribuidos de la línea

Las ecuaciones de parámetros distribuidos de la línea vendrán dadas por las siguientes expresiones:

$$\frac{U_1}{\sqrt{3}} = \text{ch}(\gamma l) \frac{U_2}{\sqrt{3}} + (Z_c \text{sh}(\gamma l)) I_2 \quad (\text{kV})$$

$$I_1 = \frac{1}{Z_c} \text{sh}(\gamma l) \frac{U_2}{\sqrt{3}} + \text{ch}(\gamma l) I_2 \quad (\text{kA})$$

$$\frac{U_2}{\sqrt{3}} = \text{ch}(\gamma l) \frac{U_1}{\sqrt{3}} - (Z_c \text{sh}(\gamma l)) I_1 \quad (\text{kV})$$

$$I_2 = -\frac{1}{Z_c} \text{sh}(\gamma l) \frac{U_1}{\sqrt{3}} + \text{ch}(\gamma l) I_1 \quad (\text{kA})$$

siendo:

$$Z_c = \sqrt{\frac{(R + Xj)}{(G + Bj)}} \quad \text{impedancia característica de la línea } (\Omega)$$

$$\gamma = \sqrt{(R + Xj)(G + Bj)} \quad \text{constante de propagación de la línea } (\text{km})^{-1}$$

$U_1$  Tensión compuesta en el extremo generador (kV).

$U_2$  Tensión compuesta en el extremo receptor (kV).

$I_1$  Intensidad de línea en el extremo generador (kA).

$I_2$  Intensidad de línea en el extremo receptor (kA).

$l$  Longitud de la línea (km).

Los valores de  $Z_c$  y  $\gamma$  obtenidos son:

- **TRAMO N°1: SET Ejulve – AP2 LAT SET Íberos a SET Mudéjar Promotores**

$$\gamma = (0,0636 + j1,062) 10^{-3} \text{ km}^{-1}$$

$$Z_c = (359,462 - j21,391) \Omega$$

- **TRAMO N°2: AP2 LAT SET Íberos a SET Mudéjar Promotores – AP62 LAT SET Íberos a SET Mudéjar Promotores**

$$\gamma = (0,0684 + j1,063) 10^{-3} \text{ km}^{-1}$$

$$Z_c = (333,934 - j21,378) \Omega$$

- **TRAMO N°3: AP62 LAT SET Íberos a SET Mudéjar Promotores – AP91A PAS LASAT 400 kV SET Ejulve a SET Cámaras**

$$\gamma = (0,0731 + j1,064) 10^{-3} \text{ km}^{-1}$$

$$Z_c = (312,481 - j21,363) \Omega$$

- **TRAMO N°5: AP107 PAS LASAT 400 kV SET Ejulve a SET Cámaras – SET Cámaras**

$$\gamma = (0,0731 + j1,064) 10^{-3} \text{ km}^{-1}$$

$$Z_c = (312,481 - j21,363) \Omega$$

#### 1.4.1.7. Caída de tensión

Los cálculos de caída de tensión se realizan utilizando el equivalente en  $\pi$  de la línea. Se determina mediante la siguiente expresión:

$$\Delta U = \frac{|U_1| - |U_2|}{|U_2|} 100 \text{ (\%)}$$

siendo:

$$U_2 = U_2 \angle 0 \text{ (kV)}$$

$$\frac{U_1}{\sqrt{3}} = \text{ch}(\gamma l) \frac{U_2}{\sqrt{3}} + (Z_c \text{sh}(\gamma l)) I_2 \text{ (kV)}$$

donde :

$$I_2 = \frac{P}{\sqrt{3} |U_2| \cos(\varphi)} \angle \varphi \text{ (kA)}$$

$$I_1 = \frac{\text{sh}(\gamma l) U_2}{Z_c \sqrt{3}} + \text{ch}(\gamma l) I_2 \text{ (kA)}$$

siendo:

P: Potencia activa que transporta la línea (MW).

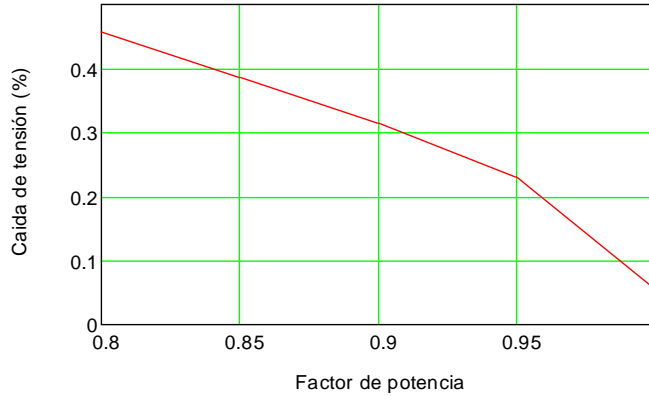
$\cos\varphi$ : Factor de potencia de la carga receptora.

$U_2$ : Tensión compuesta de la línea en el extremo receptor (kV).

Los resultados obtenidos para los distintos factores de potencia por tramo son:

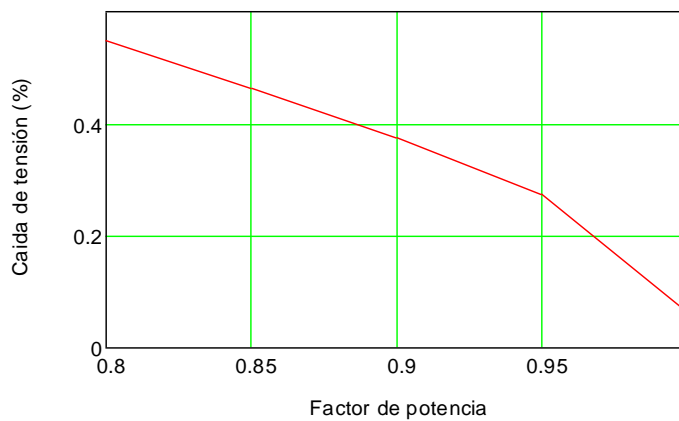


➤ **TRAMO Nº1: SET Ejulve – AP2 LAT SET Íberos a SET Mudéjar Promotores**



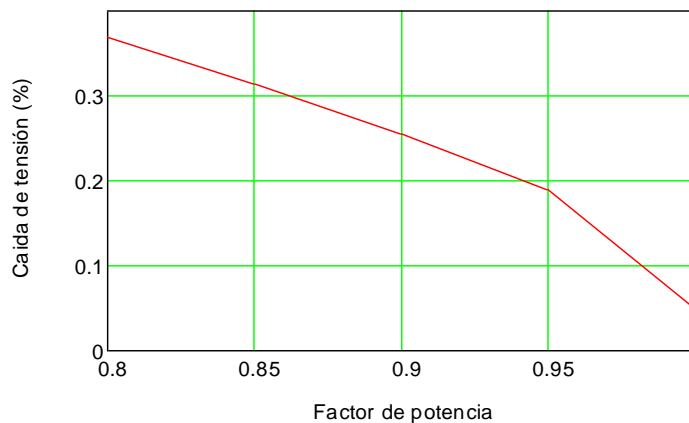
cosφ	ΔU%
0,80	0,457
0,85	0,387
0,90	0,314
0,95	0,230
1,00	0,053

➤ **TRAMO Nº2: AP2 LAT SET Íberos a SET Mudéjar Promotores – AP62 LAT SET Íberos a SET Mudéjar Promotores**



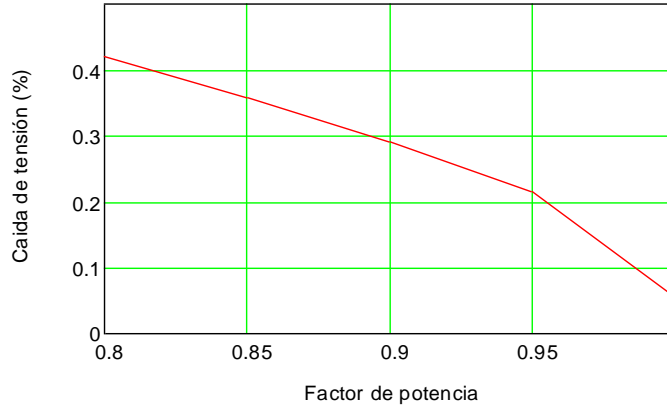
cosφ	ΔU%
0,80	0,514
0,85	0,435
0,90	0,353
0,95	0,259
1,00	0,061

➤ **TRAMO Nº3: AP62 LAT SET Íberos a SET Mudéjar Promotores – AP91A PAS LASAT 400 kV SET Ejulve a SET Cámaras**



cosφ	ΔU%
0,80	0,369
0,85	0,313
0,90	0,255
0,95	0,189
1,00	0,049

➤ **TRAMO N°5: AP107 PAS LASAT 400 kV SET Ejulve a SET Cámaras – SET Cámaras**



<b>cosφ</b>	<b>ΔU%</b>
0,80	0,422
0,85	0,358
0,90	0,292
0,95	0,216
1,00	0,054

Así, la caída de tensión de la línea completa del tramo aéreo se obtiene del resultado de la suma algebraica de las caídas de tensión de cada uno de los tramos en que se compone:

<b>cosφ</b>	<b>ΔU%</b>
0,80	<b>1,762</b>
0,85	<b>1,493</b>
0,90	<b>1,214</b>
0,95	<b>0,894</b>
1,00	<b>0,217</b>

#### 1.4.1.8. Aislamiento

Se establece un nivel de aislamiento mínimo, tal como se indica en la Tabla 12 del apartado 4.4 Coordinación de aislamiento dentro de la ITC-LAT 07 del Reglamento de líneas de Alta tensión, que se recoge en la siguiente tabla:

Tensión nominal (kV)	400
Tensión más elevada (kV eficaces)	420
Aislamiento longitudinal (kV cresta)	950
Fase-tierra (KV cresta)	1.050
Tensión de ensayo a impulso tipo rayo (kV cresta)	1.300-1.425

Este nivel de aislamiento se tomará como base para la determinación de los niveles de aislamiento de las cadenas de aisladores utilizadas en el proyecto.

Se considera un nivel de contaminación medio (II), con lo que la línea de fuga nominal se considera de 20,0 mm/kV. Dada la tensión más elevada de la línea (420,0 kV), la línea de fuga mínima en la línea será de 8.400,0 mm. Esta longitud será inferior a la línea de fuga que presentan los aislamientos utilizados en este proyecto.

El aislamiento se realizará mediante cadenas de aisladores de vidrio del tipo caperuza y vástago con la siguiente composición, tal y como se muestra en los planos:

TENSIÓN (kV)	CONDUCTOR	SUSPENSIÓN	AMARRE
400	LA-455	23	2x23

Las características de los elementos de aislador son:

DENOMINACIÓN	U-160-BS
Carga de rotura electromecánica (daN)	16.000
Diámetro nominal (mm)	280
Paso nominal (mm)	146
Línea de fuga (mm)	380
Acoplamiento (UNE 21 009)	20
Peso aproximado (kg)	5,90

Las características eléctricas de las cadenas de aisladores se ajustarán a lo establecido en las normas UNE-EN 60305, UNE-EN 60433, CEI 383 y CEI 815 y se indican en la siguiente tabla:

Tensión (kV)	Tipo aislador	Nº Aisladores	Tensión soportada 50 Hz seco (kV)	Tensión soportada 50 Hz bajo lluvia (kV)	Tensión soportada Impulso tipo rayo 1,2/50µs (kV)	Línea de fuga (m)
400	U 160-BS	23	1.030	790	1.710	8,740

Las características mecánicas de las cadenas de suspensión utilizadas son las reflejadas en la siguiente tabla:

Tensión (kV)	Tipo aislador	Nº Aisladores	Carga de rotura (daN)	Longitud aprox. (mm)	Peso aprox. (daN)
400	U 160-BS	23	16.000	3.928	163,96

Las características mecánicas de las cadenas de amarre utilizadas son las reflejadas en la siguiente tabla:

Tensión (kV)	Tipo aislador	Nº Aisladores	Carga de rotura (daN)	Longitud aprox. (mm)	Peso aprox. (daN)
400	U 160-BS	2x23	32.000	4.739	320,79

El esfuerzo que soporta cada una de las cadenas del proyecto, así como el coeficiente de seguridad que tiene, se muestra en la siguiente tabla:

Nº Apoyo	Tipo	Esfuerzo cadena (daN)	Esfuerzo admisible (daN)	C.S.
85A-A	AG-AM	8.377	32.000	3,82
85A-B	AG-AM	8.347	32.000	3,83
86A	AL-S	2.548	16.000	6,28
87A-A	AG-AM	8.293	32.000	3,86
87A-B	AG-AM	8.355	32.000	3,83
88A	AL-S	2.669	16.000	6,00
89A	AL-S	2.652	16.000	6,03
91A	FL-PAS	8.318	32.000	3,85
107	FL-PAS	8.353	32.000	3,83

Nº Apoyo	Tipo	Esfuerzo cadena (daN)	Esfuerzo admisible (daN)	C.S.
108	AL-S	2.236	16.000	7,16
109	AL-S	2.309	16.000	6,93
110	AL-S	2.299	16.000	6,96
111	AL-S	2.286	16.000	7,00
112	AL-S	2.253	16.000	7,10
113	AG-AM	8.420	32.000	3,80
145A-A	AG-AM	8.289	32.000	3,86
145A-B	AG-AM	8.317	32.000	3,85
146A-A	AG-AM	8.287	32.000	3,86
146A-B	AG-AM	8.311	32.000	3,85
147A	AL-S	2.327	16.000	6,88
148A-A	FL	8.279	32.000	3,86
148A-B	FL	322	32.000	99,31

#### 1.4.2. Cálculo mecánico de conductores

Este apartado se refiere al estudio de las condiciones en que deben tenderse los conductores y los esfuerzos que estos provocan en los apoyos.

