



**Universidad**  
Zaragoza

# Trabajo Fin de Grado

MODIFICACION ANILLO DE A.T. DE 132 kV DE LA  
CIUDAD DE HUESCA

Autor

Guillermo Lorés Martínez

Director

Antonio Monañes Espinosa

Escuela de Ingeniería y Arquitectura (EINA)  
6 de Agosto de 2016

## INDICE

MEMORIA .....	8
1.- OBJETO DEL PROYECTO .....	9
2.- NORMAS Y REFERENCIAS.....	10
3.- EMPLAZAMIENTO DE LA INSTALACION.....	11
4.- DESCRIPCION DE LA INSTALACION .....	12
4.1.- TRAZADO DE LA LINEA.....	12
4.2.- AFECCIONES POR EL PASO DE LA LÍNEA .....	12
5.- CARACTERISTICAS DE LA INSTALACION.....	14
5.1.- CARACTERISTICAS GENERALES.....	14
5.2.- APOYOS .....	15
5.3.- CONDUCTORES Y CABLE DE TIERRA.....	15
5.4.- CADENAS DE AISLADORES.....	16
5.5.- ACCESORIOS.....	17
5.6.- CIMENTACIONES.....	17
5.7.- CONEXIÓN DE LAS PANTALLAS .....	17
5.8.- EMPALMES Y TERMINALES.....	18
5.9.- PUESTA A TIERRA.....	18
5.10.- SEÑALIZACION .....	18
6.- RESUMEN DE PRESUPUESTO .....	19
7.- CONCLUSIONES .....	20
ANEXOS.....	21
1.- CALCULOS ELECTRICOS .....	22
1.1.- TRAMO AÉREO .....	22
1.1.1.- CARACTERÍSTICAS GENERALES .....	22
1.1.2.- CARACTERISTICAS DEL CONDUCTOR.....	22
1.1.3.- DENSIDAD DE CONRRIENTE .....	22
1.1.4.- INTENSIDAD MAXIMA ADMISIBLE.....	24
1.1.5.- PARÁMETROS ELÉCTRICOS .....	24
1.1.6.- POTENCIA MAXIMA DE TRANSPORTE.....	31
1.1.7.- CAIDA DE TENSION .....	32
1.1.8.- EFECTO CORONA.....	33
1.1.9.- PERDIDAS DE POTENCIA.....	34
1.2.- TRAMOS SUBTERRANEOS.....	36
1.2.1.- CARACTERISTICAS GENERALES .....	36
1.2.2.- CARACTERISTICAS DEL CONDUCTOR.....	36
1.2.3.- INTENSIDAD MAXIMA ADMISIBLE.....	36

1.2.4.- PARAMETROS .....	37
1.2.5.- POTENCIA MAXIMA DE TRANSPORTE .....	40
1.2.6.- CAIDA DE TENSION .....	41
1.2.7.- PERDIDA DE POTENCIA .....	43
1.3.- CALCULOS ELECTRICOS TOTALES.....	44
1.3.1.- PARAMETROS ELECTRICOS TOTALES .....	44
1.3.2.- POTENCIA MAXIMA DE TRANSPORTE DE LA INSTALACION .....	44
1.3.3.- CAIDA DE TENSION TOTAL .....	45
1.3.4.- PERDIDAS DE POTENCIA.....	46
2.- CALCULOS MECANICOS .....	47
2.1.- CALCULO DEL CONDUCTOR Y DEL CABLE DE TIERRA .....	47
2.1.1.- CARACTERISTICAS GENERALES DE LA LINEA.....	47
2.1.2.- CARACTERISTICAS DEL CONDUCTOR Y CABLE DE GUARDA .....	47
2.1.3.- CARGAS Y SOBRECARGAS CONSIDERADAS .....	48
2.1.4.- TRACCIONES.....	53
TABLAS DE TRACCIONES POR CANTON.....	58
TABLAS DE TENDIDO .....	65
2.2.- CALCULO MECANICO DE APOYOS.....	67
2.2.1.- APOYOS DE SUSPENSION EN ALINEACION.....	67
2.2.2.- APOYOS DE AMARRE EN ALINEACION.....	68
2.2.3.- APOYOS DE AMARRE EN ANGULO .....	69
2.2.4.- APOYOS DE FIN DE LINEA .....	70
TABLAS DE ESFUERZOS EN PUNTA DE CRUCETA POR APOYO.....	71
2.2.5.- SELECCIÓN DE APOYOS.....	75
3.- CALCULO DE AISLADORES.....	78
3.1.- CALCULO ELECTRICO .....	78
3.2.- CALCULO MECANICO.....	78
3.3.- ELECCION DE AISLADORES.....	78
3.4.- DETERMINACION DEL NUMERO DE AISLADORES.....	79
4.- CALCULO DE HERRAJES .....	80
5.- DISTANCIAS DE SEGURIDAD.....	81
5.1.- DISTANCIAS ENTRE CONDUCTORES .....	81
5.2.- DISTANCIAS ENTRE CONDUCTORES Y ELEMENTOS PUESTOS A TIERRA .....	82
5.3.- DISTANCIAS AL TERRENO, CAMINOS, SENDAS Y CURSOS DE AGUA NO NAVEGABLES .....	82
5.4.- DISTANCIA A OTRAS LINEAS ELECTRICAS AEREAS .....	82
5.5.- DISTANCIA A CARRETERAS .....	83

6.- CALCULO DE CIMENTACIONES.....	84
6.1.- COMPROBACION AL ARRANQUE.....	84
6.2.- COMPROBACION A LA COMPRESION .....	85
6.3.- COMPROBACION DE ADHERENCIA ENTRE ANCLAJE Y CIMENTACION .....	85
6.4.- RESUMEN.....	86
7.- PUESTAS A TIERRA.....	89
7.1.- ELECTRODO DE PUESTA A TIERRA .....	89
7.2.- LINEA DE TIERRA .....	89
7.3.- DIMENSIONAMIENTO DE LA PUESTA A TIERRA.....	89
7.3.1.- DIMENSIONAMIENTO ATENDIENDO A RESISTENCIA TERMICA .....	89
7.3.2.- DIMENSIONAMIENTO ATENDIENDO A LA SEGURIDAD DE LAS PERSONAS .....	89
7.3.3.- DIMENSIONAMIENTO ATENDIENDO A LA PROTECCION FRENTE A IMPULSOS TIPO RAYO .....	90
7.3.4.- RESUMEN .....	90
8.- ESTUDIO BASICO DE IMPACTO MEDIOAMBIENTAL .....	92
1.- OBJETO .....	92
2.- PRESCRIPCIONES TÉCNICAS DE PROTECCIÓN .....	92
2.1. PRESCRIPCIONES GENÉRICAS.....	92
2.2. CARACTERÍSTICAS DE LOS ELEMENTOS DEL TENDIDO ELÉCTRICO PARA EVITAR ELECTROCUCIONES. ....	92
2.3. MEDIDAS PARA MINIMIZAR EL RIESGO DE COLISIÓN .....	93
2.4. MEDIDAS ADOPTADAS PARA REDUCIR EL IMPACTO PAISAJÍSTICO	93
ESTUDIO BASICO DE SEGURIDAD Y SALUD .....	94
1. OBJETO.....	95
2. DATOS DE LA OBRA .....	95
2.1. DESCRIPCION DE LOS TRABAJOS.....	95
2.2. ACTIVIDADES PRINCIPALES.....	95
3. IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS .....	96
3.1. INSTALACIONES .....	96
3.2. PROFESIONALES.....	97
3.2.1. CARÁCTER GENERAL .....	97
3.2.2. CARÁCTER ESPECIFICO.....	98
3.3. PRIMEROS AUXILIOS Y ASISTENCIA SANITARIA.....	103
3.4. RESPONSABLES DE SEGURIDAD EN OBRA .....	104
3.5. REUNIONES DE SEGURIDAD EN OBRA.....	104
3.6. BOTIQUIN.....	105

3.7.	FORMACION A LOS TRABAJADORES .....	105
3.8.	PARALIZACION DE LOS TRABAJOS .....	105
3.9.	LIBRO DE INCIDENCIAS .....	106
	PLANOS.....	107
	INDICE DE PLANOS.....	108
1-	PLANO DE SITUACION .....	108
2-	PLANO DE EMPLAZAMIENTO .....	108
3-	PLANOS DE PERFIL Y PLANTA LINEA AEREA.....	108
4-	DETALLE LINEA SUBTERRANEA.....	108
5-	PLANOS CRUZAMIENTOS.....	108
6-	APOYO LINEA DOBLE .....	108
7-	APOYO LINEA SIMPLE.....	108
8-	CONVERSION AEREO SUBTERRANEA.....	108
9-	CADENAS CABLE DE GUARDA.....	108
10-	CADENAS CONDUCTOR.....	108
11-	CIMENTACIONES .....	108
	PLIEGO DE CONDICIONES .....	109
1.	LINEA AEREA.....	110
1.1.	OBJETO Y CAMPO DE AMPLIACION.....	110
1.2.	REPLANTEO Y MEDICION .....	110
1.3.	EJECUCION DEL TRABAJO .....	110
1.3.1.	APERTURA DE POZOS .....	110
1.3.2.	TRANSPORTE Y ACOPIO A PIE DE POZO.....	111
1.3.3.	CIMENTACIONES .....	112
1.3.4.	ARMADO E IZADO DE APOYOS .....	114
1.3.5.	PROTECCION DE LAS SUPERFICIES METALICAS .....	115
1.3.6.	TENDIDO, EMPALME, TENSADOY RETENCIONADO.....	115
1.3.7.	REPOSICION DEL TERRENO .....	118
1.3.8.	NUMERACION Y SEÑALIZACION DE APOYOS.....	118
1.3.9.	PUESTA A TIERRA .....	118
1.4.	MATERIALES .....	119
1.4.1.	APOYOS.....	119
1.4.2.	HERRAJES.....	120
1.4.3.	AISLADORES .....	120
1.4.4.	CONDUCTOR Y CABLE DE GUARDA.....	120
1.5.	RECEPCION DE OBRA.....	120
1.5.1.	CALIDAD DE CIMENTACIONES .....	120

1.5.2.	TOLERANCIAS DE EJECUCION .....	120
2.	LINEA SUBTERRANEA .....	121
2.1.	OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN .....	121
2.2.	REPLANTEO Y MEDICION .....	122
2.3.	EJECUCION DEL TRABAJO .....	122
2.3.1.	TRAZADO.....	122
2.3.2.	APERTURA DE ZANJAS .....	123
2.3.3.	CANALIZACION.....	123
2.3.4.	TRANSPORTE DE BOBINAS DE CABLES .....	124
2.3.5.	TENDIDO DE CABLES .....	125
2.3.6.	PROTECCION MECANICA .....	126
2.3.7.	SEÑALIZACION.....	127
2.3.8.	IDENTIFICACION .....	127
2.3.9.	CIERRE DE ZANJAS.....	127
2.3.10.	REPOSICION DE PAVIMENTOS.....	128
2.3.11.	PUESTA A TIERRA.....	128
2.4.	MATERIALES .....	128
2.5.	RECEPCION DE OBRA.....	129
3.	CONDICIONES AMBIENTALES Y DE SEGURIDAD Y SALUD .....	129
3.1.	CONDICIONES GENERALES DE TRABAJO .....	129
3.2.	ATMÓSFERA.....	130
3.3.	RESIDUOS .....	130
3.4.	CONSERVACION AMBIENTAL .....	130
3.5.	FINALIZACION DE LA OBRA Y RESTAURACION AMBIENTAL.....	130
3.6.	CONDICIONES DE SEGURIDAD Y SALUD .....	131
	PRESUPUESTO.....	132
1.	MEDICIONES .....	133
1.1.	EQUIPAMIENTO ELECTRICO DEL TRAMO AEREO.....	133
1.1.1.	RESUMEN DE APOYOS .....	133
1.1.2.	CONDUCTORES Y CABLE DE GUARDA .....	133
1.1.3.	CADENAS DE AISLADORES Y HERRAJES .....	133
1.1.4.	PUESTAS A TIERRA.....	134
1.1.5.	ACCESORIOS .....	134
1.2.	EQUIPAMIENTO ELETRICO DEL TRAMO SUBTERRANEO.....	135
1.2.1.	CONDUCTORES.....	135
1.2.2.	TERMINALES, AUTOVÁLVULAS, EMPALMES Y ACCESORIOS...	135
1.2.3.	PUESTAS A TIERRA.....	135

1.3.	EJECUCION DEL MATERIAL DE OBRA .....	135
1.3.1.	TRAMO AEREO.....	135
1.3.2.	TRAMO SUBTERRANEO .....	136
2.	PRESUPUESTOS.....	136
2.1.	MAQUINARIA Y EQUIPAMIENTO ELECTRICO.....	136
2.1.1.	TRAMO AEREO.....	136
2.1.2.	TRAMO SUBTERRANEO .....	136
2.2.	EJECUCION DEL MATERIAL DE OBRA .....	137
3.	RESUMEN .....	137

# **MEMORIA**

## **1.- OBJETO DEL PROYECTO**

Debido a la nueva localización de la Subestación de Hueca Norte, se proyecta la modificación de la línea eléctrica de alta tensión de 132kV que pertenece al anillo de la ciudad de Huesca. Por ello se proyecta el tramo entre la nueva Subestación de Huesca Norte y la Subestación de Huesca Este localizada en el polígono Sepes. Este nuevo tramo sustituye al actual que une ambas subestaciones.

Con el presente proyecto se pretende establecer las características a las que habrá de ajustarse la instalación siempre de acuerdo con lo que señalan los reglamentos vigentes que se refieren a este tipo de instalaciones, con el fin de obtener la autorización pertinente para su instalación y puesta en servicio.

El peticionario del presente proyecto es la compañía suministradora, ya que con la construcción de la futura SEP Huesca Norte se debe modificar la línea existente.

## **2.- NORMAS Y REFERENCIAS**

Para la realización de este proyecto se utilizó:

- Reglamento de Líneas Eléctricas de Alta Tensión.
- DECRETO 34/2005, de 8 de febrero del Gobierno de Aragón, por el que se establecen las normas de carácter técnico para las instalaciones eléctricas aéreas.
- Proyecto tipo UNESA.
- Normas nacionales UNE.
- Recomendaciones UNESA.
- Disposiciones municipales que afecten a este tipo de instalaciones.
- Normas Técnicas particulares de ENDESA

A parte de estos documentos, se utilizaron otros a modo de referencia, como:

- Cálculo y diseño de líneas eléctricas de Alta Tensión, Aplicación al reglamento de Líneas de Alta Tensión, Autores: Pascual Simón Comín, Fernando Garnacho Vecino, Jorge Moreno Mohino y Alberto González Sanz, Editorial: Garceta. (2011)
- Página web del ayuntamiento de Huesca: [www.huesca.es](http://www.huesca.es)
- Página web del Gobierno de Aragón: [www.aragon.es](http://www.aragon.es)

Previamente a la realización del proyecto y como condicionante para la elección de la traza, se realizó un estudio topográfico y ambiental de la zona en cuestión. Se utilizaron los siguientes recursos y herramientas:

- Cartografía e información de propiedades del catastro.
- Catálogos de fabricantes de los siguientes elementos: conductores, apoyos, herrajes y aisladores.
- Herramientas informáticas:
  - *Google Earth*, para el estudio topográfico inicial.
  - *AutoCAD*, para la realización de planos
  - *Microsoft Excel*, para los cálculos de variables de la línea y para la presentación de resultados.
  - *Microsoft Word*, como procesador de texto

### **3.- EMPLAZAMIENTO DE LA INSTALACION**

La Línea Aérea discurrirá por el Término Municipal de Huesca (ver plano de emplazamiento).

## **4.- DESCRIPCION DE LA INSTALACION**

### **4.1.- TRAZADO DE LA LINEA**

El origen de la Línea Aérea 132kV en proyecto, será el Pórtico de la futura S:E:T: "Huesca Norte", desde donde y a través de 6 alineaciones, 28 apoyos, una conversión aéreo subterránea y un tramo de línea subterránea de 857 m se llegará a la S.E.T. "Huesca Este". Las alineaciones 1, 2 y 3 tienen doble circuito, ya que corresponden a la entrada y salida a la futura S.E.T. "Huesca Norte".

CANTON	APOYO INICIAL	APOYO FINAL	LONGITUD (m)
1	1	6	1076.2
2	6	11	882.2
3	11	13	345.4
4	13	17	322.1
5	17	21	1001.2
6	21	28	1577.2

Tras este tramo aéreo se realiza una conversión aéreo subterránea dando paso al tramo subterráneo de 857 m de longitud el cual tendrá doble circuito.

Los apoyos 13 y 28 se han colocado a menos de 40 m de un apoyo de amarre en ángulo de la línea existente para poder considerarlos como apoyos de fin de línea y realizar una conexión sin tensión mecánica. Esta tensión no ha sido tomada en cuenta a la hora de calcular estos apoyos ya que así se considera la situación más desfavorable en cuanto a tensiones horizontales se refiere, y a que la tensión vertical generada se puede considerar despreciable.

### **4.2.- AFECCIONES POR EL PASO DE LA LÍNEA**

Nº FINCA	POLIGONO	PARCELA	NOMBRE
1	1	96	Manuela Lasierra Garriga
2	1	58	Jorge Bordonaba Navascues
3	1	24	German Vicente Arenas
4	1	95	Manuel Ara Larrosa
5	1	94	Manuel Ara Larrosa
6	1	135	Martin Puzo Bayod
7	1	25	Alberto Viñao
8	1	21	Inmaculada Lafuente Ferrer
9	1	85	Mariano Ordas Aragues
10	1	86	Elena Lera Gallego
11	1	47	Jorge Liborio Ascaso
12	1	48	Manuel Soler Elpuente

Modificación del Anillo de A.T. de 132kV de la Ciudad de Huesca  
Guillermo Lorés Martínez

Así mismo se verán afectados los siguientes organismos o entidades, por cruzamientos con la actual línea en proyecto, para los cuales se confeccionan las correspondientes separatas.

APOYO	AFECCION/ORGANISMO
7 - 8	Cruzamiento con Autovía A-23 de Ministerio de Fomento
7 - 8	Cruzamiento con Carretera N-330 de Ministerio de Fomento
17 - 18	Cruzamiento con Línea Aérea 17kV de Endesa Distribución S.L.U.
17 - 18	Cruzamiento con HU-324 de Diputación Provincial de Huesca
25-26	Cruzamiento con Barranco de Alfafiga de Confederación Hidrográfica del Ebro
6 - 7	Cruzamiento con Río Isuela
4 - 5	Cruzamiento con Camino de Chimillas de Ayuntamiento de Huesca
17 - 18	Cruzamiento con Barranco del Diablo de Confederación Hidrográfica del Ebro

## **5.- CARACTERISTICAS DE LA INSTALACION**

### **5.1.- CARACTERISTICAS GENERALES**

LINEA 132kV S.E.T. HUESCA NORTE – SET HUESCA ESTE

#### General

- Origen: Pórtico S.E.T “Huesca Norte”
- Final: S.E.T “Huesca Este”
- Longitud de la Línea: 6060 m
- Tensión nominal: 132kV

#### Tramo Aereo

- Nº Derivaciones: 2
- Nº Alineaciones: 6
- Zona de Cálculo: Zona B (entre 500 m y 1000 m)
- Longitud de la Línea: 5204 m
- Categoría de la Línea según Reglamento de Alta Tensión: 1ª Categoría
- Nº de Circuitos: 2 (entre S.E.T Huesca Norte y apoyo Nº 13)  
1 (entre apoyo Nº 13 y apoyo Nº 28)
- Nº de conductores por circuito: 3
- Tipo de conductor: Aluminio-Acero LA-380
- Disposición de los conductores: Hexágono  
Triángulo
- Tipo de cable de tierra: OPGW 92-AL3/35–A20SA/ST–24 fo
- Número de apoyos: 26
- Tipo de Apoyos: Arce
- Clase de aislamiento: Cadena (Caperuza y vástago)
- Tipo de aislador: U 120 BS (CEI-305)
- Nº de elementos por cadena: 10
- Herrajes: acero galvanizado

#### Tramo subterráneo

- Longitud de la Línea: 857 m
- Nº de circuitos: 2
- Nº de conductores por circuito: 3
- Conductor Subterráneo: SOLIDAL 87/150kV AI1600
- Tipo de aislamiento: XLPE
- Conexión de pantallas: Both-Ends
- Canalización: Entubada hormigonada

En la subestacione S.E.T. Huesca Norte y en el apoyo nº28 se instalarán autoválvulas y terminales para la conversión aéreo-subterránea de la línea 132kV. Se realizara tendido del cable tipo SOLIDAL 87/150kV AI1600 desde la conversión aéreo subterránea hasta la subestación de S.E.T. Huesca Este.

Debido a que la instalación se encuentra en el límite entre la Zona A (menos de 500m) y la Zona B (entre 500 m y 1000 m) se ha decidido realizar el estudio tomando la opción más restrictiva, Zona B.

## **5.2.- APOYOS**

Los apoyos a utilizar en la construcción de la Línea Aérea serán del tipo Metálicos de Celosía, de la serie ARCE de la compañía MADE. El estudio para su cálculo se encuentra en el Anexo de Cálculos del presente proyecto.

Estos apoyos son de perfiles angulares atornillados, de cuerpo formado por tramos troncopiramidales cuadrados, con celosía doble alternada en los montantes y las cabezas prismáticas también de celosía, pero con las cuatro caras iguales.

Los apoyos dispondrán de una cúpula para instalar el cable de guarda por encima de los circuitos de energía.

## **5.3.- CONDUCTORES Y CABLE DE TIERRA**

Los conductores de fase a utilizar en la construcción de la línea serán del tipo Aluminio-Acero, de las siguientes características:

### **LA-380 (GULL)**

- Denominación: LA-380 (GULL)
- Composición (nº alambres Al/Ac): (54+7) de 2.82mm
- Sección total: 381 mm<sup>2</sup>
- Diámetro total: 25.38 mm
- Peso del cable: 1.275 kg/m
- Módulo de elasticidad: 7000 kg/mm<sup>2</sup>
- Coeficiente de dilatación lineal: 19.3 x 10<sup>-6</sup> °C<sup>-1</sup>
- Carga de rotura: 10.870 kg
- Resistencia eléctrica a 20°C: 0.0857Ω/km
- Intensidad admisible: 713 A

El cable de tierra a utilizar en la construcción de la línea será del tipo OPGW 92-AL3/35-A20SA/ST-24 fo, según lo especificado en la Norma GE NNJ 001 "Norma de cables compuestos tierra ópticos (OPGW) para líneas eléctricas de Alta Tensión" de las siguientes características:

### **Cable de Tierra OPGW 92-AL3/35-A20SA/ST-24 fo:**

- Denominación: OPGW 92-AL3/35-A20SA/ST-24 fo
- Sección total: 120 mm<sup>2</sup>
- Diámetro total: 15 mm
- Peso del cable: 0.476 kg/m
- Módulo de elasticidad: 80100 N/mm<sup>2</sup>
- Coeficiente de dilatación lineal: 18.2 x 10<sup>-6</sup> °C<sup>-1</sup>
- Carga de rotura: 61 kN
- Resistencia eléctrica (20°C): 0.323 Ω/km

Para el tramo subterráneo se empleara el conductor SOLIDAL 87/150kV AI1600 el cual tiene las siguientes características:

#### **SOLIDAL 87/150kV AI1600**

- Material: Aluminio
- Aislamiento: XLPE
- Pantalla: Cobre
- Cubierta exterior: HDPE
- Sección nominal: 1600 mm<sup>2</sup>
- Diámetro: 51 mm
- Espesor: Aislamiento: 18 mm  
Cubierta exterior: 4 mm
- Peso unitario: 11,02 (kg/km)
- Capacidad: 0,27 (µF/km)
- Inductancia: 0,32 (mH/km)

El tubo que protege cada fase del circuito subterráneo será de plástico, con doble pared, la interior lisa y la exterior corrugada, un diámetro de 200mm y un espesor de 7mm. Con ello se cumplirá las indicaciones del RLAT que indica que el tubo ha de tener una sección 1,5 veces superior al diámetro de la terna de cables.

### **5.4.- CADENAS DE AISLADORES**

Tras el estudio realizado en el Anexo de Cálculo de Aisladores, las cadenas de aislamiento estarán formadas por:

**Cadenas de Aislamiento:** 10 Aisladores del tipo U 120 BS (CEI-305) en vidrio templado, de las siguientes características:

- Tipo U 120 BS
- Paso 146mm
- Línea de fuga por unidad 315 mm
- Carga de rotura mínima 107.18 kN
- Tensión a frecuencia Industrial de 1 min en seco 70kV
- Tensión a frecuencia Industrial de 1 min bajo lluvia 40 kV
- Tensión al impulso de choque en seco 100 kV

El nivel de aislamiento para la cadena de 10 elementos será:

$$10 \times \frac{315}{145} = 21.72 \text{ mm/kV}$$

Valor aceptable para la zona por la que atraviesa la línea, ya que para la zona se recomienda un nivel de aislamiento entre 16 y 20 mm/kV llegando a sobrepasar ese valor. Las cadenas de aislamiento de amarre también estarán compuestas por 10 aisladores y habrá dos por torre.

**Herrajes** de acero forjado y convenientemente galvanizados en caliente para su exposición a la intemperie, de acuerdo a la Norma UNE 21158. Para los apoyos de amarre tendrán dos herrajes por torre.

**Grapas de amarre**, del tipo compresión, compuestas por un manguito que se comprime contra el cable, y están de acuerdo con la Norma UNE 21159.

**Grapas de suspensión** del tipo armada, compuestas por un manguito de neopreno en contacto con el cable y varillas preformadas que suavizan el ángulo de salida del cable.

## **5.5.- ACCESORIOS**

**Antivibradores:** En los cables de fase se instalarán uno por conductor y vano. Para el cable de tierra se instalarán dos por conductor y vano.

**Salvapájaros:** Como medida preventiva anticolidión, en los casos que sea necesario, se instalarán tiras de "X" de neopreno (35 cm x 5 cm) sujetas por mordaza de elastómero con cinta luminiscente. Se instalarán cada 10 metros.

**Autoválvulas:** Serán del tipo PEXLIM R-Y YV145. Se situarán en los extremos del tramo aéreo para proteger la instalación de descargas atmosféricas tipo rayo. Se colocarán en cada fase del apoyo de paso de aéreo a subterráneo. Contarán con una tensión nominal de 132 kV (max de 145kV), la distancia de fuga será de 4540 mm.

## **5.6.- CIMENTACIONES**

Las cimentaciones de los apoyos serán de hormigón en masa, del tipo pata de elefante con las dimensiones facilitadas por el fabricante MESA. Su cálculo y estudio se pueden encontrar en el Anexo Cálculo de Cimentaciones del presente proyecto. Dado que los apoyos son de cuatro patas, las cimentaciones serán cuatro macizos independientes para cada apoyo.

Cada bloque de cimentación sobresaldrá del terreno, formando zócalos, con el objeto de proteger los extremos inferiores de los montantes y sus uniones, esos zócalos terminarán en punta de diamante para facilitar así mismo la evacuación del agua de lluvia.

## **5.7.- CONEXIÓN DE LAS PANTALLAS**

Se ha seleccionado el sistema de conexión both-ends. Este sistema de conexión es recomendado para tramos subterráneos de longitud semejante a los del presente proyecto. Se basa en la puesta a tierra de las pantallas de los conductores en ambos extremos de la línea.

Con este método no aparecen tensiones inducidas en las pantallas, pero si corrientes inducidas, que incrementan ligeramente las pérdidas por efecto Joule. Este efecto provoca un incremento de temperatura, lo cual conlleva la disminución de la capacidad de transporte. Como la longitud del tramo subterráneo II no es muy elevada, este sistema es aceptable ya que la pérdida de capacidad de transporte no es demasiado importante y es un sistema sencillo y de coste reducido.

La conexión de las pantallas se hará con cable de cobre de sección 185 mm<sup>2</sup>, con aislamiento 0,6/1kV.

## **5.8.- EMPALMES Y TERMINALES**

Los empalmes y terminales deben garantizar la continuidad de las prestaciones eléctricas, mecánicas y térmicas de los conductores, así como su aislamiento. El objetivo es que el número de empalmes sea el mínimo por lo que se intentara tender tramos lo más largos posibles.

Los empalmes y terminales deben cumplir:

- Conductividad igual o superior a la de un conductor (del utilizado en el presente proyecto) de la misma longitud.
- El aislamiento debe ser igual de efectivo que el del propio cable.
- Deben estar protegidos mecánicamente para evitar el desgaste y la humedad.

## **5.9.- PUESTA A TIERRA**

Las puestas a tierra de los apoyos se realizaran teniendo presente lo que al respecto se especifica en los art. 12.6 y 26 del R.L.A.T. Los cálculos explicativos pueden verse en el Anexo Calculo Puesta a Tierra del presente proyecto.

Debido a que los apoyos se encuentran en zonas no frecuentadas se realizaran utilizando un electrodo de difusión. Se dispondrán 4 picas, una por pata, de acero cobreado de 2 m de longitud y 14 mm de diámetro, unidas mediante grapas de fijación y cable de cobre desnudo al montante del apoyo, con el objeto de conseguir una resistencia de paso inferior a 20 ohmios.

En el tramo subterráneo, se conectaran a tierra los bastidores y envolventes de los elementos de protección, las pantallas metálicas de los cables, empalmes y terminales y el apoyo del paso aéreo subterráneo.

## **5.10.- SEÑALIZACION**

Todos los apoyos irán provistos de una placa de señalización en la que se indicara el número de apoyo (correlativos), tensión de la Línea (132 kV), símbolo de peligro eléctrico y un logotipo de la empresa propietaria.

## **6.- RESUMEN DE PRESUPUESTO**

RESUMEN DE PRESUPUESTO	
Equipamiento eléctrico tramo aéreo	1022830.55
Equipamiento eléctrico tramo subterráneo	213559.5
Ejecución de material de obra	62560.83
TOTAL	3208950.88

PRESUPUESTO DE EJECUCION DE MATERIAL	3208950.88
Gastos Generales 13%	417163.61
Beneficio Industrial 6%	192537.05
Suma	3818651.54
IVA 21%	801916.82
TOTAL	4620568.36

El presupuesto del presente proyecto asciende a la cantidad de CUATRO MILLONES SEISCIENTOS VEINTE MIL QUINIENTOS SESENTA Y OCHO CON TREINTE Y SEIS EUROS. **(4620568.36€)**

## **7.- CONCLUSIONES**

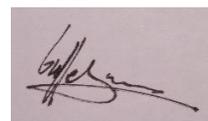
En los apartados anteriores de esta Memoria, se ha expuesto la finalidad y justificación de la Línea Aérea 132 kV "S.E.T Huesca Norte – S.E.T. Huesca Este". De este modo se ha cumplido con el objeto del proyecto fijado. A continuación se exponen los cálculos y fundamentos técnicos que han servido de base para la confección de este proyecto, los cuales cumplen la normativa vigente del Reglamento de Líneas Aéreas de Alta Tensión.

Acompañan a esta Memoria, Anexos y planos de situación, emplazamiento, planta-perfil, cruzamientos, cadenas de aislamiento, amortiguadores, apoyos tipo y puesta a tierra. Se incluyen también presupuestos parciales y presupuesto general.

Considerando suficientes los datos que se aportan, la Sociedad peticionaria espera que este proyecto sirva para la aprobación de ejecución del mismo y obtención de la declaración en concreto de utilidad pública.

Autor: Guillermo Manuel Lorés Martínez

Firma:



# **ANEXOS**

# **1.- CALCULOS ELECTRICOS**

## **1.1.- TRAMO AÉREO**

### **1.1.1.- CARACTERÍSTICAS GENERALES**

Frecuencia (Hz)	50
Tensión nominal (kV)	132
Nº de circuitos	Tramo 1: 2 circuitos Tramo 2: 1 circuito
Conductores por fase	3
Conductor aéreo	LA-380
Conductor de cable de guarda	OPGW 92-AL3/35-A20SA/ST-24 fo
Longitud (m)	5013
Zona	B
Nivel de contaminación	II

### **1.1.2.- CARACTERÍSTICAS DEL CONDUCTOR**

#### **Características del conductor LA-380 (GULL)**

Denominación	LA-380
Composición	(54+7) de 2,82mm
Sección total (mm <sup>2</sup> )	381
Diámetro total (mm)	25,38
Intensidad máxima (A)	713
Resistencia eléctrica a 20 °C (Ω/km)	0,0857
Reactancia eléctrica (Ω/km)	0,397
$\alpha_{20^\circ}$ (1/K)	0,00403
Carga de rotura (kN)	107,18
Peso unitario (kg/km)	1274,6
Coeficiente de dilatación lineal	$1,94 \cdot 10^{-5}$

### **1.1.3.- DENSIDAD DE CONRRIENTE**

La densidad máxima de corriente soportada por un conductor en corriente alterna y a 50Hz dependerá del material, la sección y la composición del mismo. Para su cálculo, se utiliza la tabla 11 de la ITC-LAT 07, que indica, para un valor normalizado de

sección nominal del conductor y para ciertos materiales, la densidad que le corresponde al conductor.

Como se indicó en el apartado 1.1.2, el conductor del proyecto que nos ocupa tiene una sección total de 381mm<sup>2</sup>, compuesto de 54 hilos de aluminio y 7 de cobre. En la tabla del reglamento no aparece directamente ni la sección ni la composición concreta del conductor, por lo que habrá que interpolar y corregir posteriormente el resultado aplicando un factor.

Para la interpolación se utilizara la siguiente expresión que aparece a continuación y los datos correspondientes de la columna de aluminio de la tabla 11 de la ITC-LAT 07:

$$\sigma_{COND} = \frac{\sigma_{inferior} - \sigma_{superior}}{S_{superior} - S_{inferior}} \times (S - S_{inferior}) + \sigma_{superior}$$

Donde,

$\sigma_{COND}$ : Densidad máxima de corriente admisible por el conductor (A/mm<sup>2</sup>).

$\sigma_{inferior}$ : Densidad máxima de corriente admisible por el conductor de sección estandarizada inmediatamente inferior al de estudio (A/mm<sup>2</sup>).

$\sigma_{superior}$ : Densidad máxima de corriente admisible por el conductor de sección estandarizada inmediatamente superior al de estudio (A/mm<sup>2</sup>).

$S_{superior}$ : Sección del conductor estándar inmediatamente superior al de estudio (mm<sup>2</sup>).

$S_{inferior}$ : Sección del conductor estándar inmediatamente inferior al de estudio (mm<sup>2</sup>).

$S$ : Sección del conductor (mm<sup>2</sup>).

Al sustituir con los valores de la tabla se obtiene:

$$\sigma_{COND} = 2.112 \frac{A}{mm^2}$$

Pero este valor sería correcto si la sección del LA-380 fuera de aluminio completamente. Como no es así, se debe aplicar un factor de 0.95 para la composición 54/7, quedando una densidad máxima de corriente de:

$$\sigma_{LA-380} = 2.006 \frac{A}{mm^2}$$

Este valor permite calcular las prestaciones eléctricas máximas que puede soportar el conductor elegido.

### 1.1.4.- INTENSIDAD MAXIMA ADMISIBLE

Utilizando el resultado del apartado anterior, se calcula la máxima intensidad admisible por el conductor elegido.

$$I_{max} = \sigma_{COND} \times S_{COND}$$

Quedando,

$$I_{max} = \sigma_{LA-380} \times S_{LA-380} = 764.438 \text{ A}$$

### 1.1.5.- PARÁMETROS ELÉCTRICOS

En el presente apartado se realizara un estudio de los parámetros eléctricos que modelan toda línea eléctrica. Por un lado se distinguen los parámetros longitudinales (resistencia,  $R_k$  y reactancia,  $X_k$ ) y por otro los transversales (conductancia,  $G_k$  y susceptancia,  $B_k$ ), que a su vez se definen matemáticamente por medio de otros dos conceptos:

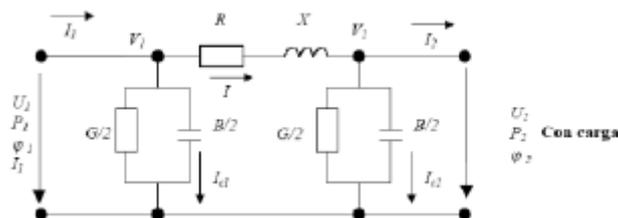
- Impedancia,  $Z_k$

$$Z_k = R_k + j \cdot X_k \left( \frac{\Omega}{km} \right) \quad (3)$$

- Admitancia,  $Y_k$

$$Y_k = G_k + j \cdot B_k \left( \frac{\Omega}{km} \right) \quad (4)$$

Conocer el valor de estos parámetros permite caracterizar la línea eléctrica por medio de un esquema equivalente, a saber: en T o en  $\pi$ . A continuación se muestra el esquema en  $\pi$ , sobre el que se basan todos los cálculos realizados posteriormente:



Esquema equivalente en  $\pi$

### 1.1.5.1.- Resistencia

La resistencia simboliza la oposición al paso de corriente por parte del medio físico en el que se produce. En el caso de una línea eléctrica, debido a que los conductores no son ideales, aparece una resistencia unitaria, por unidad de longitud, que además depende de la temperatura a la que el conductor se encuentre en ese momento. Por ello, los catálogos de fabricantes facilitan solo la resistencia del conductor en corriente continua a 20°C, teniendo que aplicar una serie de fórmulas para determinar la resistencia en corriente alterna a la temperatura de servicio.

El cálculo de este parámetro partiendo del catálogo, para una temperatura  $\theta$  dada, se hace de la siguiente manera:

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

Donde,

$R'_{\theta k}$ : Resistencia del conductor en corriente continua a  $\theta^\circ\text{C}$  ( $\Omega/\text{km}$ )  
 $R'_{20k}$ : Resistencia del conductor en corriente continua a  $20^\circ\text{C}$  ( $\Omega/\text{km}$ )  
 $\alpha_{20}$ : Coeficiente de variación de la resistividad a  $20^\circ\text{C}$  (1/K)

El coeficiente de variación de la resistividad también se facilita en los catálogos y para el conductor LA-380 vale  $4,03 \times 10^{-3}$  1/K.