##### 1.4.2.1. Características de la línea

Tensión nominal (kV).....	U = 400
Categoría.....	Especial
Zona de aplicación .....	ZONAS A y B
Longitud Tramo N°3 (km).....	13,924
Longitud Tramo N°5 (km).....	16,601
Velocidad del viento (km/h).....	v = 140
Longitud cadena aisladores (m).....	l = 3,928
Peso de la cadena de aisladores (daN) .....	P = 163,96

##### 1.4.2.2. Vano ideal de regulación

El comportamiento de la componente horizontal de la tensión del cable en un cantón de la línea se puede asemejar al comportamiento del mismo cable en un único vano llamado vano ideal de regulación.

Siendo:

$$k = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{a_i^3}{a_i^2}}{\sum_{i=1}^n \frac{a_i^2}{a_i}}$$

$$a'_i = \sqrt{a_i^2 + b_i^2} \quad (m)$$

donde:

- $a_i$  : Longitud del vano i medido en la dirección longitudinal (m).
- $b_i$  : Desnivel del vano i medido en la dirección vertical (m).

El vano ideal de regulación se determinará mediante la siguiente expresión:

$$a_r = k \sqrt{\frac{\sum a_i^3}{\sum \frac{a_i^2}{a_i}}} \quad (m)$$

Operando de esta forma se obtienen las tablas siguientes:

VANOS IDEALES DE REGULACION CONDUCTOR LA-455

Cantón N°	Apoyo Inicial	Apoyo Final	Longitud Cantón (m)	Vano de Regulación (m)	Tense de flecha máxima (daN)	Tense Flecha mínima (daN)	Parámetro flecha máxima (m)	Parámetro flecha mínima (m)
1	85A	87A	725,6	378,2	1.962,8	2.743,4	1.315,5	1.838,8
2	87A	91A	1.230,0	410,7	2.014,3	2.701,0	1.350,1	1.810,3
3	107	113	2.248,7	376,7	2.083,0	2.841,8	1.396,1	1.904,7
4	145A	146A	427,0	427,0	2.164,9	2.792,8	1.451,0	1.871,8
5	146A	148A	818,5	410,4	2.140,2	2.807,1	1.434,4	1.881,4
6	148A	PÓRTICO	50,0	50,0	83,0	85,2	55,7	57,1

#### 1.4.2.2.1. Flecha

El cálculo de flechas se obtiene mediante la expresión:

$$f = \frac{T_0}{p_a} \cdot \left( \cosh\left(\frac{a \cdot p_a}{2 \cdot T_0}\right) - 1 \right)$$

siendo:

- $p_a$  Peso aparente del cable (daN/m).
- $T_0$  Componente horizontal de la tensión del cable correspondiente al vano de regulación (daN).
- $a$  Longitud del vano (m).

Con los valores de  $p_a$  y  $T$  de cada vano de regulación obtenidos en las siguientes hipótesis:

Flecha máxima: aquella que resulte mayor de la comparación de las condiciones siguientes:

- Temperatura  $\theta_2 = 85$  °C sin sobrecarga
- Temperatura  $\theta_2 = 0$  °C y sobrecarga de hielo
- Temperatura  $\theta_2 = 15$  °C y sobrecarga de viento

Flecha mínima:

- Temperatura  $\theta_2 = -15$  °C sin sobrecarga

Se obtienen los parámetros de la catenaria de las curvas de replanteo correspondientes a la flecha máxima y mínima respectivamente.

**CALCULO MECANICO DEL CONDUCTOR**

TRAMO Nº3

ZONA B

Nº Cantón	Tensión inicial	Vano reg. (m)	-15°C		85°C		-10°C + V (140km/h)		-5°C + V (140km/h)		15°C + V (140km/h)		-10°C + V/2		-15°C + H		0°C + H		CHS a -5°C		EDS a 15°C		Ten. máxima	
			T	F	T	F	T	F	T	F	T	F	T	F	T	F	T	%	T	%	T	C.S.		
1	4.133,3	378,2	2.743	9,73	1.963	13,62	3.926	10,97	3.861	11,15	3.625	11,88	3.015	10,48	4.133	10,89	3.936	11,44	2.629	21,20	2.432	19,62	4.133	3,00
2	4.133,3	410,7	2.701	11,66	2.014	15,65	3.930	12,92	3.872	13,11	3.663	13,87	3.000	12,42	4.133	12,84	3.959	13,41	2.604	21,00	2.435	19,64	4.133	3,00

**CALCULO MECANICO DEL CONDUCTOR**

TRAMO Nº5

ZONA A

Nº Cantón	Tensión inicial	Vano reg. (m)	-5°C		80°C		-5°C + V (140km/h)		15°C + V (140km/h)		-5°C + V/2		CHS a 0°C		EDS a 15°C		Ten. máxima	
			T	F	T	F	T	F	T	F	T	F	T	%	T	%	T	C.S.
3	4.133,3	376,7	2.842	9,32	2.083	12,72	4.101	10,41	3.828	11,15	3.238	9,68	2.778	22,40	2.604	21,00	4.101	3,02
4	4.133,3	427,0	2.793	12,19	2.165	15,74	4.118	13,33	3.890	14,12	3.208	12,56	2.742	22,12	2.604	21,00	4.118	3,01
5	4.133,3	410,4	2.807	11,20	2.140	14,71	4.113	12,33	3.872	13,10	3.217	11,57	2.753	22,20	2.604	21,00	4.113	3,01
6	500,0	50,0	314	1,49	241	1,94	500	1,51	464	1,62	370	1,49	308	2,48	291	2,35	500	24,80

### 1.4.2.3. Tabla de regulación

Las tablas de regulación indican las flechas con las que debe ser instalado el cable en función de la temperatura y sin actuar sobrecarga alguna.

La tensión a que se ve sometido un cable en un punto determinado de la catenaria vendrá dado por la siguiente expresión:

$$T = T_0 ch\left(\frac{x}{H}\right) \quad (\text{daN})$$

siendo:

- T Tensión del cable (daN).
- T<sub>0</sub> Componente horizontal de la tensión del cable (daN).
- H Parámetro de la catenaria (m).
- x Coordenada en el eje x del cable (m).

La dirección de esta tensión en este punto será tangente a la catenaria.

La tensión en el punto medio de un vano no nivelado vendrá dada por la siguiente expresión:

$$T_m = T_0 ch\left(\frac{x_m}{H}\right) \quad (\text{daN})$$

donde:

$$x_m = H \operatorname{ar}g \operatorname{sh} \left[ \frac{\frac{b}{2H}}{\operatorname{sh} \frac{a}{2H}} \right] \quad (\text{m})$$

siendo:

- T<sub>m</sub> Tensión del cable en el punto medio del vano (daN).
- T<sub>0</sub> Componente horizontal de la tensión del cable (daN).
- H Parámetro de la catenaria (m).
- x<sub>m</sub> Coordenada en el eje x del punto medio del vano (m).
- a Longitud del vano medido en la dirección longitudinal (m).
- b Desnivel del vano medido en la dirección vertical (m).

Las flechas de cada vano del cantón se determinarán mediante la siguiente expresión:

$$f = \frac{T_{mi}}{p} \left[ \operatorname{ch} \left( \frac{a_i}{2 \cdot H} \right) - 1 \right] \quad (\text{m})$$

donde:

- f: Flecha (m).
- $T_{mi}$ : Tensión del cable en el punto medio del vano i (daN).
- H: Parámetro de la catenaria (m).
- p: Fuerza por unidad de longitud o peso aparente (daN/m).
- $a_i$ : Longitud del vano i medido en la dirección longitudinal (m).

Operando de esta forma, se obtiene el cuadro de valores siguiente:

**CONDUCTOR LA-455 - TABLA DE REGULACIÓN**
**Cantón N°: 1 ZONA B**
**APOYO INICIAL N°: 85A**
**VANO DE REGULACIÓN: 378,2m**
**APOYO FINAL N°: 87A**

TEMPERATURA (°C)	TENSE (daN)	FLECHA MÁXIMA (m)	
		Longitud del vano (m)	
		Desnivel (m)	
		Apoyos del vano	
		424,5	301,1
		-6,0	-2,7
		3-4	4-5
0	2.576,3	13,064	6,569
5	2.525,9	13,325	6,700
10	2.478,0	13,583	6,830
15	2.432,3	13,839	6,958
20	2.388,7	14,092	7,086
25	2.347,1	14,343	7,211
30	2.307,3	14,591	7,336
35	2.269,2	14,837	7,459
40	2.232,7	15,080	7,581
45	2.197,8	15,321	7,702
50	2.164,2	15,559	7,822

**CONDUCTOR LA-455 - TABLA DE REGULACIÓN**
**Cantón N°: 2 ZONA B**
**APOYO INICIAL N°: 87A**
**VANO DE REGULACIÓN: 410,7m**
**APOYO FINAL N°: 91A**

TEMPERATURA (°C)	TENSE (daN)	FLECHA MÁXIMA (m)		
		Longitud del vano (m)		
		Desnivel (m)		
		Apoyos del vano		
		426,8	392,8	410,4
		-8,7	-6,0	-3,8
		5-6	6-7	7-8
0	2.559,2	13,296	11,256	12,291
5	2.516,0	13,525	11,450	12,503
10	2.474,6	13,752	11,641	12,712
15	2.435,0	13,976	11,831	12,920
20	2.396,9	14,199	12,020	13,125
25	2.360,4	14,419	12,206	13,329
30	2.325,4	14,637	12,391	13,530
35	2.291,6	14,853	12,573	13,730
40	2.259,2	15,067	12,754	13,928
45	2.228,0	15,279	12,934	14,124
50	2.197,9	15,489	13,111	14,318



**CONDUCTOR LA-455 - TABLA DE REGULACIÓN**

Cantón N°: 3 ZONA A

APOYO INICIAL N°: 107

VANO DE REGULACIÓN: 376,7m

APOYO FINAL N°: 113

TEMPERATURA (°C)	TENSE (daN)	FLECHA MÁXIMA (m)					
		Longitud del vano (m)					
		Desnivel (m)					
		Apoyos del vano					
		363,8	399,4	410,0	358,0	362,1	355,4
		-28,5	2,4	6,8	12,9	16,7	41,3
		1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7
0	2.777,5	8,920	10,721	11,298	8,618	8,821	8,547
5	2.716,6	9,120	10,962	11,552	8,812	9,019	8,739
10	2.658,9	9,318	11,200	11,803	9,003	9,216	8,929
15	2.604,0	9,515	11,437	12,052	9,193	9,410	9,117
20	2.551,8	9,710	11,671	12,299	9,382	9,603	9,304
25	2.502,2	9,903	11,903	12,544	9,568	9,794	9,489
30	2.455,0	10,094	12,133	12,786	9,753	9,983	9,672
35	2.409,9	10,283	12,360	13,026	9,935	10,170	9,853
40	2.366,9	10,470	12,586	13,263	10,116	10,355	10,032
45	2.325,8	10,656	12,808	13,498	10,295	10,538	10,210
50	2.286,6	10,839	13,029	13,730	10,472	10,720	10,385

**CONDUCTOR LA-455 - TABLA DE REGULACIÓN**

Cantón N°: 4 ZONA A

APOYO INICIAL N°: 145A

VANO DE REGULACIÓN: 427,0m

APOYO FINAL: 146A

TEMPERATURA (°C)	TENSE (daN)	FLECHA MÁXIMA (m)	
		Longitud del vano (m)	
		Desnivel (m)	
		Apoyos del vano	
		427,0	
		-5,7	
		2-3	
0	2.742,4	12,417	
5	2.694,2	12,640	
10	2.648,1	12,860	
15	2.604,0	13,079	
20	2.561,7	13,295	
25	2.521,2	13,510	
30	2.482,2	13,722	
35	2.444,9	13,933	
40	2.408,9	14,141	
45	2.374,4	14,348	
50	2.341,1	14,552	

**CONDUCTOR LA-455 - TABLA DE REGULACIÓN**

Cantón N°: 5 ZONA A

APOYO INICIAL N°: 146A

VANO DE REGULACIÓN: 410,4m

APOYO FINAL N°: 148A

TEMPERATURA (°C)	TENSE (daN)	FLECHA MÁXIMA (m)	
		Longitud del vano (m)	
		Desnivel (m)	
		Apoyos del vano	
		391,2	427,3
		-10,5	-4,7
		3-4	4-5
0	2.752,7	10,385	12,383
5	2.700,8	10,584	12,621
10	2.651,3	10,782	12,858
15	2.604,0	10,979	13,092
20	2.558,8	11,173	13,324
25	2.515,6	11,365	13,553
30	2.474,2	11,556	13,781
35	2.434,5	11,745	14,006
40	2.396,4	11,932	14,229
45	2.359,9	12,117	14,450
50	2.324,8	12,300	14,669

**CONDUCTOR LA-455 - TABLA DE REGULACIÓN**

Cantón N°: 6 ZONA A

APOYO INICIAL N°: 148A

VANO DE REGULACIÓN: 50,0m

APOYO FINAL N°: PÓRTICO

TEMPERATURA (°C)	TENSE (daN)	FLECHA MÁXIMA (m)	
		Longitud del vano (m)	
		Desnivel (m)	
		Apoyos del vano	
		50,0	
		-7,4	
		5-6	
0	307,9	1,533	
5	302,0	1,563	
10	296,4	1,592	
15	291,1	1,621	
20	286,1	1,650	
25	281,3	1,678	
30	276,8	1,705	
35	272,4	1,733	
40	268,3	1,760	
45	264,3	1,786	
50	260,5	1,812	

## 1.4.2.3.1. Tabla de resultados

En la tabla siguiente se puede ver la inclinación de la cadena de cada apoyo de alineación y la distancia de seguridad a masa de todos los apoyos de la línea:

Nº Apoyo	Tipo Apoyo	Inclinación cadena	Distancia mínima conductores (m)	Distancia mínima puente flojo (m)	Distancia a masa (m)	Porcentaje de superación
85A	AG-AM	---	4,14	3,66	2,80	30,62%
86A	AL-S	22,80°	3,62	---	2,80	29,26%
87A	AG-AM	---	4,51	3,05	2,80	8,88%
88A	AL-S	23,01°	3,61	---	2,80	29,05%
89A	AL-S	23,04°	3,61	---	2,80	29,03%
91A	FL-PAS	---	---	3,66	2,80	30,62%
107	FL-PAS	---	---	3,69	2,80	31,76%
145A	AG-AM	---	4,08	2,95	2,80	5,46%
146A	AG-AM	---	4,45	3,48	2,80	24,13%
147A	AL-S	23,83°	3,59	---	2,80	28,26%
148A	FL	---	---	3,36	2,80	20,09%

## 1.4.2.3.2. Distancia de seguridad de los conductores al terreno

Según el apartado 5.5 de la ITC-07 del Reglamento de Líneas Aéreas de Alta Tensión la altura de los apoyos será la necesaria para que los conductores, con su máxima flecha vertical, queden situados por encima de cualquier punto del terreno, caminos, sendas y cursos de agua no navegables a una altura mínima de:

$$h_{\min} = D_{\text{add}} + D_{\text{el}} = 5,3 \text{ m} + D_{\text{el}} = (5,3 + 2,80) \text{ m} = 8,10 \text{ m}$$

No obstante, en lugares de difícil acceso esta distancia podrá ser reducida en un metro.

La distancia de los conductores al terreno en las condiciones más desfavorables se muestra en la siguiente tabla:



Vano	Apoyo anterior	Apoyo posterior	Flecha máxima (m)	Distancia mínima (m)	Distancia al terreno (m)
1	85A	86A	17,16	8,10	13,23
2	86A	87A	8,63	8,10	19,02
3	87A	88A	16,91	8,10	10,50
4	88A	89A	14,31	8,10	10,34
5	89A	91A	15,63	8,10	16,51
6	107	108	11,90	8,10	17,82
7	145A	146A	15,74	8,10	15,90
8	146A	147A	13,36	8,10	14,71
9	147A	148A	15,94	8,10	10,25
10	148A	PÓRTICO	1,96	8,10	17,99

#### 1.4.2.3.3. Distancia de los conductores entre sí

De acuerdo con lo establecido en el punto 5.4.1 de la ITC 07 del Reglamento de líneas eléctricas de alta tensión, teniendo presente los efectos de las oscilaciones de los conductores debidas al viento y al desprendimiento de nieve acumulada sobre ellos, la distancia de los conductores vendrá dada por la siguiente expresión:

$$D=K\sqrt{f_{\max} + L} + K' D_{pp}$$

siendo:

- D Distancia mínima entre conductores en m.
- $f_{\max}$  Flecha máxima en m.
- $D_{pp}$  Distancia mínima aérea especificada definida anteriormente.
- L Longitud de la cadena en m.
- K Coeficiente que depende de la oscilación de los conductores con el viento.
- K' Coeficiente en función de la categoría de la línea.

El ángulo de oscilación de los conductores se determinará mediante la siguiente expresión:

$$\mu = \arctg \frac{p_v}{p_c}$$

Calculando la presión de viento para una velocidad de 120km/h. Para el citado ángulo de oscilación, el Reglamento de Líneas de Alta Tensión da un valor de:

Categoría: Especial  $\mu = 42,89^{\circ}$   $K = 0,65$   $K' = 0,85$

Nº Apoyo	K	Flecha máxima (m)		Hipótesis	L (m)	Dis. mín (m)	Dis. Real (m)	Porcent aje sup.
		v. anterior	v. posterior					
85A	0,65	13,615	14,970	Viento	0,000	5,235	8,000	34,56%
86A	0,65	14,970	7,527	Viento	3,926	5,546	8,000	30,68%
87A	0,65	7,527	14,981	Viento	0,000	5,236	8,000	34,55%
88A	0,65	14,981	12,681	Viento	3,926	5,546	8,000	30,67%
89A	0,65	12,681	13,848	Viento	3,926	5,460	8,000	31,75%
91A	0,65	13,848	0,000	Viento	0,000	5,139	8,000	35,76%
107	0,65	0,000	10,435	Viento	0,000	4,820	8,000	39,75%
145A	0,65	12,853	14,116	Viento	0,000	5,162	8,000	35,47%
146A	0,65	14,116	11,905	Viento	0,000	5,162	8,000	35,47%
147A	0,65	11,905	14,197	Viento	3,926	5,487	8,000	31,41%
148A	0,65	14,197	5,655	Viento	0,000	5,169	8,000	35,39%

### 1.4.3. Cálculo mecánico del cable de fibra óptica

Este apartado se refiere al estudio de las condiciones en que debe tenderse el cable de fibra óptica y los esfuerzos que este provoca en los apoyos.

#### 1.4.3.1. Características de la línea

Tensión nominal (kV).....	U = 400
Categoría.....	Especial
Zona de aplicación .....	ZONAS A y B
Longitud Tramo N°3 (km).....	13,924
Longitud Tramo N°5 (km).....	16,601
Velocidad del viento (km/h).....	v = 140

#### 1.4.3.2. Vano ideal de regulación

El comportamiento de la componente horizontal de la tensión del cable en un cantón de la línea se puede asemejar al comportamiento del mismo cable en un único vano llamado vano ideal de regulación.

Siendo:

$$k = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{a_i^3}{a_i^2}}{\sum_{i=1}^n \frac{a_i^2}{a_i}}$$

$$a'_i = \sqrt{a_i^2 + b_i^2} \quad (m)$$

donde:

- $a_i$  : Longitud del vano i medido en la dirección longitudinal (m).
- $b_i$  : Desnivel del vano i medido en la dirección vertical (m).

El vano ideal de regulación se determinará mediante la siguiente expresión:

$$a_r = k \sqrt{\frac{\sum a_i^3}{\sum \frac{a_i^2}{a_i}}} \quad (m)$$

Operando de esta forma se obtienen las tablas siguientes:

VANOS IDEALES DE REGULACION CABLE OPGW 24

Cantón N°	Apoyo Inicial	Apoyo Final	Longitud Cantón (m)	Vano de Regulación (m)	Tense de flecha máxima (daN)	Tense Flecha mínima (daN)	Parámetro flecha máxima (m)	Parámetro flecha mínima (m)
1	85A	87A	725,6	378,2	2.278,8	1.395,3	1.641,7	2.532,3
2	87A	91A	1.230,0	410,7	2.334,4	1.372,6	1.681,8	2.491,1
3	107	113	2.248,7	376,7	2.274,2	1.326,5	1.638,4	2.407,5
4	145A	146A	427,0	427,0	2.360,5	1.305,1	1.700,6	2.368,7
5	146A	148A	818,5	410,4	2.333,9	1.311,6	1.681,4	2.380,3
6	148A	PÓRTICO	50,0	50,0	150,6	237,7	273,3	431,4

#### 1.4.3.2.1. Flecha

El cálculo de flechas se obtiene mediante la expresión:

$$f = \frac{T_0}{p_a} \cdot \left( \cosh\left(\frac{a \cdot p_a}{2 \cdot T_0}\right) - 1 \right)$$

siendo:

- $p_a$  Peso aparente del cable (daN/m).
- $T_0$  Componente horizontal de la tensión del cable correspondiente al vano de regulación (daN).
- $a$  Longitud del vano (m).

Con los valores de  $p_a$  y  $T$  de cada vano de regulación obtenidos en las siguientes hipótesis:

Flecha máxima: aquella que resulte mayor de la comparación de las condiciones siguientes:

- Temperatura  $\theta_2 = 85$  °C sin sobrecarga.
- Temperatura  $\theta_2 = 0$  °C y sobrecarga de hielo.
- Temperatura  $\theta_2 = 15$  °C y sobrecarga de viento.

Flecha mínima:

- Temperatura  $\theta_2 = -15$  °C sin sobrecarga.

Se obtienen los parámetros de la catenaria de las curvas de replanteo correspondientes a la flecha máxima y mínima respectivamente.

**CALCULO MECANICO DEL CABLE DE TIERRA OPGW 24**

**ZONA B**

Nº Cantón	Tensión inicial	Vano reg. (m)	-15°C		50°C		-10°C + V (140km/h)		-5°C + V (140km/h)		15°C + V (140km/h)		-10°C + V/2		-15°C + H + V		0°C + H + V		CHS a -5°C		EDS a 15°C		Ten. máxima	
			T	F	T	F	T	F	T	F	T	F	T	F	T	F	T	%	T	%	T	C.S.		
1	2.676,7	378,2	1.395	7,06	1.041	9,48	2.432	10,22	2.400	10,35	2.279	10,90	1.738	8,67	2.421	9,97	2.324	10,39	1.326	16,51	1.205	15,00	2.432	3,30
2	2.676,7	410,7	1.373	8,47	1.057	11,00	2.478	11,83	2.448	11,97	2.334	12,55	1.748	10,17	2.462	11,57	2.371	12,01	1.311	16,33	1.205	15,00	2.478	3,24

**CALCULO MECANICO DEL CABLE DE TIERRA OPGW 24**

**ZONA A**

Nº Cantón	Tensión inicial	Vano reg. (m)	-5°C		50°C		-5°C + V (140km/h)		15°C + V (140km/h)		-5°C + V/2		CHS a 0°C		EDS a 15°C		Ten. máxima	
			T	F	T	F	T	F	T	F	T	F	T	%	T	%	T	C.S.
3	2.676,7	376,7	1.327	7,37	1.040	9,41	2.396	10,29	2.274	10,84	1.737	8,61	1.294	16,11	1.205	15,00	2.396	3,35
4	2.813,3	427,0	1.305	9,63	1.065	11,81	2.470	12,83	2.360	13,42	1.752	10,97	1.278	15,92	1.205	15,00	2.470	3,25
5	2.813,3	410,4	1.312	8,85	1.057	10,99	2.447	11,96	2.334	12,54	1.748	10,16	1.283	15,98	1.205	15,00	2.447	3,28
6	500,0	50,0	238	0,72	151	1,14	500	0,87	432	1,00	337	0,78	224	2,79	193	2,40	500	16,06

### 1.4.3.3. Tabla de regulación

Las tablas de regulación indican las flechas con las que debe ser instalado el cable en función de la temperatura y sin actuar sobrecarga alguna.

La tensión a que se ve sometido un cable en un punto determinado de la catenaria vendrá dado por la siguiente expresión:

$$T = T_0 ch\left(\frac{x}{H}\right) \quad (\text{daN})$$

siendo:

- T Tensión del cable (daN).
- $T_0$  Componente horizontal de la tensión del cable (daN).
- H Parámetro de la catenaria (m).
- x Coordenada en el eje x del cable (m).

La dirección de esta tensión en este punto será tangente a la catenaria.

La tensión en el punto medio de un vano no nivelado vendrá dado por la siguiente expresión:

$$T_m = T_0 ch\left(\frac{x_m}{H}\right) \quad (\text{daN})$$

donde:

$$x_m = H \operatorname{ar}g \operatorname{sh} \left[ \frac{\frac{b}{2H}}{\operatorname{sh} \frac{a}{2H}} \right] \quad (\text{m})$$

siendo:

- $T_m$  Tensión del cable en el punto medio del vano (daN).
- $T_0$  Componente horizontal de la tensión del cable (daN).
- H Parámetro de la catenaria (m).
- $x_m$  Coordenada en el eje x del punto medio del vano (m).
- a Longitud del vano medido en la dirección longitudinal (m).
- b Desnivel del vano medido en la dirección vertical (m).

Las flechas de cada vano del cantón se determinarán mediante la siguiente expresión:

$$f = \frac{T_{mi}}{p} \left[ \operatorname{ch} \left( \frac{a_i}{2 \cdot H} \right) - 1 \right] \quad (\text{m})$$

donde:

- f: Flecha (m).
- $T_{mi}$ : Tensión del cable en el punto medio del vano i (daN).
- H: Parámetro de la catenaria (m).
- p: Fuerza por unidad de longitud o peso aparente (daN/m).
- $a_i$ : Longitud del vano i medido en la dirección longitudinal (m).