Conocida la resistencia en corriente continua a  $\theta^\circ\text{C}$  se procede a calcular la resistencia en corriente alterna.

$$R_{\theta k} = R'_{\theta k} \times (1 + y_s)]$$

Donde,

$R_{\theta k}$ : Resistencia del conductor en corriente alterna a  $\theta^\circ\text{C}$  ( $\Omega/\text{km}$ )  
 $R'_{\theta k}$ : Resistencia del conductor en corriente continua a  $\theta^\circ\text{C}$  ( $\Omega/\text{km}$ )  
 $y_s$ : Factor de efecto pelicular

Con la corriente alterna aparece el llamado efecto pelicular, que incrementa la resistencia del conductor al reducirse la sección efectiva por la que pasa la corriente, esto es debido a que la corriente no se distribuye de forma uniforme en la sección del conductor, siendo mayor en la periferia. La ecuación muestra el impacto de este efecto.

El cálculo del factor de efecto pelicular se realiza según indica la ecuación siguiente:

$$y_s = \frac{x_s^4}{192 + (0.8x_s^4)}$$

Donde el parámetro  $x_s$  se calcula como:

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

Donde,

$f$ : Frecuencia del sistema (Hz)  
 $R'_{\theta}$ : Resistencia del conductor en corriente continua a  $\theta^\circ\text{C}$  ( $\Omega/\text{km}$ )

Realizando el proceso descrito, se obtiene para cada posible temperatura del conductor un valor de la resistencia. Los resultados se presentan a continuación:

T(°C)	R'ek(Ω/km)	Xs <sup>2</sup>	Ys	Rek(Ω/km)	Re(Ω)
-15	0,0736	0,0017	1,5178E-08	0,0736	0,3831
-10	0,0753	0,0017	1,4490E-08	0,0753	0,3921
-5	0,0771	0,0016	1,3848E-08	0,0771	0,4011
0	0,0788	0,0016	1,3248E-08	0,0788	0,4101
5	0,0805	0,0016	1,2686E-08	0,0805	0,4190
10	0,0822	0,0015	1,2159E-08	0,0822	0,4280
15	0,0840	0,0015	1,1664E-08	0,0840	0,4370
20	0,0857	0,0015	1,1198E-08	0,0857	0,4460
25	0,0874	0,0014	1,0760E-08	0,0874	0,4550
30	0,0892	0,0014	1,0348E-08	0,0892	0,4640
35	0,0909	0,0014	9,9581E-09	0,0909	0,4730
40	0,0926	0,0014	9,5902E-09	0,0926	0,4820
45	0,0943	0,0013	9,2423E-09	0,0943	0,4909
50	0,0961	0,0013	8,9130E-09	0,0961	0,4999
55	0,0978	0,0013	8,6010E-09	0,0978	0,5089
60	0,0995	0,0013	8,3051E-09	0,0995	0,5179
65	0,1012	0,0012	8,0242E-09	0,1012	0,5269
70	0,1030	0,0012	7,7573E-09	0,1030	0,5359
75	0,1047	0,0012	7,5035E-09	0,1047	0,5449
80	0,1064	0,0012	7,2620E-09	0,1064	0,5539
85	0,1081	0,0012	7,0319E-09	0,1081	0,5628

Para los tramos de simple circuito no es necesario corregir estos valores, y para los tramos de doble circuito será la mitad del valor obtenido. Si se quiere conocer la resistencia absoluta se deben multiplicar los resultados anteriores por la longitud de cable del tramo aéreo.

#### 1.1.5.2.- Reactancia

En líneas en corriente alterna aparece una componente adicional de la impedancia del conductor al paso de corriente, la reactancia. Este parámetro viene dado por la expresión siguiente:

$$X_k = 2\pi f L_k$$

Donde,

$X_k$ : Reactancia del conductor (Ω/km)

$f$ : Frecuencia del sistema (Hz)

$L_k$ : Coeficiente de inducción (H/km)

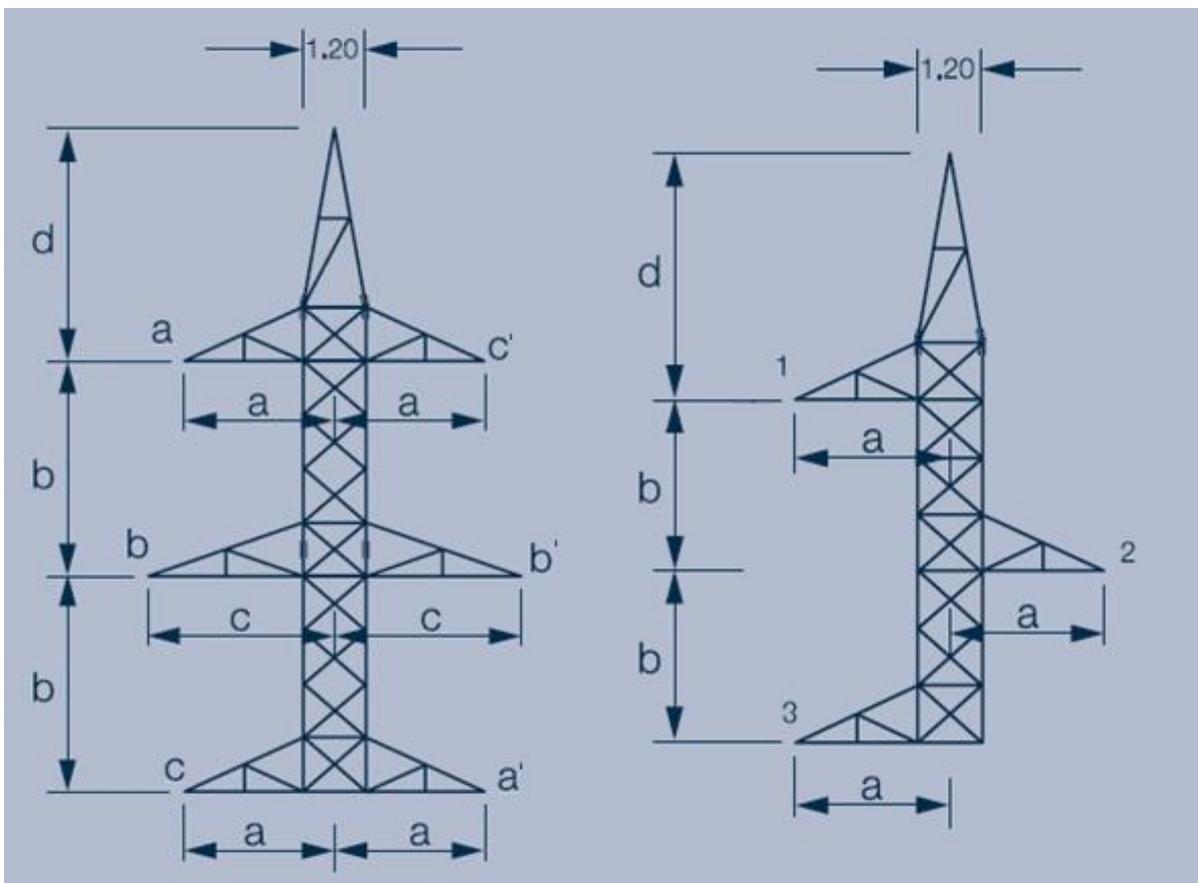
La inducción que presenta una línea eléctrica depende de la configuración geométrica de la misma, ya que los conductores se inducen corrientes, lo cual provoca fuerzas electromotrices proporcionales a la velocidad de variación de la corriente. Este coeficiente se obtiene de la siguiente expresión:

$$L_k = \left( \frac{1}{2\pi} + 4.605 \ln \frac{DMG}{r} \right) \times 10^{-4}$$

Donde,

- DMG: Distancia Media Geométrica entre conductores (mm)
- r: Radio del conductor (mm)

Para el cálculo de la distancia media geométrica se necesitan los siguientes valores de la cabeza de cada apoyo, referentes a las figuras siguientes:



CRUCETAS	ARCE	a	b	c	d
Tramo 1	H23	3,1	2	3,1	4,3
Tramo 2	F43	3,1	2	-	4,3

De estos parámetros se obtiene:

Para el H23:

Se calcula la distancia entre cada dos fases usando la fórmula:

$$D_{ab} = \sqrt[4]{d_{ab}d_{ab'}d_{a'b}d_{a'b'}}$$
$$D_{bc} = \sqrt[4]{d_{bc}d_{bc'}d_{b'c}d_{b'c'}}$$
$$D_{ac} = \sqrt[4]{d_{ac}d_{ac'}d_{a'c}d_{a'c'}}$$

Donde:

$$d_{ab} = 2, d_{ab'} = 6.5145, d_{a'b} = 6.5145, d_{a'b'} = 2$$
$$d_{bc} = 2, d_{bc'} = 6.5145, d_{b'c} = 6.5145, d_{b'c'} = 2$$
$$d_{ac} = 4, d_{ac'} = 6.1, d_{a'c} = 6.1, d_{a'c'} = 4$$

Usando estos valores en la fórmula anteriores:

$$D_{ab} = 3.6, D_{bc} = 3.6, D_{ca} = 4.93$$

Para el F43:

$$D_{12} = 6.51, D_{13} = 4, D_{23} = 6.51$$

Con estas cabezas de apoyo, la distancia media geométrica entre conductores queda:

En el tramo 1:

$$DMG = \sqrt[3]{D_{ab}D_{bc}D_{ac}} = 4000 \text{ mm}$$

En el tramo 2:

$$DMG = \sqrt[3]{D_{12}D_{13}D_{23}} = 5537.05 \text{ mm}$$

De esta manera, volviendo a la expresión del coeficiente de inducción:

Tramo 1:

$$L_k = 0.002665 \text{ H/km}$$

Tramo 2:

$$L_k = 0.002815 \text{ H/km}$$

Y sustituyendo en la expresión de  $X_k$ :

Para el tramo 1:

$$X_k = 0.8373 \Omega/\text{km}$$

Para el tramo 2

$$X_k = 0.8843 \Omega/\text{km}$$

Quedando una reactancia total para la línea de:  
En el tramo 1:

$$X = 1.928\Omega$$

En el tramo 2:

$$X = 2.564\Omega$$

### 1.1.5.3- Conductancia

De la misma manera que los conductores no son ideales, los aisladores tampoco lo son, por ello existe una corriente de fuga consecuencia de la diferencia de potencial entre conductores y apoyo por los su aisladores. A pesar de que su impacto es prácticamente nulo, se ha realizado el estudio.

La expresión que modela la conductancia de una línea es de la forma:

$$G_k = \frac{p}{U^2} \times 10^{-3}$$

Donde,

- $G_k$ : Conductancia por kilometro (S/km)
- $p$ : Perdida de potencia por fase por conductancia (kW/km)
- $U$ : Tension de la línea (kV)

La pérdida de potencia por fase debido a la conductancia de los aisladores depende de las condiciones ambientales. Se suelen dar valores de entre 1 y 3 W si el tiempo es seco, y entre 5 y 20 W si el tiempo es húmedo. Para el cálculo se tendrán en cuenta ambas situaciones, como aparece en la tabla siguiente:

	p(kW/km)	G <sub>k</sub> (S/km)	G (S)
Tiempo seco	2	1,04E-07	4,16E-07
Tiempo húmedo	12	6,24E-07	2,49E-06

La tensión de la línea que se utiliza en la ecuación de  $G_k$  no es la nominal, ya que se debe considerar que existen caídas de tensión a lo largo de la línea. Por ello se ha tomado un valor 5% mayor: 138.6 kV.

### 1.1.5.4.- Susceptancia

La susceptancia en una línea se produce como consecuencia de la diferencia de potencial entre los conductores esto hace que los conductores tomen carga eléctrica. Se trata de un parámetro importante de estimar, ya que es el responsable de la generación y consumo de potencia reactiva por parte de las líneas eléctricas. Se define matemáticamente como:

$$B_k = 2\pi f C_k$$

Donde,

$B_k$ : Susceptancia por kilometro ( $\Omega/\text{km}$ )  
 $f$ : Frecuencia del sistema (Hz)  
 $C_k$ : Capacidad por kilometro (F/km)

La capacidad de la línea es un parámetro que depende de la geometría de la cabeza de los apoyos, ya que influye la posición relativa entre los conductores. Se expresa de la forma:

$$C_k = \frac{24.2}{\ln \frac{DMG}{r}} \times 10^{-9}$$

Donde,

$DMG$ : Distancia Media Geométrica entre los conductores (mm)  
 $r$ : Radio del conductor (mm)

Dado que la distancia media geométrica es la misma que la utilizada para calcular la reactancia se ha obtenido una capacidad de:

Para el tramo 1:

$$C_k = 4.206 \times 10^{-9} \text{ F/km}$$

Para el tramo 2:

$$C_k = 3.9813 \times 10^{-9} \text{ F/km}$$

Sustituyendo este valor en la expresión de  $B_k$  queda:

Para el tramo 1:

$$B_k = 1321.45 \times 10^{-6} \Omega/\text{km}$$

Para el tramo 2:

$$B_k = 1250.76 \times 10^{-6} \Omega/\text{km}$$

Teniendo en cuenta la longitud de este tramo, queda una susceptancia total de:

Para el tramo 1:

$$B = 304.43 \times 10^{-5} \Omega$$

Para el tramo 2:

$$B = 362.78 \times 10^{-5} \Omega$$

#### 1.1.5.5.- Conclusión

Como se observa en los resultados obtenidos, el impacto de los parámetros transversales (conductancia y susceptancia) es muy reducido. Ello se debe a que la

línea en cuestión no es de elevada longitud, y es suficiente aproximación utilizar un modelo equivalente en serie para la línea (que solo contempla resistencia y reactancia).

Sin embargo se utilizara el esquema en  $\pi$  para el resto de cálculos eléctricos con el objetivo de obtener resultados más precisos.

### 1.1.6.- POTENCIA MAXIMA DE TRANSPORTE

La potencia máxima que puede transportar se rige por la expresión siguiente:

$$P_{MAX} = n\sqrt{3}UI_{MAX} \cdot \cos \varphi$$

Donde,

- $n$  : Número de subconductores en el haz ( $n=1$  para el caso que nos ocupa)
- $U$ : Tensión nominal de la línea (kV)
- $I_{MAX}$ : Intensidad máxima admisible por el conductor (A)
- $\varphi$ : Ángulo de fase ( $^{\circ}$ )

La intensidad máxima se calculó en el apartado 1.1.4. Todos los parámetros de los que depende esta ecuación son conocidos salvo el ángulo de fase, que será variable en función de las cargas (inductivas o capacitivas que se conecten). En la tabla siguiente se muestra la potencia máxima de transporte en función del ángulo de carga:

$\varphi$ ( $^{\circ}$ )	$\cos \varphi$	$P_{\max \text{ trans}}(\text{MW})$
0	1,0000	164,513
1	0,9998	164,488
2	0,9994	164,413
3	0,9986	164,287
4	0,9976	164,112
5	0,9962	163,887
6	0,9945	163,612
7	0,9925	163,286
8	0,9903	162,912
9	0,9877	162,487
10	0,9848	162,013
11	0,9816	161,490
12	0,9781	160,918
13	0,9744	160,296
14	0,9703	159,626
15	0,9659	158,907
16	0,9613	158,140
17	0,9563	157,324
18	0,9511	156,461
19	0,9455	155,550
20	0,9397	154,591
21	0,9336	153,586

22	0,9272	152,534
23	0,9205	151,435
24	0,9135	150,290
25	0,9063	149,099
26	0,8988	147,863
27	0,8910	146,582
28	0,8829	145,256
29	0,8746	143,886
30	0,8660	142,472

### 1.1.7- CAIDA DE TENSION

Se va a calcular la caída de tensión de la línea a partir de la potencia máxima de transporte calculada en el apartado anterior, según la siguiente expresión:

$$\Delta U_{\%} = \frac{PL}{10U^2}(R_k + X_k \tan \varphi)$$

Donde,

- P*: Potencia a transportar (kW)
- L*: Longitud de la línea (km)
- U*: Tension nominal de la línea (kV)
- R<sub>k</sub>*: Resistencia de la línea por kilómetro (/km)
- X<sub>k</sub>*: Reactancia de la línea por kilómetro (/km)
- φ*: Angulo de fase (°)

Como también se trata de una magnitud dependiente del ángulo de fase, los resultados se presentan en la siguiente tabla y gráfica.

<i>φ</i> (°)	cos <i>φ</i>	P <sub>max trans</sub> (MW)	Caida de U (%)
0	1,0000	164,513	0,3237
1	0,9998	164,488	0,3498
2	0,9994	164,413	0,3758
3	0,9986	164,287	0,4017
4	0,9976	164,112	0,4275
5	0,9962	163,887	0,4531
6	0,9945	163,612	0,4786
7	0,9925	163,286	0,5040
8	0,9903	162,912	0,5292
9	0,9877	162,487	0,5542
10	0,9848	162,013	0,5791
11	0,9816	161,490	0,6038
12	0,9781	160,918	0,6283
13	0,9744	160,296	0,6526
14	0,9703	159,626	0,6768
15	0,9659	158,907	0,7007
16	0,9613	158,140	0,7244
17	0,9563	157,324	0,7479

18	0,9511	156,461	0,7711
19	0,9455	155,550	0,7942
20	0,9397	154,591	0,8170
21	0,9336	153,586	0,8395
22	0,9272	152,534	0,8618
23	0,9205	151,435	0,8838
24	0,9135	150,290	0,9055
25	0,9063	149,099	0,9270
26	0,8988	147,863	0,9482
27	0,8910	146,582	0,9691
28	0,8829	145,256	0,9897
29	0,8746	143,886	1,0100
30	0,8660	142,472	1,0300

### 1.1.8.- EFECTO CORONA

El efecto corona ocurre cuando el gradiente de tensión en la superficie del conductor es superior a la rigidez dieléctrica del aire, produciéndose calor, ruido y luz. Se trata de pequeñas pérdidas en la línea que deben cuantificarse y, si son considerables, evitarse.

Se define el concepto de tensión crítica disruptiva,  $U_c$ , como la tensión a la que se produce la ruptura de la rigidez dieléctrica del aire. Matemáticamente se expresa mediante la fórmula de Peek:

$$U_c = n \cdot 84 \cdot m_c m_t \delta \cdot r \cdot \ln \frac{DMG}{r}$$

Donde,

- $n$ : Numero de subconductores en el haz
- $m_c$ : Coeficiente de rugosidad del conductor
- $m_t$ : Coeficiente ambiental
- $\delta$ : Factor de corrección de la densidad del aire
- $r$ : Radio del conductor (cm)
- $DMG$ : Distancia Media Geométrica (cm)

La distancia media geométrica es la misma que se calculó en apartados anteriores. El coeficiente de rugosidad del conductor puede valer entre 0,83 y 0,87 en función del cable que se utilice. En nuestro caso se tomara un valor de 0,86. En cuanto al coeficiente ambiental su valor depende de tiempo seco y húmedo, aunque varía poco (0,8 y 1, respectivamente), por lo que se tomara el valor medio (0,9). El factor de corrección de densidad del aire se calcula según la expresión:

$$\delta = \frac{3.921h}{273 + \theta}$$

Donde,

- $h$ : Presión barométrica en el punto considerado (cmHg)
- $\theta$ : Temperatura de funcionamiento (°C)

La presión barométrica se obtiene de datos tabulados en función de la altitud sobre el nivel del mar. Tomando la altitud media de la línea, la presión queda 70 cmHg. Se observa que el parámetro  $\delta$  decrece al aumentar la temperatura, haciendo decrecer también la tensión crítica disruptiva. Por tanto, se considerara la temperatura máxima de funcionamiento (85°C) para realizar este cálculo, que es la condición más desfavorable. Teniendo en cuenta lo anterior, el factor de corrección de densidad del aire queda:

$$\delta = 0.767$$

Sustituyendo este resultado en la ecuación del efecto corona:

Para el tramo 1:

$$U_c = 361.491 \text{ kV}$$

Para el tramo 2:

$$U_c = 391.047 \text{ kV}$$

Se observa que es un valor muy superior a la tensión nominal de la línea, por lo que no parece que haya que tomar medidas para evitar que este fenómeno aparezca. Además, el efecto corona empieza a ser visible a una tensión mayor, ya que en la tensión crítica disruptiva empieza a producirse la fuga de electrones, pero no es apreciable por el ojo humano. Por esta razón no es necesario cuantificar las pérdidas de potencia que produce este efecto, ya que no se dará.

### 1.1.9- PERDIDAS DE POTENCIA

Se pueden calcular las pérdidas de potencia de la línea respecto a la potencia máxima de transporte:

$$\Delta P(\%) = \frac{P_{MAX} \cdot L \cdot R_k}{10 \cdot U^2 (\cos \varphi)^2}$$

Como se trata de otra magnitud que depende del ángulo de carga, en la siguiente tabla se presentan los resultados en función de dicho parámetro:

$\varphi$ (°)	$\cos \varphi$	$P_{\max \text{ trans}}(\text{MW})$	Caída de U (%)
0	1,0000	164,513	0,3237
1	0,9998	164,488	0,3498
2	0,9994	164,413	0,3758
3	0,9986	164,287	0,4017
4	0,9976	164,112	0,4275
5	0,9962	163,887	0,4531
6	0,9945	163,612	0,4786
7	0,9925	163,286	0,5040
8	0,9903	162,912	0,5292
9	0,9877	162,487	0,5542
10	0,9848	162,013	0,5791
11	0,9816	161,490	0,6038

Modificación del Anillo de A.T. de 132kV de la Ciudad de Huesca  
Guillermo Lorés Martínez

12	0,9781	160,918	0,6283
13	0,9744	160,296	0,6526
14	0,9703	159,626	0,6768
15	0,9659	158,907	0,7007
16	0,9613	158,140	0,7244
17	0,9563	157,324	0,7479
18	0,9511	156,461	0,7711
19	0,9455	155,550	0,7942
20	0,9397	154,591	0,8170
21	0,9336	153,586	0,8395
22	0,9272	152,534	0,8618
23	0,9205	151,435	0,8838
24	0,9135	150,290	0,9055
25	0,9063	149,099	0,9270
26	0,8988	147,863	0,9482
27	0,8910	146,582	0,9691
28	0,8829	145,256	0,9897
29	0,8746	143,886	1,0100
30	0,8660	142,472	1,0300

## **1.2.- TRAMOS SUBTERRANEOS**

### **1.2.1.- CARACTERISTICAS GENERALES**

Frecuencia (Hz)	50
Tensión nominal (kV)	132
Nº circuitos	2
Conductores por fase	1 (simplex)
Conductor subterráneo	SOLIDAL 87/150kV AI 1600
Longitud (m)	857
Tipo de aislamiento	XLPE
Conexión de pantallas	Both-Ends
Canalización	Entubada hormigonada

### **1.2.2.- CARACTERISTICAS DEL CONDUCTOR**

CONDUCTOR	SOLIDAL 87/150 1600
Material	Aluminio
Aislamiento	XLPE
Pantalla	Cobre
Cubierta exterior	HDPE
Sección nominal (mm <sup>2</sup> )	1600
De pantalla metálica	95
Diámetro (mm)	106
Del conductor	51.0
Sobre el aislamiento	90.5
Espesor (mm)	
Del aislamiento	18.0
De la cubierta exterior	4.0
Peso unitario(kg/km)	11.020
Capacidad (µF/km)	0.27
Inductancia (mH/km)	0.32

### **1.2.3.- INTENSIDAD MAXIMA ADMISIBLE**

La intensidad máxima admisible en este caso la facilita el fabricante en su catálogo, aunque el valor final depende de una serie de parámetros de la instalación que no se han comentado y que aplican un factor sobre el valor de la tabla de intensidad máxima admisible:

- Profundidad de la instalación: entre 0,70 m y 0,90 m en toda la instalación, salvo en el cruce con la carretera N-240, al final del primer tramo subterráneo, donde la profundidad será de 1,20 m.
- Temperatura del terreno: Debido a que la profundidad no es muy elevada, se supondrá igual a la del aire. (12,2°C)
- Temperatura del aire: Se tomara la temperatura media anual de Huesca, que es de 12,2°C.

- Resistividad térmica del terreno: Tomando como referencia la tabla 9 de la ITCLAT 06 y sabiendo que el terreno será en su mayoría terreno poco húmedo o incluso seco, se tomara una resistividad de  $0,9 \text{ K} \cdot \text{m/W}$ .

La intensidad admisible según el catalogo y la intensidad admisible corregida por los factores particulares de la instalación son:

Tª conductor (°C)	I <sub>max</sub> (A)	I <sub>max</sub> corregida (A)
65	697	1046.44
90	866	1276.10

## 1.2.4.- PARAMETROS

### 1.2.4.1- Resistencia

La resistencia simboliza la oposición al paso de corriente por parte del medio físico en el que se produce. Esto significa que es la principal causa de pérdidas de potencia en el transporte de electricidad.

El cálculo de este parámetro partiendo del catálogo, para una temperatura  $\theta$  dada, se hace de la siguiente manera:

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

Donde,

- $R'_{\theta k}$ : Resistencia del conductor en corriente continua a  $\theta^\circ\text{C}$  ( $\Omega/\text{km}$ )
- $R'_{20k}$ : Resistencia del conductor en corriente continua a  $20^\circ\text{C}$  ( $\Omega/\text{km}$ )
- $\alpha_{20}$ : Coeficiente de variación de la resistividad a  $20^\circ\text{C}$  ( $1/\text{K}$ )

El coeficiente de variación de la resistividad también se facilita en los catálogos y para el conductor subterráneo utilizado vale  $3,90 \times 10^{-3} \text{ 1/K}$ .

Conocida la resistencia en corriente continua a  $\theta^\circ\text{C}$  se procede a calcular la resistencia en corriente alterna a la misma temperatura.

$$R_{\theta k} = R'_{\theta k} \times (1 + y_s)$$

Donde,

- $R_{\theta k}$ : Resistencia del conductor en corriente alterna a  $\theta^\circ\text{C}$  ( $\Omega/\text{km}$ )
- $R'_{\theta k}$ : Resistencia del conductor en corriente continua a  $\theta^\circ\text{C}$  ( $\Omega/\text{km}$ )
- $y_s$ : Factor de efecto pelicular

Con la corriente alterna aparece el llamado efecto pelicular, que incrementa la resistencia del conductor al reducirse la sección efectiva por la que pasa la corriente (la corriente no se distribuye de forma uniforme en la sección del conductor, siendo mayor en la periferia).

El cálculo del factor de efecto pelicular se realiza según indica la ecuación siguiente:

$$y_s = \frac{x_s^4}{192 + (0.8x_s^4)}$$

Donde el parámetro  $X_s$  se calcula como:

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

Donde,

$f$ : Frecuencia del sistema (Hz)

$R'_\theta$ : Resistencia del conductor en corriente continua a  $\theta^\circ\text{C}$  ( $\Omega/\text{km}$ )

De este modo se obtiene para cada posible temperatura del conductor un valor de la resistencia. Los resultados se presentan a continuación:

T( $^\circ\text{C}$ )	R' <sub>ek</sub> ( $\Omega/\text{km}$ )	X <sub>s</sub> <sup>2</sup>	Y <sub>s</sub>	R <sub>ek</sub> ( $\Omega/\text{km}$ )	R <sub>e</sub> ( $\Omega$ )
-15	0,0047	0,0267	3,7064E-06	0,0047	0,0040
-10	0,0048	0,0261	3,5445E-06	0,0048	0,0041
-5	0,0049	0,0255	3,3930E-06	0,0049	0,0042
0	0,0050	0,0250	3,2510E-06	0,0050	0,0043
5	0,0051	0,0245	3,1177E-06	0,0051	0,0044
10	0,0052	0,0240	2,9924E-06	0,0052	0,0045
15	0,0053	0,0235	2,8746E-06	0,0053	0,0046
20	0,0055	0,0230	2,7636E-06	0,0055	0,0047
25	0,0056	0,0226	2,6589E-06	0,0056	0,0048
30	0,0057	0,0222	2,5600E-06	0,0057	0,0049
35	0,0058	0,0218	2,4666E-06	0,0058	0,0049
40	0,0059	0,0214	2,3781E-06	0,0059	0,0050
45	0,0060	0,0210	2,2944E-06	0,0060	0,0051
50	0,0061	0,0206	2,2150E-06	0,0061	0,0052
55	0,0062	0,0203	2,1396E-06	0,0062	0,0053
60	0,0063	0,0199	2,0680E-06	0,0063	0,0054
65	0,0064	0,0196	2,0000E-06	0,0064	0,0055
70	0,0065	0,0193	1,9353E-06	0,0065	0,0056
75	0,0066	0,0190	1,8736E-06	0,0066	0,0057
80	0,0067	0,0187	1,8149E-06	0,0067	0,0058
85	0,0068	0,0184	1,7588E-06	0,0068	0,0059

#### 1.2.4.2.- Reactancia

Al igual que en líneas eléctricas aéreas, en líneas subterráneas en corriente alterna aparece una componente adicional de la impedancia del conductor al paso de corriente, la reactancia. Este parámetro viene dado por:

$$X_k = 2\pi f L_k$$

Donde,

$X_k$ : Reactancia del conductor ( $\Omega/\text{km}$ )

$f$ : Frecuencia del sistema (Hz)

$L_k$ : Coeficiente de inducción (H/km)

La inducción que presenta una línea eléctrica depende de la configuración geométrica de la misma, ya que los conductores se inducen corrientes, lo cual provoca fuerzas electromotrices proporcionales a la velocidad de variación de la corriente. Este coeficiente se obtiene de la siguiente expresión:

$$L_k = \left( \frac{1}{2} + 2 \ln \frac{k \cdot DMG}{r} \right) \times 10^{-4}$$

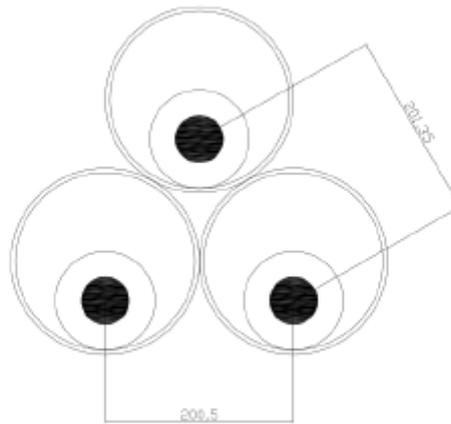
Donde,

$k$ : Coeficiente de formación

$DMG$ : Distancia Media Geométrica entre conductores (mm)

$r$ : Radio del conductor (mm)

El coeficiente de formación para la configuración tresbolillo (que es la utilizada en el presente proyecto) es igual a 1. Para el cálculo de la distancia media geométrica en este caso se debe tener en cuenta la disposición de los conductores:



Conocidas las distancias entre conductores, se calcula la distancia media geométrica como:

$$DMG = \sqrt[3]{D_{12}D_{13}D_{23}} = 5537.05 \text{ mm}$$

Quedando:

$$L_k = 0.00046 \text{ H/km}$$

Por lo que queda una reactancia de:

$$X_k = 0.1454 \text{ } \Omega/\text{km}$$

Teniendo en cuenta la longitud del tramo, la reactancia total es:

$$X = 0.1246 \text{ } \Omega$$

#### 1.2.4.3.- Susceptancia

La susceptancia de una línea eléctrica aparece por las diferencias de potencial entre los conductores y depende de la capacidad. La susceptancia se calcula de la misma manera que se hizo para el tramo aéreo:

$$B_k = 2\pi f C_k$$

Donde,

$B_k$ : Susceptancia por kilometro ( $\Omega/\text{km}$ )

$f$ : Frecuencia del sistema (Hz)

$C_k$ : Capacidad por kilómetro (F/km)

La capacidad en este caso es distinta, siendo para una línea subterránea, con un aislamiento mayor y continuo:

$$C_k = \frac{\epsilon_r}{\ln \frac{2e_{ais}}{D}} \times 10^{-9}$$

Donde,

$\epsilon_r$ : Permitividad magnética relativa del aislante ( $\mu\text{F}/\text{km}$ )

$e_{ais}$ : Espesor del aislamiento del conductor (mm)

$D$ : Diámetro del conductor (mm)

Utilizando un aislamiento de XLPE, como en el caso que nos ocupa, se tiene un  $\epsilon_r$  aproximado de 2,5. De esta manera queda una capacidad de:

$$C_k = 2.6 \times 10^{-7} \text{ F}/\text{km}$$

Quedando una susceptancia de:

$$B_k = 8.169 \times 10^{-5} \Omega/\text{km}$$

Teniendo en cuenta la longitud del tramo subterráneo, la susceptancia total es:

$$B = 7.0008 \times 10^{-5} \Omega$$

### 1.2.5.- POTENCIA MAXIMA DE TRANSPORTE

A partir de la máxima intensidad admisible por el conductor, se calcula la máxima potencia que se puede transportar con esta línea. El objetivo es asegurar que el tramo subterráneo no suponga ninguna limitación al funcionamiento global de la instalación para garantizar que se cubre la potencia de la central termosolar de 150 MW.

Se utilizara la misma expresión que se utilizó para el cálculo de la potencia del tramo aéreo:

$$P_{MAX} = n\sqrt{3}UI_{MAX} \cdot \cos \varphi$$

Donde,

$n$  : Número de subconductores en el haz ( $n=1$  para el caso que nos ocupa)

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

$I_{MAX}$ : Intensidad máxima admisible por el conductor (A)

$\varphi$ : Ángulo de fase ( $^\circ$ )

La intensidad máxima se calculó en el apartado 3.1.2.3. Todos los parámetros de los que depende esta ecuación son conocidos salvo el ángulo de fase, que será variable en función de las cargas (inductivas o capacitivas que se conecten). En la tabla siguiente se muestra la potencia máxima de transporte en función del ángulo de carga:

$\phi(^{\circ})$	$\cos\phi$	$P_{\max \text{ trans}}(\text{MW})$
0	1,0000	239,246
1	0,9998	239,210
2	0,9994	239,100
3	0,9986	238,918
4	0,9976	238,663
5	0,9962	238,336
6	0,9945	237,935
7	0,9925	237,463
8	0,9903	236,918
9	0,9877	236,301
10	0,9848	235,611
11	0,9816	234,850
12	0,9781	234,018
13	0,9744	233,114
14	0,9703	232,139
15	0,9659	231,094
16	0,9613	229,978
17	0,9563	228,792
18	0,9511	227,537
19	0,9455	226,212
20	0,9397	224,818
21	0,9336	223,355
22	0,9272	221,825
23	0,9205	220,227
24	0,9135	218,562
25	0,9063	216,831
26	0,8988	215,033
27	0,8910	213,170
28	0,8829	211,242
29	0,8746	209,249
30	0,8660	207,193

### 1.2.6.- CAIDA DE TENSION

Se va a calcular la caída de tensión de la línea a partir de la potencia máxima de transporte calculada en el apartado anterior, según la siguiente expresión:

$$\Delta U_{\%} = \frac{PL}{10U^2} (R_k + X_k \tan \varphi)$$

Donde,

- $P$ : Potencia a transportar (kW)
- $L$ : Longitud de la línea (km)
- $U$ : Tension nominal de la línea (kW)
- $R_k$ : Resistencia de la línea por kilómetro (/km)
- $X_k$ : Reactancia de la línea por kilómetro (/km)
- $\varphi$ : Angulo de fase ( $^\circ$ )

Como también se trata de una magnitud dependiente del ángulo de fase, los resultados se presentan en la siguiente tabla y gráfica:

$\phi(^{\circ})$	$\cos\phi$	$P_{\max \text{ trans}}(\text{MW})$	Caida de U (%)
0	1,0000	239,246	0,0021
1	0,9998	239,210	0,0030
2	0,9994	239,100	0,0038
3	0,9986	238,918	0,0047
4	0,9976	238,663	0,0055
5	0,9962	238,336	0,0064
6	0,9945	237,935	0,0072
7	0,9925	237,463	0,0080
8	0,9903	236,918	0,0089
9	0,9877	236,301	0,0097
10	0,9848	235,611	0,0105
11	0,9816	234,850	0,0114
12	0,9781	234,018	0,0122
13	0,9744	233,114	0,0130
14	0,9703	232,139	0,0138
15	0,9659	231,094	0,0147
16	0,9613	229,978	0,0155
17	0,9563	228,792	0,0163
18	0,9511	227,537	0,0171
19	0,9455	226,212	0,0179
20	0,9397	224,818	0,0187
21	0,9336	223,355	0,0194
22	0,9272	221,825	0,0202
23	0,9205	220,227	0,0210
24	0,9135	218,562	0,0218
25	0,9063	216,831	0,0225
26	0,8988	215,033	0,0233
27	0,8910	213,170	0,0240
28	0,8829	211,242	0,0247
29	0,8746	209,249	0,0255
30	0,8660	207,193	0,0262

### 1.2.7.- PERDIDA DE POTENCIA

En el caso de una línea subterránea, gracias a su aislamiento, no se produce el efecto corona que se estudió para la línea aérea. Por ello, las pérdidas de la línea marcadas por las pérdidas debido al efecto Joule.

Estas pérdidas se calculan, al igual que para la línea aérea, usando la siguiente expresión:

$$\Delta P(\%) = \frac{P_{MAX} \cdot L \cdot R_k}{10 \cdot U^2 (\cos \phi)^2}$$

Como se trata de otra magnitud que depende del ángulo de carga, en la siguiente tabla se presentan los resultados en función de dicho parámetro:

$\phi(^{\circ})$	$\cos\phi$	$P_{\max \text{ trans}}(\text{MW})$	Caida de U (%)
0	1,0000	239,246	0,3876
1	0,9998	239,210	0,3874
2	0,9994	239,100	0,3869
3	0,9986	238,918	0,3860
4	0,9976	238,663	0,3848
5	0,9962	238,336	0,3832
6	0,9945	237,935	0,3813
7	0,9925	237,463	0,3790
8	0,9903	236,918	0,3764
9	0,9877	236,301	0,3734
10	0,9848	235,611	0,3702
11	0,9816	234,850	0,3666
12	0,9781	234,018	0,3627
13	0,9744	233,114	0,3585
14	0,9703	232,139	0,3541
15	0,9659	231,094	0,3493
16	0,9613	229,978	0,3443
17	0,9563	228,792	0,3390
18	0,9511	227,537	0,3334
19	0,9455	226,212	0,3276
20	0,9397	224,818	0,3216
21	0,9336	223,355	0,3154
22	0,9272	221,825	0,3089
23	0,9205	220,227	0,3023
24	0,9135	218,562	0,2955
25	0,9063	216,831	0,2885
26	0,8988	215,033	0,2814
27	0,8910	213,170	0,2742
28	0,8829	211,242	0,2668
29	0,8746	209,249	0,2593
30	0,8660	207,193	0,2517

## **1.3.- CALCULOS ELECTRICOS TOTALES**

### **1.3.1.- PARAMETROS ELECTRICOS TOTALES**

Los parámetros eléctricos del esquema equivalente supuesto calculados en cada tramo y los totales de la instalación se presentan en la siguiente tabla:

	Aéreo I	Aéreo II	Subterráneo	TOTAL
Resistencia	0,22130563	0,27862531	0,00522224	0,50515319
Reactancia	1,639	2,7	0,12571951	4,46471951
Susceptancia	0,0025874	0,0037522	0,0700148	0,0763544

### **1.3.2.- POTENCIA MAXIMA DE TRANSPORTE DE LA INSTALACION**

Una vez se han calculado las potencias máximas transportables por cada tramo, la potencia que puede transportar la instalación en conjunto será la menor de las calculadas. En este caso limita el tramo aéreo, como se observa a continuación:

$\phi(^{\circ})$	$\cos\phi$	$P_{\max \text{ trans aérea}}(\text{MW})$	$P_{\max \text{ trans subit}}(\text{MW})$	$P_{\max \text{ trans total}}(\text{MW})$
0	1,0000	164,513	239,246	164,513
1	0,9998	164,488	239,210	164,488
2	0,9994	164,413	239,100	164,413
3	0,9986	164,287	238,918	164,287
4	0,9976	164,112	238,663	164,112
5	0,9962	163,887	238,336	163,887
6	0,9945	163,612	237,935	163,612
7	0,9925	163,286	237,463	163,286
8	0,9903	162,912	236,918	162,912
9	0,9877	162,487	236,301	162,487
10	0,9848	162,013	235,611	162,013
11	0,9816	161,490	234,850	161,490
12	0,9781	160,918	234,018	160,918
13	0,9744	160,296	233,114	160,296
14	0,9703	159,626	232,139	159,626
15	0,9659	158,907	231,094	158,907
16	0,9613	158,140	229,978	158,140
17	0,9563	157,324	228,792	157,324
18	0,9511	156,461	227,537	156,461
19	0,9455	155,550	226,212	155,550
20	0,9397	154,591	224,818	154,591
21	0,9336	153,586	223,355	153,586
22	0,9272	152,534	221,825	152,534
23	0,9205	151,435	220,227	151,435
24	0,9135	150,290	218,562	150,290

Modificación del Anillo de A.T. de 132kV de la Ciudad de Huesca  
Guillermo Lorés Martínez

25	0,9063	149,099	216,831	149,099
26	0,8988	147,863	215,033	147,863
27	0,8910	146,582	213,170	146,582
28	0,8829	145,256	211,242	145,256
29	0,8746	143,886	209,249	143,886
30	0,8660	142,472	207,193	142,472

### 1.3.3.- CAIDA DE TENSION TOTAL

La caída de tensión de la instalación será la suma de las caídas de tensión en cada tramo, calculadas en apartados anteriores. En la tabla a continuación se muestran los resultados:

$\phi(^{\circ})$	$\cos\phi$	Caída de U aéreo (%)	Caída de U subterráneo (%)	Caída de U totales (%)
0	1,0000	0,3237	0,0021	0,3258
1	0,9998	0,3498	0,0030	0,3527
2	0,9994	0,3758	0,0038	0,3796
3	0,9986	0,4017	0,0047	0,4064
4	0,9976	0,4275	0,0055	0,4330
5	0,9962	0,4531	0,0064	0,4595
6	0,9945	0,4786	0,0072	0,4858
7	0,9925	0,5040	0,0080	0,5120
8	0,9903	0,5292	0,0089	0,5381
9	0,9877	0,5542	0,0097	0,5639
10	0,9848	0,5791	0,0105	0,5896
11	0,9816	0,6038	0,0114	0,6152
12	0,9781	0,6283	0,0122	0,6405
13	0,9744	0,6526	0,0130	0,6657
14	0,9703	0,6768	0,0138	0,6906
15	0,9659	0,7007	0,0147	0,7153
16	0,9613	0,7244	0,0155	0,7399
17	0,9563	0,7479	0,0163	0,7642
18	0,9511	0,7711	0,0171	0,7882
19	0,9455	0,7942	0,0179	0,8120
20	0,9397	0,8170	0,0187	0,8356
21	0,9336	0,8395	0,0194	0,8589
22	0,9272	0,8618	0,0202	0,8820
23	0,9205	0,8838	0,0210	0,9048
24	0,9135	0,9055	0,0218	0,9273
25	0,9063	0,9270	0,0225	0,9495
26	0,8988	0,9482	0,0233	0,9714
27	0,8910	0,9691	0,0240	0,9931
28	0,8829	0,9897	0,0247	1,0144

Modificación del Anillo de A.T. de 132kV de la Ciudad de Huesca  
Guillermo Lorés Martínez

29	0,8746	1,0100	0,0255	1,0355
30	0,8660	1,0300	0,0262	1,0562

### 1.3.4.- PERDIDAS DE POTENCIA

Las pérdidas de potencia totales serán la suma de las pérdidas de potencia de cada tramo, como se muestra en la siguiente tabla:

$\phi(^{\circ})$	$\cos\phi$	Perd aéreo (%)	Perd subterráneo (%)	Perd totales (%)
0	1,0000	0,3237	0,3876	0,7113
1	0,9998	0,3498	0,3874	0,7372
2	0,9994	0,3758	0,3869	0,7627
3	0,9986	0,4017	0,3860	0,7877
4	0,9976	0,4275	0,3848	0,8122
5	0,9962	0,4531	0,3832	0,8363
6	0,9945	0,4786	0,3813	0,8599
7	0,9925	0,5040	0,3790	0,8830
8	0,9903	0,5292	0,3764	0,9056
9	0,9877	0,5542	0,3734	0,9277
10	0,9848	0,5791	0,3702	0,9493
11	0,9816	0,6038	0,3666	0,9704
12	0,9781	0,6283	0,3627	0,9911
13	0,9744	0,6526	0,3585	1,0112
14	0,9703	0,6768	0,3541	1,0308
15	0,9659	0,7007	0,3493	1,0500
16	0,9613	0,7244	0,3443	1,0687
17	0,9563	0,7479	0,3390	1,0869
18	0,9511	0,7711	0,3334	1,1046
19	0,9455	0,7942	0,3276	1,1218
20	0,9397	0,8170	0,3216	1,1386
21	0,9336	0,8395	0,3154	1,1549
22	0,9272	0,8618	0,3089	1,1707
23	0,9205	0,8838	0,3023	1,1861
24	0,9135	0,9055	0,2955	1,2010
25	0,9063	0,9270	0,2885	1,2155
26	0,8988	0,9482	0,2814	1,2296
27	0,8910	0,9691	0,2742	1,2432
28	0,8829	0,9897	0,2668	1,2565
29	0,8746	1,0100	0,2593	1,2693
30	0,8660	1,0300	0,2517	1,2817

## **2.- CALCULOS MECANICOS**

### **2.1.- CALCULO DEL CONDUCTOR Y DEL CABLE DE TIERRA**

#### **2.1.1.- CARACTERISTICAS GENERALES DE LA LINEA**

A continuación se presentan las características relevantes de la línea eléctrica para el cálculo mecánico:

SISTEMA	Corriente Alterna Trifásica
Tensión nominal (kV)	132
Nº de circuitos	1º Tramo: 2 2º Tramo: 1
Conductores por fase	1 (simplex)
Conductor Aéreo	LA-380(GULL)
Conductor de cable de guarda	OPGW 92-AL3/28-A20SA/ST - 48 fo
Longitud (m)	1º Tramo: 1958,4 2º Tramo: 3054,52
Zona	B
Nivel de contaminación	II
Categoría	1ª

#### **2.1.2.- CARACTERISTICAS DEL CONDUCTOR Y CABLE DE GUARDA**

CONDUCTOR	LA-380(GULL)
Material	Aluminio – Acero galvanizado
Composición	54/7
Sección(mm <sup>2</sup> )	381
	De aluminio 337.3
	De acero 43.7
Diámetro (mm)	25.4
	De hilo de aluminio 2.82

Modificación del Anillo de A.T. de 132kV de la Ciudad de Huesca  
Guillermo Lorés Martínez

De hilo de acero	2.82
Del alma	8.46
Peso unitario (kg/km)	1274.6
Carga de rotura (kN)	107.18
Resistividad eléctrica en cc a 20°C (Ω/km)	0.0857
Módulo de elasticidad, E (N/mm <sup>2</sup> )	70000
Coeficiente de dilatación, α (1/K)	1.94x10 <sup>-5</sup>
CONDUCTOR	OPGW 92-AL3/28-A20SA/ST - 48 fo
Material	Aluminio–Acero galvanizado-fibra óptica
Composición	13/5/1
Sección(mm <sup>2</sup> )	120.2
De aluminio	91.9
De acero	28.2
Diámetro (mm)	15.0
De hilo de aluminio	3.0
De hilo de acero	3.0
Del alma	9.0
Peso unitario (kg/km)	476
Carga de rotura (kN)	61
Resistividad eléctrica en cc a 20°C (Ω/km)	0.3230
Módulo de elasticidad, E (N/mm <sup>2</sup> )	80100
Coeficiente de dilatación, α (1/K)	18.2x10 <sup>-6</sup>

### 2.1.3.- CARGAS Y SOBRECARGAS CONSIDERADAS

En este apartado se explican las diferentes cargas y sobrecargas a las que se pueden someter los cables durante su funcionamiento. Además, se considerara que ciertas cargas puedan darse combinadas, como se verá más adelante. El objetivo de los cálculos mecánicos posteriores es garantizar que los conductores y el cable de guarda pueden trabajar bajo dichas cargas y sobrecargas.

A continuación se explican las hipótesis de trabajo consideradas.

#### 2.1.3.1.- Tracción máxima por sobrecarga de viento

Se considerara una temperatura de -10°C en el conductor. Para la línea eléctrica de este proyecto, se considerara un viento de 120 km/h de dirección horizontal sobre el conductor, ejerciendo una fuerza que se define en el RLAT como:

$$F_c = q \cdot d \cdot \frac{a_1 + a_2}{2}$$

Donde,

$q$ : Presión del viento (daN/m<sup>2</sup>)

$d$ : Diámetro del conductor o cable de guarda (m)

$a_1, a_2$ : Longitud del vano anterior y posterior, respectivamente (m)

La presión que ejerce el viento sobre un conductor tiene distinta expresión dependiendo del diámetro del mismo. Así, para los conductores de este proyecto y para el cable de guarda se usaran las ecuaciones siguientes respectivamente:

$$q = 50 \times \left(\frac{V_v}{120}\right)^2$$

$$q = 60 \times \left(\frac{V_v}{120}\right)^2$$

Donde,

$V_v$ : Velocidad del viento (km/h)

#### 2.1.3.2.- Tracción máxima por sobrecarga de hielo

Para esta hipótesis, se considerara una temperatura de -15°C. Debido a que la altitud media sobre el nivel del mar de la línea es superior a 500 m, se debe considerar la posible sobrecarga de hielo. Sobre el conductor se forma un manguito de hielo que aumenta la componente vertical de tensión y la sección transversal. El peso de dicho manguito, por tener una altitud media sobre el nivel del mar inferior a 1000 m es de:

$$P_H = 0.18 \cdot \sqrt{d}$$

Donde,

$d$ : Diámetro del conductor o cable de guarda (mm)

Por otro lado, el espesor del manguito de hielo se obtiene utilizando la siguiente expresión:

$$esp_{mh} = -r_c + \sqrt{r_c^2 + \frac{240 \cdot \sqrt{2 \cdot r_c}}{\pi}}$$

Donde,

$r_c$ : Radio del conductor o cable de guarda (mm)

#### 2.1.3.3.- Tracción máxima por sobrecarga de viento más hielo

Para la hipótesis combinada de hielo más viento, la velocidad de viento a considerar será 60 km/h para el cálculo de la fuerza que ejerce el viento. La temperatura será de -15°C. Además, se deberá tener en cuenta en el diámetro el espesor adicional del manguito de hielo.

Se deberá tener también en cuenta el peso del hielo, que se suma al del conductor o cable de guarda.

#### 2.1.3.4.- Comprobación de fenómenos vibratorios

El objetivo es la cuantificación y evaluación de posibles fenómenos vibratorios originados por el viento que pueden acortar la vida de un conductor o del cable de guarda, o desgastar los herrajes. Por ello, se comprobará que a una temperatura de 15°C, la tracción no supere el 15% de la carga de rotura. Si se realiza un estudio de amortiguamiento, como es el caso del presente proyecto, se permite que dicha tracción no sea superior al 22%.

#### 2.1.3.5.- Flecha máxima con hipótesis de viento

Se calculará la flecha máxima considerando al conductor o cable de guarda sometido a la acción de su propio peso con una sobrecarga de viento, para una velocidad de 120 km/h y una temperatura de 15°C.

#### 2.1.3.6.- Flecha máxima con hipótesis de hielo

Se calculará la flecha máxima considerando al conductor o cable de guarda sometido a la acción de su propio peso a la temperatura máxima previsible, teniendo en cuenta la localización y las condiciones de funcionamiento. En el caso del presente proyecto, se tomará una temperatura de 50°C tanto para el cable de guarda como para los conductores.

#### 2.1.3.7.- Flecha máxima con hipótesis de hielo

Se calculará la flecha máxima considerando al conductor o cable de guarda sometido a la acción de su propio peso con una sobrecarga de hielo a la temperatura de 0°C.

## TABLAS RESULTANTES

LA-380 (GULL):

HIPOTESIS	TEMP (°C)	Peso conductor (daN/m)	Sobrecarga hielo		Sobrecarga viento			Resultante (daN/m)
			Espesor manguito (mm)	Peso hielo (daN/m)	Presión de viento (daN/m <sup>2</sup> )	Diámetro útil (m)	Fuerza del viento (daN/m)	
Viento	-10	1,24995561	0	0	50	0,02538	1,269	1,7812215
Hielo	-15	1,24995561	10,67450302	0,9068142	0	0,04672901	0	2,15676981
Viento+Hielo	-15	1,24995561	10,67450302	0,9068142	12,5	0,04672901	0,584112575	2,23446717
EDS	15	1,24995561	0	0	0	0,02538	0	1,24995561
Fen.Vib.	15	1,24995561	0	0	0	0,02538	0	1,24995561
f max viento	15	1,24995561	0	0	50	0,02538	1,269	1,7812215
f max temp	50	1,24995561	0	0	0	0,02538	0	1,24995561
f max hielo	0	1,24995561	10,67450302	0,9068142	0	0,04672901	0	2,15676981
f min	-15	1,24995561	0	0	0	0,02538	0	1,24995561

Cable de Guarda OPGW 92-AL3/28-A20SA/ST - 48 fo:

HIPOTESIS	TEMP (°C)	Peso conductor (daN/m)	Sobrecarga hielo		Sobrecarga viento			Resultante (daN/m)
			Espesor manguito (mm)	Peso hielo (daN/m)	Presión de viento (daN/m <sup>2</sup> )	Diámetro útil (m)	Fuerza del viento (daN/m)	
Viento	-10	0,46679654	0	0	50	0,015	0,75	0,88340195
Hielo	-15	0,46679654	11,26497091	0,697137	0	0,03752994	0	1,16393354
Viento+Hielo	-15	0,46679654	11,26497091	0,697137	12,5	0,03752994	0,469124273	1,25491788
EDS	15	0,46679654	0	0	0	0,015	0	0,46679654
Fen.Vib.	15	0,46679654	0	0	0	0,015	0	0,46679654
f max viento	15	0,46679654	0	0	50	0,015	0,75	0,88340195
f max temp	50	0,46679654	0	0	0	0,015	0	0,46679654
f max hielo	0	0,46679654	11,26497091	0,697137	0	0,03752994	0	1,16393354
f min	-15	0,46679654	0	0	0	0,015	0	0,46679654

#### 2.1.4.- TRACCIONES

En este apartado se describirá el procedimiento seguido a la hora de calcular las tracciones que sufren los conductores y el cable de guarda. En primer lugar, cabe distinguir entre vanos amarrados en alguno de sus extremos o simplemente suspendidos. Debido a que una serie de vanos suspendidos (o cantón) están sometidos a esfuerzos semejantes, se utilizara el vano regulador para calcular las tensiones de dichos vanos.

El vano regulador se define como:

$$a_r = \sqrt{\frac{\sum_1^n (a_n)^3}{\sum_1^n a_n}}$$

Donde,

$n$ : Numero total de vanos que forman el canton

$a_n$ : Longitud del vano enesimo (m)

De esta forma se obtiene un vano medio característico del cantón, que permite simplificar los cálculos de tracciones y catenarias. Con este dato se puede calcular la tracción en el punto medio del vano, según:

$$T_m = \frac{1}{4} \cdot [2 \cdot T_B - pd + \sqrt{(pd - 2 \cdot T_B)^2 - 2 \cdot p^2 b^2}]$$

Donde,

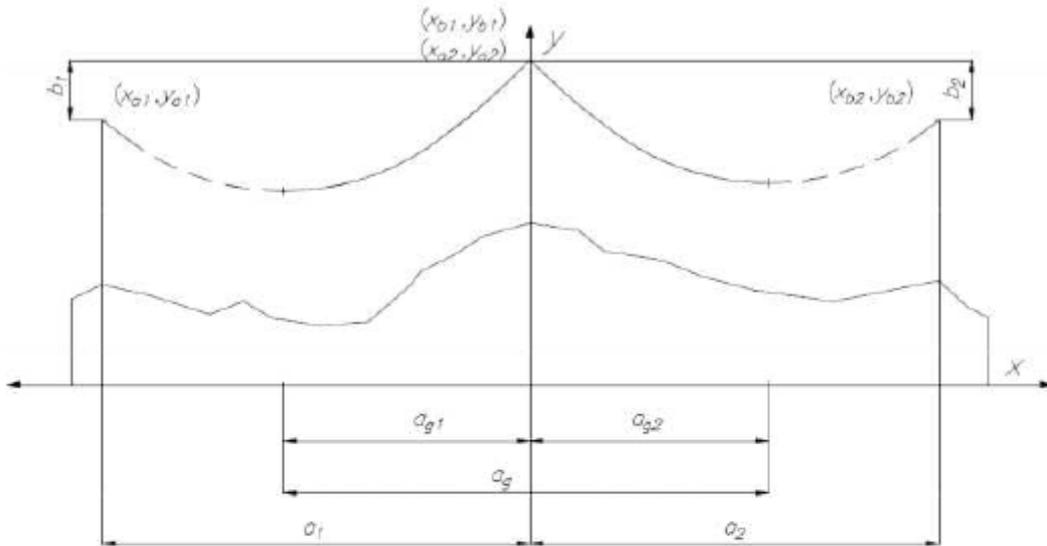
$T_B$ : Traccion maxima en el conductor o cable de guarda (daN)

$p$ : Resultante de cargas del conductor o cable de guarda (daN/m)

$d$ : Desnivel vertical entre los puntos de sujeción (m)

$b$ : Distancia real entre los puntos de sujeción (m)

El criterio de signos utilizado para determinar el desnivel viene explicado en la siguiente figura:



$b_1 > 0$	$d_1 > 0$	si $y_{b1} - y_{a1} > 0$
$b_1 < 0$	$d_1 < 0$	si $y_{b1} - y_{a1} < 0$
$b_2 > 0$	$d_2 > 0$	si $y_{b2} - y_{a2} > 0$
$b_2 < 0$	$d_2 < 0$	si $y_{b2} - y_{a2} < 0$

Con la tracción del punto medio se puede obtener la tracción horizontal de un vano desnivelado, utilizando la siguiente ecuación:

$$T_{mo} = T_m \frac{a}{b}$$

Donde,

- : Tracción en el punto medio del vano (daN)
- : Longitud del vano considerado (m)
- : Distancia real entre los puntos de sujeción (m)

De las tracciones horizontales calculadas para un cantón, la tracción máxima elegida será la menor. En cualquier caso, debido al perfil de elevación del presente proyecto, no se cometerá un error considerable si no se tienen en cuenta las ecuaciones anteriores, ya que los vanos no son muy desnivelados.

Para el cálculo de las tracciones de cada cantón para cada hipótesis, se ha utilizado una condición inicial y para luego aplicar la ecuación de cambio de condiciones, que se muestra a continuación:

$$\frac{a^2 P_1^2}{24 T_1^2} - \alpha t_1 - \frac{T_1}{S \cdot E} = \frac{a^2 P_2^2}{24 T_2^2} - \alpha t_2 - \frac{T_2}{S \cdot E}$$

Donde,

- $a$ : Longitud del vano considerado (m)
- $P_1, P_2$ : Resultante de cargas en situación 1 y 2 (daN/m)
- $T_1, T_2$ : Tracción del conductor o cable de guarda en situaciones 1 y 2 (daN)
- $\alpha$ : Coeficiente de dilatación ( $^{\circ}\text{C}^{-1}$ )
- $t_1, t_2$ : Temperatura del conductor o cable de guarda en situación 1 y 2 ( $^{\circ}\text{C}$ )

*S*: Sección del conductor o cable de guarda (mm<sup>2</sup>)

*E*: Modulo de elasticidad del conductor o cable de guarda (kg/mm<sup>2</sup>)

En esta ecuación, se partirá de una condición inicial para hallar la tensión en el resto de condiciones (o hipótesis). En el presente proyecto se ha elegido para todos los cantones la hipótesis de hielo más viento como condición inicial, al ser la que mayor resultante de cargas tenía. La tracción de la condición inicial se ha elegido según:

$$T_1 = \frac{CR}{c.s.}$$

Donde,

*CR*: Carga de rotura del conductor o cable de guarda (daN)

*c. s.*: Coeficiente de seguridad

El coeficiente de seguridad utilizado es de 3. Es decir, se está permitiendo un máximo de una tercera parte de la carga de rotura del conductor o cable de guarda.

Una vez se conoce la tracción para una determinada hipótesis en un determinado cantón, se procede al cálculo de la flecha y del parámetro de la catenaria:

$$f = \frac{pab}{8T} \cdot \left( 1 + \frac{a^2 p^2}{48 \cdot T^2} \right)$$

Donde,

*p*: Peso del conductor (daN/m)

*a*: Longitud del vano considerado (m)

*b*: Distancia real entre los puntos de sujecion (m)

*T*: Tracción (daN)

$$h = \frac{T}{p}$$

Donde,

*T*: Tracción en el punto más bajo (daN)

*p*: Peso del conductor o cable de guarda (daN/m)

A continuación se muestra una tabla con información de los apoyos y cantones de la línea:

Nº Apoyo	Altura fuste (m)	Vano (m)	Eolovano (m)	Desnivel (m)	Vano regulador (m)
1	25		59,3		
		118,6		10	233,061
2	25		189,8		
		261		0	233,061
3	25		261		
		261		0	233,061
4	25		249,8		
		238,6		-6,2	233,061
5	25		217,8		
		197		-6,7	233,061
6	25		228,2		

Modificación del Anillo de A.T. de 132kV de la Ciudad de Huesca  
Guillermo Lorés Martínez

		259,4		-12,1	194,423
7	25		217,4		
		175,4		0	194,423
8	25		148,1		
		120,8		5	194,423
9	25		140,4		
		160		40	194,423
10	25		163,3		
		166,6		0	194,423
11	25		169,65		
		172,7		0	172,700
12	25		172,7		
		172,7		0	172,700
13	25		98,85		
		25		0	191,086
14	25		118,05		
		211,1		0	191,086
15	25		211,1		
		211,1		0	191,086
16	25		148,55		
		86		-16,95	191,086
17	25		131,1		
		176,2		-23,05	289,898
18	25		279,8		
		383,4		-10	289,898
19	25		314,2		
		245		10	289,898
20	25		220,8		
		196,6		33,9	289,898
21	25		130,5		
		64,4		16,1	279,626
22	25		161,8		
		259,2		0	279,626
23	25		219,8		
		180,4		-30	279,626
24	25		177,2		
		174		-30	279,626
25	25		265,6		
		357,2		0	279,626
26	25		351,5		
		345,8		0	279,626
27	25		271		
		196,2		0	279,626

28	25		98,1		
----	----	--	------	--	--

Con las ecuaciones mostradas en este apartado y los datos de la tabla anterior, se han realizado los cálculos de las tensiones de cada cantón, que se muestran a continuación en forma de tabla. Además, se incluye la hipótesis del EDS (Every Day Stress) que sirve, al igual que la hipótesis de fenómenos vibratorios de comprobación. En el caso del EDS, la tensión debe mantenerse por debajo del 21% de la carga de rotura.

Primero se presentan las tablas de tracción del conductor LA-380 para todos los cantones, y posteriormente las tablas correspondientes al cable de guarda-OPGW.

## **TABLAS DE TRACCIONES POR CANTON**

Modificación del Anillo de A.T. de 132kV de la Ciudad de Huesca  
Guillermo Lorés Martínez

Conductor LA-380 (GULL)

Cantón:	1	Apoyo inicial	1
Vano regulador	233,06	Apoyo final	6

HIPOTESIS	TEMP (°C)	Resultante (daN/m)	Tracción (daN)	Flecha (m)	Coef(%)
Viento	-10	1,78	2747,25		
Hielo	-15	2,16	3456,93		
Viento+Hielo	-15	2,23	3572,67		
EDS	15	1,25	1592,90		14,99
CHS	15	1,25	1958,59		18,41
f max viento	15	1,78	2250,09	5,37	
f max temp	50	1,25	1136,84	7,47	
f max hielo	0	2,16	3018,05	4,85	
f min	-15	1,25	2191,43	3,87	

Conductor LA-380 (GULL)

Cantón:	2	Apoyo inicial	6
Vano regulador	194,42	Apoyo final	11

HIPOTESIS	TEMP (°C)	Resultante (daN/m)	Tracción (daN)	Flecha (m)	Coef(%)
Viento	-10	1,78	2723,75		
Hielo	-15	2,16	3480,27		
Viento+Hielo	-15	2,23	3572,67		
EDS	15	1,25	1487,14		13,91
CHS	15	1,25	2166,76		20,24
f max viento	15	1,78	2097,70	4,01	
f max temp	50	1,25	1001,38	5,90	
f max hielo	0	2,16	2894,90	3,52	
f min	-15	1,25	2303,95	2,56	

Modificación del Anillo de A.T. de 132kV de la Ciudad de Huesca  
Guillermo Lorés Martínez

Conductor LA-380 (GULL)

Cantón:	3	Apoyo inicial	11
Vano regulador	172,70	Apoyo final	13

HIPOTESIS	TEMP (°C)	Resultante (daN/m)	Tracción (daN)	Flecha (m)	Coef(%)
Viento	-10	1,78	2676,94		
Hielo	-15	2,16	3461,12		
Viento+Hielo	-15	2,23	3572,67		
EDS	15	1,25	1401,94		13,12
CHS	15	1,25	1928,43		18,02
f max viento	15	1,78	1976,34	3,36	
f max temp	50	1,25	913,04	5,10	
f max hielo	0	2,16	2779,43	2,89	
f min	-15	1,25	2373,68	1,96	

Conductor LA-380 (GULL)

Cantón:	4	Apoyo inicial	13
Vano regulador	191,09	Apoyo final	17

HIPOTESIS	TEMP (°C)	Resultante (daN/m)	Tracción (daN)	Flecha (m)	Coef(%)
Viento	-10	1,78	2711,73		
Hielo	-15	2,16	3469,87		
Viento+Hielo	-15	2,23	3572,67		
EDS	15	1,25	1473,05		13,74
CHS	15	1,25	1946,04		18,16
f max viento	15	1,78	2077,72	3,91	
f max temp	50	1,25	987,66	5,78	
f max hielo	0	2,16	2874,08	3,43	
f min	-15	1,25	2306,09	2,47	

Modificación del Anillo de A.T. de 132kV de la Ciudad de Huesca  
Guillermo Lorés Martínez

Conductor LA-380 (GULL)

Cantón:	5	Apoyo inicial	17
Vano regulador	289,90	Apoyo final	21

HIPOTESIS	TEMP (°C)	Resultante (daN/m)	Tracción (daN)	Flecha (m)	Coef(%)
Viento	-10	1,78	2791,76		
Hielo	-15	2,16	3468,71		
Viento+Hielo	-15	2,23	3572,67		
EDS	15	1,25	1710,27		16,07
CHS	15	1,25	1980,37		18,58
f max viento	15	1,78	2420,00	7,73	
f max temp	50	1,25	1304,55	10,07	
f max hielo	0	2,16	3157,85	7,17	
f min	-15	1,25	2129,57	6,17	

Conductor LA-380 (GULL)

Cantón:	6	Apoyo inicial	21
Vano regulador	279,63	Apoyo final	28

HIPOTESIS	TEMP (°C)	Resultante (daN/m)	Tracción (daN)	Flecha (m)	Coef(%)
Viento	-10	1,78	2786,46		
Hielo	-15	2,16	3468,37		
Viento+Hielo	-15	2,23	3572,67		
EDS	15	1,25	1693,06		15,87
CHS	15	1,25	1978,06		18,52
f max viento	15	1,78	2394,94	7,27	
f max temp	50	1,25	1277,35	9,56	
f max hielo	0	2,16	3138,30	6,72	
f min	-15	1,25	2138,79	5,71	

Modificación del Anillo de A.T. de 132kV de la Ciudad de Huesca  
Guillermo Lorés Martínez

Cable de Guarda OPGW

Cantón:	1	Apoyo inicial	1
Vano regulador	233,06	Apoyo final	6

HIPOTESIS	TEMP (°C)	Resultante (daN/m)	Tracción (daN)	Flecha (m)	Coef(%)
Viento	-10	0,88	1405,67		
Hielo	-15	1,16	1901,14		
Viento+Hielo	-15	1,25	2033,33		
EDS	15	0,47	616,55		10,19
CHS	15	0,47	771,78		12,74
f max viento	15	0,88	1266,32	4,74	
f max temp	50	0,47	432,39	7,33	
f max hielo	0	1,16	1658,70	4,76	
f min	-15	0,47	874,80	3,62	

Cable de Guarda OPGW

Cantón:	2	Apoyo inicial	6
Vano regulador	194,42	Apoyo final	11

HIPOTESIS	TEMP (°C)	Resultante (daN/m)	Tracción (daN)	Flecha (m)	Coef(%)
Viento	-10	0,88	1403,99		
Hielo	-15	1,16	1918,14		
Viento+Hielo	-15	1,25	2033,33		
EDS	15	0,47	579,12		9,52
CHS	15	0,47	879,35		14,43
f max viento	15	0,88	1069,63	3,90	
f max temp	50	0,47	381,16	5,79	
f max hielo	0	1,16	1595,93	3,45	
f min	-15	0,47	947,99	2,33	

Modificación del Anillo de A.T. de 132kV de la Ciudad de Huesca  
Guillermo Lorés Martínez

Cable de Guarda OPGW

Cantón:	3	Apoyo inicial	11
Vano regulador	172,70	Apoyo final	13

HIPOTESIS	TEMP (°C)	Resultante (daN/m)	Tracción (daN)	Flecha (m)	Coef(%)
Viento	-10	0,88	1387,29		
Hielo	-15	1,16	1910,52		
Viento+Hielo	-15	1,25	2033,33		
EDS	15	0,47	547,87		9,01
CHS	15	0,47	783,51		12,86
f max viento	15	0,88	1010,25	3,26	
f max temp	50	0,47	347,62	5,01	
f max hielo	0	1,16	1535,98	2,83	
f min	-15	0,47	1002,16	1,74	

Cable de Guarda OPGW

Cantón:	4	Apoyo inicial	13
Vano regulador	191,09	Apoyo final	17

HIPOTESIS	TEMP (°C)	Resultante (daN/m)	Tracción (daN)	Flecha (m)	Coef(%)
Viento	-10	0,88	1398,59		
Hielo	-15	1,16	1912,73		
Viento+Hielo	-15	1,25	2033,33		
EDS	15	0,47	573,84		9,41
CHS	15	0,47	781,51		12,81
f max viento	15	0,88	1059,70	3,80	
f max temp	50	0,47	375,94	5,67	
f max hielo	0	1,16	1584,85	3,35	
f min	-15	0,47	951,41	2,24	

Modificación del Anillo de A.T. de 132kV de la Ciudad de Huesca  
Guillermo Lorés Martínez

Cable de Guarda OPGW

Cantón:	5	Apoyo inicial	17
Vano regulador	289,90	Apoyo final	21

HIPOTESIS	TEMP (°C)	Resultante (daN/m)	Tracción (daN)	Flecha (m)	Coef(%)
Viento	-10	0,88	1420,11		
Hielo	-15	1,16	1904,21		
Viento+Hielo	-15	1,25	2033,33		
EDS	15	0,47	658,19		10,86
CHS	15	0,47	769,86		12,68
f max viento	15	0,88	1225,25	7,57	
f max temp	50	0,47	495,80	9,89	
f max hielo	0	1,16	1731,84	7,06	
f min	-15	0,47	832,96	5,89	

Cable de Guarda OPGW

Cantón:	6	Apoyo inicial	21
Vano regulador	279,63	Apoyo final	28

HIPOTESIS	TEMP (°C)	Resultante (daN/m)	Tracción (daN)	Flecha (m)	Coef(%)
Viento	-10	0,88	1418,61		
Hielo	-15	1,16	1904,53		
Viento+Hielo	-15	1,25	2033,33		
EDS	15	0,47	652,15		10,74
CHS	15	0,47	770,45		12,67
f max viento	15	0,88	1213,15	7,12	
f max temp	50	0,47	485,53	9,40	
f max hielo	0	1,16	1721,61	6,61	
f min	-15	0,47	838,86	5,44	

# TABLAS DE TENDIDO

Conductor LA-380 (GULL)

CANTON	1		2		3		4		5		6	
Temp (°C)	Tracción horizontal (daN)	Flecha (m)										
0	1785,23	8,50	1711,91	6,17	1648,74	6,40	1700,16	6,21	1847,55	5,71	1837,63	5,75
5	1713,79	8,85	1622,74	6,51	1549,49	6,81	1609,92	6,56	1794,48	5,88	1781,72	5,93
10	1650,11	9,19	1545,84	6,83	1465,76	7,20	1532,31	6,89	1745,66	6,05	1730,53	6,10
15	1592,90	9,52	1478,69	7,14	1393,97	7,57	1464,68	7,21	1700,56	6,21	1683,44	6,27
20	1541,15	9,84	1419,41	7,44	1331,57	7,93	1405,11	7,51	1658,72	6,37	1639,93	6,44
25	1494,05	10,15	1366,61	7,73	1276,71	8,27	1352,13	7,81	1619,79	6,52	1599,59	6,60
30	1450,96	10,46	1319,20	8,00	1228,01	8,60	1304,62	8,09	1583,44	6,67	1562,04	6,76
35	1411,34	10,75	1276,32	8,27	1184,40	8,91	1261,72	8,37	1549,40	6,81	1526,98	6,91
40	1374,75	11,04	1237,32	8,53	1145,07	9,22	1222,74	8,63	1517,45	6,96	1494,16	7,07
45	1340,84	11,31	1201,65	8,79	1109,36	9,52	1187,11	8,89	1487,37	7,10	1463,34	7,21

Cable de Guarda OPWG

CANTON	1		2		3		4		5		6	
Temp (°C)	Tracción horizontal (daN)	Flecha (m)										
0	678,03	12,57	676,03	8,77	655,84	9,04	671,90	8,82	714,83	8,29	712,00	8,33
5	640,19	13,31	637,27	9,30	611,93	9,69	632,61	9,37	692,93	8,56	688,83	8,61
10	607,87	14,02	604,30	9,81	575,53	10,30	599,28	9,89	672,88	8,81	667,74	8,88
15	579,87	14,69	575,83	10,30	544,76	10,88	570,58	10,39	654,45	9,06	648,44	9,14
20	555,33	15,34	550,95	10,76	518,33	11,44	545,55	10,87	637,42	9,30	630,70	9,40
25	533,60	15,97	528,97	11,21	495,32	11,97	523,49	11,33	621,64	9,54	614,31	9,65
30	514,19	16,57	509,38	11,64	475,08	12,48	503,85	11,77	606,96	9,77	599,12	9,90
35	496,72	17,15	491,78	12,06	457,08	12,97	486,23	12,19	593,26	9,99	584,98	10,14
40	480,88	17,72	475,86	12,46	440,96	13,45	470,31	12,61	580,43	10,22	571,79	10,37
45	466,46	18,27	461,37	12,85	426,41	13,91	455,83	13,01	568,40	10,43	559,44	10,60

## 2.2.- CALCULO MECANICO DE APOYOS

El cálculo mecánico de las tensiones y momentos que sufren los apoyos se hará de manera individual de la manera que especifica el RLAT en la ITC-LAT 07. En dicha ITC se distinguen las diferentes cargas que soportan para diferentes hipótesis y condiciones, dependiendo de la función del apoyo en cuestión y de la zona en la que se esté. A continuación se procede a explicar dichas cargas.