Operando de esta forma, se obtiene el cuadro de valores siguiente:

**CABLE OPGW-24 - TABLA DE REGULACIÓN**

Cantón N°: 1 ZONA B

APOYO INICIAL N°: 85A

VANO DE REGULACIÓN: 378,2m

APOYO FINAL N°: 87A

TEMPERATURA (°C)	TENSE (daN)	FLECHA MÁXIMA (m)	
		Longitud del vano (m)	
		Desnivel (m)	
		Apoyos del vano	
		424,5	301,1
		-5,8	-3,0
		1-2	2-3
0	1.293,1	9,606	4,832
5	1.262,1	9,842	4,951
10	1.232,6	10,078	5,069
15	1.204,5	10,314	5,188
20	1.177,7	10,549	5,306
25	1.152,1	10,784	5,424
30	1.127,7	11,017	5,541
35	1.104,4	11,250	5,658
40	1.082,2	11,481	5,774
45	1.061,0	11,712	5,890
50	1.040,7	11,940	6,005

**CABLE OPGW-24 - TABLA DE REGULACIÓN**

Cantón N°: 2 ZONA B

APOYO INICIAL N°: 87A

VANO DE REGULACIÓN: 410,7m

APOYO FINAL N°: 91A

TEMPERATURA (°C)	TENSE (daN)	FLECHA MÁXIMA (m)		
		Longitud del vano (m)		
		Desnivel (m)		
		Apoyos del vano		
		426,8	392,8	410,4
		-8,5	-6,0	-4,0
		3-4	4-5	5-6
0	1.282,9	9,789	8,288	9,050
5	1.255,6	10,003	8,469	9,247
10	1.229,5	10,215	8,649	9,444
15	1.204,5	10,427	8,828	9,640
20	1.180,6	10,639	9,007	9,835
25	1.157,8	10,849	9,185	10,029
30	1.135,9	11,058	9,362	10,223
35	1.115,0	11,266	9,538	10,415
40	1.094,9	11,473	9,713	10,607
45	1.075,7	11,679	9,887	10,797
50	1.057,2	11,883	10,060	10,985

**CABLE OPGW-24 - TABLA DE REGULACIÓN**

Cantón N°: 3 ZONA A

APOYO INICIAL N°: 107

VANO DE REGULACIÓN: 376,7m

APOYO FINAL N°: 113

TEMPERATURA (°C)	TENSE (daN)	FLECHA MÁXIMA (m)					
		Longitud del vano (m)					
		Desnivel (m)					
		Apoyos del vano					
		363,8	399,4	410,0	358,0	362,1	355,4
		-28,2	2,4	6,8	12,9	16,7	41,0
0	1.293,8	7,069	8,497	8,954	6,831	6,992	6,774
5	1.262,6	7,244	8,707	9,175	7,000	7,165	6,941
10	1.232,8	7,419	8,917	9,397	7,169	7,338	7,109
15	1.204,5	7,594	9,128	9,619	7,338	7,511	7,276
20	1.177,5	7,768	9,337	9,840	7,506	7,683	7,443
25	1.151,7	7,942	9,547	10,060	7,674	7,855	7,610
30	1.127,1	8,116	9,755	10,280	7,842	8,027	7,776
35	1.103,7	8,288	9,963	10,499	8,009	8,198	7,942
40	1.081,3	8,460	10,169	10,716	8,175	8,367	8,106
45	1.059,9	8,631	10,374	10,933	8,340	8,536	8,270
50	1.039,5	8,801	10,579	11,148	8,504	8,704	8,433

**CABLE OPGW-24 - TABLA DE REGULACIÓN**

Cantón N°: 4 ZONA A

APOYO INICIAL N°: 145A

VANO DE REGULACIÓN: 427,0m

APOYO FINAL N°: 146A

TEMPERATURA (°C)	TENSE (daN)	FLECHA MÁXIMA (m)
		Longitud del vano (m)
		Desnivel (m)
		Apoyos del vano
		427,0
		-5,7
0	1.278,3	9,834
5	1.252,6	10,036
10	1.228,0	10,237
15	1.204,5	10,437
20	1.181,9	10,637
25	1.160,3	10,835
30	1.139,6	11,033
35	1.119,7	11,229
40	1.100,6	11,424
45	1.082,3	11,618
50	1.064,7	11,811

**CABLE OPGW-24 - TABLA DE REGULACIÓN**

Cantón N°: 5 ZONA A

APOYO INICIAL N°: 146A

VANO DE REGULACIÓN: 410,4m

APOYO FINAL N°: 148A

TEMPERATURA (°C)	TENSE (daN)	FLECHA MÁXIMA (m)	
		Longitud del vano (m)	
		Desnivel (m)	
		Apoyos del vano	
		391,2	427,3
		-6,5	-8,8
		3-4	4-5
0	1.283,0	8,224	9,809
5	1.255,6	8,403	10,023
10	1.229,5	8,582	10,236
15	1.204,5	8,760	10,449
20	1.180,6	8,938	10,661
25	1.157,7	9,114	10,872
30	1.135,8	9,290	11,082
35	1.114,9	9,465	11,291
40	1.094,8	9,639	11,498
45	1.075,5	9,812	11,705
50	1.057,1	9,984	11,910

**CABLE OPGW-24 - TABLA DE REGULACIÓN**

Cantón N°: 6 ZONA A

APOYO INICIAL N°: 148A

VANO DE REGULACIÓN: 50,0m

APOYO FINAL N°: PÓRTICO

TEMPERATURA (°C)	TENSE (daN)	FLECHA MÁXIMA (m)	
		Longitud del vano (m)	
		Desnivel (m)	
		Apoyos del vano	
		50,0	
		-26,6	
		5-6	
0	224,0	0,871	
5	212,2	0,919	
10	201,8	0,967	
15	192,8	1,012	
20	184,7	1,056	
25	177,5	1,099	
30	171,1	1,141	
35	165,2	1,181	
40	159,9	1,220	
45	155,0	1,259	
50	150,6	1,296	

#### 1.4.3.4. Distancia de los conductores y el cable de tierra

De acuerdo con lo establecido en el punto 5.4.1 de la ITC 07 del Reglamento de líneas eléctricas, teniendo presente los efectos de las oscilaciones de los conductores y cables de tierra debidas al viento y al desprendimiento de nieve acumulada sobre ellos, la distancia de los conductores vendrá dada por la siguiente expresión:

$$D = K \sqrt{f_{\max} + L} + K' D_{pp}$$

siendo:

- D Distancia mínima entre conductor y cable de tierra en m.
- $f_{\max}$  Flecha máxima del conductor o cable de tierra en m.
- $D_{pp}$  Distancia mínima aérea especificada definida anteriormente.
- L Longitud de la cadena en m.
- K Coeficiente que depende de la oscilación de los conductores con el viento.
- K' Coeficiente en función de la categoría de la línea.

El ángulo de oscilación de los conductores se determinará mediante la siguiente expresión:

$$\mu = \arctg \frac{\rho_v}{\rho_c}$$

Calculando la presión de viento para una velocidad de 120km/h.

Debido a que existen dos conductores se empleará el valor de K mayor de ambos. También en el caso de la flecha máxima se empleará la mayor, esto es la del conductor que normalmente tendrá mayor flecha que el cable de tierra al estar tendido por encima. Para el citado ángulo de oscilación, el Reglamento de Líneas de Alta Tensión da un valor de:

Categoría: Especial

$$\mu_c = 42,89^\circ \quad K_c = 0,65$$

$$\mu_t = 59,52^\circ \quad K_t = 0,65 \quad K' = 0,85$$

Nº Apoyo	K		F.cond (m)		F.cable (m)		Hipótesis	L (m)	d. mín (m)	d. Real (m)	% sup.
	cond.	cable	v. ant	v. post	v. ant	v. post					
85A	0,65	0,65	13,615	14,970	12,448	13,741	Viento	0,000	5,235	7,354	28,81%
86A	0,65	0,65	14,970	7,527	13,741	6,910	Viento	3,926	5,546	7,502	26,08%
87A	0,65	0,65	7,527	14,981	6,910	13,561	Viento	0,000	5,236	7,445	29,67%
88A	0,65	0,65	14,981	12,681	13,561	11,480	Viento	3,926	5,546	7,502	26,07%
89A	0,65	0,65	12,681	13,848	11,480	12,536	Viento	3,926	5,460	7,502	27,21%
91A	0,65	0,65	13,848	0,000	12,536	0,000	Viento	0,000	5,139	7,463	31,14%
107A	0,65	0,65	0,000	10,435	0,000	10,137	Viento	0,000	4,820	7,378	34,68%

Nº Apoyo	K		F.cond (m)		F.cable (m)		Hipótesis	L (m)	d. mín (m)	d. Real (m)	% sup.
	cond.	cable	v. ant	v. post	v. ant	v. post					
145A	0,65	0,65	12,853	14,116	11,466	13,424	Viento	0,000	5,162	7,336	29,63%
146A	0,65	0,65	14,116	11,905	13,424	11,394	Viento	0,000	5,162	7,432	30,54%
147A	0,65	0,65	11,905	14,197	11,394	13,593	Viento	3,926	5,487	10,980	50,03%
148A	0,65	0,65	14,197	5,655	13,593	0,731	Viento	0,000	5,169	7,305	29,24%

#### 1.4.4. Cálculo mecánico de apoyos

Los cálculos mecánicos de apoyos se realizan de forma individual y para cada una de las distintas hipótesis de carga que establece la ITC 07 del Reglamento de Líneas de Alta Tensión.

Estos cálculos incluyen para cada hipótesis los esfuerzos individuales que cada conductor y cable transmiten a la cruceta y a la cúpula de tierra y el esfuerzo equivalente de todos ellos sobre el apoyo.

Los esfuerzos se referencian en un sistema de coordenadas cartesiano ortogonal a derechas (longitudinal, transversal, vertical).

Las distintas hipótesis de carga a considerar en el cálculo mecánico de apoyos serán las establecidas en las tablas 5 a 8 de la ITC-07 del RLAT siendo las siguientes:

- Hipótesis normales.
- Hipótesis anormales.

##### 1.4.4.1.1. Viento excepcional

Al ser una línea de categoría Especial se considera un viento de 140km/h.

Los fabricantes de apoyos nos proporcionan el esfuerzo admisible por los apoyos coincidente con un viento de 120km/h. Al ser el esfuerzo real superior al que calcula el fabricante, se debe evaluar el sobreesfuerzo provocado por la diferencia de velocidades del viento.

La presión que el viento ejerce sobre los apoyos de celosía en función de la velocidad de este según el Reglamento de líneas de Alta Tensión, se puede escribir como:

$$P = 170 \left( \frac{v}{120} \right)^2 \text{ daN/m}^2$$

Siendo

- P: Presión ejercida sobre un plano  
v: Velocidad del viento en km/h

La diferencia de presión entre el viento considerado y los 120km/h contemplados en el reglamento es:

$$\Delta P = 170 \left( \left( \frac{v}{120} \right)^2 - 1 \right) \text{ daN/m}^2$$

El esfuerzo sobre un apoyo metálico de celosía de perfiles normales es esta presión de viento por el área del apoyo expuesta en el plano normal a la dirección del viento.

La diferencia de esfuerzo en el apoyo es:

$$\Delta F = A_T 170 \left( \left( \frac{v}{120} \right)^2 - 1 \right) \text{ daN}$$

Este esfuerzo esta aplicado en el centro de gravedad del apoyo, por tanto habrá que referenciar la fuerza al punto de aplicación de los esfuerzos, según la ecuación:

$$\Delta F = A_T 170 \left( \left( \frac{v}{120} \right)^2 - 1 \right) \frac{h_{CDG}}{h_u} \text{ daN}$$

Siendo:

- $\Delta F$ : Diferencia de esfuerzo al considerar viento excepcional (daN).
- h: Coeficiente de opacidad del apoyo.
- A: Área expuesta ala viento del apoyo (m<sup>2</sup>).
- v: Velocidad del viento excepcional (km/h).
- h<sub>CDG</sub>: Altura del centro de áreas de la silueta del apoyo (m).
- h<sub>u</sub>: Altura referencia de esfuerzos (m).

En la siguiente tabla se puede ver el cálculo de este esfuerzo excepcional para cada uno de los apoyos de la línea:

Nº Apoyo	Tipo apoyo	Presión (daN/m <sup>2</sup> )	Área (m <sup>2</sup> )	Opacidad	Hcdg (m)	Hu (m)	Esfuerzo (daN)
85A	AG-AM	61,39	221,89	0,50	14,92	38,00	2.673,8
86A	AL	61,39	171,01	0,50	17,49	44,11	2.081,1
87A	AG-AM	61,39	221,89	0,50	14,92	38,00	2.673,8
88A	AL	61,39	176,38	0,50	18,34	47,00	2.112,6
89A	AL	61,39	160,24	0,50	15,74	38,20	2.026,6
91A	FL-PAS	61,39	221,89	0,50	14,92	38,00	2.673,8
107	FL-PAS	61,39	233,86	0,50	16,55	33,00	3.600,8
145A	AG-AM	61,39	221,89	0,50	14,92	38,00	2.673,8
146A	AG-AM	61,39	221,89	0,50	14,92	38,00	2.673,8
147A	AL	61,39	221,89	0,50	14,92	38,00	2.673,8
184A	FL	61,39	233,86	0,50	16,55	33,00	3.600,8

#### 1.4.4.2. Tablas de resultados

A continuación se reflejan los resultados obtenidos para en el cálculo mecánico de apoyos, así como los coeficientes de seguridad de apoyos y crucetas referidos a cada hipótesis.

Los apoyos seleccionados deberán ser verificados por el suministrador de los mismos en base a los cálculos mecánicos que se muestran a continuación.