### 2.2.1.- APOYOS DE SUSPENSION EN ALINEACION

Cargas	1ª Hipótesis (viento)	2ª Hipótesis (hielo)	3ª Hipótesis (desequilibrio de tracciones)	4ª Hipótesis (rotura de conductores)
Vertical	$P_{cond} + P_{caden} + P_{herr}$	$P_{cond+hielo} + P_{caden} + P_{herr}$	$P_{cond+hielo} + P_{caden} + P_{herr}$	$P_{cond+hielo} + P_{caden} + P_{herr}$
Transversal	$n \cdot F_T$	0	0	0
Longitudinal	0	0	$n(\%_{deseq}) \cdot T_h$	$n(\%_{rotura}) \cdot T_h$

$$P_{cond} = n \cdot p \left[ \frac{a_1 + a_2}{2} + \frac{T_v}{p_{ap}} \cdot \left( \frac{d_1}{a_1} - \frac{d_2}{a_2} \right) \right]$$

$$P_{cond+hielo} = n \cdot p \left[ \frac{a_1 + a_2}{2} + \frac{T_v}{p_{ap}} \cdot \left( \frac{d_1}{a_1} - \frac{d_2}{a_2} \right) \right]$$

$$F_T = q \cdot d \left( \frac{a_1 + a_2}{2} \right)$$

Donde,

$P_{cond}$ : Carga del peso del conductor sometido a viento (daN)

$P_{cond+hielo}$ : Carga del peso del conductor sometido a hielo (daN)

$n$ : Numero de subconductores del haz

$p$ : Peso nominal del conductor (daN)

$p_{ap}$ : Peso aparente del conductor (daN)

$a_1, a_2$ : Longitud de los vanos anterior y posterior, respectivamente (m)

$T_v$ : Tensión horizontal en un conductor (daN)

$T_h$ : Tensión vertical en un conductor (daN)

$d_1, d_2$ : Desniveles de los vanos anterior y posterior, respectivamente (m)

$F_T$ : Fuerza transversal (daN)

$\%_{deseq}$ : Coeficiente de desequilibrio para apoyos de alineación

$\%_{rotura}$ : Coeficiente de rotura para apoyos de alineacion en porcentaje de la tensión del cable roto.

La tensión horizontal se calculara para un conductor en zona B con temperatura de -10°C y con un viento transversal de 120 km/h. La tensión vertical se calculara para una temperatura de -15°C con sobrecarga de hielo.

El coeficiente de desequilibrio será del 15%, por ser la línea de tensión superior a 66kV, mientras que el coeficiente de rotura de conductor será del 50%.

### 2.2.2.- APOYOS DE AMARRE EN ALINEACION

Cargas	1ª Hipótesis (viento)	2ª Hipótesis (hielo)	3ª Hipótesis (desequilibrio de tracciones)	4ª Hipótesis (rotura de conductores)
Vertical	$P_{cond} + P_{caden} + P_{herr}$	$P_{cond+hielo} + P_{caden} + P_{herr}$	$P_{cond+hielo} + P_{caden} + P_{herr}$	$P_{cond+hielo} + P_{caden} + P_{herr}$
Transversal	$n \cdot F_T$	0	0	0
Longitudinal	0	0	$n(\%_{deseq}) \cdot T_h$	$T_h$

$$P_{cond} = n \cdot p \left[ \frac{a_1 + a_2}{2} + \frac{T_{v1}}{p_{ap}} \cdot \left( \frac{d_1}{a_1} \right) - \frac{T_{v2}}{p_{ap}} \cdot \left( \frac{d_2}{a_2} \right) \right]$$

$$P_{cond+hielo} = n \cdot p \left[ \frac{a_1 + a_2}{2} + \frac{T_{h1}}{p_{ap}} \cdot \left( \frac{d_1}{a_1} \right) - \frac{T_{h2}}{p_{ap}} \cdot \left( \frac{d_2}{a_2} \right) \right]$$

$$F_T = q \cdot d \left( \frac{a_1 + a_2}{2} \right)$$

Donde,

- $P_{cond}$ : Carga del peso del conductor sometido a viento (daN)
- $P_{cond+hielo}$ : Carga del peso del conductor sometido a hielo (daN)
- $n$ : Numero de subconductores del haz
- $p$ : Peso nominal del conductor (daN)
- $p_{ap}$ : Peso aparente del conductor (daN)
- $a_1, a_2$ : Longitud de los vanos anterior y posterior, respectivamente (m)
- $T_{v1}, T_{v2}$ : Tensión horizontal en los vanos anterior y posterior, respectivamente (daN)
- $T_v$ : Tensión horizontal máxima entre  $T_{v1}$  y  $T_{v2}$  en un conductor (daN)
- $T_{h1}, T_{h2}$ : : Tensión vertical en los vanos anterior y posterior, respectivamente (daN)
- $T_h$ : Tensión vertical máxima entre  $T_{h1}$  y  $T_{h2}$  en un conductor (daN)
- $d_1, d_2$ : Desniveles de los vanos anterior y posterior, respectivamente (m)
- $F_T$ : Fuerza transversal (daN)
- $\%_{deseq}$ : Coeficiente de desequilibrio para apoyos de alineación

Las tensiones horizontal y vertical de los vanos anteriores y posteriores al apoyo se calcularan en las mismas condiciones que en el caso anterior. En este caso, el coeficiente de desequilibrio será del 25%.

### 2.2.3.- APOYOS DE AMARRE EN ANGULO

Cargas	1ª Hipótesis (viento)	2ª Hipótesis (hielo)	3ª Hipótesis (desequilibrio de tracciones)	4ª Hipótesis (rotura de conductores)
Vertical	$P_{cond} + P_{caden} + P_{herr}$	$P_{cond+hielo} + P_{caden} + P_{herr}$	$P_{cond+hielo} + P_{caden} + P_{herr}$	$P_{cond+hielo} + P_{caden} + P_{herr}$
Transversal	$n \cdot (F_T + R_{angulo})$	$n \cdot R_{angulo}$	$n(2 - \%_{deseq}) \cdot T_h \cdot \text{sen}(\alpha/2)$	$(2n - 1) \cdot T_h \cdot \text{sen}(\alpha/2)$
Longitudinal	0	0	$n(\%_{deseq}) \cdot T_h \cdot \text{cos}(\alpha/2)$	$T_h \cdot \text{cos}(\alpha/2)$

$$P_{cond} = n \cdot p \left[ \frac{a_1 + a_2}{2} + \frac{T_{v1}}{p_{ap}} \cdot \left( \frac{d_1}{a_1} \right) - \frac{T_{v2}}{p_{ap}} \cdot \left( \frac{d_2}{a_2} \right) \right]$$

$$P_{cond+hielo} = n \cdot p \left[ \frac{a_1 + a_2}{2} + \frac{T_{h1}}{p_{ap}} \cdot \left( \frac{d_1}{a_1} \right) - \frac{T_{h2}}{p_{ap}} \cdot \left( \frac{d_2}{a_2} \right) \right]$$

$$F_T = q \cdot d \left( \frac{a_1 + a_2}{2} \right) \cdot \text{cos} \left( \frac{\alpha}{2} \right)$$

$$R_{angulo} = 2 \cdot T_v \cdot \text{sen} \left( \frac{\alpha}{2} \right)$$

Donde,

- $P_{cond}$ : Carga del peso del conductor sometido a viento (daN)
- $P_{cond+hielo}$ : Carga del peso del conductor sometido a hielo (daN)
- $n$ : Numero de subconductores del haz
- $p$ : Peso nominal del conductor (daN)
- $p_{ap}$ : Peso aparente del conductor (daN)
- $a_1, a_2$ : Longitud de los vanos anterior y posterior, respectivamente (m)
- $T_{v1}, T_{v2}$ : Tensión horizontal en los vanos anterior y posterior, respectivamente (daN)
- $T_v$ : Tensión horizontal máxima entre  $T_{v1}$  y  $T_{v2}$  en un conductor (daN)
- $T_{h1}, T_{h2}$ : Tensión vertical en los vanos anterior y posterior, respectivamente (daN)
- $T_h$ : Tensión vertical máxima entre  $T_{h1}$  y  $T_{h2}$  en un conductor (daN)
- $d_1, d_2$ : Desniveles de los vanos anterior y posterior, respectivamente (m)
- $F_T$ : Fuerza transversal (daN)
- $\%_{deseq}$ : Coeficiente de desequilibrio para apoyos de alineación
- $R_{angulo}$ : Carga resultante del ángulo (daN)
- $\alpha$ : Angulo de giro de la linea en el apoyo (°)

El coeficiente de desequilibrio de tracciones también vale 25% para este caso.

### 2.2.4.- APOYOS DE FIN DE LINEA

Cargas	1ª Hipótesis (viento)	2ª Hipótesis (hielo)	3ª Hipótesis (desequilibrio de tracciones)	4ª Hipótesis (rotura de conductores)
Vertical	$P_{cond} + P_{caden} + P_{herr}$	$P_{cond+hielo} + P_{caden} + P_{herr}$	0	$P_{cond+hielo} + P_{caden} + P_{herr}$
Transversal	$n \cdot F_T$	0	0	0
Longitudinal	$n \cdot T_v$	$n \cdot T_h$	0	$n \cdot T_h$

$$P_{cond} = n \cdot p \left[ \frac{a_1}{2} + \frac{T_v}{p_{ap}} \cdot \left( \frac{d_1}{a_1} \right) \right]$$

$$P_{cond+hielo} = n \cdot p \left[ \frac{a_1}{2} + \frac{T_v}{p_{ap}} \cdot \left( \frac{d_1}{a_1} \right) \right]$$

$$F_T = q \cdot d \left( \frac{a_1}{2} \right)$$

Donde,

- $P_{cond}$ : Carga del peso del conductor sometido a viento (daN)
- $P_{cond+hielo}$ : Carga del peso del conductor sometido a hielo (daN)
- $n$ : Numero de subconductores del haz
- $p$ : Peso nominal del conductor (daN)
- $p_{ap}$ : Peso aparente del conductor (daN)
- $a_1$ : Longitud del vano (m)
- $T_v$ : Tensión horizontal en un conductor (daN)
- $T_h$ : Tensión vertical en un conductor (daN)
- $d_1$ : Desnivele del vano (m)
- $F_T$ : Fuerza transversal (daN)

Las tensiones horizontal y vertical se calculan en las mismas condiciones que en el caso de apoyos de suspensión en alineación.

## **TABLAS DE ESFUERZOS EN PUNTA DE CRUCETA POR APOYO**

Modificación del Anillo de A.T. de 132kV de la Ciudad de Huesca  
Guillermo Lorés Martínez

Apoyo		CONDUCTOR LA-380				C.GUARDA - OPGW			
		1ª	2ª	3ª	4ª	1ª	2ª	3ª	4ª
1	V	304,67	487,37	-	487,37	158,31	297,32	-	297,32
	T	90,30	0,00	-	0,00	53,37	0,00	-	0,00
	L	2747,25	3456,93	-	3456,93	1405,67	1901,14	-	1901,14
2	V	467,79	768,83	768,83	768,83	219,23	449,21	449,21	449,21
	T	289,03	0,00	0,00	0,00	170,82	0,00	0,00	0,00
	L	0,00	0,00	518,54	3456,93	0,00	0,00	285,17	1901,14
3	V	394,24	630,92	630,92	630,92	189,83	371,79	371,79	371,79
	T	397,45	0,00	0,00	0,00	234,90	0,00	0,00	0,00
	L	0,00	0,00	518,54	3456,93	0,00	0,00	285,17	1901,14
4	V	430,33	696,59	696,59	696,59	203,91	408,15	408,15	408,15
	T	380,40	0,00	0,00	0,00	224,82	0,00	0,00	0,00
	L	0,00	0,00	518,54	3456,93	0,00	0,00	285,17	1901,14
5	V	355,71	565,49	565,49	565,49	175,63	336,76	336,76	336,76
	T	331,67	0,00	0,00	0,00	196,02	0,00	0,00	0,00
	L	0,00	0,00	518,54	3456,93	0,00	0,00	285,17	1901,14
6	V	376,83	604,95	604,95	604,95	183,87	358,43	358,43	358,43
	T	2831,29	3149,42	2354,12	2354,12	1480,94	1733,92	1294,65	1294,65
	L	0,00	0,00	1540,08	1540,08	0,00	0,00	846,96	846,96
7	V	250,58	374,54	374,54	374,54	134,88	231,57	231,57	231,57
	T	331,06	0,00	0,00	0,00	195,66	0,00	0,00	0,00
	L	0,00	0,00	870,07	3480,27	0,00	0,00	479,54	1918,14
8	V	174,01	243,37	243,37	243,37	106,43	160,99	160,99	160,99
	T	225,53	0,00	0,00	0,00	133,29	0,00	0,00	0,00
	L	0,00	0,00	870,07	3480,27	0,00	0,00	479,54	1918,14
9	V	-155,24	243,37	243,37	243,37	-21,22	160,99	160,99	160,99
	T	213,80	0,00	0,00	0,00	126,36	0,00	0,00	0,00
	L	0,00	0,00	522,04	3480,27	0,00	0,00	287,72	1918,14
10	V	749,96	1290,27	1290,27	1290,27	329,70	737,61	737,61	737,61
	T	248,67	0,00	0,00	0,00	146,97	0,00	0,00	0,00
	L	0,00	0,00	522,04	3480,27	0,00	0,00	287,72	1918,14

Modificación del Anillo de A.T. de 132kV de la Ciudad de Huesca  
Guillermo Lorés Martínez

11	V	280,05	433,90	433,90	433,90	147,19	265,46	265,46	265,46
	T	963,27	906,03	681,40	681,40	517,02	499,74	375,55	375,55
	L	0,00	0,00	1725,25	1725,25	0,00	0,00	950,87	950,87
12	V	283,87	440,47	440,47	440,47	148,62	269,01	269,01	269,01
	T	262,99	0,00	0,00	0,00	155,43	0,00	0,00	0,00
	L	0,00	0,00	519,17	3461,12	0,00	0,00	286,58	1910,52
13	V	191,56	281,20	-	281,20	114,14	183,05	-	183,05
	T	150,53	0,00	-	0,00	88,97	0,00	-	0,00
	L	2676,94	3461,12	-	3461,12	1387,29	1910,52	-	1910,52
14	V	215,56	322,61	-	322,61	123,11	205,40	-	205,40
	T	179,77	0,00	-	0,00	106,25	0,00	-	0,00
	L	2711,73	3469,87	-	3469,87	1398,59	1912,73	-	1912,73
15	V	628,73	1072,28	1072,28	1072,28	283,00	617,89	617,89	617,89
	T	226,21	0,00	0,00	0,00	133,70	0,00	0,00	0,00
	L	0,00	0,00	520,48	2602,40	0,00	0,00	286,91	1434,55
16	V	253,68	388,39	388,39	388,39	137,34	240,90	240,90	240,90
	T	226,21	0,00	0,00	0,00	133,70	0,00	0,00	0,00
	L	0,00	0,00	520,48	2602,40	0,00	0,00	286,91	1434,55
17	V	331,87	523,29	523,29	523,29	166,54	313,71	313,71	313,71
	T	1087,40	965,66	724,37	724,37	582,28	531,22	399,30	399,30
	L	0,00	0,00	1718,05	1718,05	0,00	0,00	947,06	947,06
18	V	253,68	388,39	388,39	388,39	137,34	240,90	240,90	240,90
	T	226,21	0,00	0,00	0,00	133,70	0,00	0,00	0,00
	L	0,00	0,00	520,31	2601,53	0,00	0,00	285,63	1428,16
19	V	231,87	350,75	350,75	350,75	129,20	220,59	220,59	220,59
	T	199,64	0,00	0,00	0,00	117,99	0,00	0,00	0,00
	L	0,00	0,00	520,31	2601,53	0,00	0,00	285,63	1428,16
20	V	417,74	671,46	671,46	671,46	198,61	393,67	393,67	393,67
	T	426,08	0,00	0,00	0,00	251,82	0,00	0,00	0,00
	L	0,00	0,00	520,31	2601,53	0,00	0,00	285,63	1428,16
21	V	460,74	745,66	745,66	745,66	214,67	433,71	433,71	433,71
	T	819,01	423,50	317,64	317,64	456,08	232,52	174,37	174,37
	L	0,00	0,00	1731,12	1731,12	0,00	0,00	950,33	950,33

Modificación del Anillo de A.T. de 132kV de la Ciudad de Huesca  
Guillermo Lorés Martínez

22	V	343,99	544,21	544,21	544,21	171,07	325,00	325,00	325,00
	T	336,23	0,00	0,00	0,00	198,72	0,00	0,00	0,00
	L	0,00	0,00	520,26	2601,28	0,00	0,00	285,68	1428,39
23	V	231,12	349,46	349,46	349,46	128,92	219,89	219,89	219,89
	T	198,73	0,00	0,00	0,00	117,45	0,00	0,00	0,00
	L	0,00	0,00	520,26	2601,28	0,00	0,00	285,68	1428,39
24	V	270,24	416,97	416,97	416,97	143,53	256,32	256,32	256,32
	T	246,39	0,00	0,00	0,00	145,62	0,00	0,00	0,00
	L	0,00	0,00	520,26	2601,28	0,00	0,00	285,68	1428,39
25	V	342,74	542,06	542,06	542,06	170,60	323,83	323,83	323,83
	T	334,71	0,00	0,00	0,00	197,82	0,00	0,00	0,00
	L	0,00	0,00	520,26	2601,28	0,00	0,00	285,68	1428,39
26	V	289,49	450,18	450,18	450,18	150,72	274,25	274,25	274,25
	T	269,84	0,00	0,00	0,00	159,48	0,00	0,00	0,00
	L	0,00	0,00	520,26	2601,28	0,00	0,00	285,68	1428,39
27	V	399,99	640,84	640,84	640,84	191,98	377,14	377,14	377,14
	T	404,46	0,00	0,00	0,00	239,04	0,00	0,00	0,00
	L	0,00	0,00	520,26	2601,28	0,00	0,00	285,68	1428,39
28	V	507,36	826,10	-	826,10	232,08	477,12	-	477,12
	T	535,26	0,00	-	0,00	316,35	0,00	-	0,00
	L	2786,46	3468,37	-	3468,37	1418,61	1904,53	-	1904,53

### 2.2.5.- SELECCIÓN DE APOYOS

En este apartado se explica el procedimiento para la elección de los apoyos. El fabricante elegido es MADE, que dispone de varias series de apoyos. A su vez, dentro de cada serie se distingue entre:

- Tipo de apoyo por resistencia mecánica
- Altura de fuste
- Armado considerado (cabeza del apoyo)

En su catálogo presenta, para las hipótesis estudiadas, un estudio mecánico en función de estas características y una serie de parámetros:

- F: Definido como el sumatorio de todos los esfuerzos horizontales de crucetas y cúpula para cada hipótesis en cada apoyo.
- R: Definido como la relación entre los esfuerzos horizontales de cúpula (Ht) y de cruceta (Hc) para cada hipótesis en cada apoyo.  $R=Ht/Hc$ .
- T/L: Proporción de esfuerzos transversales o longitudinales respecto al total de esfuerzos para cada hipótesis en cada apoyo.

El objetivo es que las tracciones obtenidas en el estudio mecánico de cada apoyo del presente proyecto sean inferiores al máximo que especifica el fabricante en su estudio. Además, se debe buscar un compromiso entre prestaciones mecánicas y coste.

Como se verá más adelante, todos los armados de la serie ARCE cumplen con las distancias mínimas que deben guardar los conductores. Por ello, al no ser las distancias una restricción, se elegirá el armado F43 y H23.

En la tabla siguiente se muestra la elección final de los apoyos, respetando la designación del fabricante

NºApoyo	Tipo	Peso	Designación
1	Inicio de Línea	6135	ARCE 1800 25,0 m H23
2	Suspensión Alineación	3608	ARCE 630 25,0 m H23
3	Suspensión Alineación	3608	ARCE 630 25,0 m H23
4	Suspensión Alineación	3608	ARCE 630 25,0 m H23
5	Suspensión Alineación	3608	ARCE 630 25,0 m H23
6	Anclaje Angulo (54°)	5377	ARCE 1400 25,0 m H23
7	Amarre Alineación	3608	ARCE 630 25,0 m H23

Modificación del Anillo de A.T. de 132kV de la Ciudad de Huesca  
Guillermo Lorés Martínez

8	Amarre Alineación	3608	ARCE 630 25,0 m H23
9	Suspensión Alineación	3608	ARCE 630 25,0 m H23
10	Suspensión Alineación	3608	ARCE 630 25,0 m H23
11	Anclaje Angulo (15°)	6135	ARCE 1800 25,0 m H23
12	Suspensión Alineación	3033	ARCE 300 25,0 m F43
13	Fin de Línea	6135	ARCE 1800 25,0 m H23
14	Fin de Línea	5047	ARCE 1400 25,0 m F43
15	Suspensión Alineación	3033	ARCE 300 25,0 m F43
16	Suspensión Alineación	3033	ARCE 300 25,0 m F43
17	Anclaje Angulo (16°)	3398	ARCE 630 25,0 m F43
18	Suspensión Alineación	3033	ARCE 300 25,0 m F43
19	Suspensión Alineación	3033	ARCE 300 25,0 m F43
20	Suspensión Alineación	3033	ARCE 300 25,0 m F43
21	Anclaje Angulo (7°)	3398	ARCE 630 25,0 m F43
22	Suspensión Alineación	3033	ARCE 300 25,0 m F43
23	Suspensión Alineación	3033	ARCE 300 25,0 m F43
24	Suspensión Alineación	3033	ARCE 300 25,0 m F43
25	Suspensión Alineación	3033	ARCE 300 25,0 m F43
26	Suspensión Alineación	3033	ARCE 300 25,0 m F43

Modificación del Anillo de A.T. de 132kV de la Ciudad de Huesca  
Guillermo Lorés Martínez

27	Suspensión Alineación	3033	ARCE 300 25,0 m F43
28	Fin de Línea	5047	ARCE 1400 25,0 m H23

## **3.- CALCULO DE AISLADORES**

### **3.1.- CALCULO ELECTRICO**

Conociendo el nivel de contaminación al que está expuesta la línea, se obtiene la línea de fuga nominal, como mm por cada kV. Por ello, se aplica la ecuación siguiente:

$$L_{fuga\ total} = U_{MAX} l_{fuga\ nominal}$$

Donde,

$U_{MAX}$ : Tension maxima de la linea (kV)

$l_{fuga\ nominal}$ : Linea de fuga nominal (mm/kV)

La línea de fuga nominal para líneas con nivel de contaminación medio (II) es de 20mm/kV. La tensión máxima de la línea es 145 kV. Se obtiene una línea de fuga total de:

$$L_{fuga\ total} = 2900\ mm$$

### **3.2.- CALCULO MECANICO**

Teniendo en cuenta lo estipulado en el RLAT, los aisladores deben dimensionarse con un coeficiente de seguridad de 3. Por ello, se calculara la carga máxima esperada y se usará el coeficiente mencionado.

Los aisladores estarán sometidos al peso del conductor. La hipótesis más desfavorable considerada tenía como carga máxima una tracción de CR/3. Por ello, aplicando el coeficiente de seguridad de los aisladores, estos deben soportar la carga de rotura del conductor (107,18 kN).

### **3.3.- ELECCION DE AISLADORES**

<b>AISLADORES</b>	<b>E120-146</b>
Clase IEC-305	U120B
Material	Vidrio templado
<b>Datos dimensionales</b>	
Paso (mm)	146
Diámetro (mm)	255
Línea de fuga (mm)	315
Peso (kg)	3,8
<b>Valores eléctricos</b>	
Tensión soportada en seco (kV)	70
Tensión soportada en lluvia (kV)	40
Tensión soportada de choque (kV)	100

### **3.4.- DETERMINACION DEL NUMERO DE AISLADORES**

Se aplica la siguiente expresión:

$$N^{\circ}_{aisladores} = \frac{L_{fuga\ total}}{L_{fuga\ aislador}}$$

Donde,

$L_{fuga\ total}$ : Línea de fuga total necesaria (mm)

$L_{fuga\ aislador}$ : Línea de fuga propia de cada aislador (mm/aislador)

Quedando:

$$N^{\circ}_{aisladores} = 9.2\ aisladores$$

Este resultado es el número mínimo de aisladores necesario, por lo que se colocaran un total de 10 aisladores. Además, se comprueba que con 10 aisladores se cumplen las tensiones a soportar a frecuencia industrial y a impulsos tipo rayo.

## **4.- CALCULO DE HERRAJES**

Se denomina herrajes al siguiente conjunto de elementos:

- Horquilla
- Rotula
- Grapa (de suspensión o amarre)

El fabricante seleccionado es MADE. Para cada uno de los elementos citados anteriormente existe una amplia gama. La elección se hará de manera que sean elementos compatibles entre sí (tolerancias entre piezas macho y hembra). Además, se deberán respetar las siguientes restricciones:

- Carga de rotura de los herrajes superior a las cargas de rotura de conductores y cable de guarda: Para ello, se tendrá en consideración un coeficiente de seguridad de 3, resultando una carga de rotura mínima de los herrajes de 107,18 kN
- Optimización de peso, longitud y costes.

El detalle de los elementos que constituyen las cadenas de suspensión y amarre se encuentra en la sección de planos.

## **5.- DISTANCIAS DE SEGURIDAD**

Partiendo de lo estipulado en la ITC-LAT 07 del reglamento, se procede a calcular las distancias mínimas de seguridad. Es necesario guardar distancia en líneas de conductor desnudo, ya que el aislamiento entre elementos a diferente tensión eléctrica es el propio aire. Se definen tres distancias de seguridad:

- $D_{ei}$ : Distancia de aislamiento en el aire mínima especificada, para prevenir una descarga disruptiva entre conductores de fase y objetos a potencial de tierra en sobretensiones de frente lento o rápido. Es aplicable tanto para distancias en el apoyo como para distancias a obstáculos.
- $D_{pp}$ : Distancia de aislamiento en el aire mínima especificada, para prevenir una descarga disruptiva entre conductores de fase durante sobretensiones de frente lento o rápido. Se trata de una distancia interna, entre conductores.
- $a_{som}$ : Valor mínimo de la distancia de descarga de la cadena de aisladores, definida como la distancia más corta en línea recta entre las partes en tensión y las partes puestas a tierra.

Según la tabla 15 de la misma ITC, se obtiene que para el nivel de tensión de la línea del presente proyecto, las distancias anteriores valen:

Tensión más elevada (kV)	$D_{ei}$ (m)	$D_{pp}$ (m)
145	1020	1.40

### **5.1.- DISTANCIAS ENTRE CONDUCTORES**

La separación mínima entre conductores de fase depende de distintos factores y queda definida según:

$$D = k \cdot \sqrt{F + L} + k' \cdot D_{pp}$$

Donde,

- $k$ : Coeficiente que depende de la oscilación de los conductores con el viento
- $F$ : Flecha máxima (m)
- $L$ : Longitud de la cadena de suspensión (m)
- $k'$ : Coeficiente que depende de la tensión nominal de la línea
- $D_{pp}$ : Distancia parámetro (m)

El valor del coeficiente  $k'$  para una tensión nominal de 132 kV es de 0,75. El valor del coeficiente  $k$  depende del ángulo de oscilación,  $\alpha$ . Dicho ángulo vale, para el caso que nos ocupa:

$$\alpha = \arctg\left(\frac{1.2896}{2.1571}\right) = 30.8722^\circ$$

Con este dato y la tabla 16 de la ITC-LAT 07, se obtiene que  $k=0,6$ . Así, se obtiene una distancia de:

$$D = 3.8389 \text{ m}$$

## **5.2.- DISTANCIAS ENTRE CONDUCTORES Y ELEMENTOS PUESTOS A TIERRA**

La separación mínima entre los conductores y otros elementos en tensión a los apoyos no será inferior a  $D_{el}$ . Se tendrá en cuenta la desviación de las cadenas de suspensión, considerando la mitad de la presión del viento a 120 km/h, con una temperatura de  $-10^{\circ}\text{C}$ .

En la sección de planos se ha demostrado que bajo estas condiciones se sigue cumpliendo con la distancia.

## **5.3.- DISTANCIAS AL TERRENO, CAMINOS, SENDAS Y CURSOS DE AGUA NO NAVEGABLES**

Atendiendo a la ITC-LAT 07, la distancia de conductores en tensión al terreno, caminos, sendas y cursos de agua no navegables será de un mínimo de 6 m y se calculará utilizando:

$$D_{da} + D_{el} = 5.3 + D_{el}$$

Se obtiene un resultado de 6,5 m, aunque en el dimensionamiento de la instalación se han tenido en cuenta 7 metros. En el apartado de planos se comprueba que se cumple con esta distancia.

## **5.4.- DISTANCIA A OTRAS LINEAS ELECTRICAS AEREAS**

En el RLAT se distingue entre cruzamientos y paralelismos, pero como en el presente proyecto no se producen paralelismos, solo se ha considerado el cruzamiento con otras líneas. Se estipula en el reglamento que frente a un cruzamiento, la línea de mayor tensión pasará por encima. En el caso de misma tensión, pasará por encima la de nueva construcción. En nuestro caso, todos los cruzamientos se abordan por encima de las líneas ya existentes.

El objetivo a la hora de realizar un cruzamiento será situar el apoyo lo más cercano posible al mismo, de forma que la altura del conductor de la línea sea lo mayor posible.

Además se intentará buscar el punto medio de un vano de la línea a cruzar. Se definen las siguientes distancias de seguridad:

- Distancia entre conductores de la línea inferior y el apoyo de la línea superior.

$$D_{da} + D_{el} = 1.5 + 1.2 = 2.7 \text{ m}$$

- Distancia vertical entre conductores de la línea inferior y de la superior.

$$D_{da} + D_{el} = 3 + 1.4 = 4.4 \text{ m}$$

- Distancia entre conductores de fase de la línea superior y el cable de guarda de la inferior.

$$D_{da} + D_{el} = 1.5 + 1.2 = 2.7 \text{ m}$$

## **5.5.- DISTANCIA A CARRETERAS**

Se deberá dejar una distancia horizontal mínima entre el apoyo y la arista exterior de la calzada de 50 m en caso de autopistas o 25m en caso del resto de carreteras. Las carreteras cruzadas en el presente proyecto no son autopistas, por lo que se dejarán 25 m, que se puede comprobar en la sección de planos.

La distancia vertical mínima entre los conductores de la línea y la rasante de la carretera será de:

$$D_{dd} + D_{el} = 6.3 + 1.2 = 7.5 \text{ m}$$

Se puede comprobar que dicha distancia se ha respetado en el apartado de planos.

## **6.- CALCULO DE CIMENTACIONES**

Para el cálculo de las cimentaciones se seguirá lo estipulado en la ITC-LAT 07 con el objetivo de que las cimentaciones puedan absorber las cargas de compresión y arranque a las que serán sometidas. El método aplicado es el del talud natural.

Como garantía del cálculo se comprobará que el coeficiente de seguridad al vuelco no sea inferior a 1,5 en hipótesis normales y 1,2 en hipótesis anormales. Este se calcula como el cociente entre el momento estabilizador mínimo respecto a la arista más cargada y el momento volcado máximo motivado por fuerzas externas (dependientes de la hipótesis considerada).

### **6.1.- COMPROBACION AL ARRANQUE**

Se consideraran las siguientes fuerzas oponiéndose al arranque:

- Peso del apoyo (al ser cimentación fraccionada, se considerará un cuarto del peso)
- Peso de la cimentación
- Peso de las tierras que arrastraría el macizo de hormigón al ser arrancado.

No hace falta considerar la carga resistente de los pernos, puesto que no es una cimentación mixta o en roca. Teniendo en cuenta lo anterior, el esfuerzo estabilizador queda:

$$P_e = \frac{1}{4} \cdot P_a + P_h + P_t$$

Donde,

- $P_a$ : Peso del apoyo (daN)
- $P_h$ : Peso del hormigón (daN)
- $P_t$ : Peso de las tierras desplazadas (daN)

El peso del hormigón se obtiene a partir del dato de volumen que facilita el fabricante (MADE) y el peso específico del hormigón.

$$P_h = \delta_h \cdot V_h$$

Donde,

- $\delta_h$ : Peso específico del hormigón (daN/m<sup>3</sup>)
- $V_h$ : Volumen de hormigón (m<sup>3</sup>)

Por otro lado, el peso de las tierras arrancadas se obtiene de la expresión siguiente, que supone que la forma de dichas tierras desplazadas es una pirámide invertida y truncada. La base inferior de dicha pirámide tiene la misma área que la base de la cimentación.

$$P_t = \delta_t \cdot \left( \frac{H}{3} \cdot (b_1 + b_2 + \sqrt{b_1 b_2}) - V_h - V_{interf} \right)$$

Donde,

- $\delta_t$ : Peso específico de las tierras desplazadas (daN/m<sup>3</sup>)
- $H$ : Profundidad de la cimentación (m)
- $b_1, b_2$ : Área de la base inferior y superior, respectivamente, de la pirámide truncada (m<sup>2</sup>).
- $V_h$ : Volumen de hormigón (m<sup>3</sup>).
- $V_{interf}$ : Volumen de interferencia de las tierras (m<sup>3</sup>).

La base inferior ( $b_1$ ) de dicha pirámide tiene la misma área que la base de la cimentación. La base superior se obtiene de:

$$b_2 = (a + 2 \cdot H \tan \beta)$$

Donde,

- $a$ : Lado de la cimentación (m)
- $\beta$ : Angulo de arranque del terreno ( $^\circ$ )

El ángulo de arranque se supondrá de  $30^\circ$ , como aconseja el reglamento. Para que el diseño de una cimentación sea correcto, se debe comprobar que el esfuerzo estabilizador así calculado sea inferior al esfuerzo nominal de la cimentación que proporciona el fabricante (MADE)

## **6.2.- COMPROBACION A LA COMPRESION**

Se consideraran las siguientes fuerzas de compresión:

- Peso del apoyo (al ser cimentación fraccionada, se considerará un cuarto del peso).
- Peso de la cimentación
- Peso de las tierras que actúan sobre la solera de la cimentación.
- Compresión ejercida por el apoyo.

En este punto se comprobara que la presión (fuerza por unidad de área) de las cargas anteriores no sobrepasa la carga admisible límite del terreno. Se tomara un valor de  $3 \text{ daN/cm}^2$ . Entonces:

$$\sigma_{adm} \geq \frac{\frac{1}{4} \cdot P_a + P_h + C}{S_{solera}}$$

Donde,

- $P_a$ : Peso del apoyo (daN)
- $P_h$ : Peso del hormigón (daN)
- $C$ : Compresión máxima del montaje (daN)
- $S_{solera}$ : Superficie de la solera ( $\text{cm}^2$ )

El peso del hormigón se calculara de la misma manera que en el apartado anterior.

## **6.3.- COMPROBACION DE ADHERENCIA ENTRE ANCLAJE Y CIMENTACION**

Para esta comprobación se supondrá que la mitad de la carga que el anclaje transmite a la cimentación es absorbida por la adherencia entre anclaje y macizo, mientras que la otra mitad la absorben a cortadura los casquillos del anclaje. Se utilizaran coeficientes de seguridad para ambas cargas de 1,5. Así, se debe comprobar que se cumplen las dos ecuaciones siguientes:

$$A \cdot \gamma_{a-h} \geq 1.5 \cdot \frac{C}{2}$$



En la sección de planos se muestran las dimensiones y detalles de las cimentaciones.

En la siguiente tabla se muestra la cimentación utilizada en cada apoyo con sus dimensiones que están referidas en la imagen y la designación del fabricante:

NºApoyo	Tipo	Designación	H(m)	h(m)	V(m <sup>3</sup> )
1	Inicio de Línea	ARCE 1800 25,0 m H23	3,45	0,8	4,78
2	Suspensión Alineación	ARCE 630 25,0 m H23	2,5	0,4	2,11
3	Suspensión Alineación	ARCE 630 25,0 m H23	2,5	0,4	2,11
4	Suspensión Alineación	ARCE 630 25,0 m H23	2,5	0,4	2,11
5	Suspensión Alineación	ARCE 630 25,0 m H23	2,5	0,4	2,11
6	Anclaje Angulo (54°)	ARCE 1400 25,0 m H23	3,2	0,65	4,13
7	Amarre Alineación	ARCE 630 25,0 m H23	2,5	0,4	2,11
8	Amarre Alineación	ARCE 630 25,0 m H23	2,5	0,4	2,11
9	Suspensión Alineación	ARCE 630 25,0 m H23	2,5	0,4	2,11
10	Suspensión Alineación	ARCE 630 25,0 m H23	2,5	0,4	2,11
11	Anclaje Angulo (15°)	ARCE 1800 25,0 m H23	3,45	0,8	4,78
12	Suspensión Alineación	ARCE 300 25,0 m F43	1,95	0,4	1,37
13	Fin de Línea	ARCE 1800 25,0 m H23	3,45	0,8	4,78
14	Fin de Línea	ARCE 1400 25,0 m F43	3,2	0,65	4,13
15	Suspensión Alineación	ARCE 300 25,0 m F43	1,95	0,4	1,37
16	Suspensión Alineación	ARCE 300 25,0 m F43	1,95	0,4	1,37
17	Anclaje Angulo (16°)	ARCE 630 25,0 m F43	2,5	0,4	2,11

Modificación del Anillo de A.T. de 132kV de la Ciudad de Huesca  
Guillermo Lorés Martínez

18	Suspensión Alineación	ARCE 300 25,0 m F43	1,95	0,4	1,37
19	Suspensión Alineación	ARCE 300 25,0 m F43	1,95	0,4	1,37
20	Suspensión Alineación	ARCE 300 25,0 m F43	1,95	0,4	1,37
21	Anclaje Angulo (7°)	ARCE 630 25,0 m F43	2,5	0,4	2,11
22	Suspensión Alineación	ARCE 300 25,0 m F43	1,95	0,4	1,37
23	Suspensión Alineación	ARCE 300 25,0 m F43	1,95	0,4	1,37
24	Suspensión Alineación	ARCE 300 25,0 m F43	1,95	0,4	1,37
25	Suspensión Alineación	ARCE 300 25,0 m F43	1,95	0,4	1,37
26	Suspensión Alineación	ARCE 300 25,0 m F43	1,95	0,4	1,37
27	Suspensión Alineación	ARCE 300 25,0 m F43	1,95	0,4	1,37
28	Fin de Línea	ARCE 1400 25,0 m F43	3,2	0,65	4,19

## **7.- PUESTAS A TIERRA**

Como se explicó en el apartado 4.7., los apoyos se clasifican en lo relativo a puestas a tierra como apoyo frecuentados o no frecuentados. La puesta a tierra se diseña en función de esta clasificación, de manera más estricta para apoyos frecuentados:

- Apoyo frecuentado
  - o Actuación del sistema de puesta a tierra
  - o Cumplir la tensión de contacto admisible
  - o Dimensionamiento ante efectos de rayo
- Apoyo no frecuentado
  - o Actuación correcta de las protecciones

### **7.1.- ELECTRODO DE PUESTA A TIERRA**

De acuerdo con lo explicado anteriormente, el electrodo será diferente en función de la clasificación del apoyo.

Para apoyos frecuentados se utilizara un electrodo horizontal en forma de anillo. Se dispondrá de un anillo difusor por pata en cada apoyo. El anillo será de cobre desnudo, con sección de 50 mm<sup>2</sup>.

Para apoyos no frecuentados bastara con 4 picas, una por pata, de 2 m de longitud y 14 mm de diámetro.

### **7.2.- LINEA DE TIERRA**

Se dispondrán dos líneas de tierra en extremos opuestos de las patas de cada apoyo. Cada línea de tierra será un doble cable de acero galvanizado de 50 mm<sup>2</sup>.

### **7.3.- DIMENSIONAMIENTO DE LA PUESTA A TIERRA**

Atendiendo a lo estipulado en la ITC-LAT 07 del reglamento, la puesta a tierra debe estar dimensionada de forma que cumpla:

- Resistencia a esfuerzos mecánicos y corrosión
- Resistencia térmica en caso de máxima intensidad por los conductores
- Garantizar la seguridad de las personas en caso de falta a tierra
- Garantizar la protección de los equipos y demás elementos

#### **7.3.1.- DIMENSIONAMIENTO ATENDIENDO A RESISTENCIA TERMICA**

Las líneas de tierra deben soportar las corrientes de falta en su totalidad, a pesar de que se dispongan varias líneas de tierra. En cambio, los electrodos pueden dimensionarse de forma que soporten una fracción de la corriente de falta, ya que dicha corriente se distribuye entre los electrodos.

#### **7.3.2.- DIMENSIONAMIENTO ATENDIENDO A LA SEGURIDAD DE LAS PERSONAS**

Con el objetivo primordial de la protección de personas y animales, el dimensionamiento debe ser tal que garantice que la tensión en caso de falta sea suficientemente inferior a la tensión de contacto admisible. Como referencia, se utilizara un coeficiente de seguridad de 2.

### 7.3.3.- DIMENSIONAMIENTO ATENDIENDO A LA PROTECCION FRENTE A IMPULSOS TIPO RAYO

Este dimensionamiento solo se hará en aquellos apoyos clasificados como frecuentados, de forma que en dichos apoyos se garantice la protección de la instalación y las propiedades ante descargas atmosféricas tipo rayo.

### 7.3.4.- RESUMEN

Nº Apoyo	Tipo	Clasificación	Puesta a tierra
1	Inicio de Línea	Frecuentado	4 picas
2	Suspensión Alineación	No frecuentado	4 picas
3	Suspensión Alineación	No frecuentado	4 picas
4	Suspensión Alineación	No frecuentado	4 picas
5	Suspensión Alineación	No frecuentado	4 picas
6	Anclaje Angulo (54°)	No frecuentado	4 picas
7	Amarre Alineación	No frecuentado	4 picas
8	Amarre Alineación	No frecuentado	4 picas
9	Suspensión Alineación	No frecuentado	4 picas
10	Suspensión Alineación	No frecuentado	4 picas
11	Anclaje Angulo (15°)	No frecuentado	4 picas
12	Suspensión Alineación	No frecuentado	4 picas
13	Fin de Línea	No frecuentado	4 picas
14	Fin de Línea	No frecuentado	4 picas
15	Suspensión Alineación	No frecuentado	4 picas
16	Suspensión Alineación	No frecuentado	4 picas
17	Anclaje Angulo (16°)	No frecuentado	4 picas
18	Suspensión Alineación	No frecuentado	4 picas

Modificación del Anillo de A.T. de 132kV de la Ciudad de Huesca  
Guillermo Lorés Martínez

19	Suspensión Alineación	No frecuentado	4 picas
20	Suspensión Alineación	No frecuentado	4 picas
21	Anclaje Angulo (7°)	No frecuentado	4 picas
22	Suspensión Alineación	No frecuentado	4 picas
23	Suspensión Alineación	No frecuentado	4 picas
24	Suspensión Alineación	No frecuentado	4 picas
25	Suspensión Alineación	No frecuentado	4 picas
26	Suspensión Alineación	No frecuentado	4 picas
27	Suspensión Alineación	No frecuentado	4 picas
28	Fin de Línea	No frecuentado	4 picas

## **8.- ESTUDIO BASICO DE IMPACTO MEDIOAMBIENTAL**

### **1.- OBJETO**

El presente documento tiene por objeto describir las actuaciones que se adoptan sobre las instalaciones eléctricas aéreas de alta tensión, -con tensión nominal asignada superior o igual a 30 kV-, en cumplimiento del Decreto 34/2005, de 8 de febrero, del Gobierno de Aragón, por el que se establecen las normas de carácter técnico para las instalaciones eléctricas aéreas con objeto de proteger la avifauna.

### **2.- PRESCRIPCIONES TÉCNICAS DE PROTECCIÓN**

Para conseguir el objeto definido en el primer punto del presente documento, a continuación se describen las acciones adoptadas en el proyecto y realización de las instalaciones eléctricas aéreas, -planteamiento del trazado, características constructivas y definición de las características técnicas de los equipos-, con el fin de reducir los riesgos de electrocución o colisión que las mismas suponen para la avifauna, así como para la reducción del impacto paisajístico.

Estas acciones se han estructurado en los puntos siguientes.

#### **2.1. PRESCRIPCIONES GENÉRICAS**

Con carácter general se adoptarán las siguientes medidas:

- No se instalarán aisladores rígidos.
- No se instalarán puentes flojos por encima de travesaños ó cabecera de los apoyos.
- No se instalarán autoválvulas y seccionadores en posición dominante, por encima de travesaños o cabecera de apoyos.

#### **2.2. CARACTERÍSTICAS DE LOS ELEMENTOS DEL TENDIDO ELÉCTRICO PARA EVITAR ELECTROCUCIONES.**

Para evitar la electrocución de la avifauna se han adoptado las siguientes prescripciones técnicas:

##### **Aislamiento**

Los apoyos se proyectan con cadenas de aisladores suspendidos o de amarre, pero nunca rígidos.

##### **Distancia entre conductores**

La distancia entre conductores no aislados será igual o superior a 1,50 m.

##### **Crucetas y armados**

Apoyos de alineación (suspensión): La fijación de las cadenas de aisladores en las crucetas se realizará a través de cartelas que permitan mantener una distancia mínima de 0,70 m entre el punto de posada y el conductor en tensión.

Apoyos de ángulo y anclaje (amarre): La fijación de los conductores a la cruceta se realizará a través de cartelas que permitan mantener una distancia mínima de 0,70 m, (1.00 m en espacios naturales protegidos ya declarados o dotados de instrumentos de planificación de recursos naturales específicos), entre el punto de posada y el conductor en tensión.

Apoyos con armado tipo bóveda: La distancia entre el conductor central y la base de la bóveda no será inferior a 0,88 m.

Apoyos con armado tipo tresbolillo: La distancia entre la semicruceta inferior y el conductor superior no será inferior a 1,50 m.

Apoyos con armado en hexágono (doble circuito): La distancia entre la semicruceta inferior y el conductor superior no será inferior a 1,50 m.

### **2.3. MEDIDAS PARA MINIMIZAR EL RIESGO DE COLISIÓN**

La prescripción técnica prevista para este objetivo es la señalización de los vanos que atraviesan cauces fluviales, zonas húmedas, pasos de cresta, collados de rutas migratorias y/o colonias de nidificación, mediante el empleo de bandas de balizamiento de neopreno en "X", dispuestas en los conductores de fase y/o de tierra, de diámetro aparente inferior a 20 mm, de manera que generen un efecto visual equivalente a una señal cada 10 m como máximo.

### **2.4. MEDIDAS ADOPTADAS PARA REDUCIR EL IMPACTO PAISAJÍSTICO**

Con carácter general se adoptarán las siguientes medidas para reducir el impacto paisajístico:

- En la reforma de líneas existentes se mantendrá el mismo trazado de la línea a reformar.
- El trazado de la línea discurrirá próxima a vías de comunicación (carreteras, vías férreas, caminos, etc.).
- Se evitará el trazado por cumbres o lomas en zonas de relieve accidentado.
- Se evitarán los desmontes y la roturación de la cubierta vegetal en la construcción de los caminos de acceso a la línea, utilizando accesos existentes.
- Se retirarán los elementos sobrantes en la construcción.
- Se evitará el arrastre de materiales sueltos a cursos de aguas superficiales durante los movimientos de tierras.
- Se adecuará la ubicación del apoyo al terreno, utilizando patas de longitud variable.

# **ESTUDIO BASICO DE SEGURIDAD Y SALUD**

## **1.OBJETO**

El presente estudio de seguridad y salud tiene como objeto establecer las directrices generales encaminadas a disminuir en lo posible, los riesgos accidentales laborales y enfermedades profesionales, así como a la minimización de las consecuencias de los accidentes que se produzcan, mediante la planificación de la medicina asistencial y de primeros auxilios, durante los trabajos de ejecución del presente proyecto.

Este estudio se ha elaborado en cumplimiento del Real Decreto 1627/1997, del 24 de Octubre, que establece las disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción.

## **2.DATOS DE LA OBRA**

### **2.1. DESCRIPCION DE LOS TRABAJOS**

La línea comienza en la nueva subestación de Huesca Norte y llega hasta el apoyo 28 a través de un tramo aéreo de 5204.3 m de longitud a través de 28 apoyos en 6 alineaciones. Desde el apoyo 28 a la subestación de Huesca Este, la línea discurre por tramo subterráneo de 857 m de longitud. Discurre completamente por el municipio de Huesca.

### **2.2. ACTIVIDADES PRINCIPALES**

Las principales actividades a ejecutar para el desarrollo del trabajo son:

- Replanteo y estaquillado
- Implantación de obra y señalización
- Acopio y manipulación de materiales
- Transporte de materiales y equipos dentro de la obra
- Obras de excavación
- Movimiento de tierras
- Encofrados
- Hormigonado
- Zanjado
- Montaje de estructuras metálicas y prefabricados
- Maniobras de izado, situación en obra y montaje
- Tendido, regulado, engrapado, conexionado de conductores
- Colocación de accesorios
- Desmontaje de estructuras y equipos
- Desescombro y retirada
- Retirada de materiales y equipos existentes dentro de la obra
- Puesta en marcha de la instalación

## **3. IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS**

### **3.1. INSTALACIONES**

Se analizan a continuación los riesgos y medidas preventivas generales en función del tipo de instalación donde se desarrollan los trabajos de ejecución previstos en las obras. Estos riesgos y medidas preventivas serán concretados y detalladas para cada trabajo.

#### Riesgos:

- Caídas de personal al mismo nivel
- Caídas de personal a distinto nivel
- Caída de objetos
- Desprendimientos, desplomes y derrumbes
- Contactos eléctricos
- Arcos eléctricos

#### Medidas preventivas

- Orden y limpieza
- Señalización de la zona e trabajo
- Utilización de los pasos y vías existentes
- Iluminación adecuada de la zona
- Uso de calzado adecuado
- Extremar las precauciones con hielo, agua o nieve
- Trabajar en una superficie lo más uniforme y lisa posible, y suficientemente amplia
- Para zanjas de 2 o más metros de profundidad se colocaran barandillas con rodapiés, listón intermedio y listón superior a una altura mínima de 90cm
- Para zanjas con una profundidad inferior a 2 metros se colocaran vallas, se señalizaran los huecos o se taparan de forma efectiva
- Se utilizara una línea de vida y el arnés anticaídas
- No se utilizara maquinaria diseñada solo para elevación de cargas para transportar o elevar personal
- Se usaran escaleras y andamios
- Entibación o ataluzado de zanjas de profundidad superior a 1,3 metros o en terreno poco estable. Para zanjas de profundidad superior a 1,3 metros se mantendrá un trabajador fuera de la zanja
- Mantener las distancias de la mitad de la profundidad de la zanja entre zanjas y acopio cercano o vallado. Esta distancia será igual a la profundidad de la zanja en caso de que el terreno sea arenoso
- En la medida de lo posible, se evitara que los trabajadores realicen trabajos en el interior de las zanjas
- Se comprobara el estado de las entibaciones y del terreno antes de cada jornada y después de una copiosa lluvia.
- Se señalizara la zona de acopio
- Los trabajos que conlleven un riesgo de incendio se procederán.
- Deberá haber un plan de emergencia y evacuación en los centros que lo precisen
- El personal estará formado en los procedimientos de trabajo así como en los planes de emergencia y evacuación
- Se evitara el contacto de las sustancias combustibles con fuentes de calor intempestivas: fumar, recalentamientos de máquinas, instalaciones eléctricas

inapropiadas, operaciones de fuego abierto descontroladas, superficies calientes, trabajos de soldadura, chispas de origen mecánico o debidas a electricidad estática.

- Se ventilaran los vapores inflamables
- Se limitara la cantidad de sustancias combustibles en los lugares de trabajo
- Los combustibles se almacenaran en locales y recipientes adecuados
- En la medida de lo posible se evitara trabajar con sustancias de elevada inflamabilidad
- Se deberá cumplir con la reglamentación vigente para la protección contra incendios tanto en la instalación como en el mantenimiento
- Las instalaciones eléctricas cumplirán las reglamentaciones vigentes en particular en lo relativo a cargas, protecciones etc.
- Se dotaran los logares de trabajos de extintores portátiles adecuados
- Se instalaran bocas de incendios equipadas donde se requieran
- Los trabajos en recintos cerrados deben procedimentales. Prever la necesidad de ventilación forzada. Siempre que se dude de la calidad del aire, utilizar equipos de respiración autónomos organizar el trabajo teniendo en cuenta la posibilidad de actuar sobre la alimentación del aire (colocar pantallas)

## **3.2. PROFESIONALES**

A continuación se analizan los riesgos previsibles inherentes a las actividades de ejecución previstas en la obra.

Con el fin de no repetir innecesariamente la relación de riesgos, se analizan primero los riesgos generales, que pueden darse en cualquiera de las actividades, y después se seguirá con el análisis de los específicos para cada actividad.

### **3.2.1. CARÁCTER GENERAL**

Se entienden como riesgos generales aquellos que puedan afectar a todos los trabajadores, independientemente de la actividad concreta que desarrollen.

#### Riesgos generales:

- Caídas de personas a distinto nivel
- Caídas de personas al mismo nivel
- Caídas de objetos o componentes sobre personas
- Caída de objetos por desplome o derrumbamiento
- Caída de objetos desprendidos
- Pisadas sobre objetos
- Choques contra objetos inmóviles
- Choques contra objetos móviles
- Proyecciones de partículas a los ojos
- Heridas en manos o pies por manejo de materiales
- Sobreesfuerzos
- Golpes y cortes por manejo de herramientas
- Atrapamientos por o entre objetos
- Atrapamientos por vuelco de máquinas, vehículos o equipos
- Quemaduras por contactos térmicos
- Exposición a descargas eléctricas
- Exposición a sustancias nocivas o tóxicas
- Contactos con sustancias causticas y/o corrosivas
- Incendios
- Explosiones
- Atropellos o golpes por vehículos en movimiento

- Exposición a factores atmosféricos extremos

Medidas preventivas:

- Señalizaciones de acceso a obra y uso de elementos de protección personal.
- Las zonas de peligro deberán estar acotadas y señalizadas.
- La iluminación de los puestos de trabajo deberá ser la adecuada para el desarrollo correcto del trabajo.
- Acotamiento y señalización de zona donde exista riesgo de caída de objetos desde altura.
- Se montaran barandillas resistentes en los huecos por los que pudiera producirse caída de personas.
- En cada tajo de trabajo, se dispondrá de, al menos, un extintor portátil de polvo polivalente.
- Si se realizasen trabajos con proyecciones incandescentes en proximidad de materiales combustibles, se retiraran estos o se protegerán con lona ignífuga.
- Se mantendrán ordenados los materiales, cables y mangueras para evitar el riesgo de golpes o caídas al mismo nivel por esta causa.
- Los restos de materiales generados por el trabajo se retiraran periódicamente para mantener limpias las zonas de trabajo.
- Los productos tóxicos y peligrosos se almacenaran y manipularan según lo establecido en las condiciones de uso específicas de cada producto.
- Respetar la señalización y limitaciones de velocidad fijadas para circulación de vehículos y maquinaria en el interior de la obra.
- Aplicar las medidas preventivas contra riesgos eléctricos que desarrollaremos más adelante.
- Todos los vehículos llevaran los indicadores ópticos y acústicos que exija la legislación vigente.
- En actividades con riesgo de proyecciones a terceros, se colocaran mamparas opacas de material ignífugo.
- Se protegerá a los trabajadores contra las inclemencias atmosféricas que puedan comprometer su seguridad y su salud.

### **3.2.2. CARÁCTER ESPECIFICO**

Se entienden como riesgos específicos aquellos que pueden afectar solamente a los trabajadores que realicen una actividad concreta.

#### Normas generales de SENALIZACION

Las zonas de los lugares de trabajo en las que exista riesgo de caída, de caída de objetos o de contacto o exposición a elementos agresivos, deberán estar claramente señalizadas según el R.D. 485/1997.

Se acotara y señalizará la zona de trabajo, a la cual se accederá siempre por accesos concretos. Se señalizarán aquellas zonas en las que existan los siguientes riesgos:

#### 3.2.2.1. Caída desde altura de objetos

- Zonas donde se realicen maniobras con cargas suspendidas hasta que se encuentren totalmente apoyadas.
- Caídas de personas sobre plataformas, forjados, etc. en las que además se montaran barandillas resistentes en todo el perímetro o bordes.

- Caídas de personas dentro de huecos, etc. para lo que se protegerán con barandillas o tapas de suficiente resistencia.
- Aquellos huecos que se destapen para introducción de equipos, etc., que se mantendrán perfectamente controlados y señalizados durante la maniobra, reponiéndose las correspondientes protecciones nada más finalizar estas.

#### 3.2.2.2. Productos inflamables

- En las zonas de ubicación se dispondrá de al menos un extintor portátil de polvo polivalente.
- Es obligatoria la delimitación y el acondicionamiento de las zonas de almacenamiento y depósito de los distintos materiales, en particular si se trata de materias o sustancias peligrosas.

#### 3.2.2.3. Vías y salidas de emergencia

Los pictogramas serán lo más sencillos posible, evitándose detalles inútiles para su comprensión. Podrán variar ligeramente o ser más detallados que los indicados en el apartado 3, siempre que su significado sea equivalente y no existan diferencias o adaptaciones que impidan percibir claramente su significado.

Las señales serán de un material que resista lo mejor posible los golpes, las inclemencias del tiempo y las agresiones medio ambientales.

Las dimensiones de las señales, así como sus características colorimétricas y fotométricas, garantizaran su buena visibilidad y comprensión.

Las señales se instalaran preferentemente a una altura y en una posición apropiadas en relación al ángulo visual, teniendo en cuenta posibles obstáculos, en la proximidad inmediata del riesgo u objeto que deba señalizarse o, cuando se trate de un riesgo general, en el acceso a la zona de riesgo.

El lugar de emplazamiento de la señal deberá estar bien iluminado, ser accesible y fácilmente visible. Si la iluminación general es insuficiente, se empleara una iluminación adicional o se utilizaran colores fosforescentes o materiales fluorescentes.

A fin de evitar la disminución de la eficacia de la señalización no se utilizaran demasiadas señales próximas entre sí.

Las señales deberán retirarse cuando deje de existir la situación que las justificaba.

La señalización relativa a los riesgos eléctricos viene dada en "Riesgos Eléctricos" del apartado de Riesgos Específicos, debiendo señalizarse de forma clara y permanente la existencia del riesgo eléctrico.

Equipos de Protección Individual y Colectiva:

- Equipo de protección general.
- Chaleco reflectante.
- Vallas metálicas.
- Cinta o cadena de señalización.

Señalización en Entorno Urbano:

La señalización, balizamiento y en su caso, defensas en las obras que afecten a la libre circulación por las vías públicas, se atenderán a las normas establecidas o instrucciones complementarias que ordene la administración competente.

En entorno urbano, los trabajadores irán provistos de prendas de color amarillo o naranja, con elementos retroreflectantes.

Se acotara la zona de trabajo mediante cerramientos rígidos (vallas metálicas) en población. Las excavaciones no se quedaran nunca sin proteger o señalizar.

Cuando circulen vehículos, los cerramientos se colocaran dependiendo de las características del terreno a una distancia, como mínimo, de 1 m para firmes de hormigón.

Cuando por razones de la obra se ocupen los espacios destinados a la circulación peatonal (aceras, pasos, etc.) se habilitaran pasos alternativos debidamente señalizados y protegidos.

Se colocaran balizas luminosas de señalización por la noche.

Se extremaran las precauciones en cruzamientos de carreteras, zonas transitadas y/o cruzamiento de servicios.

Al término de la jornada, en las zonas transitadas se señalizarán y protegerán los posibles obstáculos que puedan ser causa de danos a terceros.

Equipos de Protección Individual y Colectiva:

- Equipo de protección general.
- Chaleco reflectante.
- Vallas metálicas.
- Cinta o cadena de señalización.

Señalización en Entorno No Urbano

Se acotara la zona de trabajo mediante cerramientos rígidos (vallas metálicas) o cintas de limitación. En este último caso, se colocara una cinta delimitadora a una altura mínima de 1 metro respecto del suelo, rodeando el perímetro de la excavación. Dicha cinta se fijara a piquetas, situadas a una distancia mínima de 2 metros entre ellas.

La señalización habrá de ser claramente visible por la noche, disponiendo de bandas reflectantes verticales de 10 cm. de anchura.

Los recintos vallados o balizados llevaran siempre luces propias, colocadas a intervalos máximos de 30 metros y siempre en los ángulos salientes.

Las excavaciones no se quedaran nunca sin proteger o señalizar.

En entorno no urbano, los trabajadores irán provistos de prendas de color amarillo o naranja, con elementos retroreflectantes siempre que realicen trabajos próximos a carreteras o caminos por donde pueda haber circulación de vehículos

Equipos de Protección Individual y Colectiva:

- Equipo de protección general.

- Chaleco reflectante.
- Vallas metálicas.
- Cinta o cadena de señalización.

#### Señalización en Carreteras (Norma de carreteras 8.3 – IC “Señalización De Obras”)

Se seguirán siempre las indicaciones que proporcione el organismo propietario de la carretera.

Las señales deberán tener las dimensiones mínimas especificadas por la Norma de carreteras 8.3 – IC “Señalización de Obras”, y ser siempre reflectantes, de nivel 1 como mínimo si son obras fijas y de nivel 2 si es señalización móvil de obra (según norma UNE). Se recomienda utilizar siempre un nivel superior en lugares donde la iluminación ambiente dificulte su percepción y en lugares de elevada peligrosidad, asimismo las señales de STOP tendrán siempre, como mínimo, un nivel 2 de reflectancia.

El color amarillo que distingue a las señales de obra de las normales, solamente se debe emplear en las señales con fondo blanco.

En las obras en las que la señalización provisional esta implantada durante las horas nocturnas, las señales y los elementos de balizamiento no solo serán reflectantes, sino que deberán ir acompañados de elementos luminosos. En general, las obras en el interior de túneles tendrán siempre la consideración de obras en horas nocturnas.

A juicio del Director de Obra y dependiendo de las circunstancias que concurran en la misma, se podrá señalar horizontalmente con marcas en color amarillo o naranja, las alteraciones que se produzcan sobre la situación normal de la vía.

Estas marcas viales podrán ser sustituidas por captafaros TB-10, aplicados sobre el pavimento.

El material de señalización y balizamiento se descargara y se colocara en el orden en que haya de encontrarlo el usuario. De esta forma el personal encargado de la colocación trabajara bajo la protección de la señalización precedente.

Si no se pudieran transportar todas las señales y balizas en un solo viaje, se irán disponiendo primeramente fuera de la calzada y de espaldas al tráfico.

Se recomienda anular la señalización permanente cuando no sea coherente con la de obra, tapando para ello las señales necesarias, mientras la señalización de obra esté en vigor.

La retirada de la señalización y balizamiento se realizara en orden inverso al de colocación y siempre que sea posible desde la zona vedada al tráfico o desde el arcén, pudiendo entonces el vehículo dedicado a ello, circular con la correspondiente luz prioritaria en sentido opuesto al de la calzada.

Una vez retirada la señalización de obra, se restablecerá la señalización permanente que corresponda.

Si los operarios van en vehículos, su protección vendrá dada por el propio vehículo. Si los operarios van a pie sobre la calzada, deberán protegerse mediante un vehículo.

En todas las circunstancias, los operarios irán provistos de prendas de color amarillo o naranja, con elementos retroreflectantes.

Se recomienda que las máquinas y vehículos que se utilicen en señalización móvil sean de colores blanco, amarillo o naranja. Llevaran como mínimo, una luz ámbar giratoria o intermitente omnidireccional en su parte superior, dispuesta de forma tal que pueda ser perfectamente visible por el conductor al que se quiere indicar su presencia, con una potencia mínima de 55 vatios en el caso de luz giratoria y de 1,5 julios en el caso de luz intermitente.

Las señales TP-18 (peligro, obras) y TP-31 llevaran siempre tres luces ámbar intermitentes de encendido simultáneo y dispuestas en triángulo en los vértices.

Las dimensiones mínimas de las señales utilizadas en señalización móvil serán las clasificadas como "grandes" en la Tabla 4 de la Norma 8.3-I.C.

Equipos de Protección Individual y Colectiva:

- Equipo de protección general.
- Chaleco reflectante.
- Vallas metálicas.
- Cinta o cadena de señalización. TRABAJOS CON RIESGO ELECTRICO

Todo trabajo en una instalación eléctrica, o en su proximidad, que conlleve un riesgo eléctrico deberá de efectuarse sin tensión, salvo en el caso de que las condiciones de explotación o de continuidad del suministro así lo requieran (4.4.b R.D. 614/2.001).

En ningún caso se prevé la realización de trabajos en tensión. Caso de ser necesaria la realización de este tipo de trabajos, se elaborara un plan específico para ello.

Trabajos sin tensión (ANEXO II. R.D. 614/2001)

Disposiciones generales

Las operaciones y maniobras para dejar sin tensión una instalación, antes de iniciar el «trabajo sin tensión», y la reposición de la tensión, al finalizarlo, las realizaran trabajadores autorizados que, en el caso de instalaciones de alta tensión, deberán ser trabajadores cualificados.

#### *A.1 Supresión de la tensión.*

Una vez identificados la zona y los elementos de la instalación donde se va a realizar el trabajo, y salvo que existan razones esenciales para hacerlo de otra forma, se seguirá el proceso que se describe a continuación, que se desarrolla secuencialmente en cinco etapas:

- Desconectar.
- Prevenir cualquier posible realimentación.
- Verificar la ausencia de tensión.
- Poner a tierra y en cortocircuito.
- Proteger frente a elementos próximos en tensión, en su caso, y establecer una señalización de seguridad para delimitar la zona de trabajo.

Hasta que no se hayan completado las cinco etapas no podrá autorizarse el inicio del trabajo sin tensión y se considerara en tensión la parte de la instalación afectada. Sin embargo, para establecer la señalización de seguridad indicada en la quinta etapa podrá considerarse que la instalación está sin tensión si se han completado las cuatro

etapas anteriores y no pueden invadirse zonas de peligro de elementos próximos en tensión.

#### *A.2 Reposición de la tensión.*

La reposición de la tensión solo comenzara, una vez finalizado el trabajo, después de que se hayan retirado todos los trabajadores que no resulten indispensables y que se hayan recogido de la zona de trabajo las herramientas y equipos utilizados.

El proceso de reposición de la tensión comprenderá:

1. La retirada, si las hubiera, de las protecciones adicionales y de la señalización que indica los límites de la zona de trabajo.
2. La retirada, si la hubiera, de la puesta a tierra y en cortocircuito.
3. El desbloqueo y/o la retirada de la señalización de los dispositivos de corte.
4. El cierre de los circuitos para reponer la tensión.

Desde el momento en que se suprima una de las medidas inicialmente adoptadas para realizar el trabajo sin tensión en condiciones de seguridad, se considerara en tensión la parte de la instalación afectada.

#### Disposiciones particulares

Las disposiciones particulares establecidas a continuación para determinados tipos de trabajo se consideraran complementarias a las indicadas en la parte A de este anexo, salvo en los casos en los que las modifiquen explícitamente.

#### *B.2 Trabajos en líneas aéreas y conductores de alta tensión.*

En los trabajos en líneas aéreas desnudas y conductores desnudos de alta tensión se deben colocar las puestas a tierra y en cortocircuito a ambos lados de la zona de trabajo, y en cada uno de los conductores que entran en esta zona; al menos uno de los equipos o dispositivos de puesta a tierra y en cortocircuito debe ser visible desde la zona de trabajo.

En los trabajos en líneas aéreas aisladas, cables u otros conductores aislados, de alta tensión la puesta a tierra y en cortocircuito se colocara en los elementos desnudos de los puntos de apertura de la instalación o tan cerca como sea posible a aquellos puntos, a cada lado de la zona de trabajo.

### **3.3. PRIMEROS AUXILIOS Y ASISTENCIA SANITARIA**

Como medida general, cada grupo de trabajo o brigada contara con un botiquín de primeros auxilios completo, revisado mensualmente, que estará ubicado en lugar accesible, próximo a los trabajos y conocido por todos los trabajadores, siendo el Jefe de Brigada (Encargado o Capataz) el responsable de revisar y reponer el material.

En caso de producirse un accidente durante la realización de los trabajos, se procederá según la gravedad que presente el accidentado.

Ante los accidentes de carácter leve, se atenderá a la persona afectada en el botiquín instalado a pie de obra, cuyo contenido se detalla más adelante.

Si el accidente tiene visos de importancia (grave) se acudirá al Centro Asistencial de la mutua a la cual pertenece la Contrata o Subcontrata, (para lo cual deberán proporcionar la dirección del centro asistencial más cercano de la mutua a la que pertenezca), donde tras realizar un examen se decidirá su traslado o no a otro centro.

Si el accidente es muy grave, se procederá de inmediato al traslado del accidentado al Hospital más cercano.

Por todo lo anterior, cada grupo de trabajo deberá disponer de un teléfono móvil y un medio de transporte, que le permita la comunicación y desplazamiento en caso de emergencia.

### **3.4. RESPONSABLES DE SEGURIDAD EN OBRA**

La organización de la seguridad en la obra es responsabilidad del Promotor, quien designara (cuando corresponda) al coordinador en materia de seguridad y salud en la fase de ejecución de obra, con las competencias y funciones descritas en el apartado de Obligaciones de las partes implicadas.

Cada empresa contratista contara a pie de obra con un responsable de seguridad y salud, que corresponderá con una persona de acreditada competencia (con formación en materia de prevención de riesgos y de primeros auxilios), siendo la encargada de organizar, dirigir y mantener el control y supervisión de los trabajos realizados por empleados de su Empresa así como de los realizados por otras Empresas subcontratadas. Como norma general tendrá asignadas las siguientes funciones:

- Organizar los trabajos dentro del ámbito de su competencia, para garantizar la realización de los mismos con las suficientes garantías de seguridad.
- Supervisar y controlar de forma continuada el cumplimiento de las normas de seguridad por parte de trabajadores propios como de trabajadores subcontratados.
- Permitir el acceso de solo personal autorizado/cualificado a los lugares de especial peligrosidad, o a la realización de actividades de especial riesgo (trabajos en altura, eléctricos, etc.)

### **3.5. REUNIONES DE SEGURIDAD EN OBRA**

A lo largo de la ejecución del proyecto, se deben realizar reuniones de seguridad en obra, donde se traten todos aquellos aspectos que afecten a la seguridad de la misma, y especialmente se haga un seguimiento y control sobre los incumplimientos detectados.

A estas reuniones podrán asistir además de las empresas contratistas, subcontratistas y trabajadores autónomos, el coordinador de seguridad y salud durante la ejecución de la obra (en el caso en que sea necesario su nombramiento), la dirección facultativa y el promotor o representante del mismo.

### **3.6. BOTIQUIN**

El contenido mínimo del botiquín será: desinfectantes y antisépticos autorizados, gasas estériles, algodón hidrófilo, venda, esparadrapo, apósitos adhesivos, tijeras, pinzas y guantes desechables.

Junto al botiquín se dispondrá de un cartel en el que figuren de forma visible los números de teléfonos necesarios en caso de urgencias como los del hospital más próximo, centro asistencial más cercano, de la mutua de las distintas empresas Intervinientes, servicio de ambulancias, bomberos, policía local,...

### **3.7. FORMACION A LOS TRABAJADORES**

De conformidad con los artículos 18 y 19 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales, los contratistas y subcontratistas deberán garantizar que los trabajadores reciban una información adecuada de todas las medidas que hayan de adoptarse en lo que se refiere a su seguridad y su salud en la obra.

La información deberá ser comprensible para los trabajadores afectados. Al ingresar en la obra se informara al personal de los riesgos específicos de los trabajos a los cuales van a ser asignados, así como las medidas de seguridad que deberán emplear personal y colectivamente.

Se insistirá en la importancia del uso de los medios preventivos puestos a su disposición, enseñando su correcto uso y explicando las situaciones peligrosas a que la negligencia o la ignorancia pueden llevar.

Conforme al artículo 8 del R.D. 773/1997, de 30 de mayo, el empresario deberá informar a los trabajadores, previamente al uso de los equipos, de los riesgos contra los que les protegen, así como de las actividades u ocasiones en las que deben utilizarse.

Asimismo, deberá proporcionarles instrucciones, preferentemente por escrito, sobre la forma correcta de utilizarlos y mantenerlos.

El empresario garantizara la formación y organizara, en su caso, sesiones de entrenamiento, para la correcta utilización de los Equipos de Protección Individual, especialmente cuando se requieran la utilización simultánea de varios equipos que por su especial complejidad así lo haga necesaria.

Eligiendo al personal más cualificado, se impartirán cursillos de socorrismo y primeros auxilios, de forma de que en cada obra disponga de algún socorrista con todos los medios que precise.

### **3.8. PARALIZACION DE LOS TRABAJOS**

Cuando el Coordinador de Seguridad y Salud o cualquier otra persona integrada en la Dirección Facultativa compruebe que la inobservancia de la normativa sobre

prevención de riesgos laborales implica, a su juicio, un riesgo grave e inminente para la seguridad y salud de los trabajadores podrá ordenar la paralización inmediata de tales trabajos o tareas, dejando constancia en el Libro de Incidencias.

Dicha medida será comunicada a la Empresa responsable, que la pondrá en conocimiento inmediato de los trabajadores afectados, del Delegado de Prevención o, en su ausencia, de los Representantes del Personal. Por otro lado, la persona que hubiera ordenado la paralización deberá dar cuenta a la Inspección de Trabajo y Seguridad Social del cumplimiento de esta notificación.

La paralización de los trabajos se levantará por la Inspección de Trabajo y Seguridad Social si la hubiese decretado, por el Coordinador de Seguridad y Salud o por el Empresario tan pronto como se subsanen las causas que la motivaron, debiendo el empresario comunicarlo a la Inspección de Trabajo y Seguridad Social y/o al Coordinador de Seguridad y Salud, según el caso.

### **3.9. LIBRO DE INCIDENCIAS**

En cada centro de trabajo existirá con fines de control y seguimiento del Plan de Seguridad y Salud un Libro de incidencias que constara de hojas por duplicado, habilitado al efecto.

El Libro de incidencias, que deberá mantenerse siempre en la obra, estará en poder del técnico que haya aprobado el Plan de Seguridad y Salud.

A dicho libro tendrán acceso la Dirección Facultativa, los Contratistas, los Subcontratistas y los Trabajadores Autónomos, así como las personas u órganos con responsabilidades en materia de prevención en las Empresas intervinientes en la obra, los representantes de los trabajadores y los técnicos de los órganos especializados en materia de seguridad y salud en el trabajo de las Administraciones Públicas competentes, quienes podrán hacer anotaciones en el mismo, relacionadas con los fines a que se refiere el párrafo primero de este apartado.

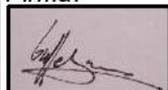
Efectuada una anotación en el libro de incidencias, el técnico que haya aprobado el Plan de Seguridad y Salud, estará obligado a remitir, en el plazo de veinticuatro horas, una copia a la inspección de Trabajo y Seguridad Social de la Provincia en la que se realiza la obra. Igualmente deberá notificar las anotaciones en el libro al contratista afectado y a los representantes de los trabajadores de este.