CARACTERÍSTICAS DE LOS APOYOS

ZONA B

Nº apoyo	Tipo de apoyo	Angulo apoyo (g)	Cota apoyo (m)	Altura punto Engrape (m)	Vano anterior (m)	Vano posterior (m)	Tense máx.(daN)			
							LA-455		OPGW-24	
							Viento	Hielo	Viento	Hielo
85A	AG-AM	241,15	663,65	30,00	413,2	424,5	4.030,2	4.236,0	2.518,1	2.497,5
86A	AL	0,00	655,44	32,18	424,5	301,1	3.926,3	4.133,3	2.432,1	2.421,0
87A	AG-AM	216,40	654,88	30,00	301,1	426,8	3.929,6	4.133,3	2.477,6	2.461,6
88A	AL	0,00	641,07	35,07	426,8	392,8	3.929,6	4.133,3	2.477,6	2.461,6
89A	AL	0,00	643,87	26,27	392,8	410,4	3.929,6	4.133,3	2.477,6	2.461,6
91A	FL-PAS	0,00	636,33	30,00	410,4	----	3.929,6	4.133,3	2.477,6	2.461,6

ZONA A

Nº apoyo	Tipo de apoyo	Angulo apoyo (g)	Cota apoyo (m)	Altura punto Engrape (m)	Vano anterior (m)	Vano posterior (m)	Tense máx.(daN)	
							LA-455	OPGW-24
107	FL-PAS	0,00	391,27	25,00	----	363,8	4.101,1	2.395,6
145A	AG-AM	244,54	375,35	30,00	406,3	427,0	4.118,5	2.633,0
146A	AG-AM	221,45	369,63	30,00	427,0	391,2	4.118,5	2.470,0
147A	AL	0,00	363,10	26,07	391,2	427,3	4.113,5	2.447,1
148A	FL	233,31	359,43	25,00	427,3	50,0	4.113,5	2.447,1
PÓRTICO	PORTICO	0,00	359,03	18,00	50,0	----	500,0	500,0

**CÁLCULO DE EOLOVANOS Y GRAVIVANOS ZONA B**

Apoyo N°	Eolovano (m)	Gravivano (m)				
		Hipótesis 1ª (VIENTO)		Hipótesis 2ª (HIELO)		Flecha mínima (-15°C)
		LA-455	OPGW-24	LA-455	OPGW-24	LA-455
85A	418,8	478,3	459,2	513,3	520,2	522,4
86A	362,8	358,4	360,8	355,3	356,7	354,1
87A	364,0	376,5	372,0	383,6	383,5	385,1
88A	409,8	405,5	407,3	402,3	402,1	401,2
89A	401,6	396,4	398,5	392,8	392,6	391,7
91A	205,2	196,1	198,6	190,4	187,6	188,7

**CÁLCULO DE EOLOVANOS Y GRAVIVANOS ZONA A**

Apoyo N°	Eolovano (m)	Gravivano (m)		
		Hipótesis 1ª (VIENTO)		Flecha mínima (0°C)
		LA-455	OPGW-24	LA-455
107	181,9	265,6	235,6	332,4
145A	416,7	438,6	431,3	454,4
146A	409,1	424,3	412,3	435,3
147A	409,3	393,6	412,9	380,7
148A	238,6	246,7	301,5	249,8
PÓRTICO	25,0	6,0	-50,6	-6,0

SOLICITACIONES COMBINADAS EN CRUCETA - CONDUCTOR LA-455

ZONA A\_B

Nº APOYO	TIPO APOYO	1º Hipótesis			2º Hipótesis			3º Hipótesis			4º Hipótesis		
		Fv	FI	Ft	Fv	FI	Ft	Fv	FI	Ft	Fv	FI	Ft
85A	AG-AM	2.069		6.700	3.147		5.892	3.152	3.919	3.938	3.147	4.017	4.036
86A	AL-S	1.233		1.369	1.897		442	1.896	1.240		1.897	1.240	
87A	AG-AM	1.766		3.441	2.514		2.567	2.516	2.050	1.858	2.514	2.050	1.858
88A	AL-S	1.374		1.546	2.127		500	2.125	1.240		2.127	1.240	
89A	AL-S	1.347		1.515	2.081		490	2.079	1.240		2.081	1.240	
91A	FL-PAS	1.227	7.859	774	1.571	8.267	250				785	8.267	
107	FL-PAS	1.435	8.202	686							717	8.202	
145A	AG-AM	1.951		7.218				1.951	1.935	4.941	126	2.391	872
146A	AG-AM	1.908		4.306				1.908	2.030	2.417	117	2.435	414
147A	AL-S	1.339		1.544				1.339	1.234		129	2.447	
148A	FL	1.378	8.227	900							689	6.490	

SOLICITACIONES COMBINADAS EN CUPULA DE TIERRA - CABLE OPGW-24

ZONA A\_B

Nº APOYO	TIPO APOYO	1º Hipótesis			2º Hipótesis			3º Hipótesis			4º Hipótesis		
		Fv	FI	Ft	Fv	FI	Ft	Fv	FI	Ft	Fv	FI	Ft
85A	AG-AM	256		2.133	659		1.786	659	1.194	1.200	360	2.388	800
86A	AL-S	202		462	453		173	453	365		240	2.432	
87A	AG-AM	208		1.100	487		806	487	614	557	319	2.457	318
88A	AL-S	227		522	510		195	510	372		287	2.478	
89A	AL-S	223		512	498		191	498	372		285	2.478	
91A	FL-PAS	112	2.478	261	240	2.462	98				56	2.478	
107	FL-PAS	133	2.396	232							67	2.396	
145A	AG-AM	241		2.275				241	598	1.526	126	2.391	872
146A	AG-AM	230		1.349				230	609	725	117	2.435	414
147A	AL-S	231		521				231	367		129	2.447	
148A	FL	169	2.447	304							85	1.930	

SOLICITACIONES COMBINADAS EN CRUCETA - ALINEACIÓN EN SUSPENSIÓN - CONDUCTOR LA-455

Nº APOYO	TIPO APOYO	1º Hipótesis			2º Hipótesis			3º Hipótesis			4º Hipótesis		
		Fv	Fl	Ft	Fv	Fl	Ft	Fv	Fl	Ft	Fv	Fl	Ft
86A	AL-S	1.233		1.369	1.897		442	1.896	1.240		1.897	1.240	
88A	AL-S	1.374		1.546	2.127		500	2.125	1.240		2.127	1.240	
89A	AL-S	1.347		1.515	2.081		490	2.079	1.240		2.081	1.240	
147A	AL-S	1.339		1.544				1.339	1.234		129	2.447	

SOLICITACIONES COMBINADAS EN CUPULA DE TIERRA - ALINEACIÓN EN SUSPENSIÓN - CABLE OPGW-24

Nº APOYO	TIPO APOYO	1º Hipótesis			2º Hipótesis			3º Hipótesis			4º Hipótesis		
		Fv	FI	Ft	Fv	FI	Ft	Fv	FI	Ft	Fv	FI	Ft
86A	AL-S	202		462	453		173	453	365		240	2.432	
88A	AL-S	227		522	510		195	510	372		287	2.478	
89A	AL-S	223		512	498		191	498	372		285	2.478	
147A	AL-S	231		521				231	367		129	2.447	

SOLICITACIONES COMBINADAS EN CRUCETA – ÁNGULO EN AMARRE - CONDUCTOR LA-455

Nº APOYO	TIPO APOYO	1º Hipótesis			2º Hipótesis			3º Hipótesis			4º Hipótesis		
		Fv	FI	Ft	Fv	FI	Ft	Fv	FI	Ft	Fv	FI	Ft
85A	AG-AM	2.069		6.700	3.147		5.892	3.152	3.919	3.938	3.147	4.017	4.036
87A	AG-AM	1.766		3.441	2.514		2.567	2.516	2.050	1.858	2.514	2.050	1.858
145A	AG-AM	1.951		7.218				1.951	1.935	4.941	126	2.391	872
146A	AG-AM	1.908		4.306				1.908	2.030	2.417	117	2.435	414

SOLICITACIONES COMBINADAS EN CUPULA DE TIERRA - ÁNGULO EN AMARRE - CABLE OPGW-24

Nº APOYO	TIPO APOYO	1º Hipótesis			2º Hipótesis			3º Hipótesis			4º Hipótesis		
		Fv	FI	Ft	Fv	FI	Ft	Fv	FI	Ft	Fv	FI	Ft
85A	AG-AM	256		2.133	659		1.786	659	1.194	1.200	360	2.388	800
87A	AG-AM	208		1.100	487		806	487	614	557	319	2.457	318
145A	AG-AM	241		2.275				241	598	1.526	126	2.391	872
146A	AG-AM	230		1.349				230	609	725	117	2.435	414

SOLICITACIONES COMBINADAS EN CRUCETA – FIN DE LÍNEA - CONDUCTOR LA-455

Nº APOYO	TIPO APOYO	1º Hipótesis			2º Hipótesis			3º Hipótesis			4º Hipótesis		
		Fv	Fl	Ft	Fv	Fl	Ft	Fv	Fl	Ft	Fv	Fl	Ft
91A	FL-PAS	1.227	7.859	774	1.571	8.267	250				785	8.267	
107	FL-PAS	1.435	8.202	686							717	8.202	
148A	FL	1.378	8.227	900							689	6.490	

SOLICITACIONES COMBINADAS EN CUPULA DE TIERRA - FIN DE LÍNEA - CABLE OPGW-24

Nº APOYO	TIPO APOYO	1º Hipótesis			2º Hipótesis			3º Hipótesis			4º Hipótesis		
		Fv	Fl	Ft	Fv	Fl	Ft	Fv	Fl	Ft	Fv	Fl	Ft
91A	FL-PAS	112	2.478	261	240	2.462	98				56	2.478	
107	FL-PAS	133	2.396	232							67	2.396	
148A	FL	169	2.447	304							85	1.930	

RESUMEN DE APOYOS - CARACTERÍSTICAS DIMENSIONALES

Nº APOYO	TIPO APOYO	Denominación	Hi (m)	Hm (m)	Hs (m)	Ht (m)	Hu (m)	Brazo Cruc. Inferior (m)	Brazo Cruc. Media (m)	Brazo Cruc. Superior (m)	Brazo Cruc. Cúpula (m)
85A	AG-AM	30 / IME-AN2-DC-400	30,00	38,00	46,00	52,30	38,00	7,50	7,00	7,00	3,00
86A	AL-S	36 / IME-SUS-DC-400	36,00	44,00	52,00	54,60	44,00	7,00	7,00	7,00	3,00
87A	AG-AM	30 / IME-AN2-DC-400	30,00	38,00	46,00	52,30	38,00	7,50	7,00	7,00	3,00
88A	AL-S	39 / IME-SUS-DC-400	39,00	47,00	55,00	57,60	47,00	7,00	7,00	7,00	3,00
89A	AL-S	30 / IME-SUS-DC-400	30,00	38,00	46,00	48,60	38,00	7,00	7,00	7,00	3,00
91A	FL-PAS	30 / IME-FL1-DC-PAS-400	30,00	38,00	46,00	52,20	38,00	7,50	7,00	7,00	3,00
107	FL-PAS	25 / IME-FL1-DC-PAS-400	25,00	33,00	41,00	47,20	33,00	7,50	7,50	7,50	3,50
145A	AG-AM	30 / IME-AN2-DC-400	30,00	38,00	46,00	52,30	38,00	7,50	7,00	7,00	3,00
146A	AG-AM	30 / IME-AN2-DC-400	30,00	38,00	46,00	52,30	38,00	7,50	7,00	7,00	3,00
147A	AL-S	30 / IME-SUS-DC-400	30,00	38,00	46,00	48,60	38,00	7,00	7,00	7,00	3,00
148A	FL	25 / IME-FL1-DC-400	25,00	33,00	41,00	47,20	33,00	7,50	7,50	7,50	3,50

siendo:

- H<sub>i</sub> Altura de la cruceta inferior (m).
- H<sub>m</sub> Altura de la cruceta media (m).
- H<sub>s</sub> Altura de la cruceta superior (m).
- H<sub>u</sub> Punto de aplicación para cálculo de esfuerzos (m).
- H<sub>t</sub> Altura total de la estructura (m).

#### 1.4.5. Cálculo mecánico de cimentaciones

##### 1.4.5.1.1. Dimensiones propuestas

Las estructuras propuestas tienen previstas unas cimentaciones que se describen a continuación.

Las dimensiones de la geometría de estas cimentaciones son solo una referencia, y se deberán validar una vez que se tengan datos obtenidos del estudio geotécnico del terreno, y las reacciones en la base mayoradas del fabricante.

Para el cálculo de estas cimentaciones se ha considerado un terreno normal ( $\sigma_{adm} = 10$  daN/cm<sup>2</sup> /  $\beta = 30^\circ$ ).

Apoyo Nº	Tipo de apoyo	Cimentación fraccionada (m)				V excav. (m <sup>3</sup> )	V horm. (m <sup>3</sup> )
		d	D	h	H		
85A	AG-AM	1,30	2,50	1,20	3,55	33,80	35,15
86A	AL-S	1,36	2,43	1,07	3,68	34,95	36,43
87A	AG-AM	1,30	2,50	1,20	3,55	33,80	35,15
88A	AL-S	1,30	2,60	1,30	3,60	28,32	29,74
89A	AL-S	1,35	2,10	0,75	3,85	31,68	33,50
91A	FL-PAS	1,30	2,50	1,20	3,55	33,80	35,15
107	FL-PAS	1,50	3,05	1,55	4,30	58,08	60,98
145A	AG-AM	1,30	2,50	1,20	3,55	33,80	35,15
146A	AG-AM	1,30	2,50	1,20	3,55	33,80	35,15
147A	AL-S	1,30	2,50	1,20	3,55	33,80	35,15
148A	FL	1,50	3,05	1,55	4,30	58,08	60,98

#### 1.4.6. Puesta a tierra

##### 1.4.6.1. Electrodo de puesta a tierra

Se utilizarán como electrodos de puesta a tierra:

- Electrodo de difusión vertical para apoyos no frecuentados.
- Anillo cerrado de cobre para apoyos frecuentados.