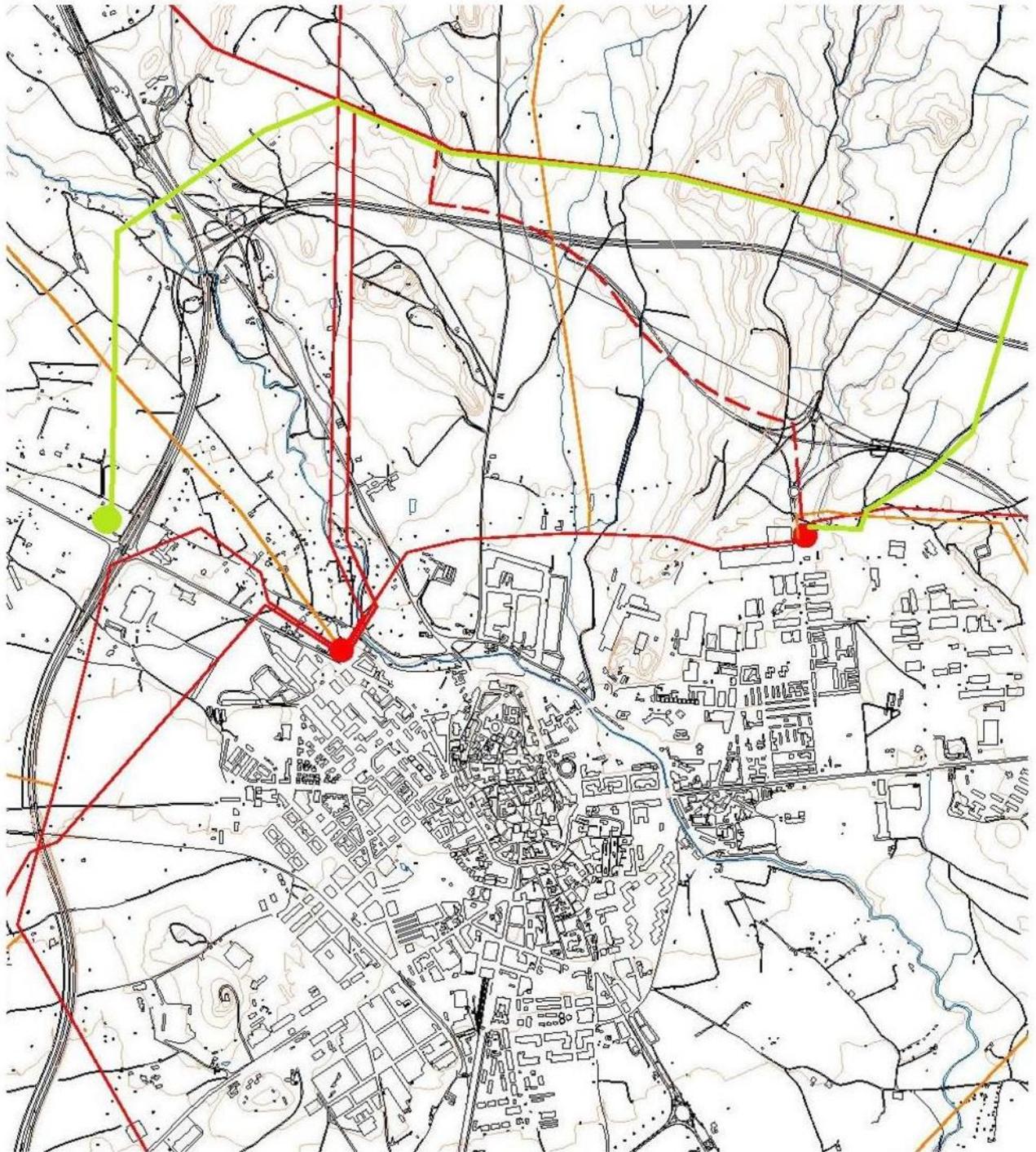
# PLANOS

## **INDICE DE PLANOS**

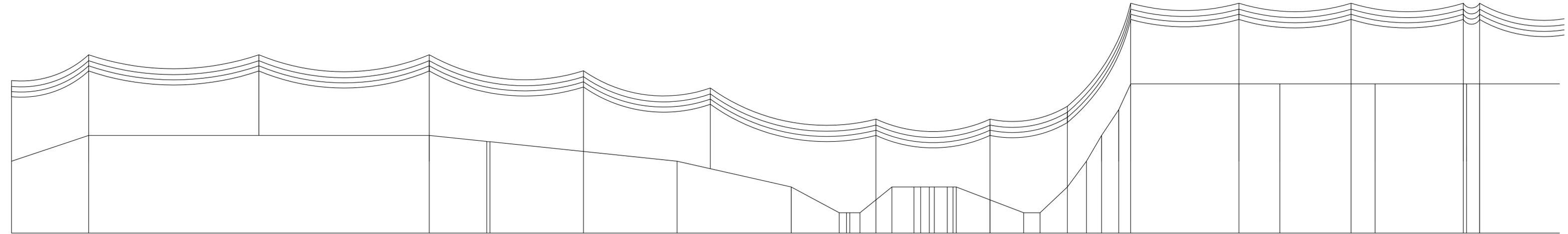
- 1- **PLANO DE SITUACION**
- 2- **PLANO DE EMPLAZAMIENTO**
- 3- **PLANOS DE PERFIL Y PLANTA LINEA AEREA**
- 4- **DETALLE LINEA SUBTERRANEA**
- 5- **PLANOS CRUZAMIENTOS**
- 6- **APOYO LINEA DOBLE**
- 7- **APOYO LINEA SIMPLE**
- 8- **CONVERSION AEREO SUBTERRANEA**
- 9- **CADENAS CABLE DE GUARDA**
- 10- **CADENAS CONDUCTOR**
- 11- **CIMENTACIONES**



	<i>Fecha</i>	<i>Nombre</i>	<i>Firma:</i>	 Escuela de Ingeniería y Arquitectura Universidad Zaragoza
<i>Dibujado</i>	08/08/2016	GUILLERMO		
<i>Comprobado</i>	08/08/2016	LORES MARTINEZ		
<i>Escala</i>	<i>Título</i>	PLANO DE SITUACION		NIA 626034
1:250000				Curso ING. ELECTRICA
				Plano Nº 1



	<i>Fecha</i>	<i>Nombre</i>	<i>Firma:</i>	 Escuela de Ingeniería y Arquitectura Universidad Zaragoza
<i>Dibujado</i>	08/08/2016	GUILLERMO		
<i>Comprobado</i>	08/08/2016	LORES MARTINEZ		
<i>Escala</i>	<i>Título</i>	PLANO DE EMPLAZAMIENTO		NIA 626034
<b>1:10000</b>				Curso ING. ELECTRICA
				Plano Nº 2



**COTAS**

485m 495m 495m 495m 488.8m 482.1m 470m 470m 465m 505m 505m 505m 505m 505m

**KILOMETROS**

0km 0.1186km 0.3796km 0.6406km 08792km 1.0762km 1.3356km 1.511km 1.6318km 1.7918km 1.9584km 2.1311km 2.3038km 2.3288km

**CLASE DE TERRENO**

TERRENO CLARO TERRENO CLARO CAMINO TERRENO CLARO RIO AUTOVIA CARRETERA TERRENO CLARO TERRENO CLARO

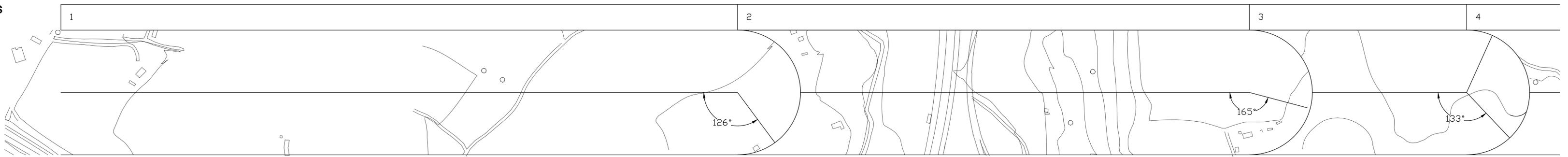
**APOYOS**

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14

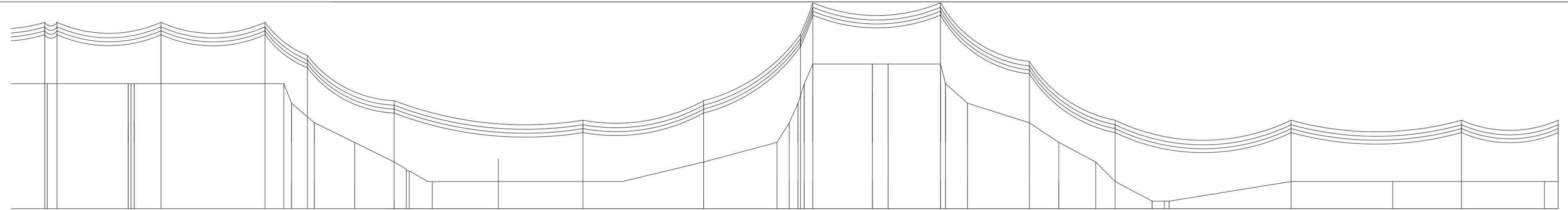
**VANOS**

0m 118.6m 261m 261m 238.6m 197m 259.4m 175.4m 120.8m 160m 166.6 172.7m 172.7m 25m

**ALINEACIONES**



	Fecha	Nombre	Firma:	
Dibujado	08/08/2016	GUILLERMO		
Comprobado	08/08/2016	LORES MARTINEZ		
Escala Vertical 1:500 Horizontal 1:2000	Título PLANO DE PERFIL Y PLANTA TRAMO CIRCUITO DOBLE		NIA	626034
			Curso	ING. ELECTRICA
			Plano N°	3



**COTAS**

505m 505m

**KILOMETROS**

2.3038km 2.3288km 2.5399km 2.751km 2.837km 3.0132km 3.3966km 3.6416km 3.8382km 3.9026km 4.1618km 4.3422km 4.5162km 4.8734km 5.2192km 5.4154km

**CLASE DE TERRENO**

TERRENO CLARO CAMINO TERRENO CLARO CARRETERA BARRANCO LINEA ELECT. TERRENO CLARO TERRENO CLARO TERRENO CLARO BARRANCO TERRENO CLARO TERRENO CLARO

**APOYOS**

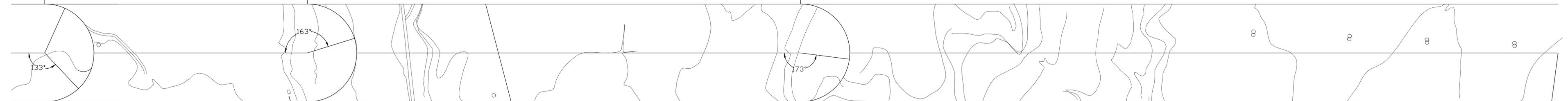
13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28

**VANOS**

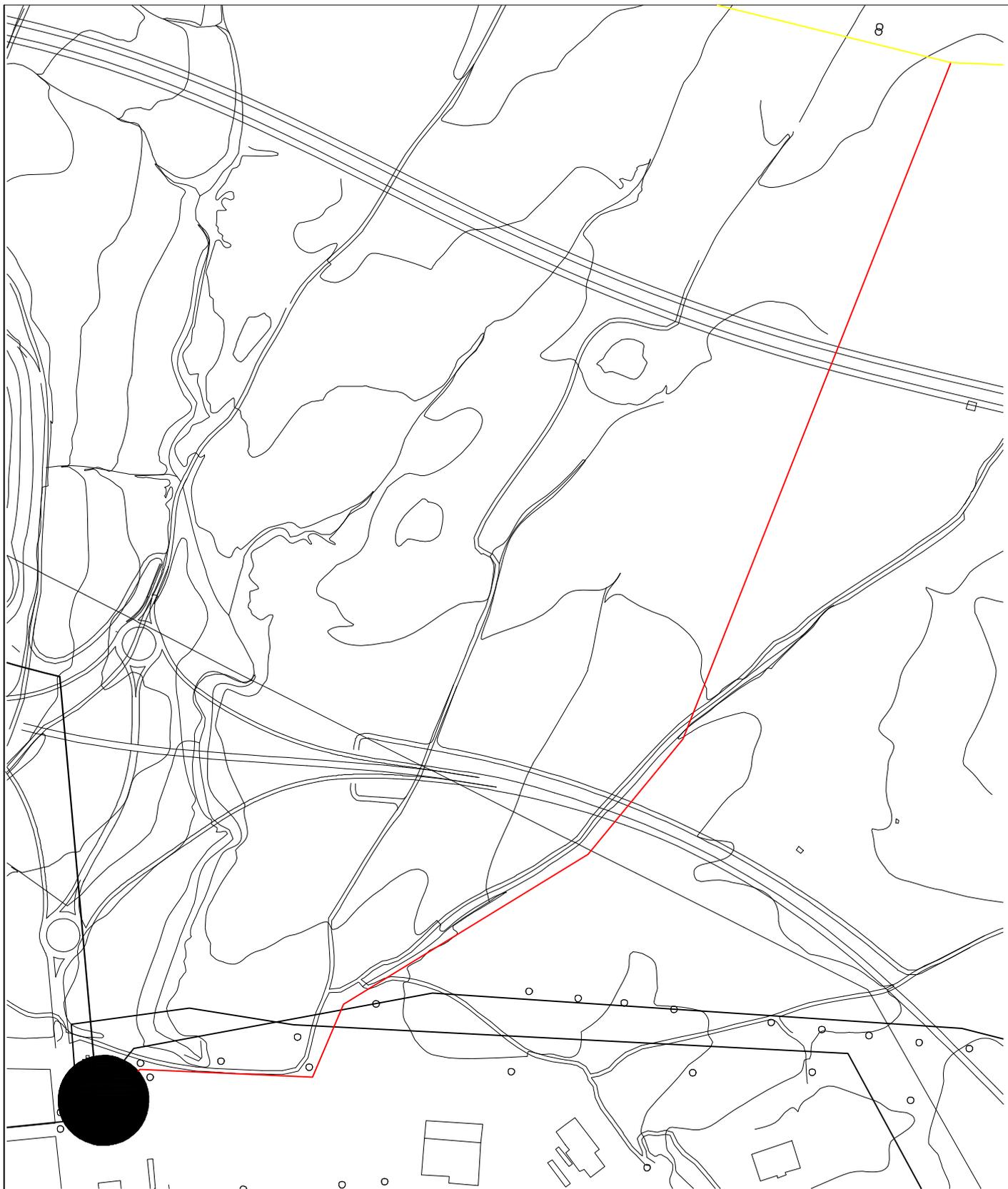
172.7m 25m 211.1m 211.1m 86m 176.2m 383.4m 245m 196.6m 64.4m 259.2m 180.4m 174m 357.2m 345.8m 196.2m

**ALINEACIONES**

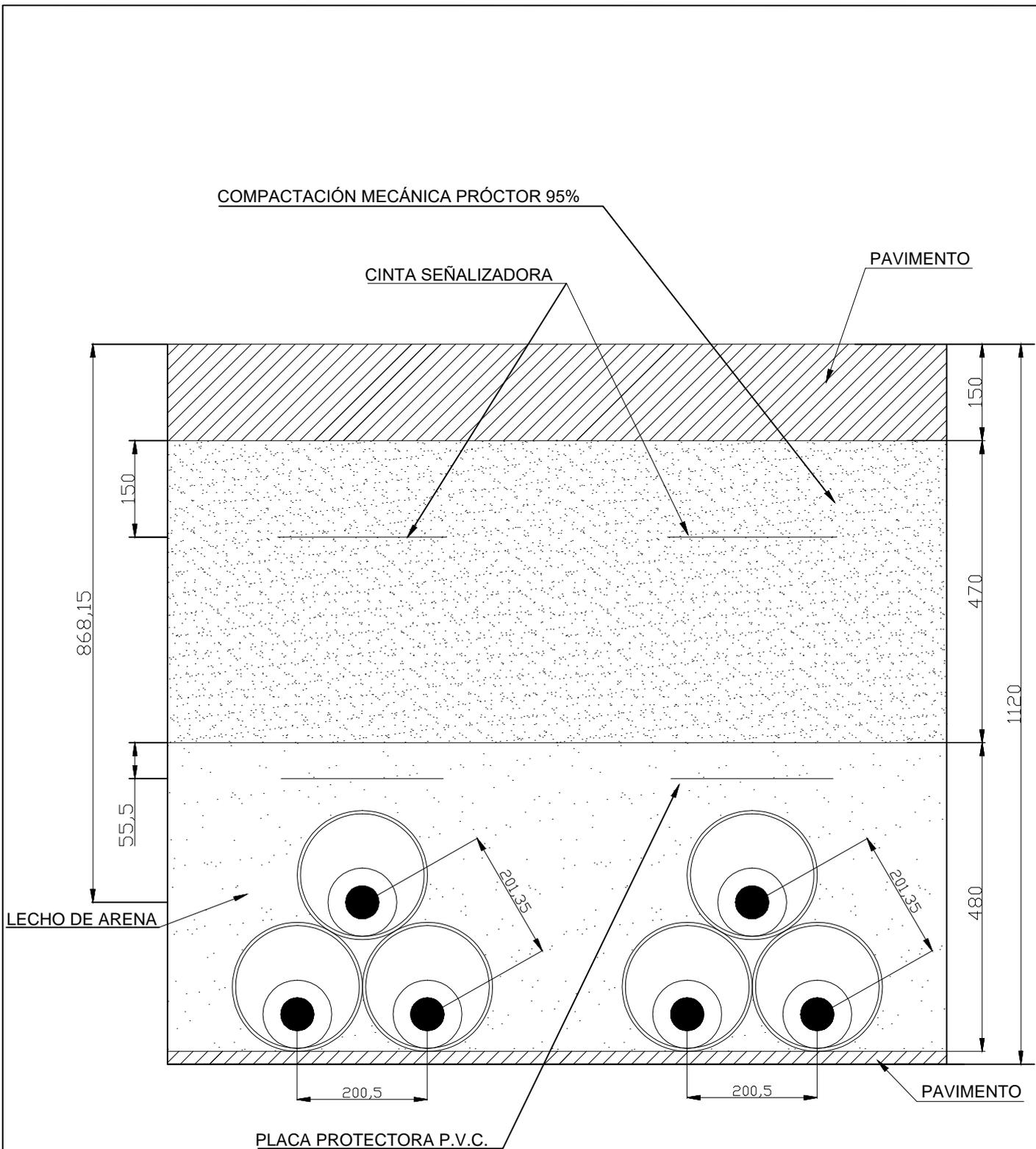
4 5 6

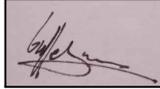


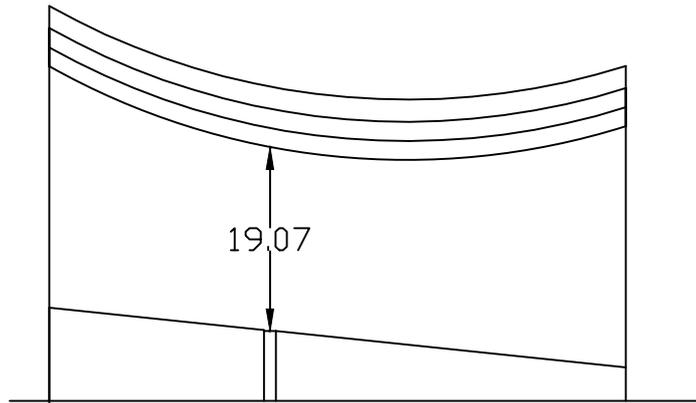
	Fecha	Nombre	Firma:	
Dibujado	08/08/2016	GUILLERMO		
Comprobado	08/08/2016	LORES MARTINEZ		
Escala Vertical: 1:500 Horizontal: 1:2000	Título PLANO DE PERFIL Y PLANTA TRAMO CIRCUITO SIMPLE		NIA 626034 Curso ING. ELECTRICA Plano N° 4	



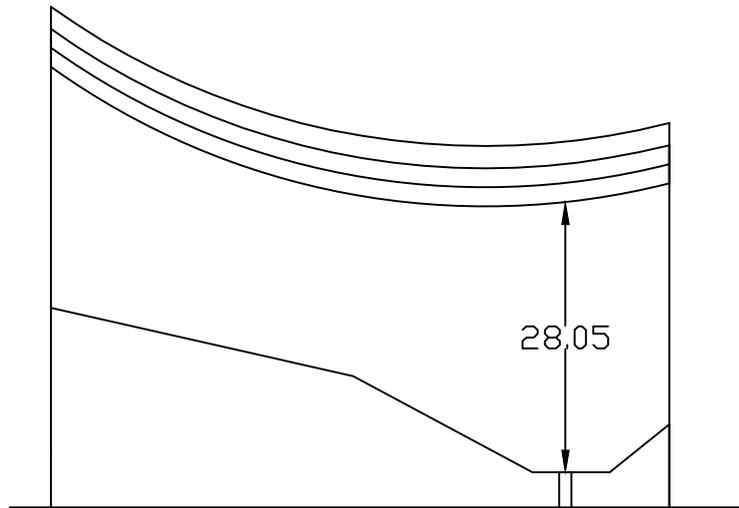
	Fecha	Nombre	Firma:	 <b>Escuela de Ingeniería y Arquitectura</b> <b>Universidad Zaragoza</b>
Dibujado	08/08/2016	GUILLERMO		
Comprobado	08/08/2016	LORES MARTINEZ		
<b>Escala</b> <b>1:5000</b>	<b>Título</b> <b>PLANO DE PLANTA TRAMO SUBTERRANEO</b>		<b>NIA</b> 626034 <b>Curso</b> ING. ELECTRICA <b>Plano N°</b> 5	



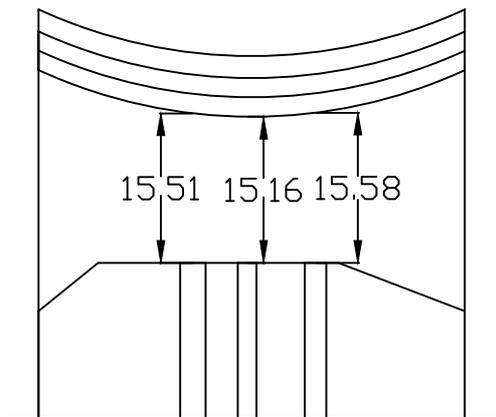
	Fecha	Nombre	Firma:	 Escuela de Ingeniería y Arquitectura Universidad Zaragoza
Dibujado	08/08/2016	GUILLERMO		
Comprobado	08/08/2016	LORES MARTINEZ		
Escala 1:10	Título SECCION DE TRAMO SUBTERRANEO			NIA 626034 Curso ING. ELECTRICA Plano N° 6



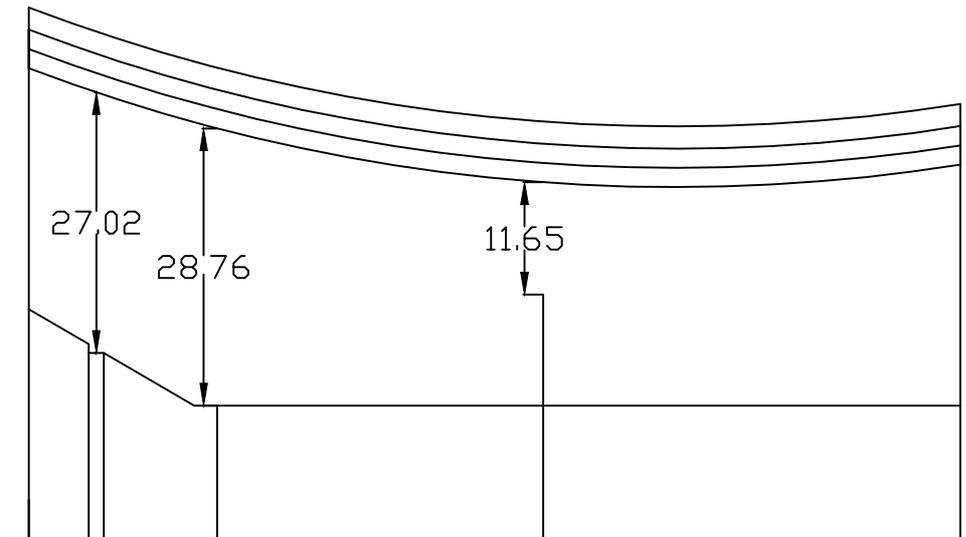
	<i>Fecha</i>	<i>Nombre</i>	<i>Firma:</i>	 Escuela de Ingeniería y Arquitectura Universidad Zaragoza
<i>Dibujado</i>	08/08/2016	GUILLERMO		
<i>Comprobado</i>	08/08/2016	LORES MARTINEZ		
<i>Escala</i> Vertical 1:500 Horizontal 1:2000	<i>Título</i>	DETALLE CRUZAMIENTO CON CAMINO DE CHIMILLAS APOYOS N°4 Y N°5		<i>NIA</i> 626034
				<i>Curso</i> ING. ELECTRICA
				<i>Plano N°</i> 7



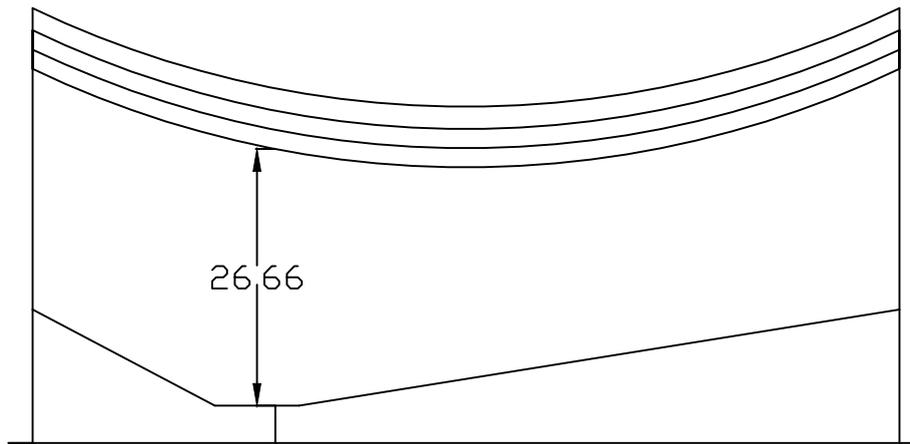
	<i>Fecha</i>	<i>Nombre</i>	<i>Firma:</i>	 Escuela de Ingeniería y Arquitectura Universidad Zaragoza
<i>Dibujado</i>	08/08/2016	GUILLERMO		
<i>Comprobado</i>	08/08/2016	LORES MARTINEZ		
<i>Escala</i> Vertical 1:500 Horizontal 1:2000	<i>Título</i> DETALLE CRUZAMIENTO CON RIO ISUELA APOYOS N°6 Y N°7		NIA 626034	
			Curso ING. ELECTRICA	
			Plano N° 8	



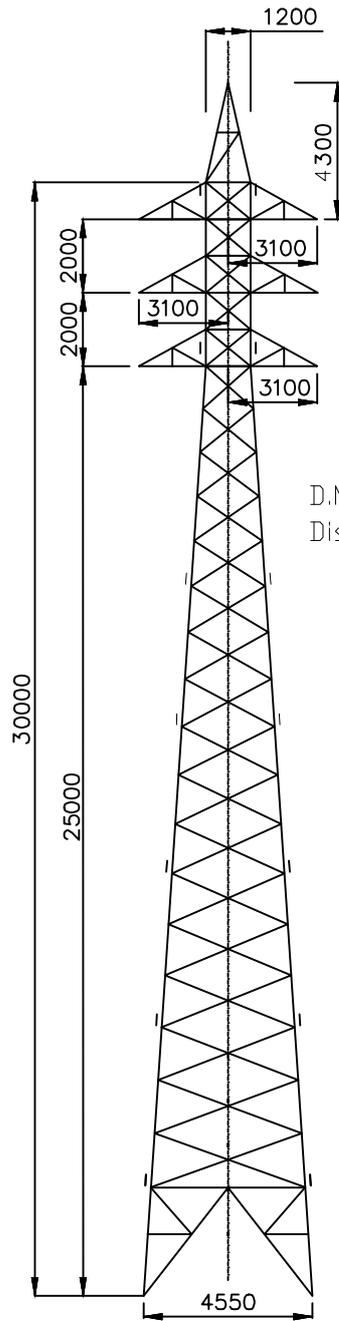
	<i>Fecha</i>	<i>Nombre</i>	<i>Firma:</i>	 Escuela de Ingeniería y Arquitectura Universidad Zaragoza
<i>Dibujado</i>	08/08/2016	GUILLERMO		
<i>Comprobado</i>	08/08/2016	LORES MARTINEZ		
<i>Escala</i> Vertical 1:500 Horizontal 1:2000	<i>Título</i>	DETALLE CRUZAMIENTO CON AUTOVIA A-23 Y CARRETERA N-330 APOYOS Nº7 Y Nº8		NIA 626034 Curso ING. ELECTRICA Plano Nº 9



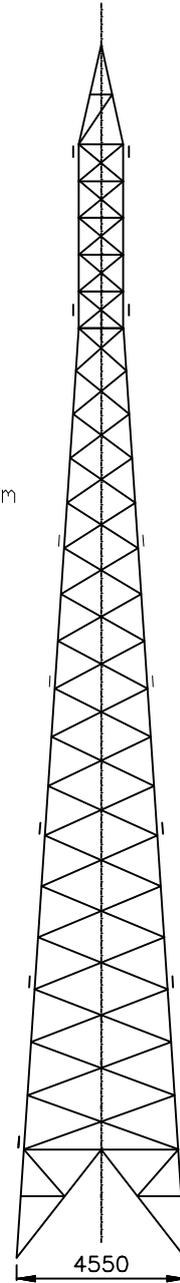
	<i>Fecha</i>	<i>Nombre</i>	<i>Firma:</i>	 Escuela de Ingeniería y Arquitectura Universidad Zaragoza
<i>Dibujado</i>	08/08/2016	GUILLERMO		
<i>Comprobado</i>	08/08/2016	LORES MARTINEZ		
<i>Escala</i> Vertical 1:500 Horizontal 1:2000	<i>Título</i> DETALLE CRUZAMIENTO CON CARRETERA HU-324, BARRANCO DE DIABLO Y LINEA AEREA 17kV APOYOS N°17 Y N°18		NIA 626034	
			Curso ING. ELECTRICA	
			Plano N° 10	



	<i>Fecha</i>	<i>Nombre</i>	<i>Firma:</i>	 Escuela de Ingeniería y Arquitectura Universidad Zaragoza
<i>Dibujado</i>	08/08/2016	GUILLERMO		
<i>Comprobado</i>	08/08/2016	LORES MARTINEZ		
<i>Escala</i> Vertical 1:500 Horizontal 1:2000	<i>Título</i> DETALLE CRUZAMIENTO CON BARRANCO DE ALFAFIGA APYDOS N° 25 Y N°26		<i>NIA</i>	626034
			<i>Curso</i>	ING. ELECTRICA
			<i>Plano N°</i>	11



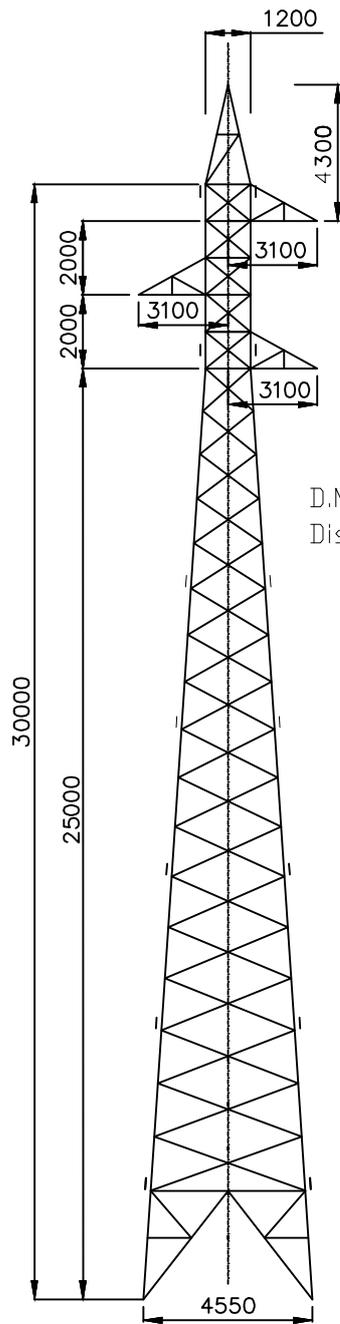
D.M.G. = 4.764 mm  
 Dist mínima = 3.839 mm



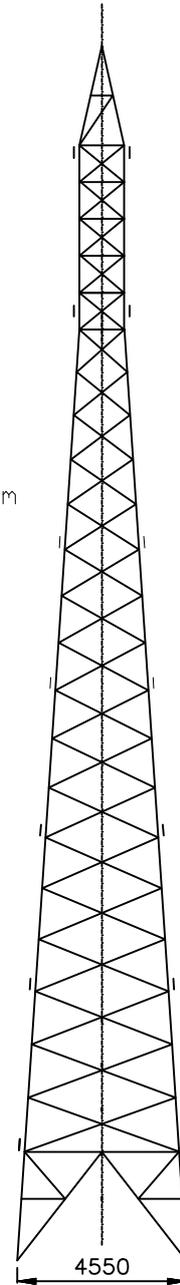
CARA FRONTAL

CARA LATERAL

	<i>Fecha</i>	<i>Nombre</i>	<i>Firma:</i>	 Escuela de Ingeniería y Arquitectura Universidad Zaragoza
<i>Dibujado</i>	08/08/2016	GUILLERMO		
<i>Comprobado</i>	08/08/2016	LORES MARTINEZ		
<i>Escala</i>	<i>Título</i>	APOYO ARCE CON ARMADO H23 APOYOS DEL N° 1 AL N° 13		<i>NIA</i>
1:200				<i>Curso</i>
				<i>Plano N°</i>



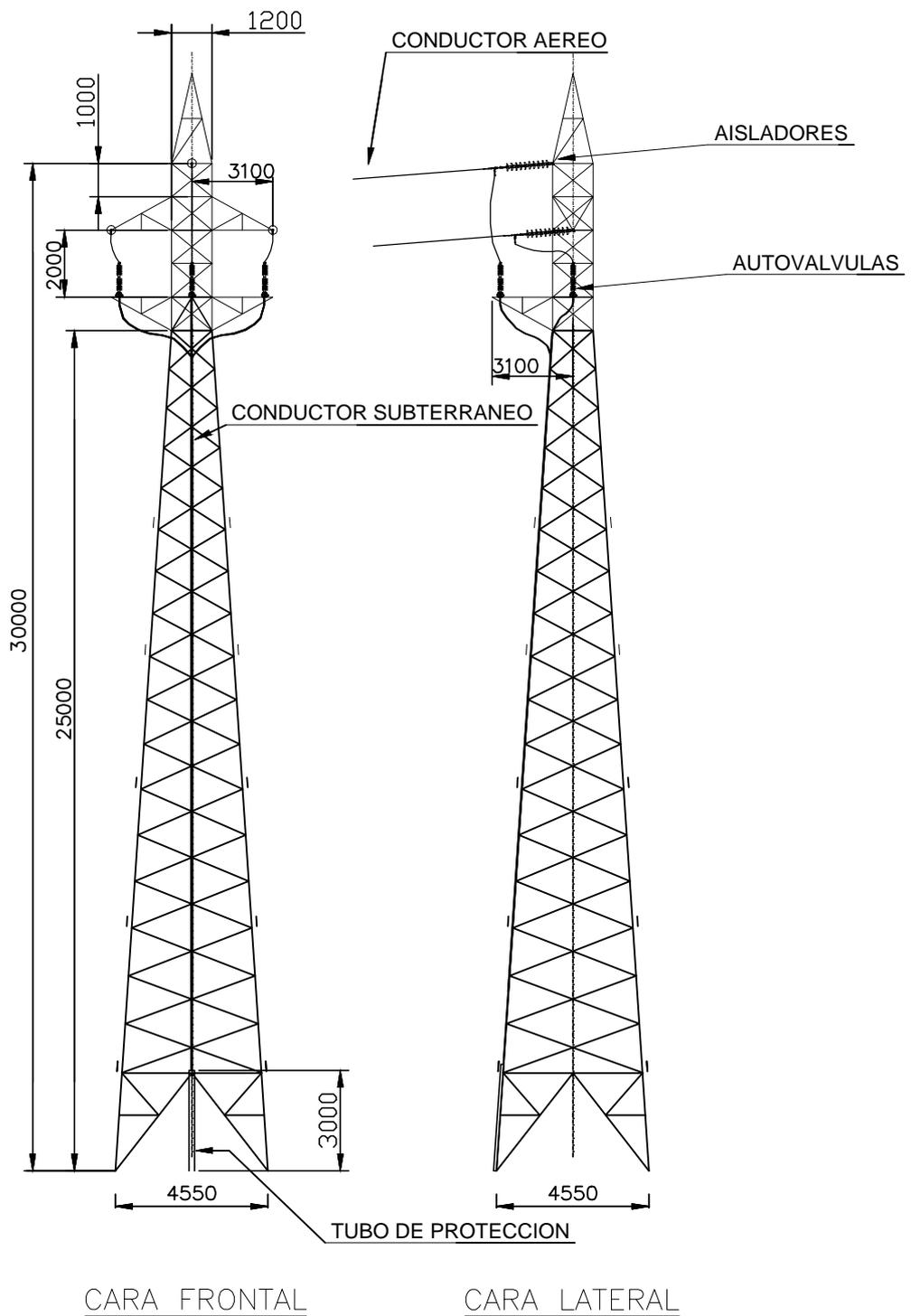
D.M.G. = 4.764 mm  
Dist mínima = 3.839 mm

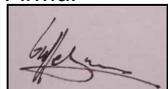


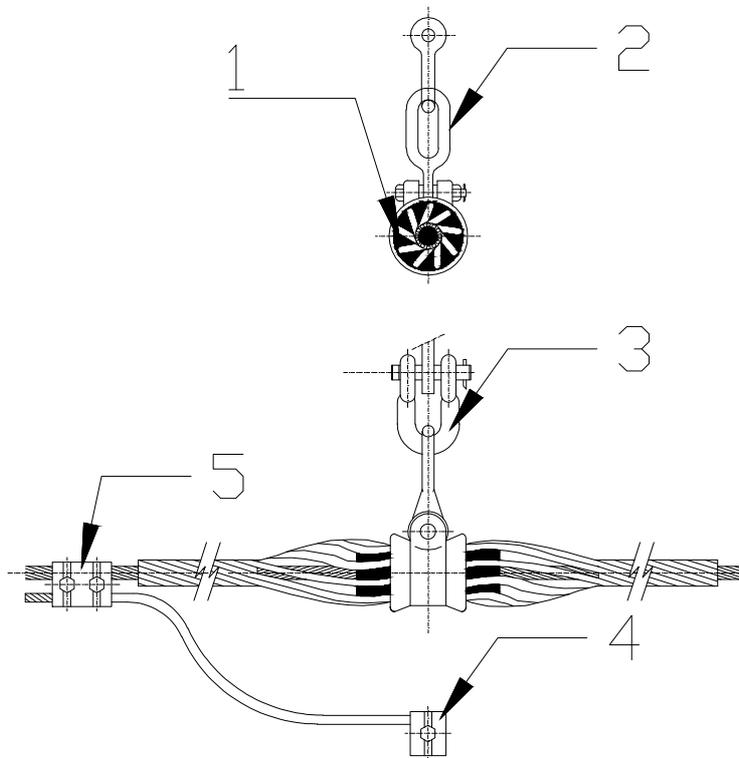
CARA FRONTAL

CARA LATERAL

	<i>Fecha</i>	<i>Nombre</i>	<i>Firma:</i>	 Escuela de Ingeniería y Arquitectura Universidad Zaragoza
<i>Dibujado</i>	08/08/2016	GUILLERMO		
<i>Comprobado</i>	08/08/2016	LORES MARTINEZ		
<i>Escala</i>	<i>Título</i>	APOYO ARCE CON ARMADO F43 APOYOS DEL N° 14 AL N°27		NIA 626034
1:200				Curso ING. ELECTRICA
				Plano N° 13

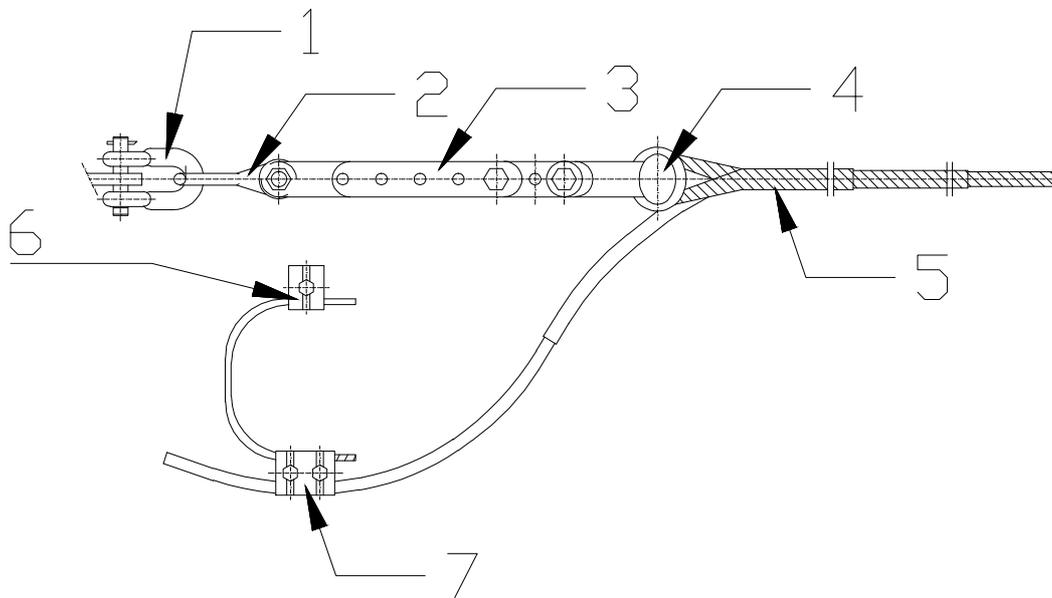


	Fecha	Nombre	Firma:		
Dibujado	08/08/2016	GUILLERMO		NIA	626034
Comprobado	08/08/2016	LORES MARTINEZ		Curso	ING. ELECTRICA
Escala	<b>Título</b> APOYO Nº 28 PASO AEREO-SUBTERRANEO ARCE CON ARMADO H63		Plano Nº	14	
1:200					



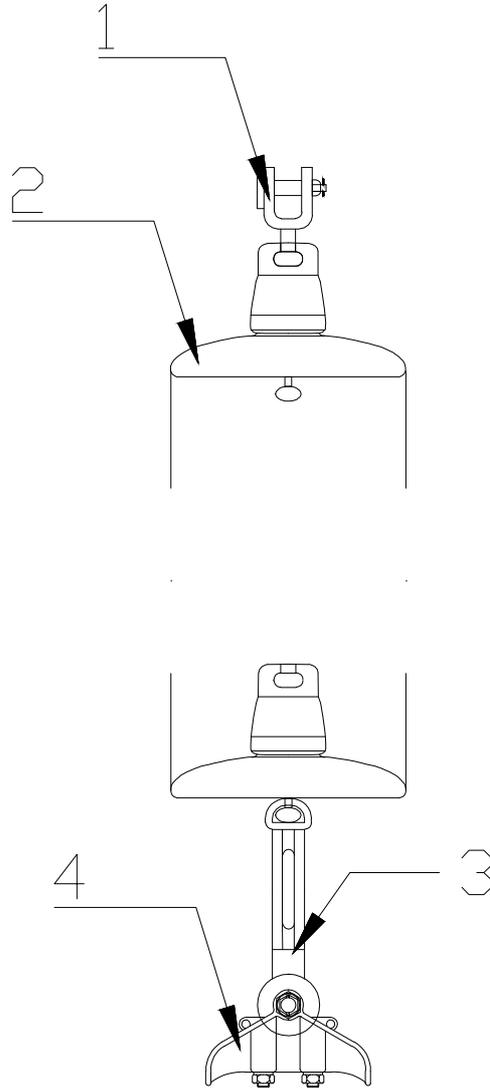
POS.	CODIGO	DENOMINACION	CANT.
1	S90216	GRAPA GAS PARA CABLE F.O.	1
2	2129	ESLABON REVIRADO ER-16	1
3	N-241030	GRILLETE NORMAL RECTO GN-16 UNESA	1
4	230013/2	GRAPA CONEXION SENCILLA PARA CABLE ALUMINIO	1
5	259111	GRAPA CONEXION UNIVERSAL PARALELA CABLE ALUMINIO	1

	Fecha	Nombre	Firma:	 Escuela de Ingeniería y Arquitectura Universidad Zaragoza
Dibujado	08/08/2016	GUILLERMO		
Comprobado	08/08/2016	LORES MARTINEZ		
Escala 1:8	Titulo CADENA DE SUSPENSION PARA CABLE DE GUARDA	NIA 626034 Curso ING. ELECTRICA Plano N° 15		



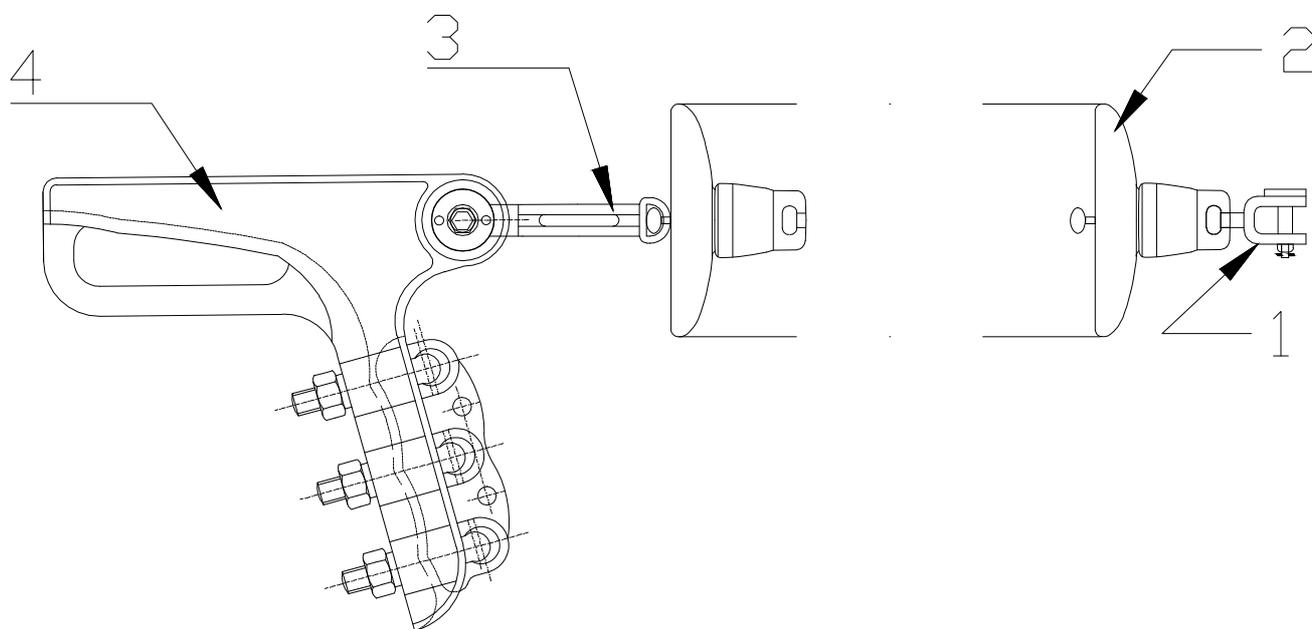
POS.	CODIGO	DENOMINACION	CANT.
1	N-241030	GRILLETE NORMAL RECTO GN-16 UNESA	1
2	2129	ESLABON REVIRADO ER-16	1
3	249026	TENSOR CORREDERA TC-16	1
4	SW1121	HORQUILLA GUARDACABOS HC-16	1
5	--	RETENCION PREF. AMARRE CABLE OPGW 13,0/16,0 mm	1
6	230013/2	GRAPA CONEXION SENCILLA PARA CABLE ALUMINIO	1
7	259111	GRAPA CONEXION UNIVERSAL PARALELA CABLE ALUMINIO	1

	Fecha	Nombre	Firma:	 Escuela de Ingeniería y Arquitectura Universidad Zaragoza
Dibujado	08/08/2016	GUILLERMO		
Comprobado	08/08/2016	LORES MARTINEZ		
Escala 1:8	Titulo CADENA DE AMARRE PARA CABLE DE GUARDA	NIA 626034 Curso ING. ELECTRICA Plano N° 16		

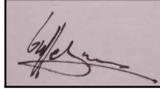


POS.	CODIGO	DENOMINACION	CANT.
1	N-247016	HORQUILLA DE BOLA	1
2	E-120-146	AISLADOR DE VIDRIO	10
3	N-243181/16	ROTULA LARGA (DE PROTECCION)	1
4	S12126	GRAPA DE SUSPENSION (ANTICORONA)	1

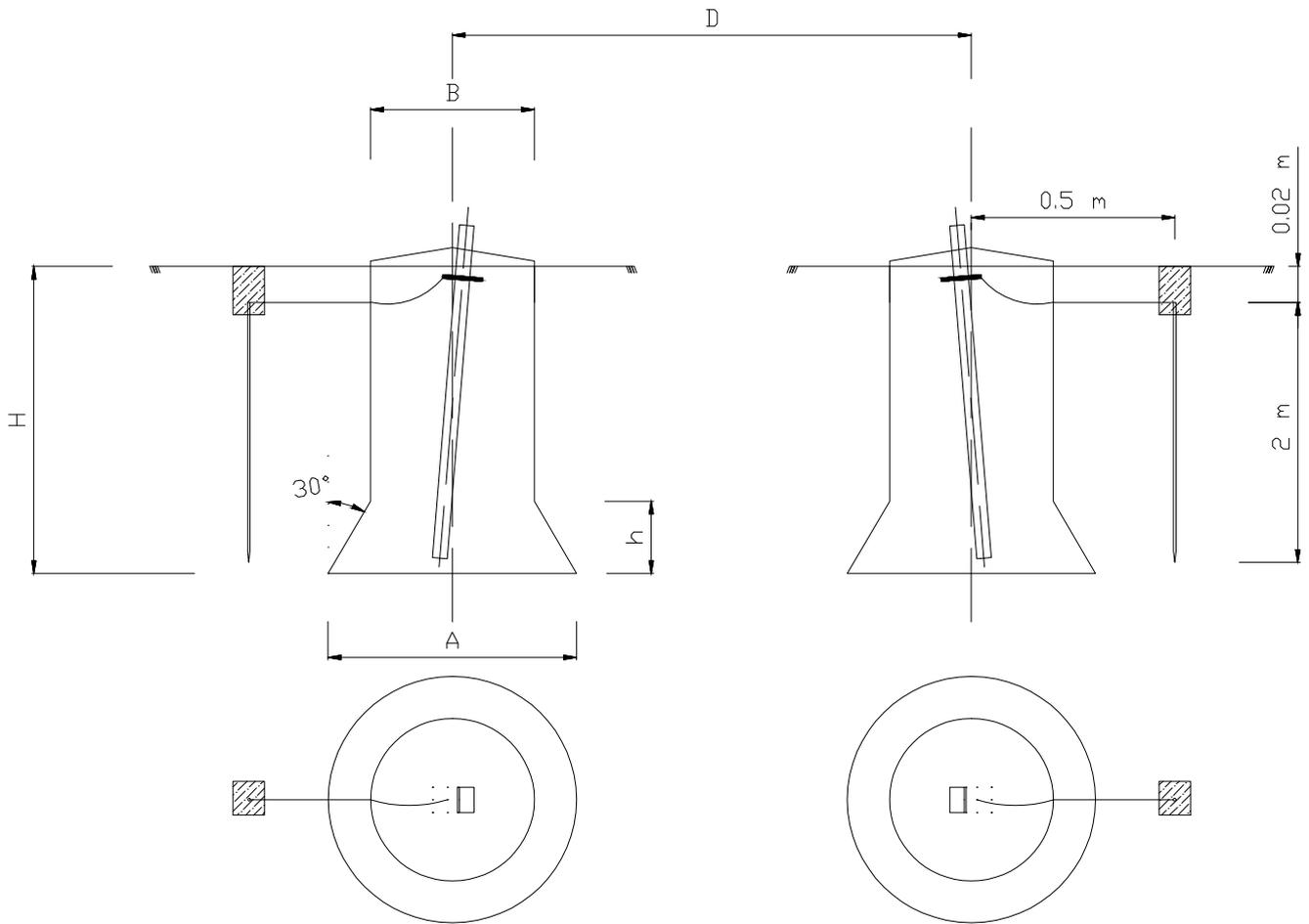
	<i>Fecha</i>	<i>Nombre</i>	<i>Firma:</i>	 <b>Escuela de Ingeniería y Arquitectura</b> <b>Universidad Zaragoza</b>
<i>Dibujado</i>	08/08/2016	GUILLERMO		
<i>Comprobado</i>	08/08/2016	LORES MARTINEZ		
<i>Escala</i>	<i>Título</i>	CADENA DE SUSPENSION PARA CONDUCTOR		<i>NIA</i> 626034
1:8				<i>Curso</i> ING. ELECTRICA
				<i>Plano N°</i> 17



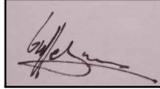
POS.	CODIGO	DENOMINACION	CANT.
1	N-247016	HORQUILLA DE BOLA	1
2	E-120-146	AISLADOR DE VIDRIO	10
3	N-243181/16	ROTULA LARGA (DE PROTECCION)	1
4	244004 C/F	GRAPA DE AMARRE TIPO K	1

	<i>Fecha</i>	<i>Nombre</i>	<i>Firma:</i>	 Escuela de Ingeniería y Arquitectura Universidad Zaragoza	
<i>Dibujado</i>	08/08/2016	GUILLERMO			
<i>Comprobado</i>	08/08/2016	LORES MARTINEZ			
<i>Escala</i>	<i>Título</i>	CADENA DE AMARRE PARA CONDUCTOR		<i>NIA</i>	626034
1:8				<i>Curso</i>	ING. ELECTRICA
				<i>Plano N°</i>	18

Hu (m)	25.00
D (m)	4.65



	ALTURA(m)	A (m)	B (m)	H (m)	h (m)	V(m <sup>3</sup> )
ARCE 300	25	1.3	0.9	1.95	0.4	1.37
ARCE 630	25	1.4	1	2.5	0.4	2.11
ARCE 1400	25	1.9	1.2	3.20	0.65	4.13
ARCE 1800	25	1.9	1.2	3.45	0.8	4.78

	Fecha	Nombre	Firma:	 Escuela de Ingeniería y Arquitectura Universidad Zaragoza
Dibujado	08/08/2016	GUILLERMO		
Comprobado	08/08/2016	LORES MARTINEZ		
Escala	Titulo		NIA	
1:4	CIMENTACIONES DE APOYOS		626034	
			Curso ING. ELECTRICA	
			Plano N° 19	

# **PLIEGO DE CONDICIONES**

# **1. LINEA AEREA**

## **1.1. OBJETO Y CAMPO DE AMPLIACION**

Este pliego de condiciones tiene por objeto la definición de los requisitos que han de cumplir el suministro e instalación de los materiales necesarios en la construcción de la línea aérea de alta tensión de 132kV para la conexión de la subestación de Huesca Norte y la subestación de Huesca Este.

## **1.2. REPLANTEO Y MEDICION**

El director de obra, una vez que el contratista este en posesión del proyecto y antes de comenzar las obras, deberá hacer el replanteo de las condiciones de obra, con especial atención a los puntos singulares, entregando al contratista las referencias y los datos necesarios para fijar completamente la ubicación de los mismos.

Se levantara por duplicado acta, en la que constaran claramente los datos entregados, firmado por el director de obra y por el representante del contratista. Los gastos de replanteo serán cuenta del contratista.

## **1.3. EJECUCION DEL TRABAJO**

Corresponde al contratista la responsabilidad en la ejecución de los trabajos que deberán realizarse conforme a las reglas de la buena práctica.

### **1.3.1. APERTURA DE POZOS**

Los trabajos comprendidos en este epígrafe son los siguientes:

- Excavación: Se refiere a la excavación necesaria para los macizos de las cimentaciones de los apoyos, en cualquier clase de terreno. Esta unidad de obra comprende la retirada de tierra y relleno de la excavación resultante después del hormigonado, suministro de explosivos, agotamiento de aguas, entibado y cuantos elementos sean en cada caso necesarios para su ejecución.
- Explanación: Comprende la excavación a cielo abierto, con el fin de dar salida a las aguas y nivelar el terreno en el que se coloca el apoyo, comprendiendo el suministro de explosivos, herramientas y cuantos elementos sean necesarios para su ejecución.

Las dimensiones de las excavaciones se ajustaran lo más posible a las dadas en el proyecto o en su defecto las indicadas por la dirección técnica. Las paredes de los hoyos serán verticales.

Si por cualquier causa se originase un aumento en el volumen de la excavación, esta será por cuenta del contratista, certificándose solamente el volumen teórico. Cuando sea necesario variar las dimensiones de la excavación, se hará de acuerdo con la dirección técnica.

El contratista tomara las disposiciones convenientes para dejar abiertas el menor tiempo posible las excavaciones, con objeto de evitar accidentes. Las excavaciones de los fosos para las cimentaciones deberán ejecutarse de tal forma que no queden fosos abiertos a una distancia de más de 3km por delante del equipo encargado del

hormigonado o del equipo de izado de apoyos según queden o no hormigonados los apoyos. En el caso de que, por naturaleza de la obra, esto no se pueda cumplir, deberá ser consultada la dirección técnica. En cualquier caso, los hoyos que queden abiertos de una jornada a la siguiente, deberán ser protegidos mediante cercas o cubiertos con tablas y serán correctamente señalizados, con el fin de evitar accidentes. Si a causa de la constitución del terreno o por causas atmosféricas los fosos amenazasen con derrumbarse, deberán ser entibados, tomándose las medidas de seguridad necesarias para evita el desprendimiento del terreno y que este sea arrastrado por las aguas. En el caso de que penetrase agua en fosos, esta deberá ser achicada antes del relleno de hormigón.

Cuando se efectúen trabajos de desplazamiento de tierras, la capa vegetal arable será separada de forma que pueda ser colocada después en su yacimiento primitivo, volviéndose a dar de esta forma su estado de suelo cultivable. La tierra sobrante de las excavaciones deberá retirarse allanando y limpiando el terreno circundante al apoyo.

Dicha tierra deberá ser transportada a un vertedero autorizado.

En terrenos inclinados, se efectuara una explanación del terreno, al nivel correspondiente a la estaca central. Como regla general se estipula que la profundidad de la excavación debe referirse al nivel medio antes citado. La explanación se prolongara hasta 30cm, como mínimo, por fuera de la excavación, prolongándose después con el talud natural de tierra circundante, con el fin de que los montantes del apoyo no queden recubiertos de tierra.

Las excavaciones se realizaran con útiles apropiados según el tipo de terreno. En terrenos rocosos será imprescindible el uso de explosivos o martillo compresor, siendo por cuenta del contratista la obtención de los permisos de utilización de explosivos. En terrenos con agua deberá precederse a su desecado, procurando hormigonar después lo más rápidamente posible para evitar el riesgo de desprendimiento en las paredes de la zanja, aumentando así las dimensiones del mismo.

Cuando se empleen explosivos para la apertura de fosos, su manipulación, almacenaje, transporte, etc., deberá ajustarse en todo a las disposiciones vigentes en cada momento respecto a esta clase de trabajos. En la excavación con empleo de explosivos, el contratista deberá tomar las precauciones adecuadas para que, en el momento de la explosión, no se proyecten al exterior piedras que puedan provocar accidentes o desperfectos, cuya responsabilidad correría a cargo del contratista.

Igualmente se cuidara que la roca no sea dañada, debiendo arrancarse todas aquellas piedras movedizas que no formen bloques con la roca, o que no estén suficientemente empotradas en el terreno.

### **1.3.2. TRANSPORTE Y ACOPIO A PIE DE POZO**

Los apoyos no serán arrastrados ni golpeados. Se tendrá cuidado en su manipulación ya que un golpe puede torcer o romper cualquiera de los perfiles que lo componen, en cuyo caso deberán ser reparados antes de su izado o armado.

El contratista tomara nota de los materiales recibidos dando cuenta al director de obra de las anomalías que se produzcan.

Cuando se transporten apoyos despiezados es conveniente que sus elementos vayan numerados, en especial las diagonales. Por ninguna causa los elementos que componen el apoyo se utilizaran como palanca.

### **1.3.3. CIMENTACIONES**

Comprende el hormigonado de los macizos de las fundaciones, incluido el transporte y suministro de todos los áridos y demás elementos necesarios a pie de zanja, el transporte y la colocación de los anclajes y plantillas, así como la correcta nivelación de los mismos.

Si en el momento de realizar las excavaciones se apreciase que las características del terreno difieren a las indicadas en el proyecto, el contratista lo comunicara al director de obra, siendo este el que autorice a un redimensionamiento nuevo de la cimentación.

Las cimentaciones se realizaran de acuerdo a lo expuesto en los planos de cimentaciones y conforme a la "Instrucción de Hormigón Estructural (EHE-08)", empleando un hormigón HM-25/B/20/Ila. Esta definición se corresponde con un hormigón en masa y estructural. Lo que determina una resistencia mínima de 25 N/mm<sup>2</sup> según la EHE-08. La consistencia será blanda y el tamaño máximo de arido empleado será de 20. Con referencia a la clase general de exposición se especifica una de tipo Ila, correspondiente a humedades altas.

El amasado del hormigón se realizara con hormigonera, procurando que la mezcla sea lo más homogénea posible. Tanto el cemento como los áridos serán medidos con elementos apropiados:

#### **1.3.3.1. Arena y grava**

La arena puede proceder de ríos, arroyos y canteras. Debe ser limpia, sin impurezas orgánicas, arcillosas, carbón, escorias, yeso, mica o feldespatos. Se dará preferencia a la arena cuarzosa, la de origen calizo, siendo preferibles las arenas de superficie áspera o angulosa. No se pueden emplear arenas con contenido de sulfuros oxidables.

En todo caso los áridos cumplirán con lo expuesto en el artículo 28 de la EHE-08. Y deberán llegar a la obra manteniendo las características granulométricas de cada una de sus fracciones.

#### **1.3.3.2. Agua**

Son admisibles, sin necesidad de ensayos previos, todas las aguas que sean potables y aquellas que procedan de río o manantial, a condición de que su mineralización no sea excesiva.

Se prohíbe el uso de aguas que procedan de ciénagas, o estén muy cargadas de sales carbonosas o selenitosas. Podrán rechazarse las aguas que no cumplan con lo expuesto en el artículo 27 de la EHE-08.

#### **1.3.3.3. Cemento**

Los cementos utilizados deberán cumplir con lo establecido en el artículo 26 de la EHE-08.

#### 1.3.3.4. Hormigón

La fabricación del hormigón se realizara según lo establecido en el artículo 71 de la EHE-08, ya sea en fábrica o in situ mediante hormigonera. Se comprobara el contenido de humedad de los áridos, para corregir, en caso necesario, la cantidad de agua vertida en la hormigonera.

#### 1.3.3.5. Ejecución

En tiempo de heladas deberán suspenderse los trabajos de hormigonado; no obstante, si la urgencia de la obra lo requiere, podrá proseguirse con el hormigonado, siempre con la autorización de la dirección de obra y tomando las debidas precauciones, tales como cubrir el hormigón que está fraguando por medio de sacos, pata, etc. Se podrán igualmente utilizar aditivos anticongelantes que deberán ser autorizados por el director de obra.

La manera de ejecutar la cimentación será la siguiente:

- Se echara primeramente una capa de hormigón seco fuertemente apisonado, de 10cm de espesor, de manera que se conserve la distancia marcada en el plano desde la superficie al terreno hasta la capa de hormigón.
- Al día siguiente se colocara sobre esa capa la base del apoyo, nivelando cuidadosamente el plano de unión de la base con la estructura exterior del apoyo e inmovilizándola mediante un dispositivo adecuado.
- Cuando se trate de apoyos de ángulo o final de línea, se dará a la superficie de la base una inclinación del 0,5 al 1% en sentido opuesto a la resultante de las fuerzas producidas por conductores y cable de guarda.
- Después se rellenara de hormigón el foso, vertiendo el hormigón suavemente y por medio de un canal de chapa de gran pendiente en capas de 20 a 30 cm y vibrándolo a continuación. Durante el vertido del hormigón se prestara especial atención en no golpear el anclaje para no desnivelarlo. Una vez iniciado el hormigonado de un macizo, no se interrumpirá este hasta que no esté totalmente terminado.

No podrá retirarse la plantilla hasta pasadas 24 horas de la terminación del hormigonado. Este plazo será de 48 horas en el caso de utilización de cementos puzol añicos o siderúrgicos. Durante el fraguado y primer periodo de endurecimiento del hormigón, deberá asegurarse el mantenimiento de la humedad mediante un adecuado curado tal y como se indica en el artículo 71 de la EHE-08

En aquellos apoyos donde sea necesario, por indicarse en los planos del proyecto o porque lo solicite la dirección de obra, el contratista estará obligado a la construcción de recrecidos de hormigón armado. Dichos recrecidos se ejecutaran sin junta con hormigón de las mismas características que el empleado en el resto de la cimentación. Las armaduras serán suministradas por el contratista de acuerdo con los planos.

Los encofrados podrán ser de madera o chapa y se ejecutaran de manera que quede asegurada la estanqueidad de los mismos con el fin de evitar fugas de la lechada de cemento. Sin son de madera, esta tendrá una superficie lisa y se humedecerá

suficientemente con agua antes de comenzar el hormigonado. En caso de utilizarse encofrados de chapa, se podrán utilizar desencofrantes de calidad verificada, que serán sometidos a la aprobación del director de obra. Se cuidara la verticalidad de los encofrados y que estos no se muevan durante su relleno. Estos recrecidos se realizaran de forma que las superficies vistas queden bien terminadas.

En aquellos apoyos que por las especiales características del terreno donde se asienten (roca, aluvión, etc.) sea aconsejable utilizar una cimentación especial, la dirección de obra estudiara la solución más adecuada y facilitara al contratista toda la información necesaria para su correcta ejecución.

#### **1.3.4. ARMADO E IZADO DE APOYOS**

Los trabajos comprendidos en este apartado son el armado, izado y aplomado de los apoyos, incluido la colocación de crucetas y el anclaje, así como el conjunto de herramientas y todos los medios necesarios para esta operación.

Antes del montaje en serie de los apoyos, se deberá realizar un muestreo de al menos el 10%, montándose estos con el fin de comprobar si tienen un error sistemático de construcción que convenga ser corregido por el constructor de los apoyos, con el suficiente tiempo.

El armado de estos apoyos se realizara teniendo presente la concordancia de diagonales y presillas. Cada uno de los elementos metalicos del apoyo sera ensamblado y fijado por medio de tornillos con arreglo a los planos de montaje suministrados por el fabricante de los mismos.

Cuando la torre se monte sobre el suelo, se hará sobre un terreno sensiblemente horizontal y perfectamente nivelado con calces de madera a fin de que no se produzcan deformaciones en las barras.

El apriete de los tornillos con la torre en el suelo no será el máximo, el cual se realizara una vez izado el apoyo. Así mismo, los tornillos se montaran con la tuerca hacia el exterior de la torre.

Si en el curso del montaje aparecen dificultades de ensambladura o defectos sobre algunas piezas que necesiten su sustitución o su modificación, el contratista lo notificará a la dirección técnica.

No se empleara ningún elemento metálico doblado, torcido, etc. Solo podrán enderezarse previo consentimiento del director de obra. En el caso de rotura de barras y rasgado de taladros, por cualquier causa, el contratista tiene obligación de proceder al cambio de los elementos rotos, previa autorización de la dirección técnica.

El procedimiento de izado será determinado por el contratista, el cual deberá contar con la aprobación de la dirección técnica. Todas las herramientas que se utilicen se hallaran en perfectas condiciones de conservación y serán las adecuadas.

En el montaje e izado de los apoyos, como observación principal de realización, ha de tenerse en cuenta que ningún elemento sea solicitado por esfuerzos capaces de producir deformaciones permanentes. Se recomienda el izado con pluma o grúa, evitando que el aparejo dañe las aristas o los montantes del poste.

Después de su izado y antes del tendido de los conductores, se apretarán los tornillos dando a las tuercas la presión correcta mediante empleo de llaves dinamométricas.

Los tornillos deberán sobresalir de las tuercas, por lo menos, tres pasos de rosca. El apoyo deberá quedar vertical, salvo en los apoyos de fin de línea o ángulo, que presentará una inclinación del 0,5 al 1% en sentido opuesto a la resultante de los esfuerzos producidos por los conductores. En ambas posiciones se admitirá una tolerancia del 0,2%.

Finalmente, una vez que se haya comprobado el perfecto montaje del apoyo, se procederá al graneteado de la tornillería (tres granetazos a 120°), con el fin de impedir que se aflojen.

Terminadas todas las operaciones anteriores, y antes de proceder al tendido de los conductores, el contratista dará aviso para que los apoyos montados sean decepcionados por la dirección técnica.

### **1.3.5. PROTECCION DE LAS SUPERFICIES METALICAS**

Todos los apoyos tendrán protección por galvanizado en caliente. El galvanizado por inmersión en caliente se hará de acuerdo con la norma UNE-EN ISO 1461:1999.

La superficie presentará una galvanización lisa adherente, uniforme, sin discontinuidad y sin manchas.

### **1.3.6. TENDIDO, EMPALME, TENSADO Y RETENCIONADO**

Los trabajos reflejados en este apartado son los siguientes:

- Colocación de los aisladores y herrajes de sujeción de los conductores
- Tendido de los conductores y cables de tierra, tensado inicial, regulado y engrapado de los mismos.

Comprende igualmente el suministro de herramientas y demás medios necesarios para estas operaciones, así como su transporte a lo largo de la línea.

#### **1.3.6.1. Colocación de aisladores**

La manipulación de aisladores y de los herrajes auxiliares de los mismos se realizará con el mayor cuidado y se limpiarán antes de su montaje definitivo en los apoyos.

Se tomarán las debidas precauciones para que los distintos elementos que componen la cadena no sufran golpes, ni entre ellos ni contra superficies duras, y su manejo se hará de forma que no sufran esfuerzos de flexión.

#### **1.3.6.2. Tendido de los conductores y cable de tierra**

No se comenzará el tendido de un cantón si todos los postes de este no están recepcionados. De cualquier forma, las operaciones de tendido no serán emprendidas hasta que hayan pasado 15 días desde la terminación de la cimentación de los apoyos de ángulo y amarre, salvo indicación en contrario de la dirección técnica.

El tendido de los conductores y cable de tierra debe realizarse de tal forma que se eviten torsiones, nudos, aplastamientos o roturas de alambres, roces en el suelo, apoyos o cualquier otro obstáculo. Las bobinas no deben nunca ser rodadas sobre un

terreno con asperezas o cuerpos duros susceptibles de estropear los cables, así como tampoco deben colocarse en lugares con polvo o cualquier otro cuerpo extraño que pueda introducirse entre los conductores y cable de tierra.

Antes del tendido se instalarán los pórticos de protección para cruces de carreteras, ferrocarriles, líneas de alta tensión, etc. Para el tendido se instalarán poleas con garganta de madera o aluminio con objeto de que el rozamiento sea mínimo.

Durante el tendido se tomarán todas las precauciones posibles, tales como arrastramiento, para evitar deformaciones o fatigas anormales de crucetas, apoyos y cimentaciones, (en particular en los apoyos de ángulo y anclaje).

Se dispondrán, al menos, de un número de poleas igual a tres veces el número de vanos del cantón más grande. Las gargantas de las poleas de tendido serán de aleación de aluminio, madera o teflón y su diámetro como mínimo 20 veces el del conductor.

Cuando se haga el tendido sobre vías de comunicación, se establecerán protecciones especiales, de carácter provisional, que impida la caída de dichos conductores sobre las citadas vías, permitiendo al mismo tiempo el paso por las mismas sin interrumpir la circulación. Estas protecciones, aunque de carácter provisional, deben soportar con toda seguridad los esfuerzos anormales que por accidentes puedan actuar sobre ellas.

En caso de cruce con otras líneas (A.T., B.T. o de comunicaciones) también deberán disponerse las protecciones necesarias de manera que exista la máxima seguridad y que no se dañen los conductores durante su cruce. Cuando haya que dejar sin tensión una línea para ser cruzada, deberán estar preparadas todas las herramientas y materiales con el fin de que el tiempo de corte se reduzca al mínimo y no se cortaran hasta que todo esté preparado.

Cuando el cruzamiento sea con una línea eléctrica, una vez conseguido que el propietario de la línea la corte, se tomarán las siguientes precauciones:

- Comprobar que estén abiertas, con corte visible, todas las fuentes de tensión, mediante interruptores y seccionadores que aseguren la imposibilidad de un cierre intempestivo.
- Comprobar el enclavamiento o bloqueo, si es posible, de los aparatos de corte.
- Reconocimiento de la ausencia de tensión
- Poner a tierra y en cortocircuito todas las posibles fuentes de tensión
- Colocar señales de seguridad adecuadas delimitando las zonas de trabajo.

Para poder cumplimentar los puntos anteriores, el contratista deberá disponer, y hacer uso, de detector de A.T. adecuado y de tantas puestas a tierra y en cortocircuito como posibles fuentes de tensión.

Si existe arbolado que pueda dañar a los conductores y cable de tierra, y estos a su vez a los árboles, dispondrán de medios especiales para que esto no ocurra. Durante el tendido, en todos los puntos de posible daño al conductor, el Contratista deberá desplazar a un operario con los medios necesarios para que aquel no sufra daños.

Si durante el tendido se producen roturas de venas del conductor, el contratista deberá consultar con la dirección técnica la clase de reparación que se debe ejecutar.

Los empalmes de los conductores podrán efectuarse por el sistema de manguitos de torsión, máquinas de husillo o preformados, según indicación previa de la dirección técnica y su colocación se realizara de acuerdo con las disposiciones contenidas en el vigente Reglamento Técnico de Líneas Eléctricas Aéreas de Alta Tensión. Todos los empalmes deberán ser cepillados cuidadosamente para asegurar la perfecta limpieza de las superficies a unir, no debiéndose apoyar sobre la tierra estas superficies limpias, para lo que se recomienda la utilización de tomas.

Los empalmes del cable de tierra se realizaran en caja de empalme dispuesta a tal efecto en parte baja de apoyo. El cable de tierra se fijara a herraje sujeto a montante de apoyo de manera que se realizara entrada y salida en la citada caja. Se realizara informe final de reflectometría que el Contratista entregara a Dirección Facultativa.

El Contratista será el responsable de las averías que se produzcan por la no observancia de estas prescripciones.

#### 1.3.6.3. Tensado, regulado y engrapado de los conductores y cable de guarda

Previamente al tensado de los conductores y cable de tierra, deberán ser venteados los apoyos primero y ultimo del cantón, de modo que se contrarresten los esfuerzos debidos al tensado.

Los mecanismos para el tensado de los cables podrán ser los que la empresa contratista estime, con la condición de que se coloquen a distancia conveniente del apoyo de tense, de tal manera que el ángulo que formen las tangentes del cable a su paso por la polea no sea inferior a 150°.

La dirección técnica facilitara al contratista, para cada cantón, el vano de regulación y las flechas de este vano para las temperaturas habituales en esa época, indicando los casos en que la regulación no pueda hacerse por tablillas y sea necesario el uso de taquímetro.

Antes de regular el cable se medirá su temperatura con un termómetro de contacto, poniéndolo sobre el cable durante 5 minutos.

El contratista facilitara a la dirección técnica, para su comprobación, la altura mínima de los conductores y cable de tierra, en el caso más desfavorable de toda la línea, indicando la temperatura a que fue medida. Facilitará los mismos datos en todos los vanos de cruzamiento.

El afino y la comprobación del regulado se realizaran siempre por la flecha.

En el caso de cantones de varios vanos, después del tensado y regulado de los conductores y cable de tierra, se mantendrán estos sobre las poleas durante 24 horas como mínimo, para que puedan adquirir una posición estable. Entonces se procederá a la realización de los anclajes y luego se colocaran los conductores sobre las grapas de suspensión.

Si, una vez engrapado el conductor, se comprueba que la grapa no se ha puesto en el lugar correcto y que, por tanto, la flecha no es la que debía resultar, se volverá a engrapar y, si el conductor no se ha dañado, se cortara el trozo que la dirección técnica marque, ejecutándose los manguitos correspondientes.

En los puentes flojos deberán cuidar su distancia a masa y la verticalidad de los mismos, así como su homogeneidad. Para los empalmes que se ejecuten en los puentes flojos se utilizarán preformados.

En las operaciones de engrapado se cuidará especialmente la limpieza de su ejecución, empleándose herramientas no cortantes, para evitar morder los cables de aluminio.

Si hubiera alguna dificultad para encajar entre sí o con el apoyo algún elemento de los herrajes, este no deberá ser forzado con el martillo y deberá ser cambiado por otro.