En la siguiente tabla se exponen las características de la puesta a tierra de los distintos apoyos en función de su tensión y ubicación:

Nº Apoyo	Tipo Apoyo	Frecuentado	Maniobra	Paso A/S	Tipo PAT
85A	AG-AM	No	No	No	Pica Doble
86A	AL-S	No	No	No	Pica Doble
87A	AG-AM	No	No	No	Pica Doble
88A	AL-S	No	No	No	Pica Doble
89A	AL-S	No	No	No	Pica Doble
91A	FL-PAS	No	No	No	Pica Doble

Nº Apoyo	Tipo Apoyo	Frecuentado	Maniobra	Paso A/S	Tipo PAT
107	FL-PAS	No	No	No	Pica Doble
145A	AG-AM	No	No	No	Pica Doble
146A	AG-AM	No	No	No	Pica Doble
147A	AL-S	No	No	No	Pica Doble
148A	FL	No	No	No	Pica Doble

1.5. Relación de cruzamientos

Nº Cruza- miento	Tramo línea	Apoyo anterior	Apoyo pos- terior	Longitud vano (m)	Distancia al apoyo más pró- ximo (m)	Distancia al apoyo de la línea que cruza (m)	Distancia vertical teórica (m)	Distancia vertical real (m)	Afección	Organismo propietario	Coordenadas U.T.M.	
											X	Y
1	3	87A	88A	426,82	88,10	-	8,10	13,69	PASO DESDE VALDORIA HASTA EL MÁS QUEMA- DO	DEPARTAMENTO DE AGRICULTURA, GA- NADERÍA Y MEDIO AM- BIENTE DEL GO- BIERNO DE ARAGÓN	711.152	4.546.566
2	3	88A	89A	392,77	13,90	-	8,10	20,94	CMNO. SAN- TIAGO ANDO- RRA- ALBALATE DEL ARZO- BISPO	SERVICIO DE PATRI- MONIO DEL DEPAR- TAMENTO DE HA- CIENDA Y ADMINIS- TRACIÓN PÚBLICA DEL GOBIERNO DE ARAGÓN	711.680	4.546.983
3	4	-	-	-	-	-	0,20	0,20	BARRANCO	CONF. HIDROGRÁFICA DEL EBRO	711.272	4.548.947
4	4	-	-	-	-	-	0,60	3,50	CRTA. A-223 PK: 23+946	DIR. GRAL. CARRETE- RAS DEL GOBIERNO DE ARAGÓN	711.117	4.549.155
5	4	-	-	-	-	-	0,20	0,20	ARROYO	CONF. HIDROGRÁFICA DEL EBRO	710.384	4.550.756
6	4	-	-	-	-	-	0,60	3,50	CRTA. A-223 PK: 27+145,00	DIR. GRAL. CARRETE- RAS DEL GOBIERNO DE ARAGÓN	709.919	4.551.982

Nº Cruza- miento	Tramo línea	Apoyo anterior	Apoyo pos- terior	Longitud vano (m)	Distancia al apoyo más pró-	Distancia al apoyo de la	Distancia vertical teórica	Distancia vertical real (m)	Afección	Organismo propietario	Coordenadas U.T.M.	
7	4	-	-	-	-	-	0,60	3,50	CRTA. A-1401 PK: 34+712	DIR. GRAL. CARRETE- RAS DEL GOBIERNO DE ARAGÓN	709.830	4.551.997
8	4	-	-	-	-	-	0,20	0,20	ACEQUIA DE MELIDA	COMUNIDAD DE RE- GANTES DEL RÍO EBRO	709.705	4.552.192
9	4	-	-	-	-	-	0,60	0,60	CMNO. SAN- TIAGO ANDO- RRA- ALBALATE DEL ARZO- BISPO	SERVICIO DE PATRI- MONIO DEL DEPAR- TAMENTO DE HA- CIENDA Y ADMINIS- TRACIÓN PÚBLICA DEL GOBIERNO DE ARAGÓN	709.520	4.552.525
10	4	-	-	-	-	-	0,20	3,50	RÍO MARTÍN	CONF. HIDROGRÁFICA DEL EBRO	709.442	4.552.799
11	4	-	-	-	-	-	0,20	0,20	ACEQUIA DEL CAMPO DEL LUGAR	COMUNIDAD DE RE- GANTES DEL RÍO EBRO	709.062	4.552.974
12	4	-	-	-	-	-	0,20	0,20	ACEQUIA DEL CAMPO DEL LUGAR	COMUNIDAD DE RE- GANTES DEL RÍO EBRO	709.013	4.553.066
13	5	147A	148A	427,25	62,00	-	8,10	11,314	BARRANCO DE LOS ES- TANCOS	CONF. HIDROGRÁFICA DEL EBRO	700.891	4.556.066

Madrid, diciembre de 2023



EL INGENIERO INDUSTRIAL  
D. RAMON FERNANDEZ DE BORDONS  
COLEGIADO DE ICAI Nº 1813/1024

## 2. PLANOS

2.1. Lista de planos

Situación.....	FE-20000033-01
Emplazamiento.....	FE-20000033-02
Perfil y Planta .....	FE-20000033-03



COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. USUARIOS: 017424. Fecha: 26/03/2024. Firmado electrónicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Administración verificable mediante ESIV: FVWVWZL8PQV9PK. Verificado en: https://verificador.sedelectronica.icaiber.es/verificador/verificador.aspx

SISTEMAS DE COORDENADAS UTM ETRS89 - HUSO 30

LEYENDA:	
	Tramo Aéreo LAT 400 KV DC SET Ejúve - SET Cámaras
	Tramo Subterráneo LAT 400 KV DC SET Ejúve - SET Cámaras
	LAAT 220/400 KV CC AP2 LAAT SET Iberos a SET Mudéjar Promotores - AP62 LAAT SET Iberos a SET Mudéjar
	LAAT 220/400 KV TC SET Ejúve - AP2 LAAT SET Iberos a SET Mudéjar Promotores

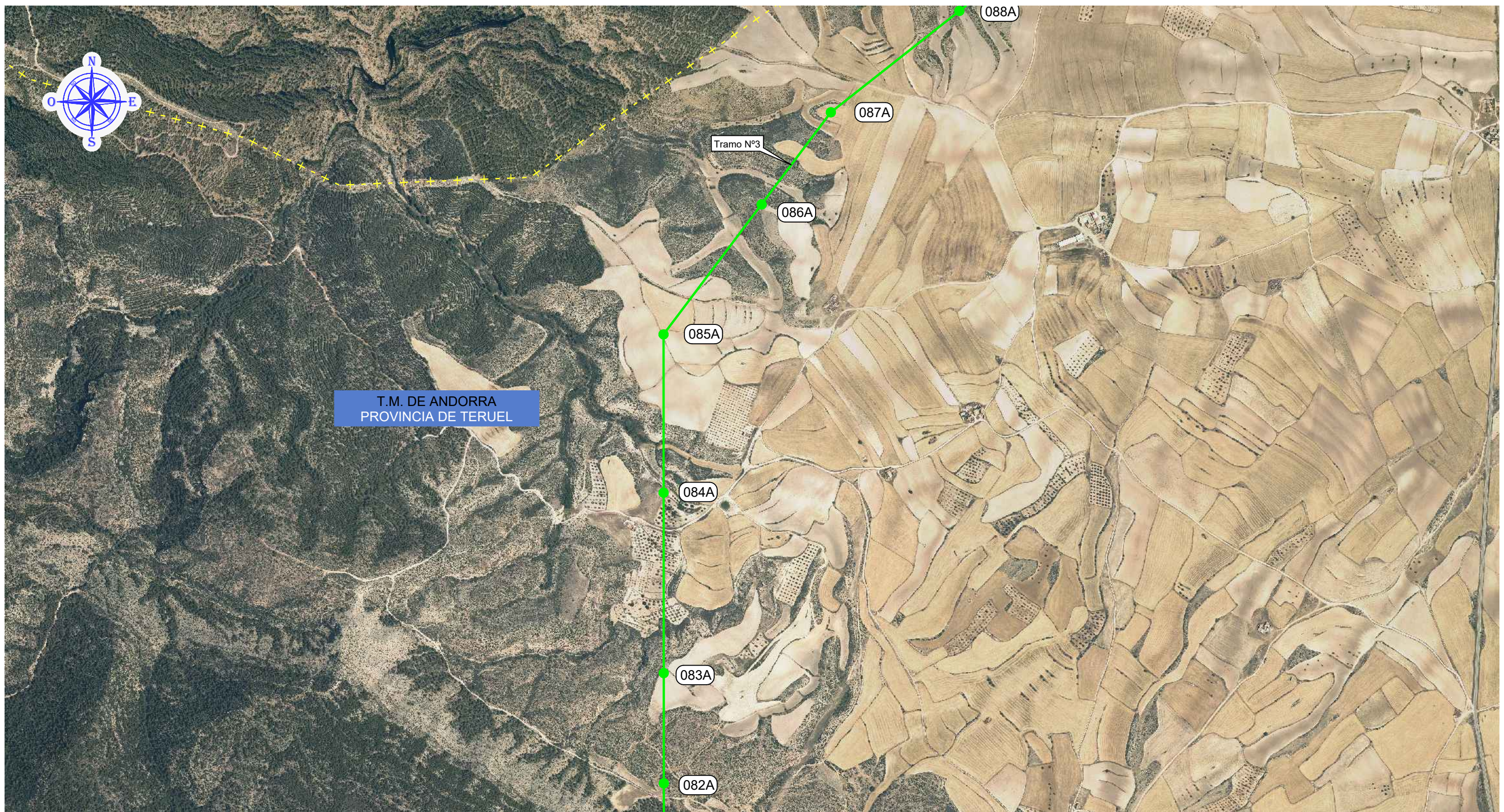
D. RAMÓN FERNÁNDEZ DE BORDÓN  
INGENIERO DEL ICAI C.C.L. Nº 1813/1024  
*RFB*

		<b>Grupo Sisener Ingenieros</b>	
Dibujado:	12/2023	ALM	Nombre:
Comprobado:	12/2023	ALM	Fecha:
Aprobado:	12/2023	RFB	Nombre:

MODIFICACIÓN 02 PROYECTO DE LAT 400KV DC EVAC.  
PE DE SET EJÚVE A SET CÁMARAS

PLANO DE SITUACIÓN

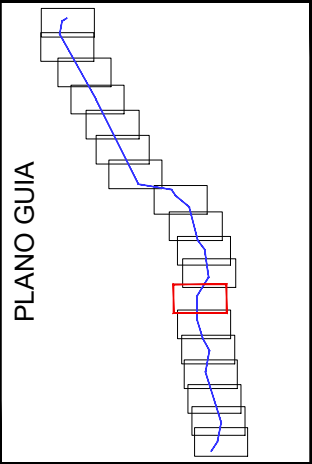
Escala:	1/150.000
Revisión:	00
Hoja:	01.01
Siguiente:	-
Código:	FE-20000033



SISTEMAS DE COORDENADAS UTM ETRS89 - HUSO 30

LEYENDA:

	Tramo Aéreo LAT 400 kV DC SET Ejulve - SET Cámaras
	Tramo Subterráneo LAT 400 kV DC SET Ejulve - SET Cámaras
	Ubicación apoyos LASAT 400 kV DC AP62 LAT SET Iberos a SET Mudejar Promotores - SET Cámaras



PLANO GUIA



MODIFICACIÓN 02 PROYECTO DE LAT 400KV DC EVAC.  
PE DE SET EJULVE A SET CÁMARAS

Escala: 1/10.000

Revisión: 00

Hoja: 02.01

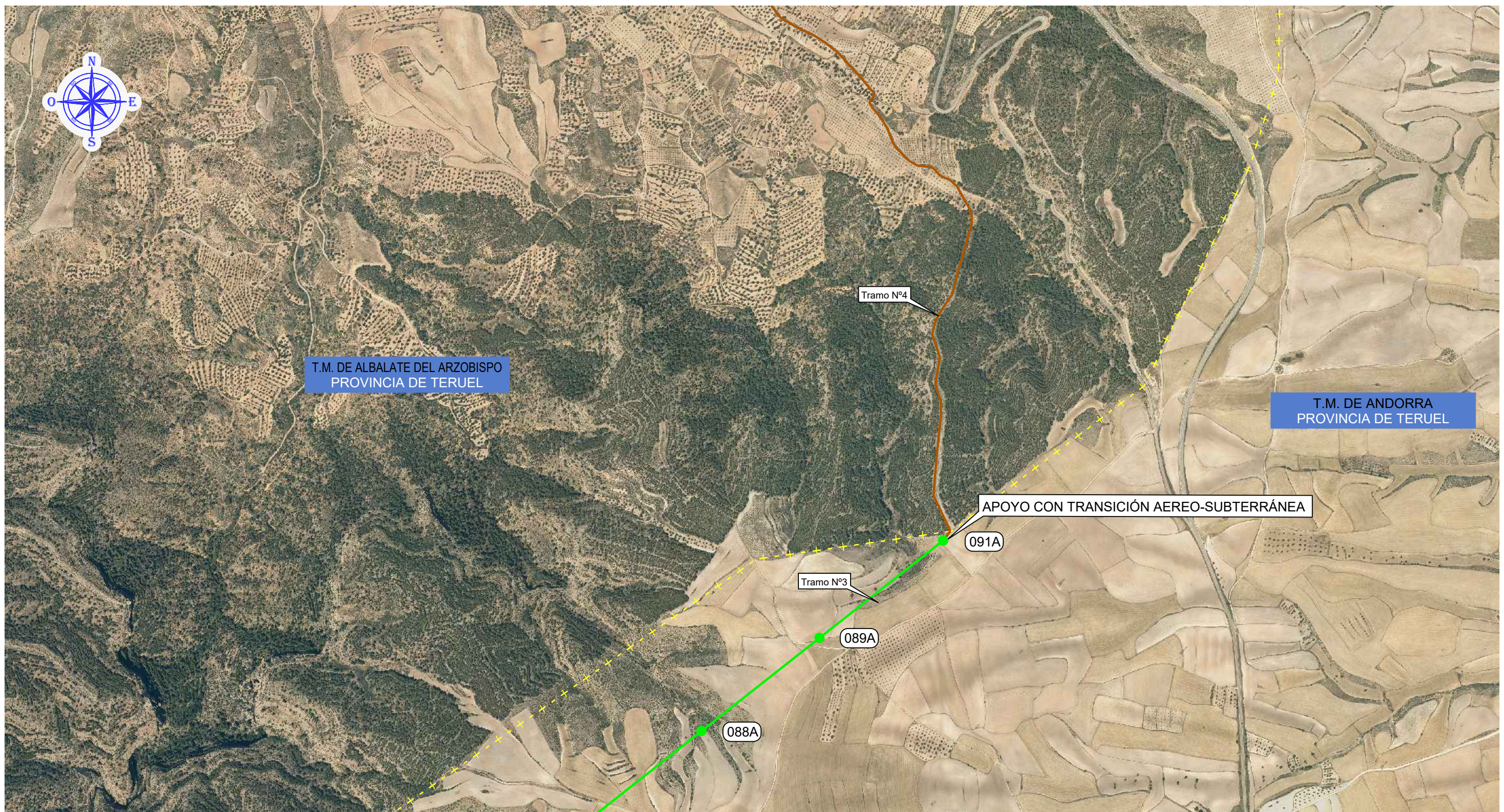
Siguiente: 02.02

Código: FE-2000033

D. RAMON FERNANDEZ DE BORDONS  
INGENIERO DEL ICAI COL. Nº 1813/1024

	Fecha:	Nombre:
Dibujado:	12/2023	ALM
Comprobado:	12/2023	ALM
Aprobado:	12/2023	RFB

PLANO DE EMPLAZAMIENTO



T.M. DE ALBALATE DEL ARZOBISPO  
PROVINCIA DE TERUEL

T.M. DE ANDORRA  
PROVINCIA DE TERUEL

APOYO CON TRANSICIÓN AEREO-SUBTERRÁNEA

Tramo N°4

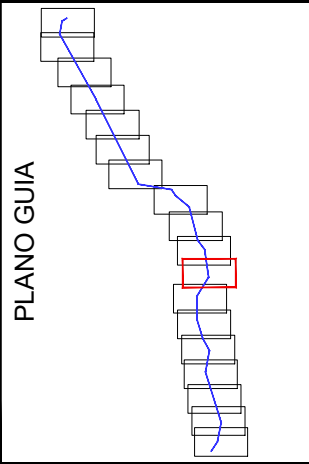
Tramo N°3

091A

089A

088A

SISTEMAS DE COORDENADAS UTM ETRS89 - HUSO 30



LEYENDA:

- Tramo Aéreo LAT 400 kV DC SET Ejulve - SET Cámaras
- Tramo Subterráneo LAT 400 kV DC SET Ejulve - SET Cámaras
- Ubicación apoyos LASAT 400 kV DC AP62 LAT SET Íberos a SET Mudejar Promotores - SET Cámaras



MODIFICACIÓN 02 PROYECTO DE LAT 400KV DC EVAC.  
PE DE SET EJULVE A SET CÁMARAS

Escala: 1/10.000

Revisión: 00

Hoja: 02.02

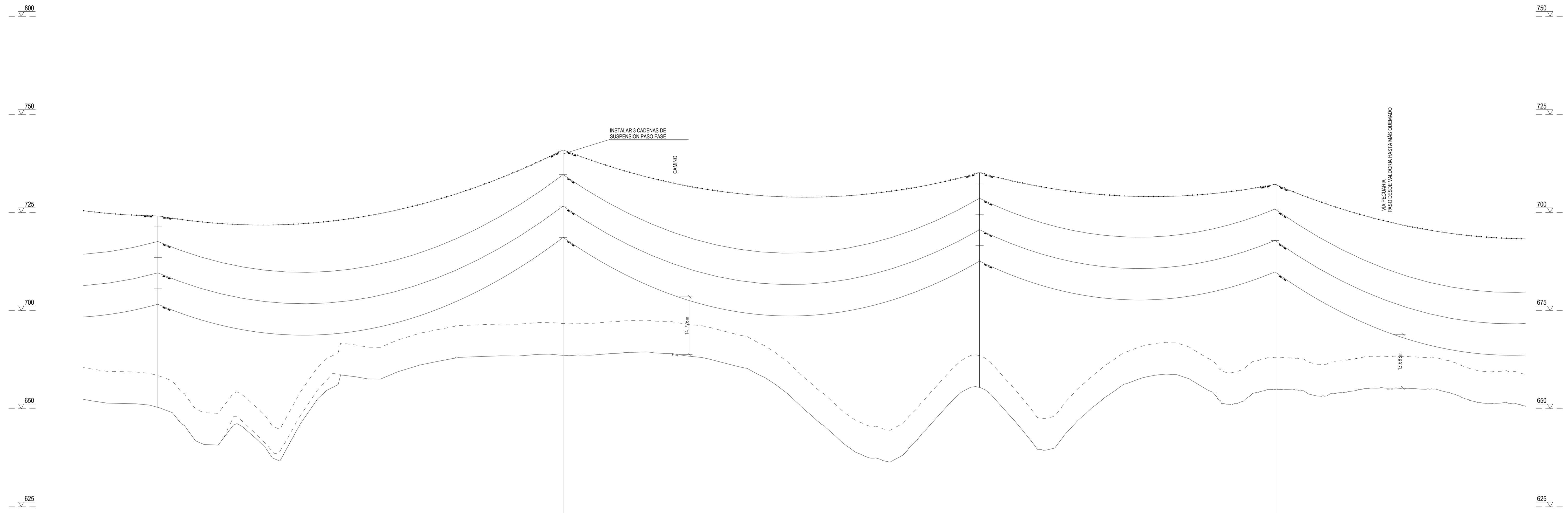
Siguiente: 02.03

Código: FE-20000033

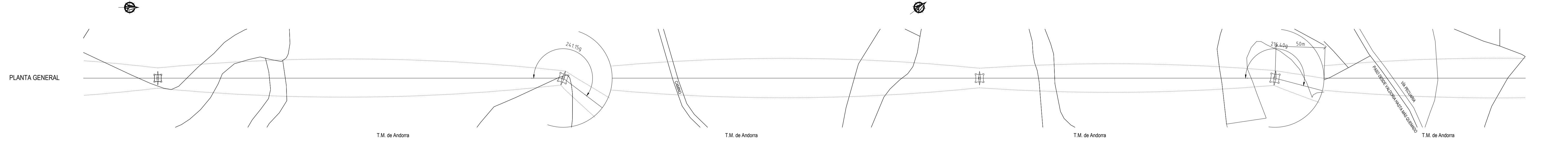
D. RAMON FERNANDEZ DE BORDONS  
INGENIERO DEL ICAI COL. Nº 1813/1024

	Fecha:	Nombre:
Dibujado:	12/2023	ALM
Comprobado:	12/2023	ALM
Aprobado:	12/2023	RFB

PLANO DE EMPLAZAMIENTO

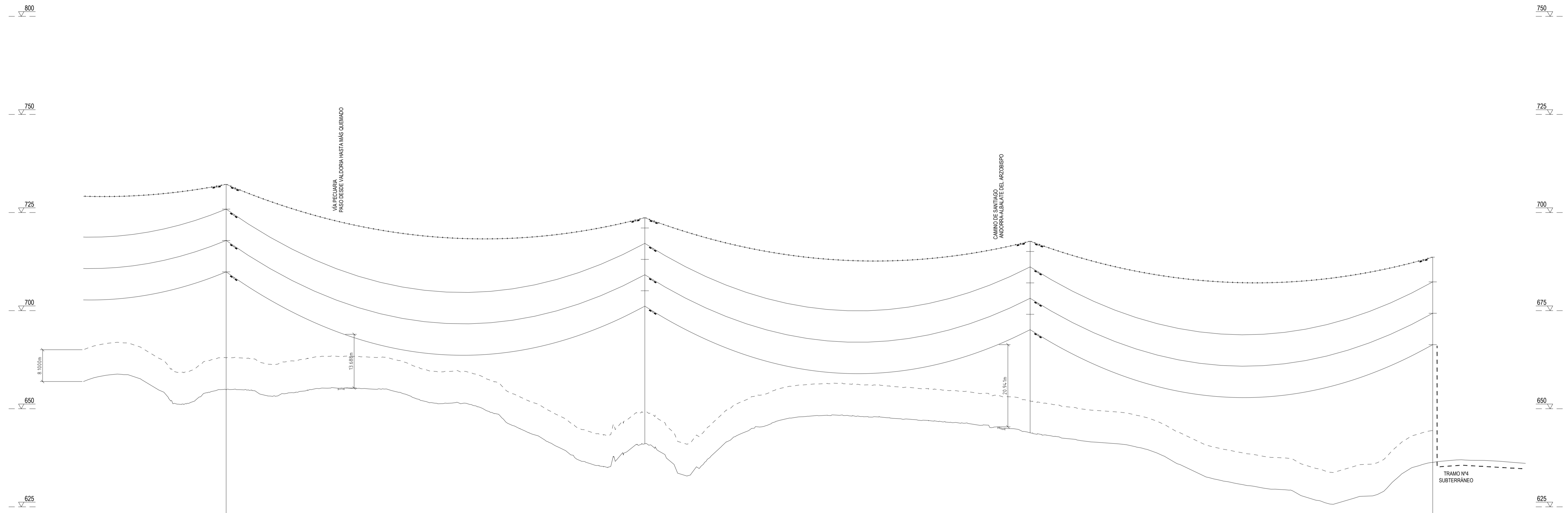


COOR. GEOGRAFICAS	Long. 0° 29' 40.5" Lat. 41° 1' 58.1"	Long. 0° 29' 40.0" Lat. 41° 2' 11.4"	Long. 0° 29' 28.7" Lat. 41° 2' 22.2"	Long. 0° 29' 20.6" Lat. 41° 2' 29.8"	Long. 0° 29' 15.2" Lat. 41° 2' 28.8"
COORDENADAS U.T.M.	X=710.923 Y=545.911 Z=650.35	X=710.923 Y=545.914 Z=663.65	X=710.875 Y=545.753 Z=655.44	X=711.050 Y=545.694 Z=654.88	X=711.152 Y=545.588 Z=652.28
DISTANCIA A ORIGEN	470.5	883.7	1.308.2	1.609.4	
CLASE DE TERRENO					
TIPO APOYOS	AL-S 30 METROS IME-SUS-DC-400 C.SUS	AG-AC 30 METROS ME-AN2-DC-400 CAM	AL-S 30 METROS IME-SUS-DC-400 C.SUS	AG-AM 30 METROS IME-AN2-DC-400 CAM	
VANOS Y Nº APOYOS	413.2	424.5	301.2	426.8	
ALINEACIONES			ALINEACION Nº1 DE 725.6m.		



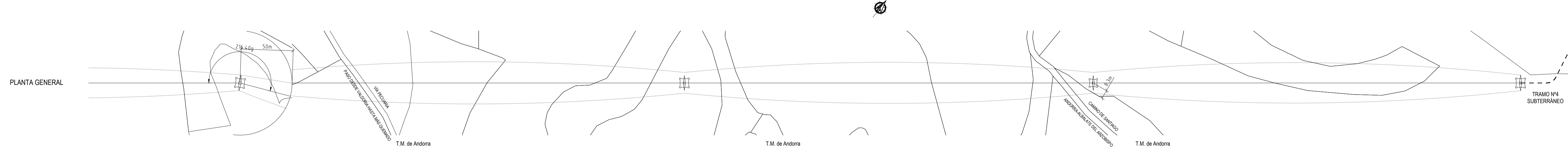
Vano de regulación: 378.2m  
 Tense máximo horizontal: 4.133daN (EDS = 20.1%)  
 Parámetro flecha máxima LA-455: 1.339m  
 Tense máximo cable tierra: 2.432daN (EDS = 15.0%)  
 Parámetro flecha mínima: OPGW-24: 2.532m

		ADENDA MODIFICACIÓN 02 PROYECTO DE LAAT 400KV DC EVAC. PE DE SET ANDORRA A SET CÁMARAS		Escala: H:1/2000 v:1/500
D. RAMÓN FERNÁNDEZ DE BORDONA INGENIERO DEL CAJ COL. Nº 18131024 		Fecha: 12/2023 Nombre: ALM	Revisión: 00 Hoja: 03.01 Siguierte: 03.02 Codigo: FE-20000033	PLANTA Y PERFIL TRAMO Nº 3 LÍNEA DESDE APOYO 84A A APOYO 87A



Vano de regulación: 410,7m  
 Tense máximo horizontal: 4.133daN (EDS = 20,1%)  
 Parámetro flecha máxima LA-455: 1.375m  
 Tense máximo cable tierra: 2.476daN (EDS = 15,0%)  
 Parámetro flecha mínima: OPGW-24: 2.491m

COORD. GEOGRAFICAS	Long. 0° 29' 20,6" Lat. 41° 2' 29,6"	Long. 0° 29' 6,0" Lat. 41° 2' 38,1"	Long. 0° 28' 52,5" Lat. 41° 2' 45,6"	Long. 0° 28' 38,4" Lat. 41° 2' 53,6"
COORDENADAS U.T.M.	X=711.950 Y=4.546.694 Z=654,88	X=711.395 Y=4.546.756 Z=641,07	X=711.703 Y=4.547.001 Z=643,87	X=712.026 Y=4.547.255 Z=636,33
DISTANCIA A ORIGEN	1.609,4	KM.2.000.2.036.2	2.428,9	KM.2.839
CLASE DE TERRENO				
TIPO APOYOS	AG-AM 30 METROS ME-AN2-DC-400 C.AM	AL-S 39 METROS ME-SUS-DC-400 C.SUS	AL-S 30 METROS ME-SUS-DC-400 C.SUS	FL-PAS 30 METROS ME-AN2-DC-PAS-400 C.AM
VANOS Y Nº APOYOS	2	426,8	392,7	410,5
ALINEACIONES			ALINEACION Nº2 DE 1.230,0m.	



COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI, USADO nº: 017424, Fecha: 26/03/2024. Firmado electrónicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante ESIY: FVWVWZALBKPQVWPK. Verificar la veracidad de la página: https://portal.informacionpublica.icaicoll.es/verificador-firmas

 Grupo Sisener Ingenieros	ADENDA MODIFICACIÓN 02 PROYECTO DE LAAT 400KV DC EVAC. PE DE SET ANDORRA A SET CÁMARAS		Escala: H:1/2000 v:1/500
	PLANTA Y PERFIL TRAMO N°3 DESDE APOYO 87A A APOYO 91		Revisión: 00 Hoja: 03.01 Siguierte: 03.02 Código: FE-20000033
	D. RAMÓN FERNÁNDEZ DE BORDONA INGENIERO DEL CAI COL. Nº 18131024 		
	Fecha:	Nombre:	
Dibujado: 12/2023	ALM		
Comprobado: 12/2023	ALM		
Aprobado: 12/2023	RFB		

### 3. **PRESUPUESTO**

### 3.1. Presupuesto General

Para la realización del Presupuesto se ha tenido en cuenta únicamente **el tendido de un solo circuito**, junto con el resto de los elementos y aparamenta que suponen su instalación.

A continuación se describe el presupuesto de la Modificación 02 del proyecto.

#### 3.1.1. Suministro equipos tramos aéreos

DESCRIPCIÓN	UDS.	UNITARIO	TOTAL
<b>APOYOS</b>			
APOYO METÁLICO DE CELOSIA TIPO IME-SUS-DC-400 DE ALTURA 30 METROS	2.00	27,182.12	54,364.24
APOYO METÁLICO DE CELOSIA TIPO IME-SUS-DC-400 DE ALTURA 36 METROS	1.00	35,336.76	35,336.76
APOYO METÁLICO DE CELOSIA TIPO IME-SUS-DC-400 DE ALTURA 39 METROS	1.00	45,937.78	45,937.78
APOYO METÁLICO DE CELOSIA TIPO IME-FL1-DC-400 DE ALTURA 30 METROS EQUIPADO PARA PAS	1.00	35,336.76	35,336.76
APOYO METÁLICO DE CELOSIA TIPO IME-FL1-DC-400 DE ALTURA 25 METROS EQUIPADO PARA PAS	1.00	30,036.24	30,036.24
APOYO METÁLICO DE CELOSÍA TIPO IME-AN2-DC-400 DE ALTURA 30 METROS	4.00	29,796.02	119,184.08
APOYO METÁLICO DE CELOSIÁ TIPO IME-FL1-DC-400 DE ALTURA 25 METROS	1.00	30,240.49	30,240.49
SEÑAL TRIANGULAR DE RIESGO ELÉCTRICO GT-21	11.00	1.37	15.07
<b>CONDUCTORES Y CABLES</b>			
M. TENDIDO DE LÍNEA LA 455 (CONDOR)	19,707.62	4.27	84,151.54
M. TENDIDO CABLE FIBRA ÓPTICA OPGW 24 FIBRAS	3,451.27	6.06	20,914.70
<b>AISLADORES, HERRAJES, PUESTAS A TIERRA Y ACCESORIOS</b>			
CADENA DE SUSPENSIÓN LA-455 DUPLEX 400KV	18.00	591.37	10,644.66
CADENA DE AMARRE CON GRAPA LA-455 DUPLEX 400KV	33.00	1,137.59	37,540.47
CONJUNTO DE SUSPENSIÓN CABLE DE FIBRA ÓPTICA OPGW 24	4.00	65.13	260.52
CONJUNTO DE AMARRE CABLE DE FIBRA ÓPTICA OPGW 24	7.00	138.46	969.22
CAJA DE EMPALME CABLE FIBRA OPTICA (OPGW-24)	2.00	510.86	1,021.72
MEDIDAS REFLECTOMÉTRICAS PARA CABLE FIBRA ÓPTICA OPGW-24	1.00	30.00	30.00
ANTIVIBRADOR STOCKBRIDGE	45.00	30.12	1,355.40
UD. SALVAPAJAROS ESPIRAL 1x0,3METROS	388.00	5.52	2,141.76
UD. SALVAPAJAROS NEOPRENO	780.00	10.83	8,447.40
PUESTA A TIERRA DOBLE PARA APOYO CELOSIA 4 MACIZOS	11.00	96.23	1,058.53
<b>TOTAL EQUIPOS ELÉCTRICOS</b>			<b>518,987.33</b>

### 3.1.2. Montaje equipos tramos aéreos

DESCRIPCIÓN	UDS.	UNITARIO	TOTAL
<b>APOYOS</b>			
APOYO METÁLICO DE CELOSIA TIPO IME-SUS-DC-400 DE ALTURA 30 METROS	2.00	16,093.77	32,187.54
APOYO METÁLICO DE CELOSIA TIPO IME-SUS-DC-400 DE ALTURA 36 METROS	1.00	20,921.90	20,921.90
APOYO METÁLICO DE CELOSIA TIPO IME-SUS-DC-400 DE ALTURA 39 METROS	1.00	27,198.47	27,198.47
APOYO METÁLICO DE CELOSIA TIPO IME-FL1-DC-400 DE ALTURA 30 METROS EQUIPADO PARA PAS	1.00	20,921.90	20,921.90
APOYO METÁLICO DE CELOSIA TIPO IME-FL1-DC-400 DE ALTURA 25 METROS EQUIPADO PARA PAS	1.00	17,783.62	17,783.62
APOYO METÁLICO DE CELOSÍA TIPO IME-AN2-DC-400 DE ALTURA 30 METROS	4.00	17,203.34	68,813.36
APOYO METÁLICO DE CELOSÍA TIPO IME-FL1-DC-400 DE ALTURA 25 METROS	1.00	17,442.04	17,442.04
SEÑAL TRIANGULAR DE RIESGO ELÉCTRICO GT-21	11.00	5.26	57.86
<b>CONDUCTORES Y CABLES</b>			
M. TENDIDO DE LÍNEA LA 455 (CONDOR)	19,707.62	4.00	78,830.48
M. TENDIDO CABLE FIBRA ÓPTICA OPGW 24 FIBRAS	3,451.27	1.55	5,349.47
<b>AISLADORES, HERRAJES, PUESTAS A TIERRA Y ACCESORIOS</b>			
CADENA DE SUSPENSIÓN LA-455 DUPLEX 400KV	18.00	354.82	6,386.80
CADENA DE AMARRE CON GRAPA LA-455 DUPLEX 400KV	33.00	682.55	22,524.28
CONJUNTO DE SUSPENSIÓN CABLE DE FIBRA ÓPTICA OPGW 24	4.00	39.08	156.32
CONJUNTO DE AMARRE CABLE DE FIBRA ÓPTICA OPGW 24	7.00	83.08	581.56
CAJA DE EMPALME CABLE FIBRA OPTICA (OPGW-24)	2.00	828.55	1,657.10
MEDIDAS REFLECTOMÉTRICAS PARA CABLE FIBRA ÓPTICA OPGW-24	1.00	910.00	910.00
ANTIVIBRADOR STOCKBRIDGE	45.00	19.55	879.75
UD. SALVAPAJAROS ESPIRAL 1x0,3METROS	388.00	11.46	4,446.48
UD. SALVAPAJAROS NEOPRENO	780.00	11.46	8,938.80
PUESTA A TIERRA DOBLE PARA APOYO CELOSIA 4 MACIZOS	11.00	89.18	980.98
<b>TOTAL EQUIPOS ELÉCTRICOS</b>			<b>336,968.71</b>

**3.1.3. Suministro equipos tramo subterráneo**

DESCRIPCIÓN	UDS.	UNITARIO	TOTAL
<b>CONDUCTORES Y CABLES</b>			
M. CABLE RHZ1-RA+2OL(AS) 230/400KV 1X630KAL + T480AL	25,946.90	87.54	2,271,391.63
M. MANGUERA OSGZ1-48/0 o SIMILAR SUBTERRÁNEO COMUNICACIONES	8,982.30	15.45	138,776.54
M. CABLE ROZ1(S)0,6/4 KV 2X185 MM <sup>2</sup> CU	2,000.00	4.55	9,100.00
<b>PUESTA A TIERRA Y ACCESORIOS</b>			
TERMINAL POLIMERICO 400KV	6.00	7,990.00	47,940.00
EMPALME CABLE UNIPOLAR RHZ1-RA+2OL(AS) 230/400KV 1X630KAL + T4480AL	33.00	5,960.00	196,680.00
CAJA TRIPOLAR DE PUESTA A TIERRA DE PANTALLAS CON DESCARGADORES Y TRANSPOSICIÓN DE PANTALLAS	8.00	7,679.00	61,432.00
CAJA TRIPOLAR DE PUESTA A TIERRA DIRECTA CON DESCARGADORES	3.00	2,564.00	7,692.00
CAJA UNIPOLAR DE PUESTA A TIERRA DIRECTA	6.00	1,655.00	9,930.00
PUESTA A TIERRA PARA CÁMARA DE EMPALME	11.00	1,200.00	13,200.00
EMPALME CABLE DE FIBRA ÓPTICA	36.00	1,286.27	46,305.72
<b>TOTAL EQUIPOS ELÉCTRICOS</b>			<b>2,802,447.88</b>

**3.1.4. Montaje equipos tramo subterráneo**

DESCRIPCIÓN	UDS.	UNITARIO	TOTAL
<b>CONDUCTORES Y CABLES</b>			
M. CABLE RHZ1-RA+2OL(AS) 230/400KV 1X630KAL + T480AL	25,946.90	68.95	1,789,038.76
M. MANGUERA OSGZ1-48/0 o SIMILAR SUBTERRÁNEO COMUNICACIONES	8,982.30	9.27	83,265.92
M. CABLE ROZ1(S)0,6/4 KV 2X185 MM <sup>2</sup> CU	2,000.00	2.73	5,460.00
<b>PUESTA A TIERRA Y ACCESORIOS</b>			
TERMINAL POLIMERICO 400KV	6.00	6,392.00	38,352.00
EMPALME CABLE UNIPOLAR RHZ1-RA+2OL(AS) 230/400KV 1X630KAL + T4480AL	33.00	4,768.00	157,344.00
CAJA TRIPOLAR DE PUESTA A TIERRA DE PANTALLAS CON DESCARGADORES Y TRANSPOSICIÓN DE PANTALLAS	8.00	6,143.20	49,145.60
CAJA TRIPOLAR DE PUESTA A TIERRA DIRECTA CON DESCARGADORES	3.00	2,051.20	6,153.60
CAJA UNIPOLAR DE PUESTA A TIERRA DIRECTA	6.00	1,324.00	7,944.00
PUESTA A TIERRA PARA CÁMARA DE EMPALME	11.00	960.00	10,560.00
EMPALME CABLE DE FIBRA ÓPTICA	36.00	1,029.02	37,044.58
<b>TOTAL EQUIPOS ELÉCTRICOS</b>			<b>2,184,308.45</b>

## 3.1.5. Obra Civil

DESCRIPCIÓN	UDS.	UNITARIO	TOTAL
<b>TRAMO AÉREO</b>			
M³ EXCAVACION CIMENTACION EN TODO TIPO DE TERRENO	710.00	96.41	68,451.10
M³ EXCAVACION EXPLANACION ACCESOS EN TODO TIPO DE TERRENO	154.00	96.41	14,847.14
M³ HORMIGON H-200 CIMENTACION APOYO	765.00	176.85	135,290.25
<b>TRAMO SUBTERRÁNEO</b>			
M.EJECUCIÓN DE ZANJA DE 1,70X1,88 SEGÚN PLANO Y POSTERIOR RELLENADO Y COMPACTADO	8,482.30	45.26	383,908.90
M. PERFORACIÓN HORIZONTAL DIRIGIDA	150.00	880.00	132,000.00
M. HINCA	300.00	783.45	235,035.00
M³ . HORMIGÓN H-20 CIMENTACIÓN CANALIZACIÓN	13,554.72	63.95	866,824.05
M² . ROTURA Y REPOSICIÓN DE CALZADA DE HORMIGÓN ASFÁLTICO SOBRE FIRME DE HORMIGÓN PASO POR CALZADA	200.00	73.50	14,700.00
SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE CÁMARA DE EMPALME DC.	11.00	78,000.00	858,000.00
ARQUETA HORMIGON 4,00x4,00 IN SITU	2.00	600.00	1,200.00
SUMINISTRO Y EJECUCIÓN ARQUETA MODULAR PREFABRICADA DE FIBRA EN PE O PP (DOBLE)	12.00	1,200.00	14,400.00
SUMINISTRO Y EJECUCIÓN ARQUETA MODULAR PREFABRICADA DE FIBRA EN PE O PP (SIMPLE)	24.00	700.00	16,800.00
HITO SEÑALIZACIÓN	500.00	34.00	17,000.00
<b>TOTAL OBRA CIVIL</b>			<b>2,758,456.44</b>

### 3.1.6. Resumen presupuesto Modificación 02

SUMINISTRO MATERIALES AÉREOS	518,987.33
MONTAJE MATERIALES AÉREOS	336,968.71
SUMINISTRO MATERIALES SUBTERRÁNEOS	2,802,447.88
MONTAJE MATERIALES SUBTERRÁNEOS	2,184,308.45
EJECUCIÓN MATERIAL DE LA OBRA	2,758,456.44
<b>TOTAL PRESUPUESTO MODIFICACIÓN 02</b>	<b>8,601,168.81</b>

### 3.2. Resumen presupuesto Modificación 01

A continuación se resume el presupuesto de la Modificación 01 del proyecto LAT 400 kV DC de SET Ejulve a SET Cámaras:

SUMINISTRO MATERIALES	4,389,112.63
MONTAJE MATERIALES	2,900,515.34
OBRA CIVIL	704,685.61
<b>TOTAL PRESUPUESTO</b>	<b>7,994,313.58</b>

### 3.3. Resumen presupuesto tramos eliminados en Modificación 02

A continuación se resume el presupuesto de los tramos de la Modificación 01 que se modifican en la Modificación 02:

EQUIPOS ELÉCTRICOS	1,229,016.56
MONTAJE EQUIPOS ELÉCTRICOS	825,276.83
OBRA CIVIL	173,148.07
<b>TOTAL PRESUPUESTO</b>	<b>2,227,441.46</b>

### 3.4. Resumen del presupuesto instalación proyectada

A continuación se resume el presupuesto total de la línea incluyendo la modificación 02:

SUMINISTRO MATERIALES AÉREOS	3,679,083.40
MONTAJE MATERIALES AÉREOS	2,412,207.21
SUMINISTRO MATERIALES SUBTERRÁNEOS	2,802,447.88
MONTAJE MATERIALES SUBTERRÁNEOS	2,184,308.45
EJECUCIÓN MATERIAL DE LA OBRA	3,289,993.98
<b>TOTAL PRESUPUESTO INSTALACIÓN PROYECTADA</b>	<b>14,368,040.93</b>

ASCIENDE EL PRESUPUESTO A CATORCE MILLONES TRESCIENTOS SESENTA Y OCHO MIL CUARENTA EUROS CON NOVENTA Y TRES CÉNTIMOS.

Madrid, diciembre de 2023



EL INGENIERO INDUSTRIAL  
D. RAMON FERNANDEZ DE BORDONS  
COLEGIADO DE ICAI Nº 1813/1024