Al ejecutar el engrapado en las cadenas de suspensión, se tomarán las medidas necesarias para conseguir un aplomado perfecto. En el caso de que sea necesario correr la grapa sobre el conductor para conseguir el aplomado de las cadenas, este desplazamiento no se realizará a golpe de martillo u otra herramienta; se suspenderá el conductor, se dejará libre la grapa y esta se correrá a mano hasta donde sea necesario. La suspensión del cable se realizará, o bien por medio de una grapa, o por cuerdas que no dañen el cable.

El apretado de los estribos se realizará de forma alternativa para conseguir una presión uniforme de la almohadilla sobre el conductor, sin forzarla, ni menos romperla.

El punto de apriete de la tuerca será el necesario para comprimir la arandela elástica.

### **1.3.7. REPOSICION DEL TERRENO**

Las tierras sobrantes, así como los restos del hormigonado, deberán ser retiradas a vertedero, todo lo cual será cargo del contratista.

Todos los danos serán por cuenta del contratista, salvo aquellos aceptados por el director de obra.

### **1.3.8. NUMERACION Y SEÑALIZACION DE APOYOS**

Se numerarán los Apoyos con pintura negra, ajustándose dicha numeración a la dada por el director de obra. Las cifras serán legibles desde el suelo.

La placa de señalización de "Riesgo eléctrico" se colocará en el apoyo a una altura suficiente para que no se pueda retirar desde el suelo. Deberá cumplir las especificaciones señaladas en la recomendación UNESA 0203.

### **1.3.9. PUESTA A TIERRA**

El trabajo detallado en este apartado comprende la apertura y el cierre del foso y zanja para la hincada del electrodo (colocación del anillo), así como la conexión del electrodo, o anillo, al apoyo a través del macizo de hormigón.

Una vez finalizada la puesta a tierra, el contratista procederá a la medición de la tensión de contacto aplicada mediante un método por inyección de corriente en los apoyos, donde la determinación de ese valor sea exigida según se indica en el apartado 7.3.4.6 de la ITC-07 del RLAT.

La puesta a tierra se efectuara de dos tipo dependiendo del caso: electrodos de difusión y anillos cerrados.

#### 1.3.9.1. Electrodo de difusión

Cada apoyo dispondrá del número de picas de puesta a tierra de acero cobreado de 14,6 mm de diámetro y 2 m de longitud como sean necesarios para que la resistencia de difusión no sea superior de  $20\Omega$ , los cuales se conectaran entre si y al apoyo mediante un cable de cobre de 95 mm<sup>2</sup>. Como mínimo se instalaran dos picas conectadas a dos montantes diagonalmente opuestos del apoyo.

La cabeza de las picas, una vez hincadas, quedara como mínimo a 0,6m por debajo de la superficie del terreno. A esta profundidad irán también los cables de conexión entre los electrodos y el apoyo.

Las picas deben quedas aproximadamente a unos 80 cm del macizo de hormigón.

Cuando sea necesaria más de una pica, la separación entre ellas será de una vez y media la longitud de una de ellas, no estando a más de 3 metros del macizo.

#### 1.3.9.2. Anillo cerrado

La resistencia de difusión no será superior a 20 ohmios, para lo cual se dispondrá de tantas picas de puesta a tierra de acero cobreado de diámetro igual a 14,6 mm y 2 m de longitud como sean necesarios, con un mínimo de dos instaladas diametralmente opuestas.

El anillo de difusión estará realizado con cable de cobre de 95 mm<sup>2</sup>. Igual naturaleza y sección tendrán los conductores de conexión al apoyo.

El anillo estará enterrado a 1 m. de profundidad y de forma que cada punto del mismo quede distanciado 1 m., como mínimo, de las aristas del macizo de cimentación.

## **1.4. MATERIALES**

Los materiales empleados en la instalación serán entregados por el contratista siempre que no se especifique lo contrario en el pliego de condiciones.

No se podrán emplear materiales que no hayan sido aceptados previamente por el director de obra. No se aceptara en ningún caso el uso de Policloruro de Vinilo (PVC).

Se realizaran cuantos ensayos y análisis indique el director de obra, aunque no estén indicados en el pliego de condiciones.

### **1.4.1. APOYOS**

Los apoyos a usar en la construcción de la línea serán metálicos de celosía, de la serie ARCE, fabricado por MADE.

Se podrán utilizar apoyos realizados por otro fabricante, siendo sus características equivalentes y sus alturas y esfuerzos resistentes iguales, o en su defecto, de valor superior. En cualquier caso, toda modificación de los apoyos a instalar respecto a lo reflejado en el presente proyecto deberá consultarse con la dirección facultativa.

#### **1.4.2. HERRAJES**

Serán del tipo indicado en el Proyecto. Los herrajes para las cadenas de suspensión y amarre cumplirán con las Normas UNE 21006, 207009 y UNE EN 61284. Los amortiguadores cumplirán con la Norma UNE EN 61897.

#### **1.4.3. AISLADORES**

Los aisladores empleados en las cadenas de suspensión o amarre responderán a las especificaciones de la Normas CEI 120, CEI 815, UNE 21909, UNE-EN 61466-1-2, UNE 21009 y UNE 21128. En cualquier caso el tipo de aislador será el que figura en el proyecto.

#### **1.4.4. CONDUCTOR Y CABLE DE GUARDA**

Serán los que figuran en el Proyecto y deberán estar de acuerdo con las especificaciones de la Norma UNE 21018.

### **1.5. RECEPCION DE OBRA**

Durante la obra y una vez finalizada la misma, el director de obra verificara que los trabajos realizados estén de acuerdo con las especificaciones de este pliego de condiciones general y de más pliegos de condiciones particulares.

Una vez finalizadas las instalaciones, el contratista deberá solicitar la oportuna recepción global de la obra.

El director de obra contestara por escrito al contratista, comunicando su conformidad a la instalación o condicionando su recepción a la modificación de los detalles que estime susceptibles de mejora.

#### **1.5.1. CALIDAD DE CIMENTACIONES**

El director de obra verificara que las dimensiones de las cimentaciones y las características mecánicas del terreno se ajustan a las establecidas en el proyecto.

Asimismo podrá encargar la ejecución de los ensayos de resistencia característica del hormigón utilizado en la cimentación tal y como lo establecen el Art. 86o de la EHE-08. El contratista tomara a su cargo las obras ejecutadas con hormigón que hayan resultado de insuficiente calidad.

#### **1.5.2. TOLERANCIAS DE EJECUCION**

##### **1.5.2.1. Desplazamiento de apoyos sobre su alineación**

Si D representa la distancia, expresada en metros, entre ejes de un apoyo y el de ángulo más próximo, la desviación en alineación de dicho apoyo y la alineación real, debe ser inferior a  $(D/100) + 10$ , expresada en centímetros.

##### **1.5.2.2. Desplazamiento de un apoyo sobre el perfil longitudinal**

No debe suponer aumento en la altura del apoyo. Las distancias de los conductores respecto al terreno deben permanecer como mínimo iguales a las previstas en el Proyecto Específico.

#### 1.5.2.3. Verticalidad de los apoyos

En los apoyos de alineación se admitirá una tolerancia en la verticalidad del 0,2 % sobre la altura del mismo.

#### 1.5.2.4. Alturas de flechas

Los errores máximos admitidos en las flechas, cualquiera que sea la disposición de los conductores y el número de circuitos sobre el apoyo, en la regulación de conductores, serán:

- De +/-3% En el conductor que se regula.
- De +/-3% Entre los conductores situados en un plano vertical
- De +/-6% Entre los conductores situados en un plano horizontal

La medición de flechas se realizara según norma UNE 21 101.

#### 1.5.2.5. Estado y colocación de los aisladores y herrajes

Se comprobara que el montaje de cadenas de aisladores, crucetas aislantes y herrajes, son correctos y conforme a los planos de montaje.

No se admitirá una desviación horizontal de las cadenas de aisladores de suspensión superior al 1% de la longitud de la cadena ni un giro superior a 20 en las crucetas aislantes giratorias.

#### 1.5.2.6. Distancias a masa

Se comprobara que las distancias fase-tierra son mayores que las mínimas establecidas en el apdo. 5.4.2 de la ITC 07 del RLEAT.

## **2. LINEA SUBTERRANEA**

### **2.1. OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN**

Este pliego de condiciones tiene por objeto la definición de los requisitos que han de cumplir el suministro e instalación de los materiales necesarios en la construcción de la línea subterránea de alta tensión de 132kV.

## **2.2. REPLANTEO Y MEDICION**

Todos los trabajos se realizarán en conformidad a los planos y coordenadas entregados previamente a su ejecución.

Se comprobarán siempre los servicios y elementos afectados, tanto si están previstos inicialmente como si surgen a posteriori. Para ello, se realizarán los estudios y calas que sean oportunas.

## **2.3. EJECUCION DEL TRABAJO**

Corresponde al contratista la responsabilidad en la ejecución de los trabajos que deberán realizarse conforme a las reglas del arte.

### **2.3.1. TRAZADO**

Las canalizaciones, salvo casos de fuerza mayor, se ejecutarán en terrenos de dominio público, bajo aceras o calzadas, evitando ángulos pronunciados. El trazado será lo más rectilíneo posible, paralelo en toda su longitud a bordillos o fachadas de los edificios principales.

Antes de comenzar los trabajos, se marcarán en el pavimento las zonas donde se abrirán las zanjas, marcando tanto su anchura como su longitud. Si ha habido posibilidad de conocer las acometidas de otros servicios a las fincas construidas, se indicarán sus situaciones con el fin de tomar las precauciones debidas.

Antes de proceder a la apertura de las zanjas se abrirán calas de reconocimiento para confirmar o rectificar el trazado previsto.

Se estudiará la señalización de acuerdo con las normas municipales y se determinarán las protecciones precisas tanto de la zanja como de los pasos que sean necesarios para los accesos a los portales, comercios, garajes, etc.

Se procurará causar los mínimos daños posibles en la propiedad, ajustándose a los compromisos adquiridos con el propietario antes de la ejecución de las obras.

En entornos rurales se mantendrán cerradas las propiedades atravesadas, en caso de posibilidad de presencia de ganado.

En instalaciones entubadas se respetarán los radios de curvatura mínimos precisos dependiendo del diámetro exterior del tubo, de tal forma que en instalaciones bajo tubo de diámetro exterior 160mm, se respetará un radio de curvatura mínimo de 8m; en instalaciones bajo tubo de diámetro exterior de 200mm, se respetará un radio de curvatura mínimo de 10m; y en instalaciones bajo tubo de diámetro exterior 250mm, se respetará un radio de curvatura mínimo de 12,5m.

### **2.3.2. APERTURA DE ZANJAS**

La excavación la realizara una empresa especializada, que trabaje con los planos de trazado suministrados por la Compañía.

Las zanjas se harán verticales hasta la profundidad escogida, colocándose entibaciones en los casos que la naturaleza del terreno lo haga preciso.

Se procurara dejar un paso de 500 mm entre la zanja y las tierras extraídas o cualquier otro objeto, con el fin de facilitar la circulación del personal de la obra y evitar la caída de tierras en la zanja. La tierra excavada y el pavimento, deben depositarse por separado. La planta de la zanja debe limpiarse de piedras agudas, que podrían dañar las cubiertas exteriores de los cables.

Las tierras extraídas se apilaran de forma adecuada para su posterior uso, en caso de que las autoridades lo permitan, o para su posterior evacuación a vertedero autorizado. Se prestara especial atención para no mezclarla con agentes contaminantes que pudieran dañar el medio ambiente o impedir su posible reutilización.

### **2.3.3. CANALIZACION**

En este tipo de canalización se instalara un cable por tubo. Los tubos serán independientes entre sí y se ajustaran a lo indicado en la edición vigente de la Especificación de Materiales “Tuberías plásticas corrugadas de doble pared para líneas subterráneas” de ENDESA distribución, siendo sus principales características:

- Tubo de polietileno de alta densidad o polipropileno, de doble pared, lisa la interna y corrugada la externa.
- Diámetro exterior de 160mm
- Tramos de 6 metros de longitud, con uniones entre tubos mediante manguitos con junta de estanqueidad.

La disposición de los tubos, que será siempre al tresbolillo, vendrá obligada por el empleo de separadores, situados cada 3 m (dos por tramo de tubo). Las características de los separadores de tubos de potencia serán las impuestas por la edición vigente de la Especificación de Materiales ENDESA distribución “Separadores de tuberías plásticas corrugadas para líneas subterráneas”.

Los separadores serán de tipo plástico, compuestos a partir material libre de halógenos y proporcionaran suficiente rigidez mecánica para soportar los esfuerzos electrodinámicos tanto en el momento de instalación como en servicio. La forma del separador obligara al formado del tresbolillo de los tubos, introduciendo una separación entre los tubos de 40 mm para tubos de diámetros exteriores de 160 y 200 mm y de 70 mmm para diámetros exteriores de 250mm.

En caso de separadores de tubos de 250 mm de diámetro exterior, dispondrán en el mismo cuerpo de habitáculos para los tubos de cables equipotenciales y testigo de hormigonado para el encofrado. En caso de separador de tubos de menor diámetro no serán obligatorios estos dos requisitos, pero dispondrán de piezas conectoras para la correcta fijación de los tubos para el conductor equipotencial. Se respetara un radio de

100 mm alrededor de los tubos, sin que se ubique ningún otro elemento, para lo que se realizarán las etapas necesarias en las fases de hormigonado respetando las canalizaciones descritas en el documento PLANOS.

El encofrado de hormigón ocupará toda la anchura de la canalización. La altura del encofrado será de 783 mm para tubos de diámetros exterior de 160 mm, 858 mm para tubos de diámetro exterior 200 mm y 977 mm para tubos de diámetro exterior 250mm. Para el encofrado de hormigón se utilizará en todo caso hormigón en masa HM-20/B/20 según la norma EHE-08. Las clases general y específica de exposición se especificarán en caso necesario en función de la agresividad prevista del terreno para cada proyecto específico.

A continuación se rellenará toda la zanja con tierra procedente de la misma excavación, si esta reúne las condiciones exigidas por las normas, reglamentos y ordenanzas municipales correspondientes, o bien con tierra de aportación en caso contrario. Se compactará esta tierra en tongadas de 30 cm, hasta lograr una compactación, como mínimo, al 95% del Proctor Modificado (P.M.).

Con objeto de efectuar una señalización de los cables enterrados, se colocará una cinta penalizadora por terna (el material, dimensiones, color, etc. de la cinta de señalización será el indicado en la edición vigente de la Especificación de Materiales ENDESA distribución "Cinta de polietileno para señalización subterránea de cables enterrados", a una profundidad aproximada de 150 mm bajo el pavimento a reponer y situada sobre el eje vertical de cada terna.

#### **2.3.4. TRANSPORTE DE BOBINAS DE CABLES**

Previamente al traslado, será estudiado el emplazamiento de destino. El transporte de las bobinas se realizará siempre sobre vehículo, manipulándose mediante grúa.

La carga y descarga, sobre camiones o remolques apropiados, se hará siempre mediante una barra adecuada que pase por el orificio central de la bobina. Las bobinas de cable se transportarán siempre de pie y nunca tumbadas sobre una de las tapas.

Si la bobina se transporta con duelas, se deben proteger convenientemente para que un deterioro de las mismas no afecte al cable.

Cuando se coloquen las bobinas en cualquier tipo de transportador, estas deberán quedar en línea, en contacto una con otra, y bloqueadas firmemente en los extremos y a lo largo de sus tapas.

El bloqueo de las bobinas se debe hacer con tacos de madera lo suficientemente largos y resistentes, con un largo total que cubra completamente el ancho de la bobina y puedan apoyarse los perfiles de las dos tapas. Las caras del taco tienen que ser uniformes para que las duelas no se puedan romper dañando entonces el cable.

El almacenamiento de bobinas se realizará sobre firme adecuado, en un lugar donde no pueda acumularse agua. En lugares húmedos se aconseja la separación de las bobinas. No se permitirá el apilamiento de bobinas. Cuando deba almacenarse una bobina de la que se ha utilizado una parte del cable que contenía, han de taponarse los extremos de los cables, utilizando capuchones retractiles.

### **2.3.5. TENDIDO DE CABLES**

#### **2.3.5.1. Tendido de conductores**

Antes de iniciar la instalación del cable hay que limpiar el interior del tubo, asegurar que no haya cantos vivos, aristas y que los tubos estén sin taponamientos. Con este fin se procederá a mandrilar los tubos de la instalación según los diámetros interiores de los mismos. Para el tendido la bobina estará siempre elevada y sujeta por gatos mecánicos y una barra, de dimensiones y resistencia apropiada al peso de la bobina.

La base de los gatos será suficientemente amplia para que garantice la estabilidad de la bobina durante su rotación. Esta operación se deberá realizar obligatoriamente en presencia del director de obra.

Después del mandrilado se procederá a tapar el tubo para evitar la entrada de cuerpos extraños y se levantará acta de esta actividad.

Los cables deben ser siempre desenrollados y puestos en su sitio con el mayor cuidado, evitando que sufran torsión, hagan bucles, etc., y teniendo siempre en cuenta que el radio de curvatura del cable debe ser superior a 20 veces su diámetro durante su tendido, y un radio de curvatura una vez instalado de  $10(D+d)$ , siendo D el diámetro exterior del cable y del diámetro del conductor.

Cuando los cables se tiendan a mano, los operarios estarán distribuidos de una manera uniforme a lo largo de la zanja, estarán comunicados y en disposición de detener el proceso de tendido en cualquier momento. A medida que vaya extrayendo el cable de la bobina, se hará inspección visual de cualquier deterioro del cable.

También se puede tender mediante cabrestantes, tirando del extremo del cable al que se le habrá adaptado una cabeza apropiada y con un esfuerzo de tracción por milímetro cuadrado de conductor que no debe pasar del indicado por el fabricante del mismo.

El tendido se hará obligatoriamente a través de rodillos que puedan girar libremente, y contruidos de forma que no dañen el cable. La superficie de los rodillos será lisa, libre de rebabas o cualquier deformación que pudiera dañar el cable. Los rodillos se montarán sobre rodamientos convenientemente lubricados, para lo que se dispondrán los equipos de engrase convenientes. El diámetro del rodillo será, como mínimo, de  $2/3$  partes el diámetro del conductor.

Solo de manera excepcional se autorizara desenrollar el cable fuera de la zanja, siempre bajo vigilancia del Director de Obra.

Cuando la temperatura ambiente sea inferior a cero grados centígrados no se permitirá hacer el tendido del cable, debido a la rigidez que toma el aislamiento. El cable puede calentarse antes de su tendido almacenando las bobinas durante varios días en un local caliente o exponiéndolos a los efectos de elementos calefactores o corrientes de aire caliente situados a una distancia adecuada. Las bobinas han de girarse a cortos intervalos de tiempo, durante el precalentamiento. El cable ha de calentarse también en la zona interior del núcleo. Durante el transporte se debe usar una lona para cubrir el cable. El trabajo del tendido se ha de planear cuidadosamente y llevar a cabo con rapidez, para que el cable no se vuelva a enfriar demasiado. Si con motivo de las obras de canalización aparecieran instalaciones de otros servicios; se tomaran todas las precauciones para no dañarlas, dejándolas al terminar los trabajos en las mismas condiciones en que se encontraban primitivamente.

Si involuntariamente se causara alguna avería en dichos servicios, se avisara con toda urgencia al director de obra y a la empresa correspondiente con el fin de que procedan a su reparación. El encargado de la obra por parte del contratista deberá conocer la dirección de los servicios públicos así como su número de teléfono para comunicarse en caso de necesidad.

Si las pendientes son muy pronunciadas y el terreno es rocoso e impermeable, se corre el riesgo de que la zanja de canalización sirva de drenaje originando un arrastre de la arena que sirve de lecho a los cables. En este caso se deberá entubar la canalización, asegurándola con hormigón en el tramo afectado. Nunca se pasara más de un cable por un mismo tubo.

Una vez tendido el cable, los tubos se taparan de forma que el cable quede en la parte superior del tubo.

En instalaciones bajo tubo, se tendrá especial cuidado en la boca del tubo para no producir rayaduras en la cubierta del cable. Se colocara un rodillo a la entrada del tubo o, en su defecto, se utilizaran boquillas protectoras.

#### 2.3.5.2. Tendido de cable de puesta a tierra

La sección de cada cable de tierra no será en ningún caso inferior a la sección de la pantalla y, en cualquier caso, soportara una intensidad de cortocircuito admisible en régimen no adiabático superior a la soportada por la pantalla. Para el mandrilado del tubo utilizado para el tendido de los conductores equipotenciales, se emplearan medios mecánicos y no manuales, como máquina de tiro con limitador de esfuerzo. El mandril será suministrado por el contratista.

### 2.3.6. PROTECCION MECANICA

Las líneas eléctricas subterráneas deben estar protegidas contra posibles averías producidas por hundimiento de tierras, por contacto con cuerpos duros y por choque de herramientas metálicas.

En instalaciones enterradas bajo tubo, el tubo actuara como protección mecánica.

Estos tendrán características según las requeridas por la Especificación de Materiales ENDESA distribución "Tuberías plásticas corrugadas de doble pared para líneas subterráneas".

Para ello se colocara una placa de polietileno de alta densidad o polipropileno según la edición vigente de la Especificación de Materiales de ENDESA distribución "Placa de Polietileno para protección de cables enterrados".

Los elementos de protección tendrán una adecuada resistencia mecánica, con una resistencia a la compresión de 450 N y un impacto de energía de 40 J.

### **2.3.7. SEÑALIZACION**

Todo cable o conjunto de cables debe estar señalado por una cinta de atención de acuerdo con la especificación de materiales de ENDESA distribución, colocada a una distancia mínima de 100 mm del suelo y a una distancia mínima de 300 mm de la parte superior del cable. Cuando los cables o conjuntos de cables de categorías de tensión diferentes estén superpuestos, debe colocarse dicha cinta encima de cada uno de ellos.

### **2.3.8. IDENTIFICACION**

Los cables deberán llevar grabado de forma indeleble y fácilmente legible, como mínimo, los siguientes datos:

- Nombre del fabricante
- Referencia de fabricación del cable
- Designación completa del cable
- Dos últimas cifras del año de fabricación
- Código UF
- Orden o lote de fabricación

La separación máxima entre dos marcas consecutivas será de un metro. En el marcado del cable deberán indicarse convenientemente las propiedades de comportamiento al fuego y obturación del conductor cuando proceda. En el marcado del cable deberán indicarse convenientemente las propiedades de comportamiento al fuego y obturación del conductor cuando proceda.

### **2.3.9. CIERRE DE ZANJAS**

Para efectuar el cierre de zanjas, se rellenaran estas con tierra procedente de la misma excavación, si esta reúne las condiciones exigidas por las normas, reglamentos y ordenanzas municipales correspondientes, o bien con tierra de aportación en caso contrario.

Se compactara esta tierra en tongadas de 30 cm, empleando un rodillo vibratorio compactador manual hasta lograr una compactación, como mínimo, al 95% del Proctor Modificado (P.M.).

En el caso de canalización bajo tubo sin hormigonar, las dos primeras tongadas se pasaran con el rodillo sin vibrar, vibrándose el resto.

Se procurara que las primeras capas de tierra por encima de los elementos de protección (tubos o placas de polietileno) estén exentas de piedras o cascotes, para continuar posteriormente sin tanta escrupulosidad. De cualquier forma debe tenerse en cuenta que una abundancia de pequeñas piedras o cascotes puede elevar la

resistividad térmica del terreno y disminuir con ello la posibilidad de transporte de energía del cable.

El Contratista será responsable de los hundimientos que se produzcan por la deficiente realización de esta operación y, por lo tanto, serán de su cuenta las posteriores reparaciones que tengan que ejecutarse.

La carga y transporte a vertederos de las tierras sobrantes está incluida en la misma unidad de obra que el cierre de las zanjas con objeto de que el apisonado sea lo mejor posible.

A fin de lograr una buena compactación, no se realizara el cierre de la zanja en las 24 horas posteriores al hormigonado de las mismas ni se emplearan tierras excesivamente húmedas.

#### **2.3.10. REPOSICION DE PAVIMENTOS**

Los pavimentos serán repuestos de acuerdo con las normas y disposiciones dictadas por el propietario de los mismos o el organismo afectado. La reposición de capas asfálticas tendrá un espesor mínimo de 70 mm, salvo indicación expresa del organismo afectado.

#### **2.3.11. PUESTA A TIERRA**

Las pantallas de los cables deben ser puestas a tierra según el esquema de conexión que se vaya a utilizar.

Los electrodos de puesta a tierra están constituidos, bien por picas de acero-cobre, bien por conductores de cobre desnudo enterrados horizontalmente, o bien por combinación de ambos.

En las terminaciones de las subestaciones, se empleara el electrodo de puesta a tierra propio de la subestación.

Las uniones de todos los elementos enterrados se realizaran mediante soldadura aluminotermia.

### **2.4. MATERIALES**

Todos los materiales empleados en la obra serán de primera calidad y cumplirán los requisitos que exige el presente Proyecto Tipo. El Director de Obra se reserva el derecho de rechazar aquellos materiales que no ofrezcan suficientes garantías.

Los materiales empleados en la instalación serán suministrados por el contratista, siempre que no se especifique lo contrario en el Pliego de Condiciones particulares.

No se podrán emplear materiales que no hayan sido aceptados previamente por el director de obra.

Se realizarán cuantos ensayos y análisis indique el director de obra, aunque no estén indicados en este Pliego de Condiciones.

## **2.5. RECEPCION DE OBRA**

Durante la obra o una vez finalizada la misma, el Director de Obra podrá verificar que los trabajos realizados están de acuerdo con las especificaciones de este Pliego de Condiciones Técnicas. Esta verificación se realizará por cuenta del Contratista.

Una vez finalizadas las instalaciones, el Contratista deberá solicitar la oportuna recepción global de la obra.

En la recepción de la instalación se incluirá la medición de la resistencia de las tomas de tierra y las pruebas de aislamiento pertinentes. Así, una vez que la instalación ha sido concluida, es necesario comprobar que el tendido del cable y el montaje de los accesorios (empalmes, terminales, etc.) se ha realizado correctamente, para lo cual serán de aplicación los ensayos especificados al efecto en las normas correspondientes y según se establece en la ITC-LAT 05.

El Director de Obra contestará por escrito al Contratista, comunicando su conformidad a la instalación o condicionando su recepción a la modificación de los detalles que estime susceptibles de mejora.

## **3. CONDICIONES AMBIENTALES Y DE SEGURIDAD Y SALUD**

La ejecución de los trabajos deberá cumplir los siguientes requisitos medioambientales.

### **3.1. CONDICIONES GENERALES DE TRABAJO**

Se cumplirá con la normativa ambiental vigente para el ejercicio de la actividad, así como con los requisitos internos de las instalaciones de ENDESA distribución en lo referente a protección ambiental. Así mismo, en caso de existir, se cumplirán los requisitos ambientales establecidos en los Estudios de Impacto Ambiental, Declaraciones de Impacto Ambiental, Planes de Vigilancia Ambiental, o resoluciones emitidas por la Administración Ambiental.

### **3.2. ATMÓSFERA**

Para minimizar la dispersión de material por el viento, se adoptaran las siguientes medidas:

- Acopio y almacenamiento de materiales en lugares protegidos
- Reducción del área y tiempo de exposición de los materiales almacenados al máximo posible
- Humedecer los materiales expuestos al arrastre del viento y las vías no pavimentadas
- Priorizar el acondicionamiento de suelo desnudo
- La carga y transporte de materiales se realizara cubriendo las cajas de los vehículos y adaptando la velocidad del transporte al tipo de vía.

### **3.3. RESIDUOS**

Como primera medida se aplicara una política de NO GENERACION DE RESIDUOS y su manejo incluirá los siguientes pasos: reducir, reutilizar y reciclar.

Conservar las zonas de obras limpias, higiénicas y sin acumulaciones de desechos o basuras, y depositar los residuos generados en los contenedores destinados y habilitados a tal fin.

La gestión y el transporte de los residuos se realizaran de acuerdo con la normativa específica para cada uno de ellos, según su tipología.

### **3.4. CONSERVACION AMBIENTAL**

Se acotaran las operaciones de desbroce y retirada de la cubierta vegetal a las necesidades de la obra.

Se acopiara y reservara la cubierta vegetal para su reposición una vez finalizada la obra.

Se utilizaran los accesos existentes para el transporte de material, equipo y maquinaria que se emplee durante la ejecución de la obra.

### **3.5. FINALIZACION DE LA OBRA Y RESTAURACION AMBIENTAL**

Retirada de los materiales sobrantes, estructuras temporales y equipos empleados durante la ejecución de la obra, restaurando las zonas que hayan sido compactadas o alteradas.

### **3.6. CONDICIONES DE SEGURIDAD Y SALUD**

Serán de aplicación todas las normas y reglamentación legal sobre Prevención de Riesgos Laborales referidas a su última edición.

Será de obligatorio cumplimiento el Estudio de Seguridad y Salud o, en su defecto, el Estudio Básico de Seguridad y Salud, cuando las condiciones permitan este último.

El Contratista estará obligado a elaborar y hacer cumplir el Plan de Seguridad de la ejecución de la obra acorde con la normativa vigente según RD 1627/97 y todas las actualizaciones que le afectan.

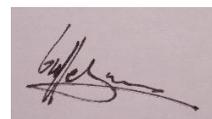
Se adoptarán las medidas de protección necesarias para las personas que trabajen o transiten por la zona de obras.

Todas las grúas que se utilicen dispondrán de limitadores de carga.

Como primera medida a tomar, se procurará ejecutar las obras con orden y limpieza, y se mantendrán en buen estado los accesos.

Autor: Guillermo Manuel Lorés Martínez

Firma:



# **PRESUPUESTO**

# **1. MEDICIONES**

## **1.1. EQUIPAMIENTO ELECTRICO DEL TRAMO AEREO**

### **1.1.1. RESUMEN DE APOYOS**

En la tabla a continuación se resume el número de apoyos por tipo, así como las distintas operaciones a realizar en cada uno:

APOYO	MEDICION
ARCE 1800 25,0 m H23 Acopio y transporte de materiales Montaje, izado de apoyo, numeración y señalización	4
ARCE 1400 25,0 m H23 Acopio y transporte de materiales Montaje, izado de apoyo, numeración y señalización	1
ARCE 630 25,0 m H23 Acopio y transporte de materiales Montaje, izado de apoyo, numeración y señalización	8
ARCE 1400 25,0 m F43 Acopio y transporte de materiales Montaje, izado de apoyo, numeración y señalización	1
ARCE 630 25,0 m F43 Acopio y transporte de materiales Montaje, izado de apoyo, numeración y señalización	2
ARCE 300 25,0 m F43 Acopio y transporte de materiales Montaje, izado de apoyo, numeración y señalización	12

### **1.1.2. CONDUCTORES Y CABLE DE GUARDA**

CABLE	MEDICION
LA-380 (GULL) Acopio y transporte de materiales 1m de tensado, tendido y retensionado	22524.3
CABLE DE GUARDA - OPGW Acopio y transporte de materiales 1m de tensado, tendido y retensionado	5204.3

### **1.1.3. CADENAS DE AISLADORES Y HERRAJES**

CADENA	MEDICION
CADENA DE AMARRE - CONDUCTOR	48

Horquilla de bola N-247016	1
Rotula larga N-243181/16	1
Grapa de amarre (tipo K) 244004 C/F	1
Aislador de vidrio E-120-146	10
Acopio y transporte de materiales	
Montaje del conjunto	
<b>CADENA DE SUSPENSIÓN – CONDUCTOR</b>	<b>75</b>
Horquilla de bola N-247016	1
Rotula larga N-243181/16	1
Grapa de suspensión anticorona S12126	1
Aislador de vidrio E-120-146	10
Acopio y transporte de materiales	
Montaje del conjunto	
<b>CADENA DE AMARRE – CABLE DE GUARDA</b>	<b>10</b>
Horquilla de bola N-247016	1
Rotula corta N-243062/16	1
Grapa de amarre (tipo K) 244004 C/F	1
Acopio y transporte de materiales	
Montaje del conjunto	
<b>CADENA DE SUSPENSION – CABLE DE GUARDA</b>	<b>18</b>
Horquilla de bola N-247016	1
Rotula corta N-243062/16	1
Grapa de suspensión anticorona S12126	1
Acopio y transporte de materiales	
Montaje del conjunto	

**1.1.4. PUESTAS A TIERRA**

ELEMENTO	MEDICION
P.A.T. APOYO NO FRECUENTADO	28
Grapa de conexión a cable de acero GC-AC 1	1
Cable de acero galvanizado ES-36 45	45
Tubo de PVC corrugado 36mm TC-PVC-D36 1	1
Conexión a estribo 5	5
Pica P.T. AC-CU 200x28D lisa 4	4
Acopio y transporte de materiales	
Montaje del conjunto	

**1.1.5. ACCESORIOS**

ACCESORIO	MEDICION
Amortiguador Stockbridge A-SB-LA380	28
Salvapajaros	1

## **1.2. EQUIPAMIENTO ELETRICO DEL TRAMO SUBTERRANEO**

### **1.2.1. CONDUCTORES**

CABLE	MEDICION
92-AL3/35-A20SA/ST-24 fo Acopio y transporte de materiales 1m de tensado, tendido y retencionado	5142

### **1.2.2. TERMINALES, AUTOVÁLVULAS, EMPALMES Y ACCESORIOS**

ELEMENTO	MEDICION
BOTELLA TERMINAL	2
Botella APECB 1452P	1
Acopio y transporte de materiales	
Montaje del conjunto	
AUTOVALVULA	2
Autovalvula PEXLIM R-Y YV145	1
Acopio y transporte de materiales	
Montaje del conjunto	

### **1.2.3. PUESTAS A TIERRA**

ELEMENTO	MEDICION
CAJA DE PUESTA A TIERRA	2
Caja	1
Acopio y transporte de materiales	
Montaje del conjunto	
CABLE DE CONEXION	10
Cable RZ1 0.6/1kV 1x185 Cu	1
Acopio y transporte de materiales	
Montaje del conjunto	

## **1.3. EJECUCION DEL MATERIAL DE OBRA**

### **1.3.1. TRAMO AEREO**

OBRA	MEDICION
EXCAVACION DE CIMENTACION PARA APOYO Excavación de terreno medio (m3) Transporte de materiales	75
RELLENO DE HORMIGON H-200 Acopio y transporte de materiales Suministro y vertido (m3)	75

**1.3.2. TRAMO SUBTERRANEO**

OBRA	MEDICION
EXCAVACION DE ZANJA (0,6x1,12m) (m3) Apertura, tapado y compactado Transporte de materiales	575.9
MATERIAL DE CANALIZACION Acopio y transporte de materiales Suministro y vertido de relleno (m3) Colocacion y ensamblaje de elementos auxiliares	575.9

## **2. PRESUPUESTOS**

### **2.1. MAQUINARIA Y EQUIPAMIENTO ELECTRICO**

**2.1.1. TRAMO AEREO**

ELEMENTO	UNIDADES	UNITARIO	TOTAL(€)
<b>APOYOS</b>			
ARCE 1800 25,0 m H23	4	26000.00	104000.00
ARCE 1400 25,0 m H23	1	23000.00	23000.00
ARCE 630 25,0 m H23	8	17600.00	140800.00
ARCE 1400 25,0 m F43	1	22000.00	22000.00
ARCE 630 25,0 m F43	2	15850.00	31700.00
ARCE 300 25,0 m F43	12	8117.00	64936.00
Señal triangular UNE-EN 60417-1	28	1.85	51.80
Placa de la empresa	9	12.00	108.00
<b>CONDUCTORES Y CABLES</b>			
Conductor LA-380 GULL	22524.3	18.32	412645.17
Cable de guarda OPGW	5204.3	21.06	109602.55
<b>ASILADORES, HERRAJES Y ACCESORIOS</b>			
Cadena de amarre para conductor	48	808.96	38830.00
Cadena de suspensión para conductor	75	689.33	51699.75
Cadena de suspensión para cable de guarda	10	532.08	5320.80
Cadena de amarre para cable de guarda	18	488.72	8796.96
Puesta a tierra (apoyo no frecuentado)	28	102.44	2868.32
Amortiguador	28	28.50	798
Salvapajaros	520	10.91	5673.2
TOTAL(€)			1022830.55

**2.1.2. TRAMO SUBTERRANEO**

ELEMENTO	UNIDADES	UNITARIO	TOTAL(€)
<b>CONDUCTORES Y CABLES</b>			
Conductor 95-AL3/35-A20SA/ST-24 fo	5142	403	2072226
<b>TERMINALES, AUTOVÁLVULAS, EMPALMES Y ACCESORIOS</b>			
Botella terminal	2	15825.23	31650.46
Autoválvula	2	6230.21	12460.42
<b>PUESTA A TIERRA</b>			
Caja de puesta a tierra	2	3527.36	7054.72

Cable RZ1 0.6/1kV	10	16.79	167.9
TOTAL(€)			213559.5

## **2.2. EJECUCION DEL MATERIAL DE OBRA**

ELEMENTO	UNIDADES	UNITARIO	TOTAL(€)
<b>TRAMO AEREO</b>			
Excavacion de cimentación	75	121.86	9139.5
Relleno de hormigón	75	223.54	16765.55
<b>TRAMO SUBTERRANEO</b>			
Excavacion de zanja	575.9	60.93	35083.58
Material de canalización	575.9	2.73	1572.21
TOTAL(€)			62560.83

## **3. RESUMEN**

RESUMEN DE PRESUPUESTO	
Equipamiento eléctrico tramo aéreo	1022830.55
Equipamiento eléctrico tramo subterráneo	213559.5
Ejecución de material de obra	62560.83
<b>TOTAL</b>	<b>3208950.88</b>

PRESUPUESTO DE EJECUCION DE MATERIAL	3208950.88
Gastos Generales 13%	417163.61
Beneficio Industrial 6%	192537.05
Suma	3818651.54
IVA 21%	801916.82
<b>TOTAL</b>	<b>4620568.36</b>

El presupuesto del presente proyecto asciende a la cantidad de CUATRO MILLONES SEISCIENTOS VEINTE MIL QUINIENTOS SESENTA Y OCHO CON TREINTE Y SEIS EUROS. **(4620568.36€)**

Autor: Guillermo Manuel Lorés Martínez

Firma:

