



**Universidad  
Zaragoza**

## Trabajo Fin de Grado

LÍNEA AÉREO-SUBTERRÁNEA DE MEDIA TENSIÓN  
Y NUEVO CENTRO DE TRANSFORMACIÓN PARA LA  
ALIMENTACIÓN DE UNA INDUSTRIA EN EL  
TÉRMINO MUNICIPAL DE BELCHITE

OVERHEAD AND UNDERGROUND MEDIUM  
VOLTAGE LINE AND NEW ELECTRIC POWER  
TRANSFORMER FOR AN INDUSTRY IN  
BELCHITE'S MUNICIPAL AREA

*Autor/es*

José Luis Bartolomé Lamarca

*Director/es*

Antonio Montañés Espinosa

ESCUELA DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

2017



## DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y ORIGINALIDAD

(Este documento debe acompañar al Trabajo Fin de Grado (TFG)/Trabajo Fin de Máster (TFM) cuando sea depositado para su evaluación).

D./D<sup>a</sup>. \_\_\_\_\_,

con nº de DNI \_\_\_\_\_ en aplicación de lo dispuesto en el art.

14 (Derechos de autor) del Acuerdo de 11 de septiembre de 2014, del Consejo de Gobierno, por el que se aprueba el Reglamento de los TFG y TFM de la Universidad de Zaragoza,

Declaro que el presente Trabajo de Fin de (Grado/Máster)  
\_\_\_\_\_, (Título del Trabajo)

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

es de mi autoría y es original, no habiéndose utilizado fuente sin ser citada debidamente.

Zaragoza, \_\_\_\_\_

Fdo: \_\_\_\_\_

# LÍNEA AÉREO-SUBTERRÁNEA DE MEDIA TENSIÓN Y NUEVO CENTRO DE TRANSFORMACIÓN PARA LA ALIMENTACIÓN DE UNA INDUSTRIA EN EL TÉRMINO MUNICIPAL DE BELCHITE

## RESUMEN

Realización de línea aéreo-subterránea de media tensión e instalación de nuevo centro de transformación para la alimentación de una industria situada en la parcela 60 del polígono 510 del término municipal de Belchite.

La línea aérea conectará con la LAMT existente de 15 kV "L.A.A.T. 15kV S.A.T. 63" y tras dos alineaciones, nueve apoyos y 1.315m de recorrido se convierte en línea subterránea.

La línea subterránea recorrerá 85 metros por la parcela objeto del suministro hasta nuevo centro de transformación de abonado a instalar.

El nuevo centro de transformación será un edificio prefabricado de la compañía Ormazabal y tendrá alojado una maquina transformadora de 400 KVA.

El trabajo realizado se ha centrado en el planteamiento del trazado de la nueva línea de media tensión y en su justificación mediante cálculos, dando cumplimiento a la normativa existente reguladora de estas instalaciones.

Para ello, se ha elaborado una memoria en la que exponen las características que debe tener la línea de media tensión y el centro de transformación. La memoria va acompañada del "Anexo I: Cálculos" en el que se justifican las decisiones técnicas adoptadas.

El documento dos es el pliego de condiciones técnicas necesario para la realización del proyecto.

El tercer documento es un adelanto del preseupuesto de ejecución de la obra, en la que aparecen las partidas más representativas y las mediciones necesarias.

Por último, el documento "PLANOS" en el que figuran las partes más representativas del presente proyecto.

SUMARIO  
-Documentos del Proyecto-

1.- MEMORIA

Anexo I Cálculos Justificativos

Anexo II Normativa

Anexo III Estudio Básico Seguridad y Salud

2.- PLIEGO DE CONDICIONES

3.- PRESUPUESTO

4.- PLANOS

**Documento 1**

**MEMORIA**

## **ÍNDICE MEMORIA**

1	ANTECEDENTES y OBJETO DEL PROYECTO .....	1
2	PETICIONARIO.....	1
3	PETICION DE SUMINISTRO.....	1
4	CONDICIONES DE SUMINISTRO .....	1
5	REGLAMENTACIÓN APLICABLE.....	2
6	DESCRIPCIÓN DEL TRAZADO .....	3
7	CRITERIOS GENERALES DE DISEÑO DE LA LAMT.....	4
7.1	Generalidades .....	4
7.2	Emplazamiento.....	5
8	ELEMENTOS DE LA LÍNEA AÉREA DE MT.....	5
8.1	Apoyos.....	5
8.1.1	Tipologías de apoyo .....	5
8.1.2	Apoyos metálicos de celosía.....	6
8.1.3	Apoyos de hormigón .....	6
8.2	Armados .....	6
8.2.1	Dimensiones de los apoyos y armados .....	6
8.3	Conductores .....	7
8.4	Aislamiento.....	8
8.4.1	Aisladores de vidrio .....	8
8.5	Herrajes .....	9
8.6	Dispositivos antiescalamiento .....	9
8.7	Accesorios.....	9
8.7.1	Amortiguadores .....	9
8.7.2	Dispositivos de protección avifauna.....	10
8.7.3	Balizas.....	11
8.7.4	Placas de señalización.....	11
8.8	Aparamenta.....	11
8.8.1	Seccionador trifásico.....	11
8.8.2	Cortacircuitos fusibles .....	11
8.9	Cimentaciones.....	12
8.10	Puesta a tierra de los apoyos.....	12
8.10.1	Clasificación de los apoyos según su ubicación.....	13
8.10.2	Sistemas de puesta a tierra.....	15
8.10.3	Apoyos no frecuentados.....	15
8.10.4	Apoyos frecuentados.....	15
8.11	Distancias de seguridad .....	16
8.11.1	Distancia de aislamiento eléctrico para evitar descargas .....	16
8.11.2	Distancia de los conductores entre sí .....	16
8.11.3	Distancias a edificios, construcciones y zonas urbanas .....	17

9	DESCRIPCIÓN Y CARACTERÍSTICAS DE LA INSTALACIÓN SUBTERRÁNEA .....	17
9.1	Disposición física de la línea subterránea.....	17
9.2	Esquema de conexión.....	18
9.3	Descripción de los materiales .....	19
9.3.1	Cable aislado de potencia .....	19
9.3.1.1	Descripción del cable .....	19
9.3.1.2	Conductor .....	20
9.3.1.3	Capa semiconductor interna .....	20
9.3.1.4	Aislamiento .....	20
9.3.1.5	Capa semiconductor externa .....	20
9.3.1.6	Pantalla sobre la capa semiconductor externa .....	20
9.3.1.7	Cubierta exterior no metálica .....	21
9.3.2	Terminales.....	21
9.3.2.1	Terminales apantallados de interior .....	21
9.3.2.2	Terminales de exterior termoretráctil .....	21
9.3.3	Autoválvulas-pararrayos.....	22
9.3.4	Tubos de polietileno .....	22
10	EL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN .....	23
10.1	Descripción.....	23
10.2	Instalación Edificio prefabricado .....	23
10.2.1	Condiciones de instalación del edificio .....	23
10.2.2	Dimensiones de la excavación.....	23
10.2.3	Tipo de terreno .....	24
10.3	Aparamenta .....	24
10.3.1	Celdas de distribución secundaria .....	24
10.3.1.1	Celda de Entrada: CGM-CML .....	24
10.3.1.2	Celda de interruptor pasante: CGM-CMS .....	25
10.3.1.3	Celda de protección de trafo con fusibles CMP-F.....	25
10.3.1.4	Celda de medida .....	25
10.3.2	Transformador .....	25
10.3.2.1	Refrigeración .....	26
10.3.2.2	Pasatapas de M.T. ....	26
10.3.2.3	Grupo de conexión .....	26
10.3.3	Cuadro de baja tensión .....	26
10.4	Generalidades .....	27
10.4.1	Conductores de conexionado.....	27
10.4.2	Señalización .....	27
10.4.3	Alumbrado .....	27
10.4.4	Foso de recogida de aceite .....	27
10.4.5	Ventilación .....	28
10.4.6	Sistema de extinción de incendios .....	28

10.4.7	Pantallas de protección .....	28
10.5	Red de Tierras.....	28
10.5.1	Diseño de la instalación de puesta a tierra .....	29
11	AFECCIONES A ENTIDADES Y ORGANISMOS .....	30
12	PROPIETARIOS Y PARTICULARES AFECTADOS .....	30
13	CONCLUSIONES.....	31



## **1 ANTECEDENTES y OBJETO DEL PROYECTO**

El presente proyecto tiene como objeto la alimentación a una industria gravera en la parcela 60 del polígono 510 del T.M. de Belchite (Provincia de Zaragoza).

Para ello se proyecta la realización de una línea aéreo-subterránea de 15kV y la instalación de un Centro de Transformación prefabricado en la misma parcela objeto del nuevo suministro eléctrico.

## **2 PETICIONARIO**

El presente proyecto nace como demanda de la Escuela de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad de Zaragoza, como Trabajo Fin de Grado del Grado de Ingeniería de Tecnologías Industriales.

## **3 PETICION DE SUMINISTRO**

La industria a la que se le va a proporcionar suministro eléctrico va a tener como demanda máxima de potencia 350 kW con un factor de potencia promedio de 0,9 y necesita 400V de alimentación.

Así mismo, la ubicación del nuevo Centro de Transformación (C.T.) a instalar también viene determinada y exigen que tenga capacidad para dos máquinas transformadoras. Solicitan que el tendido eléctrico no transcurra en aéreo por la parcela en la que se va a desarrollar su actividad, por la posible existencia de tráfico rodado.

La industria también cuenta con previsiones de ampliaciones en su potencia demandada, por lo que exigen que la nueva línea sea dimensionada para que pueda transportar una potencia mínima de 1.000 kW.

## **4 CONDICIONES DE SUMINISTRO**

Las *condiciones de suministro* son las condiciones que la compañía suministradora de la energía eléctrica, en este caso Endesa Distribución Eléctrica S.L. exige que cumplan todas las líneas pertenecientes a su entorno, y es la que tiene la potestad de autorizar o rechazar los proyectos de líneas eléctricas que vayan a conectarse a su red de distribución

A continuación, se nombran las condiciones principales que se tendrán que cumplir para obtener el permiso de Endesa Distribución Eléctrica:

- El conductor a instalar en el tramo aéreo de la línea subterránea será LA-56, LA-110 o LA-180 en ambientes no contaminados.

- El conductor a instalar en el tramo subterráneo será 12/20kV RH5Z1 con una sección de 240mm<sup>2</sup> o 400mm<sup>2</sup> en líneas de hasta 20kV.
- La caída de tensión de la nueva línea de media tensión no debe ser mayor que al 5%.
- Otras normas particulares de Endesa Distribución, detalladas en cada apartado correspondiente.

## **5 REGLAMENTACIÓN APLICABLE**

Para la redacción de este proyecto se han tenido en cuenta las siguientes reglamentaciones:

- *Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de prevención de Riesgos Laborales.*
- *Ley 24/2013, de 26 diciembre, del Sector Eléctrico.*
- *Real Decreto 1955/2000, de 1 de diciembre, por el que se regulan las Actividades de Transporte, Distribución, Comercialización, Suministro y Procedimientos de Autorización de Instalaciones de Energía Eléctrica*
- *Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y de salud en las obras de construcción.*
- *Real Decreto 614/2001, de 8 de junio, sobre disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico.*
- *Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto de 2002 por el que se aprueba el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión e Instrucciones Técnicas Complementarias.*
- *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.*
- *Real Decreto 223/2008, de 15 de febrero, por el que se aprueban el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas eléctricas de alta tensión y sus instrucciones técnicas complementarias ITC-LAT 01 a 09.*
- *Real Decreto 1432/2008, de 29 de agosto, por el que se establecen medidas para la protección de la avifauna contra la colisión y electrocución en líneas eléctricas de alta tensión.*
- *Real Decreto 337/2014, de 9 de mayo, por el que se aprueba el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de Alta Tensión y sus Instrucciones Técnicas Complementarias ITC-RAT 01 a 23.*
- *NTE-IEP. Norma tecnológica de 24-03-1973, para Instalaciones Eléctricas de Puesta a Tierra.*
- *Instrucciones Técnicas Complementarias del Reglamento, denominadas MI-BT. Ministerio de Economía, Industria y Competitividad. Revisión septiembre 2015*
- *Normativa particular de Endesa Distribución Eléctrica aplicable.*
- *Normas UNE.*
- *Ordenanzas municipales Ayuntamiento de Belchite.*

*Nota: En el anexo II se recoge la relación completa de normativa utilizada en la realización del presente proyecto.*

## 6 DESCRIPCIÓN DEL TRAZADO

La línea aéreo-subterránea a ejecutar discurre por el término municipal de Belchite.

La línea conectará en el apoyo nº 13 de la línea aérea 15kV denominada "L.A.A.T. 15KV S.A.T. 63".

A partir de este apoyo, y tras 2 Alineaciones, alcanzaremos el apoyo N°9 de conversión aéreo-subterráneo.

La longitud total de la línea aérea, será de 1.315m discurriendo por el término municipal de Belchite

La línea aérea proyectada está formada por los siguientes tramos:

Tabla 1. Tramos LASMT.

Nº ALINEACIÓN	APOYOS Nº	LONGITUD (m)	ÁNGULO (g)	TÉRMINO MUNICIPAL
1	13 Exist. – 1	40		Belchite
2	1 – 9	1.275	140	Belchite
TOTAL	10 UD.	1.315		

Desde el apoyo N°9 de conversión aéreo-subterránea, la línea pasa a considerarse subterránea y se procederá a instalar 85 metros de conductor 12/20kV RH5Z1 3x1240mm<sup>2</sup> Al hasta nuevo Centro de Transformación Prefabricado a instalar.

El tendido subterráneo a ejecutar será el siguiente:

### **Apoyo N°9 – Nuevo Centro de Transformación:**

- Circuito 12/20kV RH5Z1 3x1x240mm<sup>2</sup> de aluminio con una longitud total de 85 m.

A continuación, se indican coordenadas U.T.M. aproximadas de la ubicación de los apoyos de la línea aérea y final de la línea subterránea. Asimismo, se incluyen las cotas (Z) de los apoyos referidas sobre nivel medio del mar en Alicante:

Tabla 2. Coordenadas Apoyos.

Nº APOYO	COORDENADAS UTM DATUM (ETRS 89) (HUSO 30 )		
	X	Y	Z
13 Exist.	685.394,60	4.582.402,32	386,23
1	685.359,00	4.582.409,91	386,24
2	685.252,43	4.582.313,35	385,98

N° APOYO	COORDENADAS UTM DATUM (ETRS 89) (HUSO 30 )		
	X	Y	Z
3	685.122,75	4.582.195,84	384,89
4	684.993,08	4.582.078,33	381,74
5	684.874,61	4.581.970,98	383,43
6	684.749,74	4.581.857,83	386,57
7	684.633,13	4.581.752,16	391,06
8	684.522,25	4.581.651,68	396,54
9	684.411,37	4.581.551,21	403,37

La mayor cota del terreno se encuentra en las inmediaciones del apoyo N° 9, el cual alcanza una cota de 403,37 m. Por tanto, y según el Reglamento de Líneas Eléctricas de Alta Tensión (R.D. 223/2008), se deberá considerar a efectos de cálculo la zona A.

La construcción y montaje de la línea eléctrica se realizará siempre con la preceptiva licencia municipal, de acuerdo con lo que dispongan las Ordenanzas Municipales de cada Ayuntamiento, coordinándose con los diferentes servicios públicos que puedan verse afectados por la nueva obra, quedando así resueltos los posibles problemas de paralelismos y cruzamientos.

Para ver el trazado y canalizaciones, consultar planos adjuntos.

## **7 CRITERIOS GENERALES DE DISEÑO DE LA LAMT**

### **7.1 Generalidades**

Las líneas aéreas de media tensión se estructuran a partir de la subestación, donde se instala el interruptor y la protección de la línea, o en caso de tratarse de nuevas derivaciones a partir de una línea de media tensión o de un centro de transformación existente.

La línea objeto de este proyecto es de tercera categoría, por tener una tensión de línea inferior a 30kV y será una continuación de la línea aérea 15kV denominada "L.A.A.T. 15KV S.A.T. 63"

En el trazado de las líneas se deberán cumplir todas las reglamentaciones y normativas relativas a distancias a edificaciones, vías de comunicación y otros servicios, tanto en cruces como en paralelismos, así como los requerimientos mecánicos y eléctricos en ellas establecidos en la ITC-LAT-07.

Se va a procurar reducir al máximo el impacto medio ambiental de las líneas sobre el entorno, procurando que su traza discurra por lugares en que pasen lo más desapercibidas posible.

Se intenta evitar en todo lo posible el paso por zonas de espacios protegidos y, si esto no fuera posible, se adoptan las medidas adecuadas para la protección de la avifauna específica.

A igualdad de condiciones, la preferencia es proyectar la línea más directa, sin fuertes cambios de dirección y con menos apoyos de ángulo.

## 7.2 Emplazamiento

El emplazamiento y la ubicación de los apoyos de la LAMT se realiza en zonas de fácil acceso para su construcción y mantenimiento, como son los campos de cultivo del término municipal de Belchite.

# 8 ELEMENTOS DE LA LÍNEA AÉREA DE MT

## 8.1 Apoyos

### 8.1.1 Tipologías de apoyo

Los apoyos a instalar en esta línea de MT serán metálicos de celosía.

Según las Instrucciones Técnicas Complementarias de Líneas de Alta Tensión (ITC-LAT) en su capítulo 7 (ITC-LAT 07), los apoyos se clasifican atendiendo al tipo de cadena de aislamiento y a su función en la línea de la siguiente forma:

- **Apoyos de suspensión:** Apoyos con cadenas de aislamiento en suspensión.
- **Apoyos de amarre:** Apoyos con cadenas de aislamiento de amarre.
- **Apoyos de anclaje:** Apoyos de amarre que además proporcionarán puntos firmes que eviten la propagación a lo largo de la línea de esfuerzos longitudinales de carácter excepcional. Se instalarán como mínimo cada tres kilómetros.
- **Apoyos de fin de línea:** Apoyos de amarre, situados en el origen y final de la línea cuya función es la soportar en sentido longitudinal, las solicitaciones de todos los conductores en un solo sentido.
- **Apoyos especiales:** Son aquellos que tienen una función diferente a las indicadas en los puntos anteriores.

Por otro lado, en función de la posición relativa del apoyo respecto al trazado de la línea, los apoyos se clasifican en:

- **Apoyos de alineación:** Apoyos de suspensión, amarre o anclaje en tramos rectilíneos de la línea. Su función es la de sostener los conductores, manteniéndolos elevados del suelo la distancia establecida en el proyecto.

- **Apoyos de ángulo:** Apoyos de amarre o anclaje colocados en un ángulo del trazado de la línea.

Atendiendo a su naturaleza constructiva, los apoyos pueden ser de los siguientes tipos:

### **8.1.2 Apoyos metálicos de celosía**

Los apoyos de celosía cumplirán la norma UNE 207017 y la norma particular de ENDESA AND001 “Apoyos y armados de perfiles metálicos para líneas de MT hasta 30 kV”.

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 a instalar en el actual proyecto, serán apoyos metálicos de celosía de la marca IMEDEXSA.

### **8.1.3 Apoyos de hormigón**

Los apoyos de hormigón cumplirán la norma UNE-EN 207016 y la norma particular ENDESA AND002 “Postes de hormigón armado vibrado”. Actualmente, se intenta evitar en todo lo posible la instalación de estos apoyos.

## **8.2 Armados**

Las características técnicas de los armados metálicos se ajustarán a los criterios establecidos en la ITC-LAT-07 en función de las magnitudes y direcciones de las cargas de trabajo y de las distancias de aislamiento eléctrico requeridas.

### **8.2.1 Dimensiones de los apoyos y armados**

La altura elegida de los apoyos se determinará por la distancia mínima de los conductores al terreno u a otros obstáculos, según lo establecido en el apartado 5 de la ITC-LAT-07 del RLAT.

Las dimensiones de los armados se determinarán por la distancia a mantener de los conductores entre sí y con las partes metálicas del apoyo, según lo indicado en el apartado 5.4.1. de la ITC-LAT-07 del RLAT.

En función de las necesidades de la ubicación y de las condiciones de utilización previstas se colocará el siguiente tipo:

Tabla 3. Tipo de apoyos

Nº DE APOYO (SEGÚN PLANO)	FUNCIÓN DEL APOYO	TIPO DE APOYO	ARMADOS
1	AL-ANC	CELOSÍA tipo C2000-14	H3
2	ANG-ANC	CELOSÍA tipo C1000-14	H3
3	AL-ANC	CELOSÍA tipo C1000-16	H3
4	AL-ANC	CELOSÍA tipo C1000-16	H3
5	AL-ANC	CELOSÍA tipo C1000-14	H3
6	AL-ANC	CELOSÍA tipo C1000-14	H3
7	AL-ANC	CELOSÍA tipo C1000-14	H3
8	AL-ANC	CELOSÍA tipo C1000-14	H3
9	AL-CONVER. A/S	CELOSÍA tipo C2000-14	H3

En el documento Planos se adjunta plano de apoyos tipo donde se resumen las dimensiones y pesos de los apoyos, así como esquema de las cimentaciones con sus volúmenes de cimentación.

### 8.3 Conductores

Los conductores que se emplean para la construcción de las LAMT están de acuerdo con la Norma UNE-EN 50182 y a la Norma GSC003 "Concentric-lay-strandedbareconductors".

La línea proyectada se encuentra en zona considerada de contaminación normal, por lo que se emplean conductores de aluminio con alma de acero galvanizado (tipo ST1A).

El conductor que se emplea en el presente proyecto, es del tipo LA-56, en el anexo de cálculos se adjuntan justificaciones de la elección.

#### LA – 56

Designación UNE: ..... LA-56

Sección total: ..... 54,6 mm<sup>2</sup>

Diámetro total: ..... 9,45 mm

Composición (Nº de alambres Al/Ac): ..... 6+1

Peso del conductor: ..... 0,190 kg/m

Carga de rotura: ..... 1.666 daN

Modulo elástico: .....	8.100 daN/mm <sup>2</sup>
Coefficiente de dilatación lineal: .....	19,1 x 10 <sup>-6</sup> °C <sup>-1</sup>
Resistencia eléctrica a 20° C: .....	0,6130 ohm/km
Reactancia kilométrica: .....	0,3807 ohm/km

## 8.4 Aislamiento

El aislamiento se dimensiona mecánicamente en función del conductor instalado, LA-56 en el presente caso y de los herrajes, garantizando un coeficiente de seguridad a rotura igual o superior a 3, y eléctricamente en función del nivel de tensión de la red, 15kV, de la línea de fuga requerida y de la distancia entre partes activas y masa.

Los aisladores podrán ser de tipo polimérico o de vidrio, en este caso, se ha optado por aisladores de vidrio.

Tabla 4. Línea de fuga aisladores de vidrio

<b>Aisladores de vidrio</b>	
<b>Tensión más elevada</b>	<b>Línea de fuga específica mínima (mm)*</b>
<b>24 kV</b>	<b>384</b>
36 kV	576

(\*)según tabla 14 ITC-LAT-07

Los aisladores rígidos únicamente podrán emplearse en los puentes flojos, para fijar los cables en su paso por los apoyos y asegurar las distancias, pero no podrán ser elementos de sujeción al comienzo o final de un vano.

Los aisladores deberán soportar:

- Las solicitaciones mecánicas de la línea.
- Las solicitaciones eléctricas.

### 8.4.1 Aisladores de vidrio

Los aisladores de vidrio estarán constituidos por elementos aislantes formando cadenas articuladas, cuyo número de elementos dependerá del nivel de aislamiento requerido, normalmente es suficiente con 3 platos de vidrio, en el presente proyecto, se instalarán 4 platos de vidrio para dar cumplimiento a la norma de avifauna citada posteriormente en el presente documento.

Los aisladores y las cadenas que se formen con ellos, así como sus características, se ajustarán a las indicadas en la norma particular ENDESA AND008 "Aisladores de vidrio para cadenas de líneas aéreas de AT, de tensión nominal hasta 30 kV".



## **8.5 Herrajes**

Se engloban bajo esta denominación todos los elementos necesarios para la fijación de los aisladores a los apoyos y a los conductores.

Para su elección se tendrán en cuenta las características constructivas y dimensionales del conductor.

Deberán tener un coeficiente de seguridad mecánica no inferior a 3 respecto a su carga mínima de rotura.

Se tendrán en cuenta las disposiciones de los taladros y los gruesos de chapas y casquillos de cogida de las cadenas para que éstas queden posicionadas adecuadamente.

Todas las características técnicas, constructivas, de ensayo, etc. de los herrajes serán las indicadas en la norma particular ENDESA AND009 "Herrajes y accesorios para conductores desnudos en líneas aéreas AT hasta 36 kV".

Los elementos de acoplamiento empleados para la construcción de las LAMT son los siguientes:

- Grapas de amarre
- Grapas de suspensión
- Varillas de protección
- Horquillas de bola
- Grilletes
- Anillas de bola
- Rótulas
- Alargaderas

## **8.6 Dispositivos antiescalamiento**

En los apoyos frecuentados o en los apoyos con aparamenta instalada, de acuerdo a lo indicado en el apartado 2.4.2 e la ITC-AT-07, se deben instalar dispositivos antiescalamiento que dificulten al acceso a las partes en tensión de los apoyos.

En el presente proyecto se instalan dos dispositivos antiescalamiento en los apoyos nº1 y nº9 que cumplirán la norma particular ENDESA AND017 "Antiescalos para apoyos metálicos de celosía".

## **8.7 Accesorios**

### **8.7.1 Amortiguadores**

El uso de amortiguadores puede ser necesario en el supuesto que se prevean daños provocados por las vibraciones. Se dispondrían grapas adecuadas y antivibradores que absorban parte de la energía amortiguando la fatiga en el punto de agarre.

Es más conveniente diseñar la traza de la línea para que no sea necesario la utilización de dispositivos antivibratorios y para ello es importante seguir la recomendación CIGRE que establece que en España, con una temperatura media de 15 °C, el EDS (Every Day Stress) o tracción media de todos los días, de las líneas aéreas de MT no sobrepase el 15% de la carga de rotura del conductor, por tanto, hay que comprobar que el tense correspondiente cumple con esa condición.

En el diseño de la línea aérea, se ha tenido en cuenta este criterio, limitando el EDS al valor máximo de 15%.

Además, se debe cumplir que la tensión del conductor en horas frías no sea superior al 20%, CHS (CoolHour Stress). Es decir, que la tracción del conductor a -5°C no sea superior al 20% de su carga de rotura.

### **8.7.2 Dispositivos de protección avifauna**

Cuando la traza de la LAMT discorra por zonas o espacios protegidos, como ocurre en el presente proyecto, y en los casos en los que el Órgano competente de la Comunidad Autónoma lo determine, se adoptarán las medidas adecuadas para la protección de la avifauna frente a colisiones y electrocuciones.

Como se observa en el Documento 4, Planos: Plano 4 "Afecciones medioambientales", el trazado de la LAMT se encuentra dentro de zona protegida por el Real Decreto 1432/2008, por lo que se toman las siguientes medidas:

#### Salva pájaros

Como medida preventiva anticolidión se instalan tiras en "X" de neopreno (35 cm x 5 cm) o espirales (30 cm de diámetro por 1 metro de longitud). Se colocarán en los conductores de fase, de diámetro aparente inferior a 20 mm, de manera que generen un efecto visual equivalente a una señal cada 7 m como máximo.

#### Otros dispositivos

Para evitar la electrocución se podrán llegar a instalar, en los armados de los apoyos, dispositivos que dificulten la posada de las aves tales como sistemas de espinas anti-posada, dispositivos que impidan la nidificación e incluso dispositivos que la faciliten.

Cuando no sea posible alcanzar distancia de seguridad establecida desde la zona de apoyo de la avifauna hasta los puntos en tensión se aislarán los conductores, si bien, en los apoyos en los que existan elementos de maniobra y en los que se requiera el aislamiento de los conductores para evitar la electrocución de la avifauna en cumplimiento de la legislación, se instalarán puntos fijos de estribo para la conexión de puestas a tierras portátiles. Estas piezas no se aislarán y por lo tanto serán puntos en tensión.

En el diseño de la línea aérea, se procederá a forrar las grapas y el conductor hasta cumplir una distancia mínima de 1 metro de longitud entre la partes en tensión y el armado.

### **8.7.3 Balizas**

En caso de que fuera necesario hacer más visibles los conductores en zonas con elevada densidad de tráfico aéreo, se podrían colocar balizas para señalar la presencia de tendidos eléctricos.

### **8.7.4 Placas de señalización**

En todos los apoyos se instalará una placa señalización de riesgo eléctrico, donde se indicará la tensión de la línea (kV), el titular de la instalación y el número del apoyo. La placa se instalará a una altura del suelo de 3 m. en la cara paralela o más cercana a los caminos o carreteras, para que pueda ser vista fácilmente

## **8.8 Aparamenta**

Con objeto de facilitar la maniobrabilidad y mejorar la calidad de servicio de la red de media tensión, en las líneas aéreas se puede instalar la siguiente aparamenta:

- Seccionadores unipolares intemperie.
- Seccionadores trifásicos intemperie.
- Interruptores-seccionadores SF6 intemperie,
- Cortacircuitos fusibles de expulsión "XS".
- Cortacircuitos fusibles limitadores de APR.

En general, en cualquier derivación se instalará un dispositivo de seccionamiento que la aisle de la línea principal. Por norma general, se situará en el primer o segundo apoyo de la derivación que sea de fácil acceso.

En los casos en los que se considere necesario, los elementos de maniobra estarán telemandados para minimizar el impacto de eventuales averías y reducir los tiempos de maniobra, localización y afectación durante los trabajos de normalización del servicio eléctrico.

En el presente proyecto, se colocan dos seccionadores, uno al comienzo de la línea, en el apoyo nº 1 y otro en el apoyo nº9, en el de la conversión aéreo-subterránea. De esta forma, la línea quedará protegida de una forma adecuada. El seccionador a colocar en el apoyo nº1 será trifásico mientras que en el apoyo nº9 se instalará un seccionador del tipo cortacircuito fusible.

### **8.8.1 Seccionador trifásico**

Los seccionadores unipolares intemperie cumplirán la norma UNE-EN-60265/1.

### **8.8.2 Cortacircuitos fusibles**

Los fusibles de expulsión cumplirán con la norma particular ENDESA AND007 "Cortacircuitos fusibles de expulsión seccionadores de hasta 36 kV"

Los cortacircuitos fusibles limitadores de APR cumplirán con la norma UNE 21120.

## **8.9 Cimentaciones**

Las cimentaciones de los apoyos van a ser de hormigón en masa de calidad HM-20 y deberán cumplir lo especificado en la Instrucción de Hormigón Estructural EHE 08.

La cimentación de los apoyos cumplirá lo detallado en el apartado 3.6 de la ITC-LAT-07 y será del tipo monobloque prismática de sección cuadrada.

El bloque de cimentación sobresaldrá del terreno, como mínimo 15 cm, formando un zócalo, con el objeto de proteger los extremos inferiores de los montantes y sus uniones. Dichas cimentaciones se terminarán con un vierteaguas de 5 cm de altura para facilitar la evacuación del agua de lluvia. Así mismo, el objeto de evitar que el agua que queda confinada en los perfiles de los montantes en su inserción con la cimentación, se efectuarán unos pequeños planos inclinados a tal efecto.

Las dimensiones de las cimentaciones variarán en función del coeficiente de compresibilidad del terreno (K). Los valores de los coeficientes de compresibilidad se deducen de estudios de suelos o se adoptan los de la Tabla 10 de la ITC-LAT-07. Las dimensiones mínimas de cimentaciones de los apoyos a instalar en el presente proyecto se detallan en el documento PLANOS.

## **8.10 Puesta a tierra de los apoyos**

Los apoyos de MT estarán provistos de una instalación de puesta a tierra, con objeto de limitar las tensiones de defecto a tierra que puedan producirse. Esta instalación de puesta a tierra, complementada con los dispositivos de interrupción de corriente, deberá asegurar la descarga a tierra de la intensidad homopolar de defecto, contribuyendo a la eliminación del riesgo eléctrico debido a la aparición de tensiones peligrosas en el caso de contacto con las masas que puedan ponerse en tensión.

La puesta a tierra de los apoyos se realizará teniendo en cuenta lo especificado en el apartado 7 de la ITC-LAT-07 y considerando que se dispone de un sistema de protección automática, con un tiempo de despeje de la falta inferior a 1 segundo.

Deberán conectarse a tierra mediante una conexión específica todos los apoyos metálicos o de hormigón armado según lo indicado en el punto 7.2.4 de la ITC-LAT-07.

En todos los apoyos, la unión a tierra se hará de forma específica, de manera que pueda garantizar una resistencia de difusión mínima y de larga permanencia.

El diseño del sistema de puesta a tierra deberá cumplir:

- a) Que resista los esfuerzos mecánicos y la corrosión.
- b) Que resista la temperatura provocada por la intensidad de falta más elevada.

- c) Que garantice la seguridad de las personas respecto a las tensiones que aparezcan durante una falta a tierra.
- d) Que proteja las propiedades y equipos y garantice la fiabilidad de la línea.

Los elementos constituyentes de la instalación de puesta a tierra son la línea de tierra y los electrodos de puesta a tierra.

### **8.10.1 Clasificación de los apoyos según su ubicación**

Para poder identificar los apoyos en los que se debe garantizar los valores admisibles de las tensiones de contacto, la ITC-LAT 07 en el apartado 7.3.4.2 establece la siguiente clasificación de los apoyos según su ubicación:

- Apoyos NO frecuentados. Son los situados en lugares que no son de acceso público o donde el acceso de personas es poco frecuente.
- Apoyos frecuentados. Son los situados en lugares de acceso público y donde la presencia de personas ajenas a la instalación eléctrica es frecuente: donde se espere que las personas se queden durante tiempo relativamente largo, algunas horas al día durante varias semanas, o por un tiempo corto pero muchas veces al día.

Básicamente se considerarán apoyos frecuentados los situados en:

- Casco urbano y parques urbanos públicos.
- Zonas próximas a viviendas.
- Polígonos industriales.
- Áreas públicas destinadas al ocio, como parques deportivos, zoológicos, ferias y otras instalaciones análogas.
- Zonas de equipamientos comunitarios, tanto públicos como privados, tales como hipermercados, hospitales, centros de enseñanza, etc.

Desde el punto de vista de la seguridad de las personas, los apoyos frecuentados podrán considerarse exentos del cumplimiento de las tensiones de contacto en los siguientes casos:

- Cuando se aíslen los apoyos de tal forma que todas las partes metálicas del apoyo queden fuera del volumen de accesibilidad limitado por una distancia horizontal mínima de 1,25 m, utilizando para ello vallas aislantes.
- Cuando todas las partes metálicas del apoyo queden fuera del volumen de accesibilidad limitado por una distancia horizontal mínima de 1,25 m, debido a agentes externos (orografía del terreno, obstáculos naturales, etc.).
- Cuando el apoyo esté recubierto por placas aislantes o aisladas respecto del apoyo o protegido por obra de fábrica de ladrillo hasta una altura de 2,5 m, de forma que se impida la escalada al apoyo.

A su vez, los apoyos frecuentados se clasifican en dos subtipos:

- Apoyos frecuentados con calzado (F): se considerará como resistencias adicionales la resistencia del calzado y la resistencia a tierra en el punto de contacto.

Estos apoyos serán los situados en lugares donde se puede suponer, razonadamente, que las personas estén calzadas, como pavimentos de carreteras públicas, lugares de aparcamiento, etc.

- Apoyos frecuentados sin calzado (F.S.C.): se considerará como resistencia adicional únicamente la resistencia a tierra en el punto de contacto considerando nula la resistencia del calzado.

Estos apoyos serán los situados en lugares como jardines, piscinas, camping, áreas recreativas donde las personas puedan estar con los pies desnudos.

Los apoyos que sean diseñados para albergar conversiones aéreo-subterráneas deberán cumplir los mismos requisitos que el resto de los apoyos en función de su ubicación.

Los apoyos que sean diseñados para albergar aparatos de maniobra deberán cumplir los mismos requisitos que los apoyos frecuentados.

A continuación, se indica la clasificación según su ubicación de los apoyos del presente proyecto:

Tabla 5. Clasificación apoyos.

Nº	TIPO	CLASIFICACIÓN
1	AL-ANC	NF
2	ANG-ANC	NF
3	AL-ANC	NF
4	AL-ANC	NF
5	AL-ANC	NF
6	AL-ANC	NF
7	AL-ANC	NF
8	AL-ANC	NF
9	AL-ANC	F

Nota:  
F: Apoyo Frecuentado con calzado  
FSC: Apoyo Frecuentado Sin Calzado  
NF: Apoyo No Frecuentado

### **8.10.2 Sistemas de puesta a tierra**

El sistema de puesta a tierra variara según la clasificación de los apoyos, en nuestro caso la mayoría de los apoyos en la nueva línea aérea de media tensión están clasificados como apoyos no frecuentados ya que se encuentran en un terreno rural-agrario, lejos de núcleos urbanos y de vías de comunicación concurridas. Excepto el apoyo nº9 de conversión aéreo-subterránea, que se encontrará en las inmediaciones de la industria. Destacar que el apoyo nº1, aunque no se encuentre en zona frecuentada tendrá que cumplir los requisitos de zona frecuentada.

### **8.10.3 Apoyos no frecuentados**

Puesto que el tiempo de desconexión automática en la línea de media tensión suele ser inferior a 1 segundo, de acuerdo a lo indicado en el apartado 7.3.4.3 de la ICT-LAT-07, en el diseño del sistema de puesta a tierra de estos apoyos no será obligatorio garantizar, a un metro de distancia del apoyo, valores de tensión de contacto inferiores a los valores admisibles. No obstante, el valor de la resistencia de puesta a tierra será lo suficientemente bajo para garantizar la actuación de las protecciones.

El extremo superior de la pica de tierra quedará, como mínimo, a 0,50 m por debajo de la superficie del terreno. A esta profundidad irán también los cables de conexión entre la pica de tierra y el apoyo. En terrenos donde se prevean heladas se aconseja una profundidad mínima de 0,80 m.

### **8.10.4 Apoyos frecuentados**

Se realizaría una puesta a tierra en anillo cerrado a una profundidad de al menos 0,50 m alrededor del apoyo, de forma que cada punto del mismo quede distanciado 1 m. como mínimo de las aristas del macizo de cimentación, unido a los montantes del apoyo mediante cuatro conexiones. En terrenos donde se prevean heladas se aconseja una profundidad mínima de 0,80 m.

A este anillo se conectarían como mínimo dos picas de cobre, de 2 m de longitud y 14 mm de diámetro, de manera que se garantice un valor de tensión de contacto aplicada inferior a los reglamentarios. En caso contrario se adoptará alguna de las tres medidas indicadas en el apartado Clasificación de apoyos según su ubicación con el objeto de considerarlos exentos del cumplimiento de las tensiones de contacto.

Tanto en apoyos frecuentados como en no frecuentados, la parte visible del cable de cobre hasta el punto de unión con el montante de la torre se protegerá mediante tubo de PVC rígido y en la unión con la pica enterrada se colocará pasta aislante al objeto de evitar humedad que dañe por oxidación dicha unión.

## 8.11 Distancias de seguridad

Para el cálculo de los distintos elementos de la instalación se tendrán en cuenta las distancias mínimas de seguridad indicadas en el apartado 5 de la ICT-LAT-07 y/o en las correspondientes Especificaciones Particulares de ENDESA DISTRIBUCION ELECTRICA (EDE).

A continuación, se indican las distancias mínimas a tener en cuenta en este proyecto.

### 8.11.1 Distancia de aislamiento eléctrico para evitar descargas

Se tendrán en cuenta las siguientes distancias según ITC-LAT 07:

- $D_{el}$ = Distancia de aislamiento en el aire mínima especificada, para prevenir una descarga disruptiva entre conductores de fase y objetos a potencial de tierra de sobretensiones de frente lento o rápido. Del puede ser tanto interna, cuando se consideran distancias del conductor a la estructura de la torre, como externa, cuando se considera una distancia del conductor a un obstáculo.
- $D_{pp}$ = Distancia de aislamiento en el aire mínima especificada, para prevenir una descarga disruptiva entre conductores de fase durante sobretensiones de frente lento o rápido.  $D_{pp}$  es una distancia interna.
- Distancia entre conductores ( $D_{pp}$ )
- Distancia entre conductores y partes del apoyo puestos a tierra ( $D_{el}$ )

Tabla 6. Distancias de aislamiento eléctrico para evitar descargas

Tensión más elevada de la red US (kV)	$D_{el}$ (m)	$D_{pp}$ (m)
24	0,22	0,25
36	0,35	0,40

### 8.11.2 Distancia de los conductores entre sí

La ITC-LAT 07 en el punto 5.4.1, establece que la separación mínima entre conductores se determina con la siguiente expresión:

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

Siendo:

D =Separación en m,

K =Coeficiente de oscilación (Se obtiene de la Tabla 16, apartado 5.4 ITC-LAT 07)

F =Flecha en m.

L =Longitud de la cadena de suspensión en m.



$K'$  =Coeficiente que depende de la tensión de la línea (0,85 para líneas de categoría especial y 0,75 para el resto).

$D_{pp}$ =Distancia mínima de aislamiento en el aire para prevenir descargas disruptivas entre conductores en fase de sobretensiones de frente lento o rápido.

Tabla 7. Distancias de aislamiento eléctrico para evitar descargas

vanos	Longitud (m)	Flecha máxima (m)	Distancia entre conductores	Cruceta	
				Tipo	Separación
1-2	143,70	3,43	1,21	H3-H3	<b>1,75</b>
2-3	175,00	4,81	1,42	H3-H3	<b>1,75</b>
3-4	175,00	4,81	1,42	H3-H3	<b>1,75</b>
4-5	159,87	4,06	1,31	H3-H3	<b>1,75</b>
5-6	168,71	4,42	1,36	H3-H3	<b>1,75</b>
6-7	157,17	3,94	1,29	H3-H3	<b>1,75</b>
7-8	149,63	3,58	1,24	H3-H3	<b>1,75</b>
8-9	149,63	3,58	1,24	H3-H3	<b>1,75</b>

### 8.11.3 Distancias a edificios, construcciones y zonas urbanas

No se construirán líneas por encima de edificios o instalaciones industriales.

Se establece una zona de no edificación definida por la zona de servidumbre de vuelo incrementada en 5 m para todas las tensiones de líneas.

## **9 DESCRIPCIÓN Y CARACTERÍSTICAS DE LA INSTALACIÓN SUBTERRÁNEA**

### **9.1 Disposición física de la línea subterránea**

#### **Sistemas de instalación**

Las canalizaciones se han dispuesto procurando que el trazado sea lo más rectilíneo posible y respetando los radios de curvatura mínimos de cada uno de los cables a tender.

Al tender el cable en la zanja, estará bajo tubo de PE de 200 mm de diámetro, cumpliendo la norma particular ENDESA CNL002. El tubo irá instalado en hormigón HM-20 hasta una altura de 30 cm. desde el fondo de la zanja , además, por la parte superior irá cubierta por una capa de tierra compactada que le servirá de protección para no ser tocado inadvertidamente al realizar otros trabajos en las proximidades de su emplazamiento. Además, se colocarán cintas de señalización teniendo en cuenta que su distancia mínima al suelo será de 10 cm y de 30 cm a la parte superior del cable.

La profundidad mínima de la canalización deberá ser de 900 mm a fin de preservar a estos circuitos de las incidencias que se desarrollan en el subsuelo industrial, es decir, la construcción de otras redes subterráneas eléctricas de B.T. de alumbrado, las acometidas de redes subterráneas de B.T., y demás instalaciones de otros organismos.

Consultar Documento 4 Planos, plano 10 "Zanjas".

## **Condiciones generales para cruzamientos, proximidades y paralelismos**

Los cables subterráneos cumplirán, además de lo indicado en el presente apartado, las condiciones que pudieran imponer otros Organismos Competentes como consecuencia de disposiciones legales, cuando sus instalaciones fueran afectadas por tendidos de cables subterráneos. Se señalarán los servicios que coincidan con el trazado de los cables y se realizarán catas para confirmar ó rectificar el trazado.

## **Señalizaciones**

Como recomendación UNESA, para advertir de la existencia del cable eléctrico se colocará una cinta de señalización de las características indicadas en la RU 0205, como mínimo a 40 cm por encima.

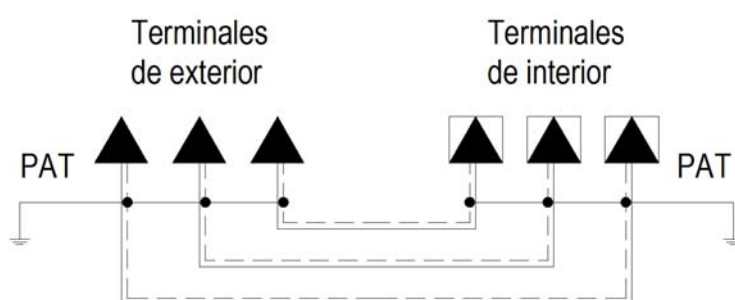
## **Cierre de zanjas**

La primera capa por encima de los elementos de protección tendrá unos 20 cm de profundidad, utilizándose tierra cernida, de manera que no contenga piedras ni cascotes.

El relleno de las zanjas se efectuará por compactación mecánica, por tongadas de un espesor máximo de 30 cm, debiéndose alcanzar una densidad de relleno mínima del 95% de la densidad correspondiente para los materiales de relleno en el ensayo Proctor modificado.

## **9.2 Esquema de conexión**

El esquema de conexión del tramo subterráneo será un sistema de puesta a tierra “solid-bonding” (puesta a tierra en ambos extremos), se realizará mediante la interconexión entre línea subterránea de media tensión y el Centro de Transformación.



- Cable aislado de potencia.
- Terminales apantallados de interior.
- Terminales de exterior termoretráctil.

## 9.3 Descripción de los materiales

### 9.3.1 Cable aislado de potencia

#### 9.3.1.1 Descripción del cable

Los cables a utilizar en las redes subterráneas de MT serán unipolares de aluminio, con aislamiento de polietileno reticulado (R), con pantalla semiconductor sobre el conductor y sobre el aislamiento y con pantalla metálica asociada; Se ajustarán a lo indicado en las Normas UNE-HD 620-10E y UNE 211620:2010 y/o ITC-LAT-06 y a las normas técnicas particulares de Grupo Endesa DND001. La tensión nominal de los conductores será de 12/20kV y la sección de 240mm<sup>2</sup>.

El aislamiento está constituido por un diámetro seco extruido, de polietileno reticulado químicamente (XLPE), de espesor radial adecuado a la tensión nominal del cable, de excelentes características dieléctricas, térmicas, y de gran resistencia a la humedad.

Las características térmicas del polietileno reticulado permiten que el conductor trabaje permanentemente a 90°C, temperatura máxima admisible para este conductor y este tipo de aislamiento.

Los circuitos se compondrán de tres conductores unipolares de aluminio del tipo y características que se indican continuación:

#### ***RH5Z1 (S) 12/20 kV 1x240 K AI***

Restantes características:

• Tipo:	Unipolar
• Sección:	240 mm <sup>2</sup>
• Naturaleza:	Aluminio
• Número mínimo de alambres del conductor:	30
• Diámetro mínimo de la cuerda:	17,8 mm
• Diámetro máximo de la cuerda:	19,2 mm
• Resistencia máxima del conductor a 20 C:	0,125 Ω /km
• Aislamiento:	XLPE
• Temperatura máxima asignada al conductor:	
- Servicio normal	90 °C
- Cortocircuito 5 seg.	250 °C
• Espesor nominal aislamiento XLPE:	5,5 mm
• Espesor nominal de la cubierta:	2 mm
• Proceso de fabricación:	Triple extrusión simultánea
• Tensión nominal:	12/20 kV
• Intensidad máxima admisible en servicio permanente en instalación enterrada a una temperatura de 25 °C:	345 A
• Intensidad máxima de cortocircuito en el conductor (1s):	22,56 kA
• Intensidad máxima de cortocircuito en la pantalla (1s):	2,99 kA
• Radio mínimo de curvatura:	530 mm
• Capacidad por Km.:	0,306 μF/km
• Reactancia por Km.:	0,106 Ω/km

#### 9.3.1.2 Conductor

Los conductores serán circulares compactos de aluminio, de clase 2 según la norma UNE-EN 60228, y estarán formados por varios alambres de aluminio cableados. La sección del conductor previsto es de 240 mm<sup>2</sup>.

#### 9.3.1.3 Capa semiconductora interna

Estará constituida por una capa de mezcla semiconductora termoestable extruida, adherida al aislamiento en toda su superficie, con un espesor nominal de 0,5 mm y sin acción nociva sobre el conductor y el aislamiento.

#### 9.3.1.4 Aislamiento

El aislamiento estará constituido por un dieléctrico seco extruido, de mezcla aislante tipo Polietileno reticulado XLPE, temperatura de servicio 90°C y temperatura de cortocircuito (duración 5s) de 250 °C.

El espesor mínimo absoluto del aislamiento para un cable RHZ1 de tensión asignada de 12/20 kV y sección 240 mm<sup>2</sup> será de 4,3 mm.

#### 9.3.1.5 Capa semiconductora externa

Estará constituida por una capa de mezcla semiconductora termoestable extruida, adherida al aislamiento en toda su superficie, con un espesor medio mínimo de 0,5 mm y sin acción nociva sobre el conductor y el aislamiento.

#### 9.3.1.6 Pantalla sobre la capa semiconductora externa

La pantalla metálica debe asegurar la conducción de la corriente de falta y evitar la propagación radial de agua en el cable.

Estará realizada con una cinta de aluminio monoplacada, de 0,3 mm de espesor, formando un tubo longitudinal, con bordes superpuestos al menos 5 mm y encolados, este tubo debe quedar adherido longitudinalmente con continuidad a la cubierta.

### 9.3.1.7 Cubierta exterior no metálica

La cubierta exterior será de color rojo y estará constituida por un compuesto termoplástico a base de poliolefina, tipo DMZ1, de acuerdo con la Norma particular de la compañía suministradora Endesa GE DND001 y con la norma UNE –HD 620-5-E.

El espesor nominal de la cubierta estará de acuerdo con la tensión nominal del conductor y la sección del mismo.

## 9.3.2 Terminales

### 9.3.2.1 Terminales apantallados de interior

Los terminales serán adecuados para el tipo de conductor empleado y aptos igualmente para la tensión de servicio. Cumplirán las normas HD-629.2 y UNE-EN 50180 y UNE-EN 50181.

Sus características son:

	<b>240 mm<sup>2</sup></b>
Tensión nominal U <sub>o</sub> /U:	12/20 kV
Tensión más elevada de la red U <sub>m</sub> :	24 kV
Tensión a impulsos tipo rayo:	125 kV cresta
Tensión soportada a frecuencia industrial:	50 kV
Línea de fuga en atmósfera no contaminada:	>= 408 mm.
Línea de fuga en atmósfera no contaminada:	>= 600 mm.
Intensidad nominal:	400 A
Limite térmico (1s):	28 kA
Sobrecarga admisible (8 horas):	600 A

### 9.3.2.2 Terminales de exterior termorretráctil

En estos terminales, mediante la aplicación de un tubo termorretráctil de un material especial cubriendo la superficie del aislamiento en el terminal y solapado sobre el semiconductor exterior del cable, se consigue un control del campo que queda repartido sobre la longitud del terminal y evita la concentración de las líneas de campo en la zona en la que termina el semiconductor exterior.

El conjunto se recubre con otro tubo termorretráctil con características anti-tracking y se colocan las campanas para extender la línea de fuga. Cumplieran la norma UNE-HD 629.1-S1.

	<b>240 mm<sup>2</sup></b>
Tensión nominal U <sub>o</sub> /U:	12/20 kV
Tensión más elevada de la red U <sub>m</sub> :	24 kV

Tensión a impulsos tipo rayo:	125 kV cresta
Tensión soportada a frecuencia industrial:	50 kV
Línea de fuga:	$\geq 550$ mm.
Intensidad nominal:	415 A
Limite térmico (T=160 °C 1s):	21 kA

### 9.3.3 Autoválvulas-pararrayos

La norma ENDESA indica que en las nuevas líneas aéreas en las que existan conexiones con redes subterráneas de media tensión, deberán instalarse dispositivos de protección frente a sobretensiones o pararrayos que también deberán instalarse en zonas con un elevado índice isocerámico.

Los terminales de tierra de éstos se conectarán directamente a las pantallas metálicas de los cables y entre sí, mediante una conexión lo más corta posible y sin curvas pronunciadas. La conexión a tierra de los pararrayos instalados en apoyos no se realizará ni a través de la estructura del apoyo metálico.

Los pararrayos cumplirán con la norma UNE-EN 60099 y norma AND015 “Pararrayos de óxidos metálicos sin explosores para redes de MT hasta 36 kV” y se instalarán lo más cerca posible del elemento a proteger (red subterránea de MT).

Las características exigidas serán las siguientes:

$U_n$ (kV)	$U_r$ (kV)	$U_c$ (kV)	$U_{res}$ (kV) máximo	Sistema de neutro red
15	18	15,3	59,4	Aislado

- $U_n$ : Tensión nominal
- $U_r$ : Tensión asignada
- $U_c$ : Tensión servicio continuo
- $U_{res}$ : Tensión residual

### 9.3.4 Tubos de polietileno

Las características técnicas del tubo de polietileno son:

- Tipo de material: PE (Polietileno).
- Tipo de construcción: Doble pared (Interior lisa, exterior corrugada) rígido.
- Diámetro interior: 165 mm mínimo.
- Diámetro exterior: 200 mm.
- Resistencia a la compresión: mayor de 450 N.

- Resistencia al impacto: Tipo N (uso normal).
- Color: Rojo.
- Marcas en el tubo: Indeleble. Indicando nombre o marca del fabricante designación, año de fabricación, lote y Norma UNE EN 50086-2-4.
- Resto de características: Según Norma GE CNL002.

## **10 EL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN**

### **10.1 Descripción**

Valorando las demandas del solicitante, se decide instalar un edificio prefabricado de hormigón de estructura monobloque, modelo Ormazabal PFU-5, de dimensiones interiores 6,08m x 2,38m x 3,24m. En este edificio se pueden instalar hasta dos transformadores con su aparamenta correspondiente, por el momento, se decide instalar un solo transformador para cubrir la demanda actual y dejar el espacio suficiente para una posible futura ampliación como ha indicado el solicitante.

El edificio prefabricado previsto, ha sido diseñado de acuerdo a CEI 61330, UNE-EN 61330, RU 1303A y Códigos Técnicos de Edificación.

### **10.2 Instalación Edificio prefabricado**

#### **10.2.1 Condiciones de instalación del edificio**

El terreno sobre el cual debe ir situado el edificio prefabricado debe de prepararse para no generar asentamientos del terreno que originen esfuerzos sobre la envolvente del edificio.

La construcción de la base deberá de tener en cuenta el acceso de los tubos correspondientes de MT.

Con objeto de minimizar los riesgos inherentes a las tensiones de paso en el exterior del CT, se bordeará el mismo con una acera acabada en hormigón y con 10 cm de grosor. La anchura mínima será de 1 m.

#### **10.2.2 Dimensiones de la excavación**

Las dimensiones de la excavación a realizar para la instalación del edificio prefabricado PFU serán de 6,88m de ancho x 3,18 m de fondo x 0,56 m de profundidad.

Para su ejecución, se recomienda tener en cuenta las disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción Real Decreto 1627/1997 de 24.10.

### **10.2.3 Tipo de terreno**

El tipo de terreno para el asentamiento del Centro de Transformación PFU es determinante debido al peso del equipo. El terreno puede ceder o perder nivelación o bien puede trabajar con asientos diferenciales provocando así agrietamientos.

El terreno en el que se va a instalar el edificio va a ser considerado duro, ya que el suelo está asentado y compactado por la propia naturaleza.

Tras la excavación a realizar, se procederá a extender en la zona de asentamiento una capa de 100 mm aproximadamente de arena y se compacta de forma que una persona pueda caminar sobre ella sin dejar huella. Una vez retiradas las reglas, se rellenan con arena los huecos de las mismas.

## **10.3 Aparamenta**

### **10.3.1 Celdas de distribución secundaria**

Las celdas de distribución secundaria corresponderán al tipo de celdas bajo envolvente metálica en las modalidades de compactas o modulares contempladas en la Norma ENEL GSM001 para celdas con corte y aislamiento en SF<sub>6</sub>, se han seleccionado celdas de distribución secundaria de la marca ORMAZABAL.

En el nuevo centro de transformación se ubicarán una celda de línea, utilizada para la entrada de la línea, una celda de interruptor pasante, que actuará como interruptor-seccionador, una celda de protección de trafo y una celda de medición, además, se instalará transformador de 400 kVA aislado en aceite.

Cabe destacar la posibilidad de instalación de una segunda celda de línea para la continuación de la línea eléctrica de media tensión si en un futuro la compañía distribuidora lo considerase oportuno además de disponer de espacio suficiente en el centro de transformación proyectado para una futura ampliación, dando cabida a otra máquina transformadora y a su celda de protección correspondiente.

#### **10.3.1.1 Celda de Entrada: CGM-CML**

Se instalará una celda de línea dotada con un interruptor seccionador de tres posiciones que permite comunicar el embarrado del conjunto de celdas con los cables, cortar la corriente asignada, seccionar esta unión o poner a tierra simultáneamente las tres bornas de cable de media tensión.



#### 10.3.1.2 Celda de interruptor pasante: CGM-CMS

La celda CGM-CMS de interruptor pasante está constituida por un módulo metálico con asilamiento y corte en gas, que incorpora en su interior un embarrado superior de cobre, interrumpido por un interruptor seccionador rotativo con capacidad de corte y aislamiento.

#### 10.3.1.3 Celda de protección de trafo con fusibles CMP-F

Celda de Interruptor con Fusibles, que dispone, además de un interruptor al igual que la celda de línea, la protección con fusibles. Llevará relés de protección que dispongan de contactos libres de potencial, tanto por anomalías propias como por disparo.

#### 10.3.1.4 Celda de medida

La celda cgmcosmos-m de medida es un módulo metálico, construido en chapa galvanizada, que permite la incorporación en su interior de los transformadores de tensión e intensidad que se utilizan para dar los valores correspondientes a los aparatos de medida, control y contadores de medida de energía.

Por su constitución, esta celda puede incorporar los transformadores de cada tipo (tensión e intensidad), normalizados en las distintas compañías suministradoras de electricidad.

La tapa de la celda cuenta con los dispositivos que evitan la posibilidad de contactos indirectos y permiten el sellado de la misma, para garantizar la no manipulación de las conexiones.

### 10.3.2 Transformador

La industria debe cubrir una potencia de 350kW con un factor de potencia medio de 0,9 y pide que la salida sea de 400V por lo que se instalará una maquina transformadora de 400KVA del tipo trifásico reductor de tensión, aislado en aceite, de tensión primaria de 15kV y tensión secundaria de 420V en vacío (B2) de las siguientes características:

- Tensión primaria: ..... 15.400 V/B2
- Tensión secundaria en vacío: ..... 420 V
- Nivel de aislamiento: ..... 24 kV
- Regulación en primario: .....  $\pm 2,5\% \pm 5\% \pm 10\%$
- Grupo de conexión: ..... Dyn11
- Tensión de cortocircuito: ..... 4%

El transformador, además, cumple lo establecido en la norma particular FND001 para Transformadores Trifásicos de Endesa Distribución.

El transformador irá alojado en un espacio reservado especialmente para ello y separado del resto del centro de transformación mediante una reja de protección. También dispondrá de acceso propio.

#### 10.3.2.1 Refrigeración

La refrigeración será por circulación natural del aceite mineral, enfriado a su vez por las corrientes de aire que se producen naturalmente alrededor de la cuba.

#### 10.3.2.2 Pasatapas de M.T.

Los pasatapas de los bornes de 15 kV serán del tipo enchufable, según lo indicado en la Norma UNE-EN 50180

#### 10.3.2.3 Grupo de conexión

El grupo de conexión será Dyn11, triangulo-estrella con puesta de neutro a tierra.

### 10.3.3 Cuadro de baja tensión

El cuadro de baja tensión a instalar va a ser el modelo CBTO-C, es un conjunto de apartamiento de BT cuya función es recibir el circuito principal de baja tensión procedente de la maquina transformadora y distribuirlo en cuatro circuitos individuales.

La estructura del cuadro CBTO-C de Ormazabal está compuesta por un bastidor aislante en el que se distinguen dos partes:

- Zona de acometida, medida y equipos auxiliares:

En la parte superior del cuadro existe un compartimento para la acometida al mismo, que se realiza a través de un pasamuros tetrapolar. El cuadro incorpora 4 seccionadores unipolares para seccionar las barras.

- Zona de salidas:

Está formada por un compartimento que aloja exclusivamente el embarrado y los elementos de protección de cada circuito de salida. Esta protección se encomienda a fusibles de la intensidad máxima más adelante citada, dispuestos en bases trifásicas verticales cerradas pero maniobradas fase a fase, pudiéndose realizar las maniobras de apertura y cierre en carga.

- Tensión asignada de empleo:.....440 V
- Tensión asignada de aislamiento: .....500 V
- Intensidad asignada en los embarrados:.....1600A
- Frecuencia asignada: .....50Hz

- Nivel aislamiento frecuencia industrial: ..... 10kV
- Salidas de baja tensión..... 4

En general, los cuadros de BT cumplirán lo establecido en la Norma particular Endesa FNZ001 “Cuadros Modulares de Distribución en Baja Tensión para Centros de Transformación”.

## **10.4 Generalidades**

### **10.4.1 Conductores de conexionado**

#### ***Alta Tensión***

La interconexión entre la celda de A.T. y las bornas de Alta Tensión del transformador, se realizará mediante conductor RH5Z1 12/20kV 3x1x95 mm<sup>2</sup> Al 12/20 kV, esta es la menor sección que las normas particulares de Endesa Distribución Energía acepta instalar.

#### ***Baja Tensión***

La conexión del transformador con el módulo de B.T. se realizará mediante cable tipo XZ1 de sección 240 mm<sup>2</sup> Cu 0,6/1 kV de Tensión de aislamiento y en un numero de dos por fase.

### **10.4.2 Señalización**

El edificio cumplirá las siguientes prescripciones:

- Las puertas de acceso al centro y las pantallas de protección, llevarán el cartel con la correspondiente señal triangular distintiva de riesgo eléctrico, según las dimensiones y colores que especifica la Recomendación AMYS 1.4.10, modelo AE-10.
- En un lugar bien visible en el interior del Centro se situará un cartel con las instrucciones de primeros auxilios a prestar en caso de accidente y su contenido se referirá a la respiración boca a boca y masaje cardiaco.

### **10.4.3 Alumbrado**

Para el alumbrado interior las casetas prefabricadas tienen instalados los puntos de luz necesarios.

Asimismo, existe un alumbrado de emergencia.

### **10.4.4 Foso de recogida de aceite**

El edificio prefabricado dispone de foso de recogida de aceite y lecho de guijarros cortafuegos ya instalados en la estructura prefabricada.

#### **10.4.5 Ventilación**

La ventilación del CT quedará asegurada mediante las rejillas ya instaladas en la estructura prefabricada.

#### **10.4.6 Sistema de extinción de incendios**

No se prevé la instalación de un sistema automático de extinción, ya que atendiendo al volumen del líquido dieléctrico del transformador, con un valor máximo de 400l para el transformador de 400kVA, no es necesario, ya que no supera los 600l de volumen unitario. Sin embargo, de acuerdo a la MIE RAT 14, se dispondrán de un extintor de eficacia 233B.

#### **10.4.7 Pantallas de protección**

En virtud de lo establecido en la MIE RAT 14, se colocarán pantallas de separación entre el habitáculo del trafo y el resto del recinto, de forma que exista una separación física para evitar posibles accidentes.

### **10.5 Red de Tierras**

El CT estará provisto de una instalación de puesta a tierra, con objeto de limitar las tensiones de defecto a tierra que puedan producirse en el propio CT. Esta instalación de puesta a tierra, complementada con los dispositivos de interrupción de corriente, deberá asegurar la descarga a tierra de la intensidad homopolar de defecto, contribuyendo a la eliminación del riesgo eléctrico debido a la aparición de tensiones peligrosas en el caso de contacto con las masas que puedan ponerse en tensión.

La instalación de puesta a tierra estará formada por dos circuitos independientes: el de Protección y el de Servicio, a los cuales se conectarán los distintos elementos del CT.

Se conectarán al circuito de puesta a tierra de protección, con carácter general las masas de AT y BT, y más concretamente los siguientes elementos:

- Envolturas y pantallas metálicas de los cables.
- Envoltente metálica de las celdas de distribución secundaria y cuadros de BT.
- Cuba del transformador.
- Bornas de tierra de los detectores de tensión.
- Bornas de puesta a tierra de los transformadores de intensidad de BT.
- Bornas para conexión a tierra de los dispositivos portátiles de puesta a tierra.
- Pantallas o enrejados de protección.

- Mallazo equipotencial de la solera.
- Tapas y marco metálico de los canales de cables.

Las rejillas de ventilación y las puertas de acceso se instalarán de manera que no estén en contacto con el mallazo equipotencial.

Al circuito de puesta a tierra de servicio se conectará el neutro de BT del transformador y la barra general de neutro del cuadro de BT.

#### **10.5.1 Diseño de la instalación de puesta a tierra**

Para diseñar la instalación de puesta a tierra se utilizará el “Método de cálculo y proyecto de instalaciones de puesta a tierra para centros de transformación conectados a redes de tercera categoría” elaborado por UNESA.

Para la puesta a tierra de protección, se instalará un electrodo de configuración 70-25/5/42 incluido en el Anexo 2 del método de UNESA antes citado. En el anexo de cálculos, se justifica su elección así como el procedimiento seguido para su elección.

## **11 AFECCIONES A ENTIDADES Y ORGANISMOS**

No se aprecian organismos o entidades afectadas por la línea en proyecto, en el caso en que se diesen, habría que cumplir con lo que al respecto se establece en el apartado 5.3. de la ITC-LAT 07 del Reglamento de Líneas Eléctricas de Alta Tensión.

## **12 PROPIETARIOS Y PARTICULARES AFECTADOS**

La relación de propietarios con bienes y derechos afectados es la que se muestra en las siguientes tablas:

Tabla 8. Propietarios afectados

Nº de parcela según proyecto	Datos de la finca			Afección tramo aéreo		Afección tramo subterráneo	Usos del suelo
	Término municipal	Nº parcela según catastro	Polígono Nº	Long. (m)	Nº Apoyo	Long. (m)	
1	Belchite	17	512	36,8	1		Agrario
2	Belchite	16	512	493,8	2, 3, ½ 4		Agrario
3	Belchite	15	512	139,3	½ 4		Agrario
4	Belchite	9004	510	7			Improductivo
5	Belchite	14	510	339,7	5, 6, ½ 7		Agrario
6	Belchite	15	510	103,6	½ 7		Agrario
7	Belchite	9002	510	7,5			Improductivo
8	Belchite	147	510	90,7	8		Agrario
9	Belchite	62	510	90			Agrario
10	Belchite	60	510	6,5	9	85	Agrario

### **13 CONCLUSIONES**

En los anexos y planos que se acompañan se justifican y detallan los fundamentos técnicos que han servido de base para la confección de este proyecto, los cuales cumplen con lo establecido en el vigente Reglamento de Líneas Eléctricas de Alta Tensión (R.D. 223/2008).

La suma total del proyecto “LÍNEA AÉREO-SUBTERRÁNEA DE MEDIA TENSIÓN Y NUEVO CENTRO DE TRANSFORMACIÓN PARA LA ALIMENTACIÓN DE UNA INDUSTRIA EN EL TÉRMINO MUNICIPAL DE BELCHITE” asciende a una cantidad de **CIENTO OCHENTA Y NUEVE MIL CUATROCIENTOS VEINTICUATRO EUROS CON CINCUENTA Y TRES CÉNTIMOS.**

José Luis Bartolomé Lamarca



Zaragoza, Junio de 2017

## **Anexo I**

### **CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS**



## **ÍNDICE CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS**

<b>1</b>	<b>CÁLCULOS ELÉCTRICOS LÍNEA MEDIA TENSIÓN</b>	<b>1</b>
1.1	<i>Máxima potencia admisible</i>	1
1.2	<i>Intensidad máxima de cortocircuito</i>	4
1.3	<i>Caída de tensión</i>	6
<b>2</b>	<b>CÁLCULOS MECÁNICOS DE LA LÍNEA AÉREA DE MEDIA TENSIÓN</b>	<b>8</b>
2.1	<i>Cálculo mecánico de los conductores</i>	8
2.1.1	Cargas permanentes	8
2.1.2	Carga de viento	8
2.1.3	Carga de hielo	9
2.1.4	Hipótesis de tracciones máximas	9
2.1.5	Hipótesis de flechas máximas	11
2.1.6	Determinación de la tracción en los conductores	11
2.1.7	Determinación de las flechas	12
2.1.8	Fenómenos vibratorios	12
2.2	<i>Cálculo de apoyos</i>	15
2.3	<i>Aislamiento y herrajes</i>	28
2.3.1	Aisladores	28
2.3.2	Herrajes	29
2.4	<i>Cálculo de las cimentaciones</i>	30
<b>3</b>	<b>CÁLCULOS ELÉCTRICOS DE LOS PUENTES DE M.T. Y B.T. DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN</b>	<b>32</b>
3.1	<i>Introducción</i>	32
3.2	<i>Intensidad en M.T.</i>	32
3.3	<i>Dimensionado de las conexiones M.T.</i>	32
3.4	<i>Intensidad en B.T.</i>	33
3.5	<i>Dimensionado de las conexiones B.T.</i>	34
<b>4</b>	<b>CÁLCULOS DE PUESTA A TIERRA</b>	<b>36</b>
4.1	<i>Datos iniciales</i>	36
4.1.1	Investigación de las características del terreno: Resistividad	36
4.2	<i>Proceso de cálculo</i>	38
4.2.1	Resistencia máxima de la puesta a tierra e intensidad de defecto	38
4.2.2	Selección del electrodo tipo	38
4.3	<i>Puesta a tierra de la tierra de protección del C.T.</i>	40
4.3.1	Cálculo de la resistencia de puesta a tierra, intensidad de defecto y tensiones de paso y contacto para el electrodo seleccionado	40
4.3.2	Valores máximos de tensión admisibles	41
4.3.3	Comprobación de que con el electrodo seleccionado se satisfacen las condiciones exigidas	43
4.3.4	Protección del material	43
4.3.5	Corrección y ajuste del diseño inicial	44
4.4	<i>Cálculo de la puesta a tierra de servicio</i>	44
4.5	<i>Separación entre los sistemas de puesta a tierra de protección y de servicio</i>	45
4.6	<i>Cálculo de la puesta a tierra de los apoyos</i>	45
4.6.1	Cálculo de puesta a tierra en apoyos frecuentados	46
4.6.2	Cálculo de puesta a tierra en apoyos no frecuentados	48

# 1 CALCULOS ELÉCTRICOS LÍNEA MEDIA TENSIÓN

## 1.1 Máxima potencia admisible

### LÍNEA AÉREA DE MEDIA TENSIÓN

Se instalará conductor LA-56 en el tramo aéreo de la línea de media tensión, se justifica su elección por el criterio de máxima potencia admisible por el cable, que será:

$$P_{m\acute{a}x} = \sqrt{3} \cdot U \cdot I_{m\acute{a}x} \cdot \cos\varphi_{med};$$

Siendo:

**P<sub>máx</sub>**= Potencia máxima a transportar, en kW.

**U** = Tensión nominal de la línea, en kV.

**I<sub>máx</sub>**= Intensidad máxima admisible del conductor, en A.

**cosφ<sub>med</sub>**= factor de potencia medio de las cargas receptoras

La intensidad máxima de corriente se obtiene de acuerdo a lo indicado en el apartado 4.2 de la ITC-LAT07.

La densidad máxima de corriente admisible por un conductor de sección S se obtiene de la tabla 11 de la citada instrucción interpolando entre la sección inferior y superior y aplicando el correspondiente coeficiente reductor en función de su composición.

$$I_{m\acute{a}x} = \sigma \cdot S$$

Siendo:

σ = Densidad máxima admisible por un conductor, 3,65 A/mm<sup>2</sup> para LA-56.

S = Sección del conductor, en mm<sup>2</sup>.

Los conductores más habituales empleados en las LAMT y su intensidad máxima admisible son las indicadas en la Tabla 1.

Tabla 1. Intensidad máxima admisible conductores habituales.

<b>Conductor en zonas sin contaminación o con contaminación ligera</b>	<b>Sección (mm<sup>2</sup>)</b>	<b>Alambres Aluminio</b>	<b>Alambres Acero</b>	<b>I<sub>máx</sub> (A)</b>
<b>LA-56</b>	<b>54,6</b>	<b>6</b>	<b>1</b>	<b>199,29</b>
LA-110	116,2	30	7	318
LA-180	181,6	30	7	431

$$P_{m\acute{a}x} = \sqrt{3} \cdot U \cdot I_{m\acute{a}x} \cdot \cos\varphi_{med} = \sqrt{3} \cdot 15 \cdot 199,29 \cdot 0,9 = 4.660\text{kW}$$

Siendo la potencia obtenida mayor que la potencia mínima a transportar por la línea indicada por el solicitante, 1.000kW

## LÍNEA SUBTERRÁNEA DE MEDIA TENSIÓN

En el tramo subterráneo se proyecta la instalación de conductor 12/20kV RH5Z1 3x1x240mm<sup>2</sup> que atendiendo al criterio de máxima potencia admisible será:

$$P_{m\acute{a}x} = \sqrt{3} \cdot U \cdot I_{m\acute{a}x} \cdot \cos\varphi_{med}$$

Siendo:

**P<sub>máx</sub>**= Potencia máxima a admisible por el cable, en kW.

**U** = Tensión nominal de la línea, en kV.

**I<sub>máx</sub>**= Intensidad máxima admisible del conductor, en A.

**cosφ<sub>med</sub>**= factor de potencia medio de las cargas receptoras

Los conductores de XLPE de aluminio directamente enterrados y los instalados bajo tubo podrán admitir una intensidad permanente según ICT-LAT 06:

Tabla 2. Intensidades en servicio permanente

Sección	Intensidad de servicio (A)*	
	Directamente enterrados	Bajo tubo
240	345	320

\* Un único circuito enterrado a 1 metro de profundidad, temperatura del terreno de 25°C y resistividad del terreno de 1.5 ·m/W.

Para diferentes condiciones de instalación, se deberán añadir coeficientes de corrección.

### Temperatura del terreno (Fct)

Se aplicaran los coeficientes de la tabla 07 ITC-LAT 06.

Temperatura °C Servicio Permanente θs	Temperatura del terreno, θ <sub>t</sub> , en °C								
	10	15	20	25	30	35	40	45	50
105	1,09	1,06	1,03	1,00	0,97	0,94	0,90	0,87	0,83
90	1,11	1,07	1,04	1,00	0,96	0,92	0,88	0,83	0,78
70	1,15	1,11	1,05	1,00	0,94	0,88	0,82	0,75	0,67
65	1,17	1,12	1,06	1,00	0,94	0,87	0,79	0,71	0,61

**Resistividad térmica del terreno (F<sub>crt</sub>)**

Se aplicaran los coeficientes de la tabla 08 ITC-LAT 06.

Tipo de instalación	Sección del conductor mm <sup>2</sup>	Resistividad térmica del terreno, K.m/W							
		0,8	0,9	1,0	1,5	2,0	2,5	3	
Cables en interior de tubos enterrados	25	1,12	1,10	1,08	1,00	0,93	0,88	0,83	
	35	1,13	1,11	1,09	1,00	0,93	0,88	0,83	
	50	1,13	1,11	1,09	1,00	0,93	0,87	0,83	
	70	1,13	1,11	1,09	1,00	0,93	0,87	0,82	
	95	1,14	1,12	1,09	1,00	0,93	0,87	0,82	
	120	1,14	1,12	1,10	1,00	0,93	0,87	0,82	
	150	1,14	1,12	1,10	1,00	0,93	0,87	0,82	
	185	1,14	1,12	1,10	1,00	0,93	0,87	0,82	
	240	1,15	1,12	1,10	1,00	0,92	0,86	0,81	
400	1,16	1,13	1,10	1,00	0,92	0,86	0,81		

**Agrupación de circuitos (F<sub>ca</sub>)**

Se aplicaran los coeficientes de la tabla 10 ITC-LAT 06.

		Factor de corrección								
Tipo de instalación	Separación de los ternos	Número de ternos de la zanja								
		2	3	4	5	6	7	8	9	10
Cables bajo tubo	En contacto (d=0 cm)	0,80	0,70	0,64	0,60	0,57	0,54	0,52	0,50	0,49
	d = 0,2 m	0,83	0,75	0,70	0,67	0,64	0,62	0,60	0,59	0,58
	d = 0,4 m	0,87	0,80	0,77	0,74	0,72	0,71	0,70	0,69	0,68
	d = 0,6 m	0,89	0,83	0,81	0,79	0,78	0,77	0,76	0,75	-
	d = 0,8 m	0,90	0,86	0,84	0,82	0,81	-	-	-	-

**Profundidades de instalación (F<sub>cp</sub>)**

Se aplicaran los coeficientes de la tabla 11 ITC-LAT 06.

Profundidad (m)	Cables enterrados de sección		Cables bajo tubo de sección	
	≤ 185 mm <sup>2</sup>	> 185 mm <sup>2</sup>	≤ 185 mm <sup>2</sup>	> 185 mm <sup>2</sup>
0,50	1,06	1,09	1,06	1,08
0,60	1,04	1,07	1,04	1,06
0,80	1,02	1,03	1,02	1,03
1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
1,25	0,98	0,98	0,98	0,98
1,50	0,97	0,96	0,97	0,96
1,75	0,96	0,94	0,96	0,95
2,00	0,95	0,93	0,95	0,94
2,50	0,93	0,91	0,93	0,92
3,00	0,92	0,89	0,92	0,91

La temperatura del terreno se considerará 25°C, solo se instalará un cable, la resistividad térmica del terreno es 1,5 K\*m/W y la profundidad a la que irá instalado serán 80 cm, con estos datos, se obtiene que la intensidad admisible permanente del conductor será:

$$I_{adm} = I \cdot F_{ct} \cdot F_{crt} \cdot F_{ca} \cdot F_{cp}$$

$$I_{adm} = 320 \times 1 \times 1 \times 1 \times 1,03 = 330 \text{ A}$$

Dónde:

$I_{adm}$  = Intensidad máxima admisible en servicio permanente, en A.

$I$  = Intensidad del conductor sin coeficientes de corrección, en A.

$F_{ct}$  = Factor de corrección debido a la temperatura del terreno,

$F_{crt}$  = Factor de corrección debido a la resistividad del terreno,

$F_{ca}$  = Factor de corrección debido a la agrupación de circuitos,

$F_{cp}$  = Factor de corrección debido a la profundidad de soterramiento.

Finalmente, la potencia máxima admisible del conductor, considerando un factor de potencia de 0,9, será:

$$P_{m\acute{a}x} = \sqrt{3} \cdot U \cdot I_{m\acute{a}x} \cdot \cos\varphi_{med} = \sqrt{3} \cdot 15 \cdot 330 \cdot 0,9 = 7.716,28 \text{ kW}$$

Siendo la potencia obtenida mayor que la potencia mínima a transportar por la línea indicada por el solicitante, 1.000kW

## 1.2 Intensidad máxima de cortocircuito

Otro factor a tener en cuenta para la selección de conductores es la intensidad máxima de cortocircuito. Se determinará el valor de la intensidad de cortocircuito de la línea tanto aérea como subterránea de media tensión a ejecutar. Este valor será proporcionado indirectamente a partir de la potencia máxima de cortocircuito de la red, en este caso la corriente de cortocircuito se obtendrá a partir de la siguiente expresión:

$$I_{cc_3} = \frac{S_{cc}}{\sqrt{3} \cdot U}$$

Dónde:

$I_{cc_3}$  = Intensidad de cortocircuito trifásica, en kA.

$S_{cc}$  = Potencia de cortocircuito de la red, en MVA.

$U$  = Tensión de línea, en kV,

La intensidad de cortocircuito de la red:

Tabla 3. Intensidad cortocircuito

U (kV)	Scc (MVA)	I <sub>cc3</sub> (kA)
15	500	19,245

Para el cálculo de la intensidad de cortocircuito soportada por el conductor se tendrá en cuenta que el conductor utilizado es de aluminio, la sección del conductor y tiempo máximo de duración del cortocircuito.

Para tiempos de cortocircuito cortos la intensidad máxima admisible por un conductor vendrá dada por la fórmula del calentamiento adiabático:

$$I_{cc \text{ Adm.}} = K \cdot \frac{S}{\sqrt{t_{cc}}}$$

Dónde:

I<sub>ccAdm.</sub>= Intensidad de cortocircuito calculada en una hipótesis adiabática, en A,

S= Sección del conductor, en mm<sup>2</sup>,

K = Coeficiente que depende de la naturaleza del conductor y de las temperaturas al inicio y al fin del cortocircuito,

t<sub>cc</sub> = Duración del cortocircuito, 1 segundo.

Según el apartado 6.2 de la ITC-LAT-06, la densidad admisible de corriente de cortocircuito, en A/mm<sup>2</sup>, para conductores de aluminio, 1 segundo de cortocircuito y un Δθ=160 °C, es de 94 A/mm<sup>2</sup>.

### LÍNEA AÉREA DE MEDIA TENSIÓN

Al tratarse este de un criterio térmico y ser el conductor LA-56 a instalar un conductor desnudo, es decir, sin aislamiento, no tendremos en consideración este criterio para la selección del conductor aéreo.

### LÍNEA SUBTERRÁNEA DE MEDIA TENSIÓN

A continuación, se indican los valores de cortocircuito máximo admisibles del conductor 12/20kV RH5Z1 240mm<sup>2</sup>:

Tabla 4. Intensidad cortocircuito conductor

Sección del conductor mm <sup>2</sup>	Duración del cortocircuito (s)
	1,0
240	22,56kA

La intensidad máxima de cortocircuito de la red I<sub>cc3</sub>(kA) será inferior a la calculada I<sub>ccAdm</sub>(kA).

$$I_{cc3} \text{ (kA)} = 19,245 \text{ kA} < I_{ccAdm} \text{ (kA)} = 22,56 \text{ kA}.$$

### 1.3 Caída de tensión

Las características de los conductores a instalar en la línea de media tensión proyectada están recogidas en las siguientes tablas:

Tabla 5. Características de los conductores

Sección nominal (mm <sup>2</sup> )	Resistencia máxima 20°C (Ω/km)	Resistencia máxima 90°C (Ω/km)	Reactancia 12/20 kV (Ω/km)
240 (RH5Z1)	0,125	0,161	0,106
54,6 (LA-56)	0,613	0,687	0,3807

Estos datos serán necesarios para el cálculo de la caída de tensión que se realiza a continuación.

#### LÍNEA AÉREA DE MEDIA TENSIÓN

La caída de tensión de la línea aérea se obtendrá de la siguiente forma:

$$U_c = \frac{P \cdot L}{U} \cdot (R_{90} + X \cdot \text{tg } \varphi) \quad \text{En valor absoluto}$$

$$U_c(\%) = \frac{P \cdot L}{U^2} \cdot (R_{90} + X \cdot \text{tg } \varphi) \quad \text{En valor porcentual}$$

Dónde:

P = Potencia a máxima transportar, en kW,

L = Longitud de la línea, en km,

U = Tensión nominal de la línea, en kV,

R<sub>90</sub> = Resistencia del conductor a 90°C, incluido el efecto piel y el efecto proximidad, en Ω/km,

X = Reactancia de la línea, en Ω/km.

tgφ = Tangente de fi de la instalación, 0,484 adim.

Con los datos del conductor citados anteriormente y sabiendo que la tensión de la línea va a ser de 15kV, la potencia que como mínimo tiene que soportar transportar será de 1000 kW, la longitud del tramo aéreo de 1.315 m, obtenemos los siguientes resultados:

$$U_c = \frac{P \cdot L}{U} \cdot (R_{90} + X \cdot \text{tg}) = 69,89V$$

$$U_c(\%) = \frac{P \cdot L}{10 \cdot U^2} \cdot (R_{90} + X \cdot \text{tg}) = 0,466\%$$

### **LÍNEA SUBTERRÁNEA DE MEDIA TENSIÓN**

Los cálculos para la parte subterránea de la instalación serán similares a la parte aérea, pero teniendo en cuenta el conductor subterráneo (RH5Z1 240mm<sup>2</sup>) y la longitud de 85m.

Dando como resultado:

$$U_c = \frac{P \cdot L}{U} \cdot (R_{90} + X \cdot \text{tg}) = 1,2V$$

$$U_c(\%) = \frac{P \cdot L}{10 \cdot U^2} \cdot (R_{90} + X \cdot \text{tg}) = 0,008\%$$

La caída de tensión total de la nueva red planteada será la suma de las porciones de esta, siendo:

- $U_c = 71,093 V$
- $U_c(\%) = 0,4740\%$

Resultando la caída de tensión total menor al 5%, que es el límite que nos impone la empresa distribuidora de energía para cumplir su normativa particular.



## **2 CÁLCULOS MECÁNICOS DE LA LÍNEA AÉREA DE MEDIA TENSIÓN**

### **2.1 Cálculo mecánico de los conductores**

Los criterios de cálculo mecánico de conductores se establecerán en base a lo especificado en el apartado 3 ITC-LAT -07.

Las tensiones mecánicas y las flechas con que debe tenderse el conductor, dependen de la longitud del vano y de la temperatura del conductor en el momento del tendido, de forma que al variar ésta, la tensión del conductor en las condiciones más desfavorables no sobrepase los límites establecidos. En el cálculo mecánico de los conductores se aplicarán los criterios de diseño a continuación descritos.

#### **2.1.1 Cargas permanentes**

Se consideran cargas verticales debidas al peso propio de los elementos, en este caso el conductor, cadenas de aisladores, herrajes, seccionadores, autoválvulas y botellas terminales.

Los pesos de los conductores y herrajes de las líneas objeto del presente documento son los indicados en las Normas GSC003 para los conductores, AND009 para los herrajes y AND008 para los aisladores de vidrio.

#### **2.1.2 Carga de viento**

Se considerará un viento mínimo de referencia de 120 km/h (33,3 m/s) de velocidad, supuesto de componente horizontal y actuando perpendicularmente a las superficies sobre las que incide.

La presión del viento sobre el conductor se calcula para la velocidad especificada  $V_v$  de la forma siguiente, según apartado 3.1.2.1. de la ITC-LAT 07:

$$q = 60 \cdot \left( \frac{v_v}{120} \right)^2 daN / m^2 \text{ para conductores de } d \leq 16 \text{ mm}$$

$$q = 50 \cdot \left( \frac{v_v}{120} \right)^2 daN / m^2 \text{ para conductores de } d > 16 \text{ mm}$$

Por lo tanto, la acción total del viento sobre el conductor se obtiene de la siguiente expresión:

$$P_v = q \cdot d \left( \frac{daN}{m} \right)$$

Siendo:

**d** = diámetro del conductor en m.

**q** = presión del viento.

Resultando una presión de viento de:

Tabla 6. Presión de viento por metro lineal sobre los conductores

Denominación	Diámetro conductor (mm)	$q_v$ para viento de 120 km/h (daN/m)	$q_v$ para viento de 160 km/h (daN/m)	$q_v$ para viento de 180 km/h (daN/m)
<b>LA 56</b>	<b>9,45</b>	<b>0,567</b>	<b>1,008</b>	<b>1,276</b>
LA 110	14	0,840	1,493	1,890
LA 180	17,5	0,875	1,566	1,969

### 2.1.3 Carga de hielo

Las sobrecargas de hielo a considerar para el cálculo de conductores se dan en función de la zona en que se proyecte la Línea Aérea de Media Tensión, en nuestro caso, el término municipal de Belchite es considerado zona A:

#### **Zona A: Altitud inferior a 500 m**

No se tendrá en cuenta sobrecarga alguna motivada por el hielo.

#### **Zona B: Altitud comprendida entre 500 y 1000 m**

Se considerarán sometidos los conductores y cables de tierra a la sobrecarga de un manguito de hielo de valor,  $q_v = 0,18 \cdot \sqrt{d}$  daN/m, siendo "d" el diámetro del conductor en milímetros.

#### **Zona C: Altitud superior a 1000 m**

Se considerarán sometidos los conductores y cables de tierra a la sobrecarga de un manguito de hielo de valor,  $q_v = 0,36 \cdot \sqrt{d}$  daN/m, siendo "d" el diámetro del conductor en milímetros. Para altitudes superiores a 1500 metros, el proyectista deberá establecer las sobrecargas de hielo mediante estudios pertinentes, no pudiéndose considerar sobrecarga de hielo inferior a la indicada anteriormente.

### 2.1.4 Hipótesis de tracciones máximas

Las hipótesis de sobrecarga que deberán considerarse para el cálculo de la tensión máxima en los conductores serán las definidas en el apartado 3.2.1 ITC-LAT 07 del R.L.A.T, según la zona por la que discurra la línea, considerando una velocidad el viento de 120 km/h. Las sobrecargas que les son aplicables son las siguientes:

Tabla 7. Resumen hipótesis de tracciones máximas (Tabla 4 ITC-LAT 07)

<b>ZONA A, Altitud inferior a 500 m</b>			
<b>Hipótesis</b>	<b>Temperatura (°C)</b>	<b>Sobrecarga de Viento</b>	<b>Sobre carga de hielo</b>
Tracción máxima de viento	-5	Según apartado 2.1.2 y 3.1.2 ITC-LAT 07	No se aplica
<b>ZONA B, Altitud comprendida entre 500 y 1000 m</b>			
<b>Hipótesis</b>	<b>Temperatura (°C)</b>	<b>Sobrecarga de Viento</b>	<b>Sobre carga de hielo</b>
Tracción máxima de viento	-10	Según apartado 2.1.2 y 3.1.2 ITC-LAT 07	No se aplica
Tracción máxima de hielo	-15	No se aplica	Según apartado 2.1.3. y 3.1.3 ITC-LAT 07
<b>ZONA C, Altitud superior a 1000 m</b>			
<b>Hipótesis</b>	<b>Temperatura (°C)</b>	<b>Sobrecarga de Viento</b>	<b>Sobre carga de hielo</b>
Tracción máxima de viento	-15	Según apartado 2.1.2 y 3.1.2 ITC-LAT 07	No se aplica
Tracción máxima de hielo	-20	No se aplica	Según apartado 2.1.3 y 3.1.3 ITC-LAT 07

En caso de que se prevea la aparición en la zona de un viento excepcional, se considerarán los conductores, a la temperatura de -5°C en zona A, -10°C en zona B y -15°C en zona C, sometidos a su propio peso y a una sobrecarga de viento correspondiente a una velocidad superior a 120km/h. En altitudes superiores a 1.500 m se realizarán estudios específicos para determinar la sobrecarga motivada por el hielo, no pudiendo ser nunca inferior a la indicada para la zona C.

- La tracción máxima de los conductores no resultará superior a su carga de rotura mínima, dividida por 3, considerándoles sometidos a la hipótesis de sobrecarga de la

Tabla en función de que la zona sea A, B o C, estos son los siguientes:

Tabla 8. Tensiones máximas aplicables a los conductores

<b>Denominación</b>	<b>Carga de rotura (daN)</b>	<b>Máxima tracción admisible (daN)</b>	<b>Coficiente de seguridad</b>
<b>LA 56</b>	<b>1.966</b>	<b>543</b>	<b>3,00</b>

### 2.1.5 Hipótesis de flechas máximas

De acuerdo con el apartado 3.2.3 de la ITC-LAT-07, se determinará la flecha máxima de los conductores en las siguientes hipótesis:

- a) **Hipótesis de viento:** Sometidos a la acción de su peso propio y a una sobrecarga de viento, según apartado 3.1.2. ITC-LAT 07, a la temperatura de +15°C, con una velocidad de 120 km/h.
- b) **Hipótesis de temperatura:** Sometidos a la acción de su peso propio a la temperatura de +50°C.
- c) **Hipótesis de hielo:** Sometidos a la acción de su peso propio y a una sobrecarga de hielo según zona, según apartado 3.1.3 ITC-LAT 07, a la temperatura de 0°C.

Sobre carga de hielo según zona:

- No se considera para zona A.
- $0.18 \cdot \sqrt{d}$  daN/m para zona B.
- $0.36 \cdot \sqrt{d}$  daN/m para zona C.

Siendo “d” el diámetro del cable en milímetros.

En altitudes superiores a 1.500 m se realizarán estudios específicos para determinar la sobrecarga motivada por el hielo, no pudiendo ser nunca inferior a la indicada para la zona C.

### 2.1.6 Determinación de la tracción en los conductores

Para el cálculo de las flechas y tensiones de los conductores y cables de tierra, a partir de unas condiciones iniciales preestablecidas, se utiliza la ecuación de cambio de condiciones en su forma exacta:

$$\frac{2 \cdot T_2}{p_2} \cdot \operatorname{senh} \frac{a \cdot p_2}{2 \cdot T_2} = \frac{2 \cdot T_1}{p_1} \cdot \operatorname{senh} \frac{a \cdot p_1}{2 \cdot T_1} \left[ 1 + \alpha \cdot (\theta_2 - \theta_1) + \frac{T_1 - T_2}{E \cdot S} \right]$$

Donde:

*E* = Módulo de elasticidad en daN/mm<sup>2</sup>.

*α* = Coeficiente de dilatación lineal en °C<sup>-1</sup>.

*S* = Sección del conductor en mm<sup>2</sup>.

*a* = Vano en m.

*T*<sub>1</sub>, *T*<sub>2</sub> = Tenses en daN en los estados inicial y final.

*p*<sub>1</sub>, *p*<sub>2</sub> = Peso del conductor en los estados inicial y final en daN/m.

*θ*<sub>1</sub>, *θ*<sub>2</sub> = Temperaturas del conductor en los estados inicial y final en °C.

Para condiciones de viento o de hielo será necesario tener en cuenta, para la resolución de la ecuación de cambio de condiciones, la velocidad del viento V, el coeficiente C para el cálculo del peso del manguito de hielo en función de la zona y el diámetro del conductor.

### 2.1.7 Determinación de las flechas

Conocido el valor de  $T_2$ , se calcula la flecha correspondiente con la ecuación siguiente:

$$f = \frac{T_2}{p_2} \cdot \left( \cosh \frac{a \cdot p_2}{2 \cdot T_2} - 1 \right)$$

$f$  = Máxima flecha del conductor.

$a$  = Vano en m.

$T_2$  = Tenses en daN en los estados inicial y final.

$p_2$  = Peso del conductor en los estados inicial y final en daN/m.

### 2.1.8 Fenómenos vibratorios

El valor denominado EDS, abreviatura de “everyday stress”, representa la carga media de todos los días, situación en la que a lo largo del año están los cables un mayor período de tiempo, y que se mide como porcentaje respecto a la carga de rotura:

$$EDS = \frac{\text{Tracción del cable a } 15^\circ\text{C de temperatura y calma}}{\text{Carga de rotura del cable}} = \%$$

Cuando el EDS es inferior al 15 %, no se producen fenómenos vibratorios que dañen el conductor. Para evitar el uso de dispositivos de amortiguamiento la tracción a la temperatura de 15°C no superará el 15% de la carga de rotura.

En el diseño se tendrá también en cuenta que el CHS o tensión del conductor en horas frías no sea superior al 20%.

**Nota: La explicación teórica se ha realizado con unidades de daN (decaNewtons), el programa utilizado para el cálculo de los esfuerzos de los apoyos y de los tendidos trabaja con kilogramo fuerza. Siendo el factor de conversión utilizado:**

$$\text{kg} = \frac{10 \times [\text{daN}]}{9,8[\text{m/s}]}$$

- **TABLAS DE CALCULO MECÁNICO DE CONDUCTORES:**

SERIE N°1: ENTRE APOYOS N° 1 Y 2

CONDUCTOR: LA-56		
TENSE MAX. -5° + viento:	515	Kg
TENSE 15°C EDS:	286	Kg
VANO REGULACION:	60	m
COEFICIENTE SEGURIDAD:	3,23	
ZONA: A		
PARAMETRO MAX:	674	
PARAMETRO MIN:	2.305	

TEMP	TENSE	FLECHA
°c	kg.	m.
40	150,78	0,57
35	193,72	0,50
30	193,72	0,44
25	221,12	0,39
20	252,07	0,34
15	285,91	0,30
10	321,96	0,27
5	359,61	0,24
0	398,41	0,21
-10	478,26	0,18

SERIE N°2: ENTRE APOYOS N° 2 Y 3

CONDUCTO LA-56		
TENSE MAX. -5° + viento:	515	Kg
TENSE 15°C EDS:	196	Kg
VANO REGULACION:	142	m
COEFICIENTE SEGURIDAD:	3,22	
ZONA: A		
PARAMETRO MAX:	775	
PARAMETRO MIN:	1.276	

TEMP	TENSE	FLECHA
°c	kg.	m.
40	159,72	3,00
35	165,55	2,89
30	171,97	2,79
25	179,05	2,68
20	186,89	2,56
15	195,62	2,45
10	205,37	2,33
5	216,29	2,21
0	228,56	2,10
-10	257,91	1,86

SERIE N°3: ENTRE APOYOS N° 3 Y 8

CONDUCTO LA-56		
TENSE MAX. -5° + viento:	515	Kg
TENSE 15°C EDS:	227	Kg
VANO REGULACION:	100	m
COEFICIENTE SEGURIDAD:	3,23	
ZONA: A		
PARAMETRO MAX:	734	
PARAMETRO MIN:	1.728	

TEMP	TENSE	FLECHA
°c	kg.	m.
40	156,85	1,51
35	167,05	1,42
30	178,86	1,33
25	192,55	1,23
20	208,46	1,14
15	226,86	1,05
10	248,00	0,96
5	272,00	0,87
0	298,82	0,79
-10	360,09	0,66

## 2.2 Cálculo de apoyos

El dimensionado mecánico de los apoyos se realizará teniendo en cuenta:

- El coeficiente de seguridad para la tracción máxima admisible de los conductores será como mínimo de 3, considerando las diferentes hipótesis de sobrecargas establecidas en la tabla 4 de la ITC-LAT 07,
- Aparte del peso propio de los conductores, se contemplarán las hipótesis de sobrecarga que establece la ITC-LAT-07, Apdo. 3.1,
- En cumplimiento de la ITC-LAT-07, Apdo. 3.1.2 se considerará un viento de mínimo de 120 km/h sobre los elementos de la línea.
- Para el cálculo de la distancia mínima entre los conductores se ha considerará un coeficiente de oscilación  $k$ , que figura en la Tabla 16, Apdo. 5.4 de la ITC-LAT-07, correspondiente a una  $U_n \leq 30$  kV,

Los cálculos se realizarán para las sobrecargas según zona.

Las hipótesis de cálculo, según la ITC-LAT-07, Apdo. 3.5.3, serán las siguientes:

- 1ª hipótesis: viento.
- 2ª hipótesis: hielo.
- 3ª hipótesis: desequilibrio tracciones.
- 4ª hipótesis: rotura de conductores.

En caso de cruces o paralelismos, según el apartado 5.3 ITC LAT-07, el coeficiente de seguridad de los apoyos, crucetas y cimentaciones deberá ser un 25% superior a lo establecido en el caso de hipótesis normales 1H, 2H y 3H (3H solamente en caso de prescindir de la 4H).

Para el dimensionado de todos los apoyos, se aplicarán las expresiones descritas a continuación, para cada una de las situaciones de cada apoyo.



Tabla 5. Tabla de cálculo apoyos según hipótesis reglamentarias

TTipo de Apoyo	TTipo de Esfuerzo	1ª Hipótesis (Viento)	2ª Hipótesis (Hielo)	3ª Hipótesis (Desequilibrio de tracciones)	4ª Hipótesis (Rotura de Conductores)
Suspensión en alineación	V	$P_{cond.} + P_{cad.} + P_{her.}$	$P_{cond.+hielo} + P_{cad.} + P_{her.}$	$P_{cond.} + P_{cad.} + P_{her.}$ (zona A) $P_{cond.+hielo} + P_{cad.} + P_{her.}$ (zonas B y C)	
		$P_{cond.+hielo} = n \cdot p_{ap} \left[ \frac{a_1 + a_2}{2} + \frac{T_h}{p_{ap}} \left( \frac{d_1}{a_1} - \frac{d_2}{a_2} \right) \right] p_{ap} = p + h$ $P_{cond.} = n \cdot p \left[ \frac{a_1 + a_2}{2} + \frac{T_v}{p_{ap}} \left( \frac{d_1}{a_1} - \frac{d_2}{a_2} \right) \right] p_{ap} = \sqrt{p^2 + q^2}$			
	T	$n \cdot F_T = n \cdot q \cdot d \cdot \frac{a_1 + a_2}{2}$	0	0	0
	L	0	0	$n \cdot (\% des.) \cdot T_v$ (A) $n \cdot (\% des.) \cdot T_h$ (B y C) $n \cdot (T_2 - T_1)$	$n \cdot (\% rot.) \cdot T_v$ (A) $n \cdot (\% rot.) \cdot T_h$ (B y C)
<p>% des. = Coeficiente desequilibrio; 0,08 para <math>U_n \leq 66</math> kV y 0,15 para <math>U_n &gt; 66</math> kV.                      % rot. = Coeficiente rotura en % de la tensión del cable roto; 0,5 para <math>n = 1</math> o 2, 0,75 para <math>n = 3</math> y 1 para <math>n = 4</math>.</p>					
Amarre en alineación	V	$P_{cond.} + P_{cad.} + P_{her.}$	$P_{cond.+hielo} + P_{cad.} + P_{her.}$	$P_{cond.} + P_{cad.} + P_{her.}$ (zona A) $P_{cond.+hielo} + P_{cad.} + P_{her.}$ (zonas B y C)	
		$P_{cond.+hielo} = n \cdot p_{ap} \left[ \frac{a_1 + a_2}{2} + \frac{T_{h1}}{p_{ap}} \left( \frac{d_1}{a_1} \right) - \frac{T_{h2}}{p_{ap}} \left( \frac{d_2}{a_2} \right) \right] p_{ap} = p + h$ $P_{cond.} = n \cdot p \left[ \frac{a_1 + a_2}{2} + \frac{T_{v1}}{p_{ap}} \left( \frac{d_1}{a_1} \right) - \frac{T_{v2}}{p_{ap}} \left( \frac{d_2}{a_2} \right) \right] p_{ap} = \sqrt{p^2 + q^2}$			
	T	$n \cdot F_T = n \cdot q \cdot d \cdot \frac{a_1 + a_2}{2}$	0	0	0
	L	0	0	$n \cdot (\% des.) \cdot T_v$ (A) $n \cdot (\% des.) \cdot T_h$ (B y C) $n \cdot (T_2 - T_1)$	$T_v$ (A) $T_h$ (B y C)
<p>% des. = Coeficiente desequilibrio; 0,15 para <math>U_n \leq 66</math> kV y 0,25 para <math>U_n &gt; 66</math> kV.</p>					

TTipo de Apoyo	TTipo de Esfuerzo	1ª Hipótesis (Viento)	2ª Hipótesis (Hielo)	3ª Hipótesis (Desequilibrio de tracciones)	4ª Hipótesis (Rotura de Conductores)
Anclaje en alineación	V	$P_{cond.} + P_{cad.} + P_{her.}$	$P_{cond.+hielo} + P_{cad.} + P_{her.}$	$P_{cond.} + P_{cad.} + P_{her.}$ (zona A) $P_{cond.+hielo} + P_{cad.} + P_{her.}$ (zonas B y C)	
		$P_{cond.+hielo} = n \cdot p_{ap} \left[ \frac{a_1 + a_2}{2} + \frac{T_{h1}}{p_{ap}} \left( \frac{d_1}{a_1} \right) - \frac{T_{h2}}{p_{ap}} \left( \frac{d_2}{a_2} \right) \right] p_{ap} = p + h$ $P_{cond.} = n \cdot p \left[ \frac{a_1 + a_2}{2} + \frac{T_{v1}}{p_{ap}} \left( \frac{d_1}{a_1} \right) - \frac{T_{v2}}{p_{ap}} \left( \frac{d_2}{a_2} \right) \right] p_{ap} = \sqrt{p^2 + q^2}$			
	T	$n \cdot F_T = n \cdot q \cdot d \cdot \frac{a_1 + a_2}{2}$	0	0	0
	L	0	0	$n \cdot (\% des.) \cdot T_v$ (A) $n \cdot (\% des.) \cdot T_h$ (B y C) $n \cdot (T_2 - T_1)$	$n \cdot (\% rot.) \cdot T_v$ (A) $n \cdot (\% rot.) \cdot T_h$ (B y C)
<p>% des. = Coeficiente desequilibrio para apoyos de anclaje; 0,5. % rot. = Coeficiente rotura para apoyos de anclaje en % de la rotura total del haz; 1 para n = 1, 0,50 para n ≥ 3.</p>					
Anclaje en ángulo	V	$P_{cond.} + P_{cad.} + P_{her.}$	$P_{cond.+hielo} + P_{cad.} + P_{her.}$	$P_{cond.} + P_{cad.} + P_{her.}$ (zona A) $P_{cond.+hielo} + P_{cad.} + P_{her.}$ (zonas B y C)	
		$P_{cond.+hielo} = n \cdot p_{ap} \left[ \frac{a_1 + a_2}{2} + \frac{T_h}{p_{ap}} \left( \frac{d_1}{a_1} - \frac{d_2}{a_2} \right) \right] p_{ap} = p + h$ $P_{cond.} = n \cdot p \left[ \frac{a_1 + a_2}{2} + \frac{T_v}{p_{ap}} \left( \frac{d_1}{a_1} - \frac{d_2}{a_2} \right) \right] p_{ap} = \sqrt{p^2 + q^2}$			
	T	$n \cdot (F_T + R_{an})$	$n \cdot R_{anhieo}$	$n \cdot (2 - \% des.) \cdot T_v \cdot \text{sen} \left( \frac{\alpha}{2} \right)$ (A) $n(2 - \% des.) \cdot T_h \cdot \text{sen} \left( \frac{\alpha}{2} \right)$ (B y C)	$n \cdot \% rot \cdot T_v \cdot \text{sen} \left( \frac{\alpha}{2} \right)$ (A) $n \cdot \% rot \cdot T_h \cdot \text{sen} \left( \frac{\alpha}{2} \right)$ (B y C)
	$F_T = n \cdot q \cdot d \cdot \frac{a_1 + a_2}{2} \cdot \cos \left( \frac{\alpha}{2} \right) \quad , \quad R_{an} = 2 \cdot T_v \cdot \text{sen} \left( \frac{\alpha}{2} \right) \quad , \quad R_{anhieo} = 2 \cdot T_h \cdot \text{sen} \left( \frac{\alpha}{2} \right)$				
L	0	0	$n \cdot (\% des.) \cdot T_v \cdot \cos \left( \frac{\alpha}{2} \right)$ (A) $n \cdot (\% des.) \cdot T_h \cdot \cos \left( \frac{\alpha}{2} \right)$ (B y C)	$n \cdot \% rot \cdot T_v \cdot \cos \left( \frac{\alpha}{2} \right)$ (A) $n \cdot \% rot \cdot T_h \cdot \cos \left( \frac{\alpha}{2} \right)$ (B y C)	
<p>% des. = Coeficiente desequilibrio para apoyos de anclaje; 0,5. % rot. = Coeficiente rotura para apoyos de anclaje en % de la rotura total del haz; 1 para n = 1, 0,50 para n ≥ 3.</p>					
Fin de Línea	V	$P_{cond.} + P_{cad.} + P_{her.}$	$P_{cond.+hielo} + P_{cad.} + P_{her.}$	No se aplica	$P_{cond.} + P_{cad.} + P_{her.}$ (A) $P_{cond.+hielo} + P_{cad.} + P_{her.}$ (B y C)
		$P_{cond.+hielo} = n \cdot p_{ap} \left[ \frac{a_1}{2} + \frac{T_h}{p_{ap}} \left( \frac{d_1}{a_1} \right) \right] p_{ap} = p + h$ $P_{cond.} = n \cdot p \left[ \frac{a_1}{2} + \frac{T_v}{p_{ap}} \left( \frac{d_1}{a_1} \right) \right] p_{ap} = \sqrt{p^2 + q^2}$			
	T	$n \cdot F_T = n \cdot q \cdot d \cdot \frac{a_1}{2}$	0	No se aplica	0
L	$n \cdot T_v$	$n \cdot T_h$	No se aplica	$n \cdot T_v$ (A) $n \cdot T_h$ (B y C)	

V = esfuerzo vertical

T = esfuerzo transversal

L = esfuerzo longitudinal

$P_{cond}$	Peso de los conductores	daN
$P_{cad}$	Peso de las cadenas de aisladores	daN
$P_{her}$	Peso de los herrajes	daN
$p$	Peso propio de un metro de conductor	daN/m
$h$	Sobrecarga de hielo (según zona) por cada metro de conductor	daN/m
$q$	Presión del viento sobre un metro de conductor a la velocidad reglamentaria	daN/m
$p_{ap}$	Peso aparente, resultante del peso propio del conductor más la sobrecarga según hipótesis i zona por metro de conductor	daN/m
$a_1$	Vano anterior	m
$a_2$	Vano posterior	daN · m
$d_1$	Desnivel vano anterior	m
$d_2$	Desnivel vano posterior	m
$n$	Nº de conductores	
$d$	Diámetro del conductor	m
$\alpha$	Ángulo de desviación de la línea	Grados
$T_v$	Tensión horizontal máxima en un conductor a la temperatura según zona con viento reglamentario	daN
$T_h$	Tensión horizontal máxima en un conductor con sobrecarga de hielo i temperatura según zona	daN
$F_T$	Esfuerzo transversal de un conductor debido al viento	daN
$R_{an}$	Esfuerzo resultante en ángulo de un conductor	m

Para todas las hipótesis, también se considerará como carga permanente, el desequilibrio que pueda existir en un apoyo de anclaje, cuando los tenses de un lado y otro del apoyo no tienen la misma magnitud. Este tipo de acción no debe confundirse con la hipótesis de desequilibrio (3ª hipótesis el reglamento) que viene especificada en la ITC-LAT 07, hipótesis que se tiene en cuenta por posibles desequilibrios en operaciones de montaje, pero que una vez finalizadas dejan de existir.

Cabe destacar, que en las tablas siguientes no se ha calculado la 2ª Hipótesis ya que el trazado de la línea se encuentra en zona A y la acción del hielo no aplica.

**Nota: La explicación teórica se ha realizado con unidades de daN (decaNewtons), el programa utilizado para el cálculo de los esfuerzos de los apoyos y de los tendidos trabaja con kilogramo fuerza. Siendo el factor de conversión utilizado:**

$$\text{kgf} = \frac{10 \times [\text{daN}]}{9,8[\text{m/s}]}$$

## CÁLCULO APOYOS

<b>Apoyo nº: 1</b>		<b>Conductor</b>					
<b>Función: Angulo</b>		<b>Tenses LA-56</b>			<b>Datos: LA-56</b>		
<b>Tipo: C-14-2000 H3</b>							
Desnivel 1	2,16 mts	T <sub>-5°+viento</sub>	515	515	kg	Peso:	0,19 kg/m
Desnivel 2	0,41 mts	T <sub>-15° + hielo</sub>	-	-	kg	S <sub>viento</sub>	0,57 kg/m
Vano 1	36,98 mts	T <sub>-20° + hielo</sub>	-	-	kg	S <sub>hielo (B)</sub>	0,55 kg/m
Vano 2	143,7 mts	Nº conductores	3			S <sub>hielo (C)</sub>	1,11 kg/m
Eolovano	90,34 mts					R <sub>viento+peso</sub>	0,601 kg/m
Angulo desvío	139,502	Seg. Reforzada	<b>N</b>				
Sen &/2	0,457472						

### **1ª Hipotesis: Viento**

$$E_v = n \cdot \left( (T_1 + T_2) \cdot \text{sen} \frac{\alpha}{2} \right) + (S_v \cdot e_o \cdot \cos^2 \frac{\alpha}{2}) \cdot n$$

$$E_{\text{viento}} = 1536 \text{ kg} < 2040 \text{ kg}$$

$$C_{\text{seg}} = 1,99 > 1,5$$

### **3ª Hipotesis: Desequilibrio de Tracciones**

$$E_r = 0,5 \cdot n \cdot T_{\text{max}}$$

$$E_{\text{long.}} = 773 \text{ kg} < 2820 \text{ kg}$$

$$C_{\text{seg}} = 4,38 > 1,2$$

### **4ª Hipotesis: Rotura de conductores**

$$E_r = T_{\text{max}}$$

$$E_{\text{rotura}} = 515 \text{ kg} < 1450 \text{ kg}$$

$$C_{\text{seg}} = 3,38 > 1,2$$

### **Esfuerzo vertical**

$$a_p = e_0 + \frac{T_{\text{max}}}{p} \left( \pm \frac{d_1}{a_1} \pm \frac{d_2}{a_2} \right)$$

	Viento	Hielo	
a <sub>p</sub> =	143	90	mts
E <sub>vertical</sub> =	81	17	kg

<b>Apoyo n°:</b>	<b>2</b>	<b>Conductor</b>					
<b>Función:</b>	<b>Angulo</b>	<b>Tenses</b>	<b>LA-56</b>			<b>Datos:</b>	<b>LA-56</b>
<b>Tipo:</b>	<b>C-14-1000 H3</b>						
Desnivel 1	-0,41 mts	T <sub>-5°+viento</sub>	515	515	kg	Peso:	0,19 kg/m
Desnivel 2	-0,47 mts	T <sub>-15° + hielo</sub>	-	-	kg	S <sub>viento</sub>	0,57 kg/m
Vano 1	143,7 mts	T <sub>-20° + hielo</sub>	-	-	kg	S <sub>hielo (B)</sub>	0,55 kg/m
Vano 2	175 mts	Nº conductores	3			S <sub>hielo (C)</sub>	1,11 kg/m
Eolovano	159,35 mts					<b>R<sub>viento+peso</sub></b>	<b>0,601 kg/m</b>
Angulo desvío	200	Seg. Reforzada	<b>N</b>				
Sen &/2	0						

<b>1ª Hipotesis: Viento</b>			
$E_v = n \cdot \left( (T_1 + T_2) \cdot \text{sen} \frac{\alpha}{2} \right) + (S_v \cdot e_o \cdot \cos^2 \frac{\alpha}{2}) \cdot n$	<b>E<sub>viento</sub></b> =	<b>272 kg</b> <	1020 kg
	<b>C<sub>seg</sub></b>	5,61	1,5

<b>3ª Hipotesis: Desequilibrio de Tracciones</b>			
$E_r = 0,5 \cdot n \cdot T_{max}$	<b>E<sub>long.</sub></b> =	<b>773 kg</b> <	1470 kg
	<b>C<sub>seg</sub></b>	2,28	> 1,2

<b>4ª Hipotesis: Rotura de conductores</b>			
$E_r = T_{max}$	<b>E<sub>rotura</sub></b> =	<b>515 kg</b> <	720 kg
	<b>C<sub>seg</sub></b>	1,68	> 1,2

<b>Esfuerzo vertical</b>			
$a_p = e_0 + \frac{T_{max}}{p} \left( \pm \frac{d_1}{a_1} \pm \frac{d_2}{a_2} \right)$	a <sub>p</sub> =	Viento	Hielo
		155	159 mts
	E <sub>vertical</sub> =	88	30 kg

<b>Apoyo n°:</b>	<b>3</b>	<b>Conductor</b>			
<b>Función:</b>	<b>Amarre</b>				
<b>Tipo:</b>	<b>C-16-1000 H3</b>	<b>Tenses</b>	<b>LA-56</b>	<b>Datos:</b>	<b>LA-56</b>
Desnivel 1	-0,47 mts	T <sub>-5°+viento</sub>	515 515	kg	Peso: 0,19 kg/m
Desnivel 2	-2,59 mts	T <sub>-15° + hielo</sub>	- -	kg	S <sub>viento</sub> 0,57 kg/m
Vano 1	175 mts	T <sub>-20° + hielo</sub>	- -	kg	S <sub>hielo (B)</sub> 0,55 kg/m
Vano 2	175 mts	Nº conductores	3		S <sub>hielo (C)</sub> 1,11 kg/m
Eolovano	175 mts				<b>R<sub>viento+peso</sub></b> 0,601 kg/m
Angulo desvío	200	Seg. Reforzada	<b>N</b>		
Sen &/2	0				

<b>1ª Hipotesis: Viento</b>			
$E_v = n \cdot \left( (T_1 + T_2) \cdot \text{sen} \frac{\alpha}{2} \right) + (S_v \cdot e_o \cdot \cos^2 \frac{\alpha}{2}) \cdot n$	<b>E<sub>viento</sub></b> =	<b>299 kg</b> < 1020 kg	
	<b>C<sub>seg</sub></b>	5,11 > 1,5	

<b>3ª Hipotesis: Desequilibrio de Tracciones</b>			
$E_r = 0,5 \cdot n \cdot T_{max}$	<b>E<sub>long.</sub></b> =	<b>773 kg</b> < 1470 kg	
	<b>C<sub>seg</sub></b>	2,28 > 1,2	

<b>4ª Hipotesis: Rotura de conductores</b>			
$E_r = T_{max}$	<b>E<sub>rotura</sub></b> =	<b>515 kg</b> < 720 kg	
	<b>C<sub>seg</sub></b>	1,68 > 1,2	

<b>Esfuerzo vertical</b>			
$a_p = e_0 + \frac{T_{max}}{p} \left( \pm \frac{d_1}{a_1} \pm \frac{d_2}{a_2} \right)$	a <sub>p</sub> =	Viento: 160	Hielo: 175 mts
	<b>E<sub>vertical</sub></b> =	91	33 kg

<b>Apoyo n°:</b>	<b>4</b>	<b>Conductor</b>			
<b>Función:</b>	<b>Amarre</b>				
<b>Tipo:</b>	<b>C-16-1000 H3</b>	<b>Tenses</b>	<b>LA-56</b>	<b>Datos:</b>	<b>LA-56</b>
Desnivel 1	2,59 mts	T <sub>-5°+viento</sub>	515 515	kg	Peso: 0,19 kg/m
Desnivel 2	-0,22 mts	T <sub>-15° + hielo</sub>	- -	kg	S <sub>viento</sub> 0,57 kg/m
Vano 1	175 mts	T <sub>-20° + hielo</sub>	- -	kg	S <sub>hielo (B)</sub> 0,55 kg/m
Vano 2	159,87 mts	Nº conductores	3		S <sub>hielo (C)</sub> 1,11 kg/m
Eolovano	167,435 mts				<b>R<sub>viento+peso</sub></b> 0,601 kg/m
Angulo desvío	200	Seg. Reforzada	<b>N</b>		
Sen &/2	0				

**1ª Hipotesis: Viento**

$$E_v = n \cdot \left( (T_1 + T_2) \cdot \text{sen} \frac{\alpha}{2} \right) + (S_v \cdot e_o \cdot \cos^2 \frac{\alpha}{2}) \cdot n$$

$$E_{\text{viento}} = 286 \text{ kg} < 1020 \text{ kg}$$

$$C_{\text{seg}} = 5,34 > 1,5$$

**3ª Hipotesis: Desequilibrio de Tracciones**

$$E_r = 0,5 \cdot n \cdot T_{\text{max}}$$

$$E_{\text{long.}} = 773 \text{ kg} < 1470 \text{ kg}$$

$$C_{\text{seg}} = 2,28 > 1,2$$

**4ª Hipotesis: Rotura de conductores**

$$E_r = T_{\text{max}}$$

$$E_{\text{rotura}} = 515 \text{ kg} < 720 \text{ kg}$$

$$C_{\text{seg}} = 1,68 > 1,2$$

**Esfuerzo vertical**

$$a_p = e_0 + \frac{T_{\text{max}}}{p} \left( \pm \frac{d_1}{a_1} \pm \frac{d_2}{a_2} \right)$$

	Viento	Hielo	
a <sub>p</sub> =	179	167	mts
E <sub>vertical</sub> =	102	32	kg

<b>Apoyo n°:</b>	<b>5</b>	<b>Conductor</b>			
<b>Función:</b>	<b>Amarre</b>	<b>Tenses</b>	<b>LA-56</b>	<b>Datos:</b>	<b>LA-56</b>
<b>Tipo:</b>	<b>C-14-1000 H3</b>				
Desnivel 1	0,22 mts	T <sub>-5°+viento</sub>	515 515	kg	Peso: 0,19 kg/m
Desnivel 2	2,92 mts	T <sub>-15° + hielo</sub>	- -	kg	S <sub>viento</sub> 0,57 kg/m
Vano 1	159,87 mts	T <sub>-20° + hielo</sub>	- -	kg	S <sub>hielo (B)</sub> 0,55 kg/m
Vano 2	168,71 mts	Nº conductores	3		S <sub>hielo (C)</sub> 1,11 kg/m
Eolovano	164,29 mts				<b>R<sub>viento+peso</sub></b> 0,601 kg/m
Angulo desvío	200	Seg. Reforzada	<b>N</b>		
Sen &/2	0				

**1ª Hipotesis: Viento**

$$E_v = n \cdot \left( (T_1 + T_2) \cdot \text{sen} \frac{\alpha}{2} \right) + (S_v \cdot e_o \cdot \cos^2 \frac{\alpha}{2}) \cdot n$$

$$E_{\text{viento}} = 281 \text{ kg} < 1020 \text{ kg}$$

$$C_{\text{seg}} = 5,45 > 1,5$$

**3ª Hipotesis: Desequilibrio de Tracciones**

$$E_r = 0,5 \cdot n \cdot T_{\text{max}}$$

$$E_{\text{long.}} = 773 \text{ kg} < 1470 \text{ kg}$$

$$C_{\text{seg}} = 2,28 > 1,2$$

**4ª Hipotesis: Rotura de conductores**

$$E_r = T_{\text{max}}$$

$$E_{\text{rotura}} = 515 \text{ kg} < 720 \text{ kg}$$

$$C_{\text{seg}} = 1,68 > 1,2$$

**Esfuerzo vertical**

$$a_p = e_0 + \frac{T_{\text{max}}}{p} \left( \pm \frac{d_1}{a_1} \pm \frac{d_2}{a_2} \right)$$

	Viento	Hielo	
a <sub>p</sub> =	180	164	mts
E <sub>vertical</sub> =	103	31	kg



<b>Apoyo n°:</b>	<b>6</b>	<b>Conductor</b>			
<b>Función:</b>	<b>Amarre</b>	<b>Tenses</b>	<b>LA-56</b>	<b>Datos:</b>	<b>LA-56</b>
<b>Tipo:</b>	<b>C-14-1000 H3</b>				
Desnivel 1	-2,92 mts	T <sub>-5°+viento</sub>	515 515	kg	Peso: 0,19 kg/m
Desnivel 2	4,49 mts	T <sub>-15° + hielo</sub>	- -	kg	S <sub>viento</sub> 0,57 kg/m
Vano 1	168,71 mts	T <sub>-20° + hielo</sub>	- -	kg	S <sub>hielo (B)</sub> 0,55 kg/m
Vano 2	157,17 mts	Nº conductores	3		S <sub>hielo (C)</sub> 1,11 kg/m
Eolovano	162,94 mts				<b>R<sub>viento+peso</sub></b> 0,601 kg/m
Angulo desvío	200	Seg. Reforzada	<b>N</b>		
Sen &/2	0				

**1ª Hipotesis: Viento**

$$E_v = n \cdot \left( (T_1 + T_2) \cdot \text{sen} \frac{\alpha}{2} \right) + (S_v \cdot e_o \cdot \cos^2 \frac{\alpha}{2}) \cdot n$$

$$E_{\text{viento}} = 279 \text{ kg} < 1020 \text{ kg}$$

$$C_{\text{seg}} = 5,49 > 1,5$$

**3ª Hipotesis: Desequilibrio de Tracciones**

$$E_r = 0,5 \cdot n \cdot T_{\text{max}}$$

$$E_{\text{long.}} = 773 \text{ kg} < 1470 \text{ kg}$$

$$C_{\text{seg}} = 2,28 > 1,2$$

**4ª Hipotesis: Rotura de conductores**

$$E_r = T_{\text{max}}$$

$$E_{\text{rotura}} = 515 \text{ kg} < 720 \text{ kg}$$

$$C_{\text{seg}} = 1,68 > 1,2$$

**Esfuerzo vertical**

$$a_p = e_0 + \frac{T_{\text{max}}}{p} \left( \pm \frac{d_1}{a_1} \pm \frac{d_2}{a_2} \right)$$

	Viento	Hielo	
a <sub>p</sub> =	173	163	mts
E <sub>vertical</sub> =	98	31	kg

<b>Apoyo n°:</b>	<b>7</b>	<b>Conductor</b>			
<b>Función:</b>	<b>Amarre</b>	<b>Tenses</b>	<b>LA-56</b>	<b>Datos:</b>	<b>LA-56</b>
<b>Tipo:</b>	<b>C-14-1000 H3</b>				
Desnivel 1	-4,49 mts	T <sub>-5°+viento</sub>	515 515	kg	Peso: 0,19 kg/m
Desnivel 2	5,45 mts	T <sub>-15° + hielo</sub>	- -	kg	S <sub>viento</sub> 0,57 kg/m
Vano 1	157,17 mts	T <sub>-20° + hielo</sub>	- -	kg	S <sub>hielo (B)</sub> 0,55 kg/m
Vano 2	149,63 mts	Nº conductores	3		S <sub>hielo (C)</sub> 1,11 kg/m
Eolovano	153,4 mts				<b>R<sub>viento+peso</sub></b> 0,601 kg/m
Angulo desvío	200	Seg. Reforzada	<b>N</b>		
Sen &/2	0				

<b>1ª Hipotesis: Viento</b>				
$E_v = n \cdot \left( (T_1 + T_2) \cdot \text{sen} \frac{\alpha}{2} \right) + (S_v \cdot e_o \cdot \cos^2 \frac{\alpha}{2}) \cdot n$		<b>E<sub>viento</sub></b> =	<b>262 kg</b> <	1020 kg
		<b>C<sub>seg</sub></b>	5,83	1,5

<b>3ª Hipotesis: Desequilibrio de Tracciones</b>				
$E_r = 0,5 \cdot n \cdot T_{max}$		<b>E<sub>long.</sub></b> =	<b>773 kg</b> <	1470 kg
		<b>C<sub>seg</sub></b>	2,28	> 1,2

<b>4ª Hipotesis: Rotura de conductores</b>				
$E_r = T_{max}$		<b>E<sub>rotura</sub></b> =	<b>515 kg</b> <	720 kg
		<b>C<sub>seg</sub></b>	1,68	> 1,2

<b>Esfuerzo vertical</b>				
$a_p = e_0 + \frac{T_{max}}{p} \left( \pm \frac{d_1}{a_1} \pm \frac{d_2}{a_2} \right)$		a <sub>p</sub> =	Viento 160	Hielo 153 mts
		<b>E<sub>vertical</sub></b> =	91	29 kg

<b>Apoyo n°:</b>	<b>8</b>	<b>Conductor</b>			
<b>Función:</b>	<b>Amarre</b>	<b>Tenses</b>	<b>LA-56</b>	<b>Datos:</b>	<b>LA-56</b>
<b>Tipo:</b>	<b>C-14-1000 H3</b>				
Desnivel 1	-5,45 mts	T <sub>-5°+viento</sub>	515 515	kg	Peso: 0,19 kg/m
Desnivel 2	6,86 mts	T <sub>-15° + hielo</sub>	- -	kg	S <sub>viento</sub> 0,57 kg/m
Vano 1	149,63 mts	T <sub>-20° + hielo</sub>	- -	kg	S <sub>hielo (B)</sub> 0,55 kg/m
Vano 2	149,63 mts	Nº conductores	3		S <sub>hielo (C)</sub> 1,11 kg/m
Eolovano	149,63 mts				<b>R<sub>viento+peso</sub></b> 0,601 kg/m
Angulo desvío	200	Seg. Reforzada	<b>N</b>		
Sen &/2	0				

<b>1ª Hipotesis: Viento</b>				
$E_v = n \cdot \left( (T_1 + T_2) \cdot \text{sen} \frac{\alpha}{2} \right) + (S_v \cdot e_o \cdot \cos^2 \frac{\alpha}{2}) \cdot n$		<b>E<sub>viento</sub></b> =	<b>256 kg</b> <	1020 kg
		<b>C<sub>seg</sub></b>	5,98	1,5

<b>3ª Hipotesis: Desequilibrio de Tracciones</b>				
$E_r = 0,5 \cdot n \cdot T_{max}$		<b>E<sub>long.</sub></b> =	<b>773 kg</b> <	1470 kg
		<b>C<sub>seg</sub></b>	2,28	> 1,2

<b>4ª Hipotesis: Rotura de conductores</b>				
$E_r = T_{max}$		<b>E<sub>rotura</sub></b> =	<b>515 kg</b> <	720 kg
		<b>C<sub>seg</sub></b>	1,68	> 1,2

<b>Esfuerzo vertical</b>				
$a_p = e_0 + \frac{T_{max}}{p} \left( \pm \frac{d_1}{a_1} \pm \frac{d_2}{a_2} \right)$		a <sub>p</sub> =	Viento 158	Hielo 150 mts
		E <sub>vertical</sub> =	90	28 kg

<b>Apoyo nº:</b>	<b>9</b>	<b>Conductor</b>			
<b>Función:</b>	<b>Principio de Línea</b>	<b>Tenses</b>	<b>LA-56</b>	<b>Datos:</b>	<b>LA-56</b>
<b>Tipo:</b>	<b>C-14-2000 H3</b>	<b>T<sub>-5°+viento</sub></b>	515	kg	<b>Peso:</b> 0,19 kg/m
Desnivel 1	-6,86 mts	<b>T<sub>-15° + hielo</sub></b>	-	kg	<b>S<sub>viento</sub></b> 0,57 kg/m
Vano 1	149,63 mts	<b>T<sub>-20° + hielo</sub></b>	-	kg	<b>S<sub>hielo (B)</sub></b> 0,55 kg/m
Eolovano	74,815 mts	<b>Nº conductores</b>	3		<b>S<sub>hielo (C)</sub></b> 1,11 kg/m
		<b>Seg. Reforzada</b>	<b>N</b>		<b>R<sub>viento+peso</sub></b> 0,601

**1ª Hipotesis: Viento**

$$E_v = n \cdot (T_{viento}) + (P_v \cdot e_0) \cdot n$$

$$E_{viento} = 1588 \text{ kg} < 2040 \text{ kg}$$

$$C_{seg} = 1,93 < 1,5$$

**4ª Hipotesis: Rotura de conductores**

$$E_r = T_{max}$$

$$E_{rotura} = 515 \text{ kg} < 1450 \text{ kg}$$

$$C_{seg} = 3,38 > 1,2$$

**Esfuerzo vertical**

$$a_p = e_0 + \frac{T_{max}}{p} \left( \pm \frac{d_1}{a_1} \pm \frac{d_2}{a_2} \right)$$

$$a_p = \begin{matrix} \text{Viento} & \text{Hielo} \\ 36 & 75 \end{matrix} \text{ mts}$$

$$E_{vertical} = \begin{matrix} 7 & 55 \end{matrix} \text{ kg}$$

## 2.3 Aislamiento y herrajes

### 2.3.1 Aisladores

Según establece la ITC07 del R.L.A.T., apartado 3.4, el coeficiente de seguridad mecánico de los aisladores no será inferior a 3.

$$C.S = \text{Carga rotura aislador} / T_{\text{máx}} \geq 3$$

Existen diferentes cadenas de aisladores que se usaran dependiendo de los conductores de la línea que proyectemos. En el caso presente, los aisladores seleccionados son los U70BS, ya que cumplen perfectamente con los requisitos de tracción y de carga de rotura necesarios.

Tabla 9. Conductores admisibles según cadena de aisladores

<i>Aislador</i>	<i>Carga de rotura (daN)</i>	<i>Tracción máxima admisible (daN)</i>	<i>Conductores admisibles</i>	<i>Tensión nominal / Tensión más elevada</i>	<i>Nivel contaminación</i>
U40BS	4.000	1.333	LA 56, LA 110, LARL 56, LARL 78, LARL 125E, C35, C50E, C70,	--	Normal
<b>U70BS</b>	7.000	2.333	<b>LA 56</b> , LA 110, LA 180, LARL 56, LARL 78, LARL 125E, LARL 145E, LARL 180, D-145, C35, C50E, C70, C95.	--	Normal
CS 70 EB 125/600-455	7.000	2.333	LA 56, LA 110, LA 180, LARL 56, LARL 78, LARL 125E, LARL 145E, LARL 180, D-145, C35, C50E, C70, C95.	20/24	Alto
CS 100 EB 125/835-455	10.000	3.333	LA 56, LA 110, LA 180, LARL 56, LARL 78, LARL 125E, LARL 145E, LARL 180, D-145, C35, C50E, C70, C95.	20/24	Muy alto

También se comprueba que la cadena de aisladores seleccionada cumple los niveles de aislamiento para tensiones soportadas (tablas 12 y 13 del apartado 4.4 de la ITC07 del R.L.A.T.).

### **2.3.2 Herrajes**

Según establece el apartado 3.3 de la ITC-LAT-07, los herrajes sometidos a tensión mecánica por los conductores, o por los aisladores, deberán tener un coeficiente de seguridad mecánica no inferior a 3 respecto a su carga mínima de rotura. Cuando la carga mínima de rotura se comprase sistemáticamente mediante ensayos, el coeficiente de seguridad podrá reducirse a 2,5.

Las grapas de amarre del conductor deben soportar una tensión mecánica en el amarre igual o superior al 95% de la carga de rotura del mismo, sin que se produzca su deslizamiento.

Las características de los herrajes utilizados para las cadenas cumplirán la norma AND009 "Herrajes y accesorias para conductores desnudos en líneas aéreas AT hasta 36 kV".

Los herrajes seleccionados, H3 de IMEDEXSA cumplen con las especificaciones citadas anteriormente.

## 2.4 Cálculo de las cimentaciones

Las cimentaciones de las torres metálicas de celosía constituidas por monobloques de hormigón se calculan al vuelco según el método suizo de Sulzberger.

El momento de vuelco será:

$$M_v = F \left( h + \frac{2}{3} t \right) + F_v \left( \frac{h_t}{2} + \frac{2}{3} t \right)$$

Y el momento resistente al vuelco:

$$M_r = M_1 + M_2$$

Donde:

$$M_1 = 139 \cdot K \cdot a \cdot t^4$$

Momento debido al empotramiento lateral del terreno.

$$M_2 = 880 \cdot a^3 \cdot t + 0.4 \cdot p \cdot a$$

Momento debido a las cargas verticales

Siendo:

**K** Coeficiente de compresibilidad del terreno a 2 m de profundidad (kg/cm<sup>2</sup>x cm)

**F** Esfuerzo nominal del apoyo en kg.

**H** Altura de aplicación del esfuerzo nominal en m.

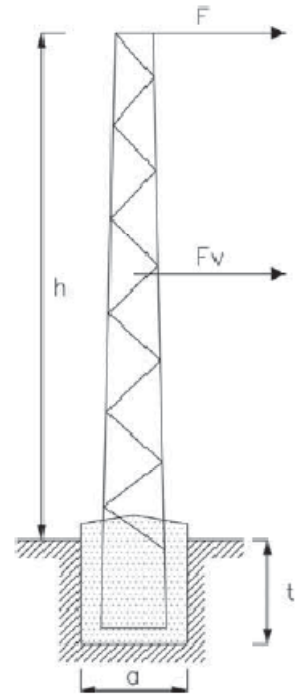
**F<sub>v</sub>** Esfuerzo de viento sobre la estructura en kg.

**h<sub>t</sub>** Altura total del apoyo en m.

**a** Anchura de la cimentación en m.

**t** Profundidad de la cimentación en m.

**p** Peso del apoyo y herrajes en kg.



Estas cimentaciones deben su estabilidad fundamentalmente a las reacciones horizontales del terreno, por lo que teniendo en cuenta el punto 3.6.1. de la ITC-LAT 07, debe cumplirse que:

$$M_1 + M_2 \geq M_v$$

El coeficiente de seguridad resultante entre el momento estabilizador y el momento de vuelco no será inferior a 1,5 en las hipótesis normales (1H y 2H) ni inferior a 1,2 en las demás hipótesis (3H y 4H), excepto en aquellos casos en que se ha prescindido de la 4H por lo que el coeficiente de seguridad para los apoyos en alineación y ángulo en la hipótesis 3H no será inferior a 1,5.

En los correspondientes planos se indican las dimensiones y volúmenes aproximados de excavación de los apoyos, calculadas para 3 tipos de terreno diferentes con coeficientes de compresibilidad de 8, 12 y 16 kg/cm<sup>2</sup>xcm. En la siguiente tabla, proporcionada por el fabricante de los apoyos (IMEDEXSA) se recogen las dimensiones mínimas que tiene que tener las cimentaciones de los apoyos según la altura que tengan estos, el tipo de esfuerzo que aguanten y el coeficiente de compresibilidad.

Tabla 10. Dimensiones de las cimentaciones según catalogo IMEDEXSA.

		K = 8						K = 12						K = 16								
		500	1.000	2.000	3.000	4.500	7.000	9.000	500	1.000	2.000	3.000	4.500	7.000	9.000	500	1.000	2.000	3.000	4.500	7.000	9.000
10	a	0,86	0,85	0,90	0,91	0,92	...	...	0,86	0,85	0,90	0,91	0,92	...	...	0,86	0,85	0,90	0,91	0,92	...	...
	h	1,55	1,80	2,11	2,32	2,54	...	...	1,40	1,63	1,91	2,10	2,30	...	...	1,31	1,52	1,78	1,96	2,14	...	...
	V	1,15	1,30	1,71	1,92	2,15	...	...	1,04	1,18	1,55	1,74	1,95	...	...	0,97	1,10	1,44	1,62	1,81	...	...
12	a	0,93	0,92	0,97	0,98	0,99	1,36	1,36	0,93	0,92	0,97	0,98	0,99	1,36	1,36	0,93	0,92	0,97	0,98	0,99	1,36	1,36
	h	1,60	1,86	2,16	2,39	2,62	2,84	2,84	1,45	1,69	1,96	2,16	2,37	2,42	2,58	1,35	1,57	1,83	2,02	2,21	2,27	2,40
	V	1,38	1,57	2,03	2,30	2,57	5,25	5,25	1,25	1,43	1,84	2,07	2,32	4,48	4,77	1,17	1,33	1,72	1,94	2,17	4,20	4,44
14	a	1,01	1,01	1,05	1,06	1,09	1,55	1,58	1,01	1,01	1,05	1,06	1,09	1,55	1,58	1,01	1,01	1,05	1,06	1,09	1,55	1,58
	h	1,64	1,90	2,22	2,43	2,67	2,68	2,84	1,49	1,72	2,01	2,20	2,41	2,43	2,58	1,39	1,61	1,88	2,05	2,25	2,31	2,40
	V	1,67	1,94	2,45	2,73	3,17	6,44	7,09	1,52	1,75	2,22	2,47	2,86	5,84	6,44	1,42	1,64	2,07	2,30	2,67	5,55	5,99
16	a	1,08	1,07	1,13	1,16	1,16	1,76	1,77	1,08	1,07	1,13	1,16	1,16	1,76	1,77	1,08	1,07	1,13	1,16	1,16	1,76	1,77
	h	1,68	1,95	2,26	2,47	2,72	2,68	2,85	1,53	1,76	2,05	2,24	2,47	2,43	2,58	1,42	1,72	1,91	2,08	2,35	2,31	2,41
	V	1,96	2,23	2,89	3,32	3,66	8,30	8,93	1,78	2,02	2,62	3,01	3,32	7,53	8,08	1,66	1,97	2,44	2,80	3,16	7,16	7,55
18	a	1,16	1,15	1,22	1,23	1,28	1,95	1,97	1,16	1,15	1,22	1,23	1,28	1,95	1,97	1,16	1,15	1,22	1,23	1,28	1,95	1,97
	h	1,71	1,98	2,29	2,51	2,74	2,68	2,85	1,55	1,79	2,08	2,27	2,48	2,43	2,59	1,45	1,72	1,94	2,12	2,40	2,31	2,41
	V	2,30	2,62	3,41	3,80	4,49	10,19	11,06	2,09	2,37	3,10	3,43	4,06	9,24	10,05	1,95	2,27	2,89	3,21	3,93	8,78	9,35
20	a	1,22	1,22	1,31	1,33	1,38	2,13	2,16	1,22	1,22	1,31	1,33	1,38	2,13	2,16	1,22	1,22	1,31	1,33	1,38	2,13	2,16
	h	1,74	2,01	2,32	2,53	2,76	2,68	2,85	1,58	1,82	2,10	2,29	2,50	2,43	2,59	1,50	1,72	1,96	2,20	2,40	2,31	2,41
	V	2,59	2,99	3,98	4,48	5,26	12,16	13,30	2,35	2,71	3,60	4,05	4,76	11,02	12,08	2,23	2,56	3,36	3,89	4,57	10,48	11,24
22	a	1,31	1,31	1,38	1,40	1,47	2,30	2,34	1,31	1,31	1,38	1,40	1,47	2,30	2,34	1,31	1,31	1,38	1,40	1,47	2,30	2,34
	h	1,77	2,03	2,35	2,56	2,79	2,68	2,85	1,60	1,84	2,13	2,32	2,53	2,43	2,59	1,53	1,72	1,98	2,20	2,40	2,31	2,41
	V	3,04	3,48	4,48	5,02	6,03	14,18	15,61	2,75	3,16	4,06	4,55	5,47	12,85	14,18	2,63	2,95	3,77	4,31	5,19	12,22	13,20
24	a	1,39	1,39	1,45	1,47	1,53	2,47	2,52	1,39	1,39	1,45	1,47	1,53	2,47	2,52	1,39	1,39	1,45	1,47	1,53	2,47	2,52
	h	1,79	2,05	2,38	2,60	2,83	2,68	2,85	1,62	1,86	2,15	2,35	2,56	2,44	2,59	1,53	1,73	2,01	2,20	2,40	2,35	2,41
	V	3,46	3,96	5,00	5,62	6,62	16,35	18,10	3,13	3,59	4,52	5,08	5,99	14,89	16,45	2,96	3,34	4,23	4,75	5,62	14,34	15,30
26	a	1,45	1,47	1,55	1,57	1,66	2,64	2,70	1,45	1,47	1,55	1,57	1,66	2,64	2,70	1,45	1,47	1,55	1,57	1,66	2,64	2,70
	h	1,81	2,07	2,39	2,61	2,83	2,68	2,85	1,65	1,88	2,16	2,36	2,56	2,45	2,59	1,54	1,75	2,02	2,20	2,40	2,41	2,49
	V	3,81	4,47	5,74	6,43	7,80	18,68	20,78	3,47	4,06	5,19	5,82	7,05	17,08	18,88	3,24	3,78	4,85	5,42	6,61	16,80	18,15
28	a	1,53	1,54	1,61	1,66	1,72	2,79	2,88	1,53	1,54	1,61	1,66	1,72	2,79	2,88	1,53	1,54	1,61	1,66	1,72	2,79	2,88
	h	1,84	2,09	2,41	2,62	2,86	2,68	2,85	1,67	1,89	2,19	2,38	2,59	2,45	2,59	1,56	1,77	2,04	2,22	2,42	2,45	2,49
	V	4,31	4,96	6,25	7,22	8,46	20,86	23,64	3,91	4,48	5,68	6,56	7,66	19,07	21,48	3,65	4,20	5,29	6,12	7,16	19,07	20,65
30	a	1,60	1,62	1,71	1,74	1,84	3,00	3,10	1,60	1,62	1,71	1,74	1,84	3,00	3,10	1,60	1,62	1,71	1,74	1,84	3,00	3,10
	h	1,85	2,11	2,42	2,64	2,86	2,71	2,85	1,68	1,91	2,19	2,39	2,59	2,55	2,59	1,61	1,79	2,04	2,28	2,42	2,55	2,49
	V	4,74	5,54	7,08	7,99	9,68	24,39	27,39	4,30	5,01	6,40	7,24	8,77	22,95	24,98	4,12	4,70	5,97	6,90	8,19	22,95	23,93



### 3 CALCULOS ELÉCTRICOS DE LOS PUENTES DE M.T. Y B.T. DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN

#### 3.1 Introducción

En este apartado se pretende justificar que las secciones propuestas para los puentes tanto de alta como de baja tensión indicadas en la memoria resultan adecuadas, para lo cual se deberá cumplir, que la intensidad que circule por los mismos sea inferior a la intensidad térmica admisible del conductor.

#### 3.2 Intensidad en M.T.

La intensidad del primario en un transformador trifásico viene dada por la expresión:

$$I_p = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U_p}$$

siendo:

P Potencia del transformador en kVA.

$U_p$  Tensión del primario en kV.

$I_p$  Intensidad del primario en A.

En la siguiente tabla se dan los valores calculados para los casos más habituales de potencia del transformador y tensión del primario.

Tabla 11. Intensidad primario

Potencia del transformador (kVA)	Tensión nominal primario (kV)						
	10	11	13,2	15	17	20	25
160	9,24	8,40	7,00	6,16	5,43	4,62	3,70
250	14,43	13,12	10,93	9,62	8,49	7,22	5,77
<b>400</b>	23,09	20,99	17,50	<b>15,40</b>	13,58	11,55	9,24
630	36,37	33,07	27,56	24,25	21,40	18,19	14,55
1000	57,74	52,49	43,74	38,49	33,96	28,87	23,09

$$I_d = 15,40 \text{ A}$$

#### 3.3 Dimensionado de las conexiones M.T.

Los conductores serán circulares compactos de aluminio, de clase 2 según la norma UNE-EN 60228, y estarán formados por varios alambres de aluminio cableados. En este caso, la sección normalizada y seleccionada es de 95mm<sup>2</sup> de sección mínima del conductor.

La intensidad máxima admisible serán las recogidas en la siguiente tabla. Se han tomado de la ITC-LAT 06 Tablas 6 y 13, para la temperatura máxima admisible de los conductores y condiciones del tipo de instalación allí establecidas.

Tabla 12. Intensidad máxima admisible

Sección nominal de los conductores mm <sup>2</sup>	Instalación al aire	Instalación directamente enterrada
	Cable aislado con XLPE	Cable aislado con XLPE
95	255	205
Temperatura máxima en el conductor: 90° C	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Temperatura del aire: 40° C</li> <li>- Una terna de cables unipolares en contacto mutuo.</li> <li>- Disposición que permita una eficaz renovación del aire.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Temperatura del terreno: 25° C</li> <li>- 3 cables unipolares en tresbolillo</li> <li>- Profundidad de instalación: 1 m</li> <li>- Resistividad térmica del terreno: 1,5 K·m/W</li> <li>- Temperatura aire ambiente: 40°C</li> </ul>

La intensidad máxima en régimen permanente que circulará por estos cables no será superior a 15,40 A según los cálculos que figuran anteriormente, siendo dichos valores muy inferiores a la intensidad máxima admisible por el cable seleccionado (205 A), en consecuencia, no se tendrá en cuenta el calentamiento en condiciones normales de funcionamiento.

### 3.4 Intensidad en B.T.

La intensidad máxima (nominal) que circula por los puentes de BT se puede calcular mediante la fórmula:

$$I_n = \frac{P_n}{\sqrt{3} \cdot U}$$

siendo:

- $I_n$  Intensidad nominal de los puentes de BT (A).
- $P_n$  Potencia nominal del transformador (kVA).
- $U$  Tensión del devanado de BT (kV).

En la siguiente tabla se dan los valores calculados para los casos más habituales de potencia del transformador y tensión del secundario.

Tabla 13. Intensidad secundario

Tensión nominal del secundario (kV)	Potencia del transformador (kVA)	Intensidad nominal del secundario (A)
230	160	301
	250	471
	400	753
	630	1186
	1000	2510
400	160	231
	250	361
	<b>400</b>	<b>578</b>
	630	910
	1000	1443

### 3.5 Dimensionado de las conexiones B.T.

Aplicando la fórmula anterior y teniendo en cuenta que el puente está constituido por dos cables unipolares por fase, se obtiene la intensidad máxima por cada conductor:

$$I_n = \frac{400}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 0,4} = 289 \text{ A}$$

Según la Tabla 11 de la ITC-BT-07 para conductores de 240 mm<sup>2</sup> de aluminio con aislamiento XLPE, la intensidad máxima admisible (I<sub>máx</sub>) es de 420 A.

La intensidad admisible (I<sub>adm</sub>) se calculará a partir de la máxima admisible aplicándole los siguientes factores correctores debidos a las condiciones particulares de instalación (instalación al aire, apartado 3.1.4 de la ITC-BT-07):

- Temperatura del aire circundante superior a 40°C. Consideraremos una temperatura de 50° C, para la que el factor de corrección a aplicar resulta ser  $f_1 = 0,90$
- Agrupación de cables. Para dos ternas horizontales en contacto sobre dos bandejas el factor de corrección es  $f_2 = 1$

Así pues, la intensidad admisible de cada conductor del puente será:

$$I_{adm} = I_{máx} \cdot f_1 \cdot f_2 = 420 \cdot 0,9 \cdot 1 = 378 \text{ A}$$

Se cumple que la intensidad admisible es superior a la máxima o nominal, por lo que se concluye que el puente está adecuadamente dimensionado.

Los resultados obtenidos concuerdan con la normativa generada por Endesa Distribución Energía en cuanto a dimensionado de los puentes de B.T. que exige que se instalen los conductores recogidos en la siguiente tabla de acuerdo a la potencia del trafo y de la tensión de baja tensión.

Tabla 14. Intensidad secundario

Potencia del trafo (kVA)	Tensión del secundario	
	B 2	B 1
	Composición del puente	Composición del puente
1000	3 x 5 x 240	3 x 9 x 240
630	3 x 3 x 240	3 x 4 x 240
400	<b>3 x 2 x 240</b>	3 x 3 x 240
250	3 x 1 x 240	3 x 2 x 240
160	3 x 1 x 150	3 x 1 x 240
≤ 100	3 x 1 x 150	3 x 1 x 150

## 4 CÁLCULOS DE PUESTA A TIERRA

### 4.1 Datos iniciales

Los datos necesarios para realizar el cálculo serán:

- U Tensión de servicio de la red MT, 15.000 V.
- $U_{bt}$  Nivel de aislamiento de las instalaciones de BT, 8.000 V.
- P Resistividad del terreno, 250  $\Omega \cdot m$ .

#### Duración de la falta:

Se conoce la existencia de un relé que actúa a tiempo independiente igual o menor a 1 segundo.

#### Datos de la red:

- $C_a$  Capacidad homopolar de la línea aérea (F/km). Adoptando  $C_a=0,006 \mu F/km$  por indicación de ITC-RAT 13
- $L_a$  Longitud total de las líneas aéreas de media tensión subsidiarias de la Subestación Eléctrica Transformadora (SET) de Belchite 133,607 km.
- $C_c$  Capacidad homopolar de la línea subterránea (F/km). Normalmente se adopta  $C_c=0,25 \mu F/km$ .
- $L_c$  Longitud total de las líneas subterráneas de media tensión subsidiarias de SET "BELCHITE" 3,26 km.
- $\omega$  Pulsación de la corriente ( $\omega = 2 \cdot \pi \cdot f = 2 \cdot \pi \cdot 50 = 314,16 \text{ rad/s}$ ).
- $R_n$  Resistencia de la puesta tierra del neutro de la red ( $\Omega$ ).
- $X_n$  Reactancia de la puesta tierra del neutro de la red ( $\Omega$ ).

A continuación, se detallan los pasos a seguir para el cálculo y diseño de la instalación de tierra.

#### 4.1.1 Investigación de las características del terreno: Resistividad

Para instalaciones de tercera categoría y de intensidad de cortocircuito a tierra menor o igual a 1'5 kA, el apartado 4.1 de la ITC-RAT 13 admite la posibilidad de estimar la resistividad del terreno o medirla.

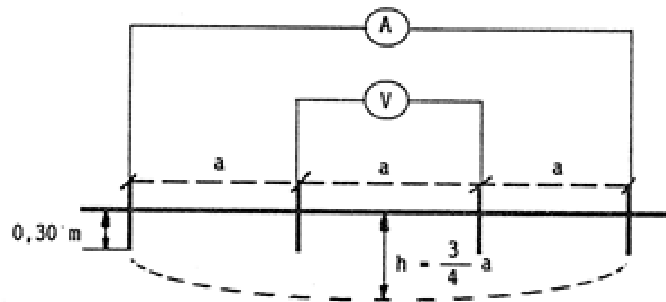
Para la estimación de la resistividad del terreno es de utilidad la tabla siguiente, en la que se dan valores orientativos de la misma en función de la naturaleza del suelo:

Tabla 15. Resistividad del terreno

Naturaleza del terreno	Resistividad ( $\Omega \cdot m$ )
Terrenos pantanosos	De algunas unidades a 30
Limo	20 a 100
Humus	10 a 150
Turba húmeda	5 a 100

Arcilla plástica	50
Margas y arcillas compactas	100 a 200
Margas del jurásico	30 a 40
Arena arcillosa	50 a 500
Arena silíceas	200 a 3000
Suelo pedregoso cubierto de césped	300 a 500
Suelo pedregoso desnudo	1500 a 3000
Calizas blandas	100 a 300
Calizas compactas	1000 a 5000
Calizas agrietadas	500 a 1000
Pizarras	50 a 300
Rocas de mica y cuarzo	800
Granitos y gres procedentes de alteración	1500 a 10000
Granitos y gres muy alterados	100 a 600
Hormigón	2000 a 3000
Balasto o grava	3000 a 5000

En el caso de que se requiera realizar la medición de la resistividad del terreno, se recomienda utilizar el método de Wenner. Se clavarán en el terreno cuatro picas alineadas a distancias (a) iguales entre sí y simétricas con respecto al punto en el que se desea medir la resistividad (ver figura siguiente). La profundidad de estas picas no es necesario que sea mayor de unos 30 cm.



Dada la profundidad máxima a la que se instalará el electrodo de puesta a tierra del CT ( $h$ ), calcularemos la interdistancia entre picas para realizar la medición mediante la siguiente expresión:

$$a = \frac{4}{3} \cdot h$$

Con el aparato de medida se inyecta una diferencia de potencial ( $V$ ) entre las dos picas centrales y se mide la intensidad ( $I$ ) que circula por un cable conductor que une las dos picas extremas. La resistividad media del terreno entre la superficie y la profundidad  $h$  viene dada por:

$$\rho_h = \frac{2 \cdot \pi \cdot a \cdot U}{I}$$

Si denominamos  $r$  a la lectura del aparato:

$$r = \frac{U}{I}$$

la resistividad quedará:

$$\rho_h = 2 \cdot \pi \cdot a \cdot r$$

siendo:

$\rho_h$	Resistividad media del terreno entre la superficie y la profundidad h ( $\Omega \cdot m$ ).
r	Lectura del equipo de medida ( $\Omega$ ).
a	Interdistancia entre picas en la medida (m).

## 4.2 Proceso de cálculo

Se ha decidido seguir el proceso de cálculo y justificación del sistema de puesta a tierra recogido en el método UNESA.

### 4.2.1 Resistencia máxima de la puesta a tierra e intensidad de defecto

Se halla la Intensidad máxima de defecto de la red a estudiar.

$$I_d = \frac{\sqrt{3} \times U (\omega C_a L_a + \omega C_c L_c)}{\sqrt{1 + (\omega C_a L_a + \omega C_c L_c)^2}} = 13,06 A$$

Siendo todos datos conocidos y nombrados anteriormente

La resistencia máxima de puesta a tierra ( $R_t$ ) vendrá dada por la ecuación  $I_d \times R_t = U_{bt}$  dando como resultado que  $R_t = 612,39 \Omega$

### 4.2.2 Selección del electrodo tipo

Con los anteriores datos, obtendremos el "valor unitario" máximo de la resistencia de puesta a tierra del electrodo

$$K_R \leq \frac{R_t}{\rho} = \frac{612,39}{250} = 2,45$$

$K_R = 2,45$  será el valor máximo del electrodo que seleccionemos tanto para la puesta a tierra de los apoyos, como para la puesta a tierra de protección y de servicio del Centro de Transformación.

La resistencia de tierra del electrodo, que depende de su forma, dimensiones y de la resistividad del suelo, se puede calcular de acuerdo a las fórmulas contenidas en la siguiente tabla, o mediante el método seguido hasta ahora.

Tabla 16. Resistencia electrodos habituales

Tipo de electrodo	Resistencia en ohmios
Pica vertical	$R = \frac{\rho}{L}$
Conductor enterrado horizontalmente	$R = \frac{2\rho}{L}$
Malla de tierra	$R = \frac{\rho}{4r} + \frac{\rho}{L}$

Siendo:

- R Resistencia de tierra del electrodo en  $\Omega$
- $\rho$  Resistividad del terreno de  $\Omega.m$ .
- L Longitud en metros de la pica o del conductor, y en malla la longitud total de los conductores enterrados.
- r radio en metros de un círculo de la misma superficie que el área cubierta por la malla.

Una buena opción es seleccionar electrodos de entre las configuraciones tipo de las tablas del *Anexo 2 del Método de cálculo y proyecto de instalaciones de puesta a tierra para centros de transformación de UNESA*. Las distintas configuraciones posibles vienen identificadas por un código que contiene la siguiente información:

Electrodos con picas en anillo

A-B / C / DE

- A Dimensión del lado mayor del electrodo (dm).
- B Dimensión del lado menor del electrodo (dm).
- C Profundidad a la que está enterrado el electrodo, es decir, la cabeza de las picas (dm).
- D Número de picas.
- E Longitud de las picas (m).

Electrodos con picas alineadas

A / BC

- A Profundidad a la que está enterrado el electrodo, es decir, la cabeza de las picas (dm).
- B Número de picas.



C Longitud de las picas (m).

Se seleccionará un electrodo con picas en anillo para la puesta a tierra de protección del Centro de transformación, así como la puesta a tierra de los apoyos frecuentados. Por el contrario, se selecciona un electrodo con picas alineadas para la puesta a tierra de servicio del C.T. mientras la puesta a tierra de los apoyos no frecuentados se realizará con una sola pica.

#### 4.3 Puesta a tierra de la tierra de protección del C.T.

El electrodo seleccionado será de unas dimensiones mínimas como la superficie del Centro de Transformación prefabricado a instalar, seleccionando el electrodo 70-30/5/42, con las siguientes constantes asociadas:

$K_r$	0,081; Valor unitario de la resistencia de puesta a tierra ( $\Omega/\Omega \cdot m$ )
$K_p$	0,0178; Valor unitario que representa la máxima tensión de paso unitaria en la instalación ( $V/\Omega \cdot m \cdot A$ )
$K_c$	0,0391; Valor unitario que representa la máxima tensión de contacto unitaria en la instalación ( $V/\Omega \cdot m \cdot A$ )

##### 4.3.1 Cálculo de la resistencia de puesta a tierra, intensidad de defecto y tensiones de paso y contacto para el electrodo seleccionado.

A continuación se calculan los valores de la resistencia de puesta a tierra ( $R_t'$ ), intensidad de defecto ( $I_d'$ ) y tensión de defecto ( $V_d'$ ) del electrodo seleccionado mediante las siguientes expresiones recogidas en el método UNESA:

Resistencia de puesta a tierra del electrodo seleccionado:

$$R_t' = K_r \cdot \rho$$

$$R_t = 0,081 \cdot 250 = 20,25 \Omega$$

Intensidad de defecto a tierra:

$$I_d' = \frac{\sqrt{3} \cdot U \cdot \omega \cdot (C_a \cdot L_a + C_c \cdot L_c)}{\sqrt{1 + [\omega \cdot (C_a \cdot L_a + C_c \cdot L_c)]^2 \cdot (3 \cdot R_t')^2}} = 13,18 A$$

Tensión de defecto:

$$U_d' = R_t' \cdot I_d' = 267,07 V$$

En general, la tensión de paso en el exterior ( $U_p'$ ) y la tensión de contacto ( $U_c'$ ) se calculan mediante las siguientes fórmulas:

Tensión de paso máxima:

$$U'_p = K_p \cdot \rho \cdot I'_d = 58,65V$$

Tensión de contacto máxima:

$$U'_c = K_c \cdot \rho \cdot I'_d = 128,92V$$

Además, al existir un malazo equipotencial en la solera del CT conectado al electrodo de puesta a tierra, la tensión de paso de acceso será equivalente al valor de la tensión de contacto en el exterior, por lo tanto:

Debido a la existencia del mallazo equipotencial, no se considera necesario calcular las tensiones de paso y contacto en el interior del CT, que serán prácticamente nulas.

La tensión de contacto en el exterior también se considera nula puesto que las partes metálicas accesibles no están conectadas a la red de tierra de protección y a la construcción de acera perimetral de 1 metro de hormigón alrededor del CT.

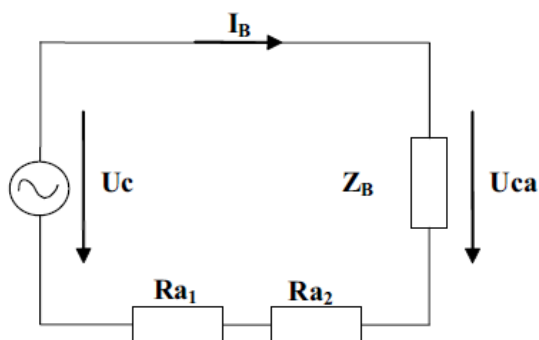
#### **4.3.2 Valores máximos de tensión admisibles**

De acuerdo a lo establecido en la ITC-RAT-13, la tensión máxima admisible por el cuerpo humano depende de la duración de la corriente de falta (la que se supone inferior o igual a 1s) según se refleja en la siguiente tabla:

Tabla 17. Tensión de contacto aplicada admisible, Tabla 18 ITC-LAT 07

Duración de la falta $t_f$ (s)	Tensión de contacto aplicada admisible $U_{ca}$ (V)
0,05	735
0,1	633
0,2	528
0,3	420
0,4	310
0,5	204
1	107
2	90
5	81
10	80
>10	50

A partir de estos valores admisibles de tensión aplicada, se pueden determinar las máximas tensiones de contacto o paso admisibles en la instalación,  $U_c$  y  $U_p$ , considerando todas las resistencias que intervienen entre el punto en tensión y el terreno:



Donde:

- $U_{ca}$  Tensión de contacto aplicada admisible; 107 V
- $U_{pa}$  Tensión de paso aplicada admisible ( $U_{pa}=10 \cdot U_{ca}$  según ICT-RAT-13)
- $Z_B$  Impedancia del cuerpo humano (se considera 1.000  $\Omega$ )
- $I_B$  Corriente a través del cuerpo
- $U_c$  Tensión de contacto máxima admisible en la instalación
- $U_p$  Tensión de paso máxima admisible en la instalación
- $R_{a1}$  Resistencia adicionales (calzado) 2.000 $\Omega$
- $R_{a2}$  Resistencias adicionales (contacto con el suelo)

A partir de estos valores admisibles de tensión aplicada, se pueden determinar las máximas tensiones de contacto o paso admisibles en la instalación,  $U_c$  y  $U_p$ , considerando todas las resistencias que intervienen entre el punto en tensión y el terreno:

$$U_c = U_{ca} \cdot \left[ 1 + \frac{R_{a1} + R_{a2}}{2Z_B} \right] = U_{ca} \cdot \left[ 1 + \frac{R_{a1} + 1,5 \cdot \rho_s}{1000} \right] = 254,125V$$

$$U_p = U_{pa} \cdot \left[ 1 + \frac{2R_{a1} + 2R_{a2}}{Z_B} \right] = 10U_{ca} \cdot \left[ 1 + \frac{2R_{a1} + 6\rho_s}{1000} \right] = 4.815V$$

Que responde al siguiente planteamiento:

- Se supone que la resistencia del cuerpo humano es de 1.000  $\Omega$
- Se asimila cada pie a un electrodo en forma de placa de 200 mm<sup>2</sup> de superficie, ejerciendo sobre el suelo una fuerza mínima de 250 N, lo que representa una resistencia de contacto con el suelo de  $3 \cdot \rho_s$ , donde  $\rho_s$  es la resistividad del terreno.
- Según cada caso,  $R_{a1}$  es la resistencia del calzado, la resistencia de superficies de material aislante, etc. El Reglamento de instalaciones eléctricas de alta tensión permite utilizar valores de 2.000  $\Omega$  para esta resistencia.

Para los casos en los que el terreno se recubra de una capa adicional de elevada resistividad (por ejemplo, la losa de hormigón con o sin una capa adicional de emulsión asfáltica), se podría multiplicar el valor de la resistividad de la capa de terreno adicional, por un coeficiente reductor. El coeficiente reductor se obtendrá de la expresión siguiente:

$$C_s = 1 - 0.106 \left( \frac{1 - \frac{\rho}{\rho^*}}{2h_s + 0.106} \right)$$

Siendo:

- $C_s$  Coeficiente reductor de la resistividad de la capa superficial
- $h_s$  Espesor de la capa superficial
- $\rho$  Resistividad del terreno natural
- $\rho^*$  Resistividad de la capa superficial

### **4.3.3 Comprobación de que con el electrodo seleccionado se satisfacen las condiciones exigidas**

#### **4.3.3.1 Seguridad para las personas**

##### **Tensiones de paso y contacto en el interior del CT**

La solera del CT estará dotada del correspondiente mallazo equipotencial, por tanto, no existirá riesgo por tensiones de paso o contacto en el interior, ya que serán prácticamente nulas.

##### **Tensión de contacto en el exterior del CT**

Las puertas y rejillas metálicas que dan al exterior del CT no tienen contacto eléctrico con ningún elemento susceptible de quedar en tensión como consecuencia de un defecto a tierra, por lo que no es necesario realizar el cálculo de la tensión de contacto exterior que será prácticamente nula.

##### **Tensión de paso en exterior**

La tensión de paso en el exterior del CT, calculada para el electrodo seleccionado, debe ser menor o igual que el máximo valor admisible de la tensión de paso:

$$U'_p \leq U_p$$

$$58,65 \leq 4815$$

#### **4.3.4 Protección del material**

La tensión de defecto debe ser menor o igual que el nivel de aislamiento a frecuencia industrial de los equipos de BT del CT:

$$U'_d \leq U_{bt}$$

$$267 \leq 8000$$

#### 4.3.5 Corrección y ajuste del diseño inicial

Tras realizar las comprobaciones anteriores, se puede concluir que el diseño seleccionado es el adecuado, siendo el electrodo elegido el menor que pueda ocupar la totalidad de la superficie del CT y la configuración de picas más pequeña permitida por las normas particulares ENDESA.

En el caso de que con el electrodo seleccionado se incumpla alguna de las condiciones indicadas en el apartado anterior, deberemos escoger otra configuración de electrodo y repetir todo el proceso.

Aumentando la longitud total de electrodo horizontal, el número de picas o su longitud, disminuirá  $R'_t$ , y en consecuencia los valores de  $U'_p$  y  $U_{p(acc)'}.$

#### 4.4 **Cálculo de la puesta a tierra de servicio**

El sistema de puesta a tierra de servicio se diseñará bajo la premisa de que su valor sea inferior a  $37\Omega$ . Con esto se consigue que un defecto a tierra en la instalación interior, protegida contra contactos indirectos por un interruptor diferencial de 650 mA de sensibilidad, no ocasione en el electrodo de puesta a tierra de servicio una tensión superior a 24 V ( $37 \times 0.65 \cong 24$ ).

Por lo tanto, podemos calcular el valor unitario máximo de la resistencia de puesta a tierra del neutro de BT como:

$$K'_r = \frac{37}{\rho} = \frac{37}{250} = 0,148$$

Se selecciona la configuración del electrodo de entre los del tipo picas en hilera (*Anexo 2 del Método de cálculo y proyecto de instalaciones de puesta a tierra para centros de transformación de UNESA*) de manera que su valor unitario de resistencia ( $K''_r$ ) cumpla la condición:

$$K''_r \leq K'_r$$

Seleccionando el electrodo 5/32, siendo tres picas de dos metros enterradas a una profundidad de 0,5 metros y separadas entre si 3 metros. Con una constante  $K''_r=0,135$

$$0,135 \leq 0,148$$

De esta forma se cumplirá que el valor de la resistencia de puesta a tierra del neutro de BT ( $R_{bt}'$ ) es menor de  $37 \Omega$ :

$$R_{bt}' = K_r'' \cdot \rho \leq 37 \Omega$$

$$0,135 \cdot 250 = 33,75 \leq 37 \Omega$$

#### 4.5 Separación entre los sistemas de puesta a tierra de protección y de servicio

La separación mínima (D) entre los sistemas de puesta a tierra de protección y de servicio requerida para garantizar que, ante posibles defectos a tierra, no se transfieran tensiones peligrosas se calcula mediante la fórmula:

$$D > \frac{\rho \cdot I_d}{2 \cdot \pi \cdot U_i} \approx \frac{\rho \cdot I_d}{6.283} = \frac{250 \cdot 13,18}{6.283} = 0,52m$$

siendo:

- D Distancia entre circuitos de puesta a tierra (m)
- $\rho$  Resistividad media del terreno ( $\Omega \cdot m$ )
- $I_d$  Intensidad de defecto (A)
- $U_i$  Tensión inducida sobre el electrodo de puesta a tierra de servicio (V). Se adopta  $U_i = 1000$

Esta distancia deberá ser siempre superior a 20 metros según MIE-RAT 13 en la instalación.

#### 4.6 Calculo de la puesta a tierra de los apoyos

DATOS DEL ELECTRODO DE PUESTA A TIERRA	
<b>APOYOS NO FRECUENTADOS</b>	
Configuración	1 pica de 2m de longitud y 14mm de diámetro enterrada a una profundidad de 0,5m
<b>APOYOS FRECUENTADOS</b>	
Configuración	4 picas de 2m de longitud y 14mm de diámetro enterrada a una profundidad de 0,5m en anillo de 3 metros

CLASIFICACIÓN DE LOS APOYOS			
Nº	Conductor S/N	Frecuentado S/N	Con calzado S/N
1	S	N	S
2	S	N	S

CLASIFICACIÓN DE LOS APOYOS			
Nº	Conductor S/N	Frecuentado S/N	Con calzado S/N
3	S	N	S
4	S	N	S
5	S	N	S
6	S	N	S
7	S	N	S
8	S	N	S
9	S	S	S

#### 4.6.1 Cálculo de puesta a tierra en apoyos frecuentados

El electrodo seleccionado tendrá una configuración 30-30/5/42 con las siguientes constantes:

- $K_r$       0,11; Valor unitario de la resistencia de puesta a tierra ( $\Omega/\Omega \cdot m$ )  
 $K_p$       0,0258; Valor unitario que representa la máxima tensión de paso unitaria en la instalación ( $V/\Omega \cdot m \cdot A$ )  
 $K_c$       0,0563; Valor unitario que representa la máxima tensión de contacto unitaria en la instalación ( $V/\Omega \cdot m \cdot A$ )

##### 4.6.1.1 Cálculo de la resistencia de puesta a tierra y de la intensidad de defecto

A continuación se calculan los valores de la resistencia de puesta a tierra ( $R_t'$ ), intensidad de defecto ( $I_d'$ ) y tensión de defecto ( $V_d'$ ) del electrodo seleccionado mediante las siguientes expresiones recogidas en el método UNESA:

Resistencia de puesta a tierra del electrodo seleccionado:

$$R_t' = K_r \cdot \rho$$

$$R_t = 0,11 \cdot 250 = 27,50 \Omega$$

Intensidad de defecto a tierra:

$$I_d' = \frac{\sqrt{3} \cdot U \cdot \omega \cdot (C_a \cdot L_a + C_c \cdot L_c)}{\sqrt{1 + [\omega \cdot (C_a \cdot L_a + C_c \cdot L_c)]^2 \cdot (3 \cdot R_t')^2}} = 14,50 A$$

#### 4.6.1.2 Determinación de las tensiones de contacto y de paso máximas admisibles

Las tensiones de contacto máximas admisibles serán las mismas que las calculadas para la puesta a tierra de protección del centro de transformación.

#### 4.6.1.3 Determinación de las tensiones de contacto y de paso

En función de la geometría y configuración del electro elegido, y en base a los parámetros indicados en el Anexo 2 del "Método de cálculo y proyecto de instalaciones de puesta a tierra para centros de transformación de tercera categoría" de UNESA, se calculan los valores de la tensión de contacto:

$$U'_c = I'_d \cdot \rho \cdot Kc = 204,12V$$

Siendo:

**U'<sub>c</sub>**: Tensión de contacto calculada, en V,

**I'<sub>d</sub>**: Intensidad de defecto en A,

**ρ**: Resistividad del terreno en Ω·m,

**Kc**: Factor de tensión de contacto V/Ω·m.

El valor de la tensión de paso se obtendrá como:

$$U'_p = I'_d \cdot \rho \cdot Kp = 93,54V$$

Siendo:

**U'<sub>p</sub>**: Tensión de paso calculada,

**I'<sub>d</sub>**: Intensidad de defecto en A,

**ρ**: Resistividad del terreno en Ω·m,

**Kp**: Factor de tensión de paso en V/Ω·m.

Para considerar que el diseño del sistema de puesta a tierra es correcto se debe cumplir que la elevación del potencial de tierra sea menor que dos veces el valor máximo admisible de la tensión de contacto, es decir:

$$U_E = I'_d \cdot R't = 398,80$$

$$U_E < 2 \cdot U_c$$

$$398,80 < 2 \cdot 254,13$$

En caso de que no se cumpliera la condición anterior sería necesario analizar que la tensión de contacto aplicada es inferior a la tensión de contacto aplicada admisible ( $U'_{ca} \leq U_{ca}$ ). Esto se garantiza si se cumple que la tensión de contacto calculada para la instalación, ante un posible defecto, es inferior a la tensión de contacto máximo admisible:

$$U'_c \leq U_c$$

$$204,12 \leq 254,13$$



En caso de no verificarse alguna de las expresiones anteriores, el diseño del sistema de puesta a tierra no será válido y será necesario repetir los cálculos con una configuración distinta o implementar algunas de las medidas adicionales propuestas en el apartado *Clasificación de los apoyos según su ubicación* del documento Memoria para eliminar el riesgo de contacto. En este último caso se deberá comprobar que las tensiones de paso son inferiores a las máximas admisibles:

$$U'_p < U_p$$
$$93,54 < 6955$$

Se puede concluir que el electrodo seleccionado cumple con las condiciones mínimas de seguridad para la puesta a tierra de los apoyos frecuentados

#### **4.6.2 Cálculo de puesta a tierra en apoyos no frecuentados**

El electrodo a utilizar en este tipo de apoyos será de tipo lineal, con una pica, de forma que la resistencia de puesta a tierra tenga un valor suficientemente bajo que garantice la actuación de las protecciones, en caso de defecto a tierra, en un tiempo inferior a 1 segundo de acuerdo a lo indicado en el apartado 7.3.4.3 de la ITC-LAT 07.

El diseño del sistema de puesta a tierra se considerará satisfactorio, desde el punto de vista de la seguridad de las personas, si se verifica que el tiempo previsto de actuación de las protecciones es inferior a 1 segundo, cosa que nos lo asegura la protección de la SET.

**ANEXO II**  
**NORMATIVA**

## 1.1 NORMAS UNE, EN, IEC:

EN 124	Dispositivos de cubrimiento y de cierre para zonas de circulación, utilizados por peatones y vehículos. Principios de construcción, ensayos tipo, marcado.
UNE-EN 60076-1	Transformadores de potencia. Parte 1: Generalidades.
UNE-EN 60076-2	Transformadores de potencia. Parte 2: Calentamiento de transformadores sumergidos en líquido.
UNE 21021	Piezas de conexión para líneas eléctricas hasta 72,5 kV.
UNE-EN 50180	Conectores enchufables para transformadores de distribución.
UNE 21120	Fusibles de alta tensión. Parte 2: Cortacircuitos de expulsión.
UNE 21428-1	Transformadores trifásicos de distribución sumergidos en aceite, 50 Hz, de 50 kVA a 2 500 kVA con tensión más elevada para el material hasta 36 kV. Parte 1: Requisitos generales. Complemento nacional
UNE-EN 60099	Pararrayos. Parte 4: Pararrayos de óxido metálico sin explosores para sistemas de corriente alterna.
UNE-EN 50386	Pasatapas para transformadores sumergidos en líquido aislante hasta 1 kV y de 250 A hasta 5 kA.
UNE-EN 50387	Pasabarras para transformadores sumergidos en líquido aislante hasta 1 kV y de 1,25 kA hasta 5 kA.
UNE-EN ISO 1461	Recubrimientos de galvanización en caliente sobre piezas de hierro y acero. Especificaciones y métodos de ensayo.
UNE 60129	Seccionadores y seccionadores de puesta a tierra de corriente alterna
UNE-EN 50182	Conductores para líneas eléctricas aéreas. Conductores de alambres redondos cableados en capas concéntricas.
UNE 21018:1980	Normalización de conductores desnudos a base de aluminio, para líneas eléctricas aéreas.
UNE 21021	Piezas de conexión para líneas eléctricas hasta 72,5 kV.

UNE 21056	Electrodos de puesta a tierra. Picas cilíndricas acoplables de acero-cobre.
UNE 207015	Conductores desnudos de cobre duro cableados para líneas eléctricas aéreas
UNE 207016	Postes de hormigón tipo HV y HVH para líneas eléctricas aéreas.
UNE 207017	Apoyos metálicos de celosía para líneas eléctricas aéreas de distribución.
UNE 207018	Apoyos de chapa metálica para líneas eléctricas aéreas de distribución.
UNE 21120	Fusibles de alta tensión.
UNE 50182	Conductores para líneas eléctricas aéreas. Conductores de alambres redondos cableados en capas concéntricas.
UNE-EN 60099-4, 2005:	Pararrayos. Parte 4: Pararrayos de óxido metálico sin explosores para sistemas de corriente alterna.
UNE-EN 61109	Aisladores para líneas aéreas. Aisladores compuestos para la suspensión y anclaje de líneas aéreas de corriente alterna de tensión nominal superior a 1.000 V.
UNE-EN 61466	Elementos de cadenas de aisladores compuestos para líneas aéreas de tensión nominal superior a 1 kV.
UNE-EN 60305	Aisladores para líneas aéreas de tensión nominal superior a 1 kV. Elementos de las cadenas de aisladores de material cerámico o de vidrio para sistemas de corriente alterna. Características de los elementos de las cadenas de aisladores tipo caperuza y vástago.
UNE-EN 60383	Ensayos de aisladores para líneas superiores a 1000V.
UNE-EN 61238	Conectores mecánicos y de compresión para cables de energía de tensiones asignadas hasta 36 kV ( $U_m=42$ kV).
UNE-EN 61466	Elementos de cadenas de aisladores compuestos para líneas aéreas de tensión nominal superior a 1 kV.
UNE-IEC/TS 60815-3:2013 EX	Selección y dimensionamiento de aisladores de alta tensión destinados para su utilización en

condiciones de contaminación. Parte 3: Aisladores poliméricos para redes de corriente alterna.

UNE-EN 62271-102:2005      Aparata de alta tensión. Parte 102: Seccionadores y seccionadores de puesta a tierra de corriente alterna.

IEC 60120                      Dimensiones de acoplamientos de rótula en cadenas de aisladores.

## 1.2      NORMAS DEL GRUPO ENDESA

AGD001                      Guía técnica sobre protecciones contra las sobretensiones en las instalaciones de media tensión.

AND001                      Apoyos y armados de perfiles metálicos para líneas de MT hasta 30 kV.

AND007                      Cortacircuitos fusibles de expulsión. Seccionadores hasta 36 kV.

AND015                      Pararrayos de óxidos metálicos sin explosores para redes de MT hasta 36 kV.

CNL001                      Cables unipolares para redes subterráneas de distribución de tensión asignada 0,6/1 kV.

FGA001                      Guía sistemas de insonorización de CT y dispositivos antivibratorios para transformadores de MT/BT.

FGC001                      Guía técnica del sistema de protecciones en CT, PT y red BT.

FGC002                      Guía técnica del sistema de protecciones de la red MT en CT y PT.

FGH003                      Guía técnica de condiciones para centros de transformación prefabricados de hormigón tipo superficie modelo rural.

FGH005                      Guía de soluciones de obra civil para reducir la contaminación acústica en CT.

FMZ004                      Guía de instalación de centros de transformación prefabricados compactos.

FND004                      Centros de transformación MT/BT de máxima tensión asignada 36 kV, potencia de transformación 250, 400 y 630 kVA, prefabricados compactos.

FND005	Transformadores trifásicos tipo seco para distribución en Baja Tensión.
FNH001	Centros de transformación prefabricados de hormigón tipo superficie.
FNH002	Centros de transformación prefabricados de hormigón tipo subterráneo.
FNH003	Centros de transformación prefabricados de hormigón tipo superficie modelo rural.
FNH004	Centros de transformación prefabricados de hormigón tipo superficie (Maniobra Exterior)
FNL002	NORMA FNL002 CUADRO DE DISTRIBUCION EN BT CON CONEXIO0N DE GRUPO PARA CCTT
FNZ001	Cuadros modulares de distribución para centros de transformación.
NEZ002	Procedimiento de rotulación para identificación de la red.
NNL012	Bases tripolares verticales cerradas para fusibles de baja tensión del tipo cuchilla con dispositivo extintor de arco.
NZZ009	Mapas de contaminación salina e industrial
GSCB001	12V VRLA accumulators for powering remote-control device of secondary substations
GSCL001	Electrical control panel auxiliary services of secondary substations”
GSM001	MV RMU with Switch-Disconnecter
GST001	MV/LV Transformers
GSTR001	Remote Terminal Unit for secondary substations
AND001	Apoyos de perfiles metálicos para líneas hasta 36 kV.
AND002	Postes de hormigón armada vibrado.
AND004	Apoyos de chapa metálica para líneas aéreas hasta 36 kV.
AND005	Seccionadores unipolares para líneas aéreas hasta 36 kV.
AND007	Cortacircuitos fusibles de expulsión seccionadores hasta 36 kV.
AND008	Aisladores de vidrio para cadenas de líneas aéreas de AT, de tensión nominal hasta 30 kV.

AND009	Herrajes y accesorios para conductores desnudos en líneas aéreas de AT, hasta 30 kV.
AND017	Antiescalos para apoyos metálicos de celosía
GSC003	Concentric-lay-stranded bare conductors.
AND012	Aisladores compuestos para cadenas de líneas aéreas de MT, hasta 30 kV.
AND013	Interruptor-secc. Trifásico de operación manual y corte y aislamiento SF6 para línea aérea MT.
AND015	Pararrayos de óxidos metálicos sin explosores para redes MT, hasta 36 kV.
NZZ009	Mapas de contaminación industrial.

**Anexo III**

**ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD**



## Índice

<b>1</b>	<b>OBJETO .....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>CARACTERÍSTICAS DE LA OBRA Y SITUACIÓN .....</b>	<b>1</b>
<b>3</b>	<b>OBLIGACIONES DEL CONTRATISTA .....</b>	<b>1</b>
<b>4</b>	<b>ACTIVIDADES BÁSICAS .....</b>	<b>1</b>
4.1	TENDIDO DE CABLE SUBTERRÁNEO (C.S.) .....	1
4.2	TENDIDO DE LÍNEA AÉREA (L.A.).....	2
4.3	CONSTRUCCIÓN DE CENTRO DE TRANSFORMACIÓN (C.T.).....	2
<b>5</b>	<b>IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS .....</b>	<b>4</b>
5.1	RIESGOS LABORALES .....	4
5.2	RIESGOS Y DAÑOS A TERCEROS .....	7
<b>6</b>	<b>MEDIDAS PREVENTIVAS .....</b>	<b>8</b>
6.1	PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES A NIVEL COLECTIVO .....	8
6.2	PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES A NIVEL INDIVIDUAL.....	10
6.3	PREVENCIÓN DE RIESGOS DE DAÑOS A TERCEROS.....	11
<b>7</b>	<b>NORMATIVA APLICABLE.....</b>	<b>12</b>

## **1 OBJETO**

El presente Estudio Básico de Seguridad y Salud tiene por objeto precisar las normas de seguridad y salud aplicables a la obra, identificando los riesgos laborales evitables, indicando las medidas correctoras necesarias para ello, y los que no puedan eliminarse, indicando las medidas tendentes a controlarlos o reducirlos, valorando su eficacia, todo ello de acuerdo con el Artículo 6 del RD 1627/1997 de 24 de octubre, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud en las Obras de Construcción.

De acuerdo con el artículo 3 del RD 1627/1997, si en la obra interviene más de una empresa, o una empresa y trabajadores autónomos, o más de un trabajador autónomo, el Promotor deberá designar un Coordinador en materia de Seguridad y Salud durante la ejecución de la obra. Esta designación deberá ser objeto de un contrato expreso.

## **2 CARACTERÍSTICAS DE LA OBRA Y SITUACIÓN**

Este ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD, se elabora para la obra:

“LÍNEA AÉREO-SUBTERRÁNEA DE MEDIA TENSIÓN Y NUEVO CENTRO DE TRANSFORMACIÓN PARA LA ALIMENTACIÓN DE UNA INDUSTRIA EN EL TÉRMINO MUNICIPAL DE BELCHITE”

a ejecutar en Polígono 510 Parcela 60 en el Término Municipal de Belchite.

## **3 OBLIGACIONES DEL CONTRATISTA**

Siguiendo las instrucciones del Real Decreto 1627/1997, antes del inicio de los trabajos en obra, la empresa adjudicataria de la obra, estará obligada a elaborar un "plan de seguridad y salud en el trabajo", en el que se analizarán, estudiarán, desarrollarán y complementarán las previsiones que se adjuntan en el estudio básico.

## **4 ACTIVIDADES BÁSICAS**

Durante la ejecución de los trabajos en obra se pueden destacar como actividades básicas:

### **4.1 TENDIDO DE CABLE SUBTERRÁNEO (C.S.)**

- Desplazamiento de personal.

- Transporte de materiales y herramientas.
- Apertura y acondicionamiento de zanjas para el tendido de cables.
- Tendido de cables subterráneos.
- Realización de conexiones en cables subterráneos.
- Reposición de tierras, cierre de zanjas, compactación del terreno y reposición del pavimento.
- Maniobras necesarias para retirar y restaurar la tensión de un sector de la red.
- Desmontaje de instalaciones (si es necesario).

#### **4.2 TENDIDO DE LÍNEA AÉREA (L.A.)**

- Desplazamiento de personal.
- Transporte de materiales y herramientas.
- Excavaciones para cimientos de apoyos para líneas aéreas.
- Hormigonado de cimientos.
- Izado de apoyos de hormigón, madera y chapa.
- Izado y montaje de postes de celosía.
- Montaje de hierros y aisladores en apoyos.
- Tendido de conductores sobre los apoyos.
- Realización de conexiones en líneas aéreas.
- Montaje de equipos de maniobra y protección.
- Maniobras necesarias para retirar y restaurar la tensión de un sector de la zarza.
- Desmontaje de instalaciones (si es necesario).
- Operaciones específicas para realizar trabajos en tensión.

#### **4.3 CONSTRUCCIÓN DE CENTRO DE TRANSFORMACIÓN (C.T.)**

- Desplazamiento de personal.
- Transporte de materiales y herramientas.
- Obra civil para la construcción del edificio.
- Excavaciones para los cimientos de postes de líneas aéreas.
- Hormigonado de cimientos.
- Levantamiento y montaje de postes de celosía.

- Montaje de hierros y aisladores en los apoyos.
- Montaje de equipos de maniobra, protección y transformadores.
- Maniobras necesarias para retirar y restaurar la tensión de un sector de la red.
- Desmontaje de instalaciones (si es necesario).

## 5 IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS

### 5.1 RIESGOS LABORALES

	C.S.	L.A.	C.T.
- Caídas de personal al mismo nivel		X	X
Per deficiencias del suelo	X	X	X
Por pisar o tropezar con objetos	X	X	X
Por malas condiciones atmosféricas	X	X	X
Por existencia de vertidos o líquidos	X	X	X
- Caídas de personal o diferente nivel	X	X	X
Por desniveles, zanjas o taludes	X	X	X
Por agujeros	X	X	X
Desde escaleras, portátiles o fijos	X	X	X
Desde andamio			X
Desde techos o muros			X
Desde apoyos		X	X
Desde árboles		X	X
- Caídas de objetos	X	X	X
Por manipulación manual	X	X	X
Por manipulación con aparatos elevadores	X	X	X
- Desprendimientos, hundimientos o ruinas	X	X	X
Apoyos		X	X
Elementos de montaje fijos		X	X
Hundimiento de zanjas, pozos o galerías	X	X	X
- Choques y golpes	X	X	X
Contra objetos fijos y móviles	X	X	X

	<b>C.S.</b>	<b>L.A.</b>	<b>C.T.</b>
Hundimiento de zanjas, pozos o galerías	X	X	X
- Atrapamientos	X	X	X
Con herramientas	X	X	X
Por maquinaria o mecanismos en movimiento	X	X	X
Por objetos	X	X	X
- Cortes	X	X	X
Con herramientas	X	X	X
Con máquinas	X	X	X
Con objetos	X	X	X
- Proyecciones	X	X	X
Por partículas sólidas	X	X	X
Por líquidos	X	X	X
- Contactos térmicos	X		X
Con fluidos	X		X
Con focos de calor	X		X
Con proyecciones	X		X
- Contactos químicos	X		X
Con sustancias corrosivas	X		X
Con sustancias irritantes	X		X
Con sustancias químicas	X		X
- Contactos eléctricos	X	X	X
Directos	X	X	X
Indirectos	X	X	X
Descargas eléctricas	X	X	X
- Arco eléctrico	X	X	X

	<b>C.S.</b>	<b>L.A.</b>	<b>C.T.</b>
Por contacto directo	X	X	X
Por proyección	X	X	X
Por explosión en corriente continua	X	X	X
- Manipulación de cargas o herramientas	X	X	X
Para desplazarse, levantar o sostener cargas	X	X	X
Para utilizar herramientas	X	X	X
Por movimientos repentinos	X	X	X
- Riesgos derivados del tráfico	X	X	X
Choque entre vehículos y contra objetos fijos	X	X	X
Atropellos	X	X	X
Fallos mecánicos y tumbada de vehículos	X	X	X
- Explosiones	X		
Por atmósferas explosivas	X		
Por elementos de presión			
Por voladuras o material explosivo			
- Agresión de animales	X	X	X
Insectos	X	X	X
Reptiles	X	X	X
Perros y gatos	X	X	X
Otros	X	X	X
- Ruidos	X	X	X
Por exposición	X	X	X
- Vibraciones	X	X	X
Por exposición	X	X	X
- Ventilación	X		X

	<b>C.S.</b>	<b>L.A.</b>	<b>C.T.</b>
Por ventilación insuficiente	X		
Por atmósferas bajas en oxígeno	X		X
- Iluminación	X	X	X
Para iluminación ambiental insuficiente	X	X	X
Por deslumbramientos y reflejos	X	X	X
- Condiciones térmicas	X		X
Por exposición a temperaturas extremas	X		X
Por cambios repentino en la temperatura			X
Por estrés térmico			X

## 5.2 RIESGOS Y DAÑOS A TERCEROS

	<b>C.S.</b>	<b>L.A.</b>	<b>C.T.</b>
Por la existencia de curiosos		X	X
Por la proximidad de circulación vial	X	X	X
Por la proximidad de zonas habitadas	X	X	X
Por presencia de cables eléctricos con tensión	X	X	X
Por manipulación de cables con corriente	X	X	X
Por la existencia de tuberías de gas o de agua	X	X	X



## **6 MEDIDAS PREVENTIVAS**

Para evitar o reducir los riesgos relacionados, se adoptarán las siguientes medidas:

### **6.1 PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES A NIVEL COLECTIVO**

- Se mantendrá el orden y la higiene en la zona de trabajo.
- Se acondicionarán pasos para peatones.
- Se procederá al cierre, balizamiento y señalización de la zona de trabajo.
- Se dispondrá del número de botiquines adecuado al número de personas que intervengan en la obra.
- Las zanjas y excavaciones quedarán suficientemente manchadas y señalizadas.
- Se colocarán tapas provisionales en agujeros y arquetas hasta que no se disponga de las definitivas.
- Se revisará el estado de conservación de las escaleras portátiles y fijas diariamente, antes de iniciar el trabajo y nunca serán de fabricación provisional.
- Las escaleras portátiles no estarán pintadas y se trabajará sobre las mismas de la siguiente manera:
  - o Sólo podrá subir un operario.
  - o Mientras el operario está arriba, otro aguantará la escalera por la base.
  - o La base de la escalera no sobresaldrá más de un metro del plano al que se quiere acceder.
  - o Las escalas de más de 12 m se atarán por sus dos extremos.
  - o Las herramientas se subirán mediante una cuerda y en el interior de una bolsa.
  - o Si se trabaja por encima de 2 m utilizará cinturón de seguridad, anclado a un punto fijo distinto de la escala.
- Los andamios serán de estructura sólida y tendrán barandillas, barra a media altura y zócalo.
- Se evitará trabajar a diferentes niveles en la misma vertical y permanecer debajo de cargas suspendidas.
- La maquinaria utilizada (excavación, elevación de material, tendido de cables, etc.) sólo será manipulada por personal especializado.

- Antes de iniciar el trabajo se comprobará el estado de los elementos situados por encima de la zona de trabajo.
- Las máquinas de excavación dispondrán de elementos de protección contra vuelcos.
- Se procederá al entibado de las paredes de las zanjas siempre que el terreno sea blando o se trabaje a más de 1,5 m de profundidad.
- Se comprobará el estado del terreno antes de iniciar la jornada y después de lluvia intensa.
- Se evitará el almacenamiento de tierras junto a las zanjas o agujeros de fundamentos.
- En todas las máquinas los elementos móviles estarán debidamente protegidos.
- Todos los productos químicos a utilizar (disolventes, grasas, gases o líquidos aislantes, aceites refrigerantes, pinturas, siliconas, etc.) se manipularán siguiendo las instrucciones de los fabricantes.
- Los armarios de alimentación eléctrica dispondrán de interruptores diferenciales y tomas de tierra.
- Se utilizarán transformadores de seguridad para trabajos con electricidad en zonas húmedas o muy conductoras de la electricidad.
- Todo el personal deberá haber recibido una formación general de seguridad y además el personal que deba realizar trabajos en altura, formación específica en riesgos de altura
- Por trabajos en proximidad de tensión el personal que intervenga deberá haber recibido formación específica de riesgo eléctrico.
- Los vehículos utilizados para transporte de personal y mercancías estarán en perfecto estado de mantenimiento y al corriente de la ITV.
- Se montará la protección pasiva adecuada a la zona de trabajo para evitar atropellos.
- En las zonas de trabajo que se necesite se montará ventilación forzada para evitar atmósferas nocivas.
- Se colocarán válvulas antirretroceso en los manómetros y en las cañas de los soldadores.
- Las botellas o contenedores de productos explosivos se mantendrán fuera de las zonas de trabajo.
- El movimiento del material explosivo y las voladuras serán efectuados por personal especializado.
- Se observarán las distancias de seguridad con otros servicios, por lo que se requerirá tener un conocimiento previo del trazado y características de las mismas.

- Se utilizarán los equipos de iluminación que se precisen según el desarrollo y características de la obra (adicional o socorro).
- Se retirará la tensión en la instalación en que se tenga que trabajar, abriendo con un corte visible todas las fuentes de tensión, poniéndolas a tierra y en cortocircuito. Para realizar estas operaciones se utilizará el material de seguridad colectivo que se necesite.
- Sólo se restablecerá el servicio a la instalación eléctrica cuando se tenga la completa seguridad de que no queda nadie trabajando.
- Para la realización de trabajos en tensión el contratista dispondrá de:
  - o Procedimiento de trabajo específico.
  - o Material de seguridad colectivo que se necesite.
  - o Aceptación de la empresa distribuidora eléctrica del procedimiento de trabajo.
  - o Vigilancia constante de la cabeza de trabajo en tensión.

## **6.2 PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES A NIVEL INDIVIDUAL**

El personal de obra debe disponer, con carácter general, del material de protección individual que se relaciona y que tiene la obligación de utilizar dependiendo de las actividades que realice:

- Casco de seguridad.
- Ropa de trabajo adecuada para el tipo de trabajo que se realice.
- Impermeable.
- Calzado de seguridad.
- Botas de agua.
- Trepadora y elementos de sujeción personal para evitar caídas entre diferentes niveles.
- Guantes de protección para golpes, cortes, contactos térmicos y contacto con sustancias químicas.
- Guantes de protección eléctrica.
- Guantes de goma, neopreno o similar para hormigonar, albañilería, etc.
- Gafas de protección para evitar deslumbramientos, molestias o lesiones oculares, en caso de:
  - o Arco eléctrico.
  - o Soldaduras y oxicorte.
  - o Proyección de partículas sólidas.

- Ambiente polvoriento.
- Pantalla facial.
- Orejeras y tapones para protección acústica.
- Protección contra vibraciones en brazos y piernas.
- Máscara autofiltrante trabajos con ambiente polvoriento.
- Equipos autónomos de respiración.
- Productos repelentes de insectos.
- Aparatos asusta-perros.
- Pastillas de sal (estrés térmico).

Todo el material estará en perfecto estado de uso.

### **6.3 PREVENCIÓN DE RIESGOS DE DAÑOS A TERCEROS**

- Vallado y protección de la zona de trabajo con balizas luminosas y carteles de prohibido el paso.
- Señalización de calzada y colocación de balizas luminosas en calles de acceso a zona de trabajo, los desvíos provisionales por obras, etc.
- Riesgo periódico de las zonas de trabajo donde se genere polvo.

## **7 NORMATIVA APLICABLE**

En el proceso de ejecución de los trabajos deberán observarse las normas y reglamentos de seguridad vigentes. A título orientativo, y sin carácter limitativo, se adjunta una relación de la normativa aplicable:

- Reglamento sobre Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación (RD 337/2014, 9 Mayo), así como las Instrucciones Técnicas Complementarias sobre dicho reglamento.
- Orden de 31 de agosto de 1987, sobre señalización, balizamiento, defensa, limpieza y terminación de obras fijas en vías fuera de poblado.
- Real Decreto Legislativo 1/1995, de 24 de marzo, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley del Estatuto de los Trabajadores.
- Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales.
- Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención.
- Real Decreto 485/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo.
- Real Decreto 486/1997, de 14 de abril, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.
- Real Decreto 487/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la manipulación manual de cargas que entrañe riesgos, en particular dorso-lumbares, para los trabajadores.
- Real Decreto 773/1997, 30 de mayo, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.
- Real Decreto 1215/1997, de 18 de julio, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.
- Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción.
- Orden de 12 de enero de 1998, por la que se aprueba el modelo de Libro de Incidencias en las obras de construcción.
- Real Decreto 216/1999, de 5 de febrero, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud en el trabajo de los trabajadores en el ámbito de las empresas de trabajo temporal.
- Real Decreto Legislativo 5/2000, de 4 de agosto, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley sobre Infracciones y Sanciones en el Orden Social.

- Real Decreto 614/2001, de 8 de junio, sobre disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico.
- Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico para baja tensión.
- Real Decreto 1428/2003, de 21 de noviembre, por el que se aprueba el Reglamento General de Circulación para la aplicación y desarrollo del texto articulado de la Ley sobre tráfico, circulación de vehículos a motor y seguridad vial, aprobado por el Real Decreto Legislativo 339/1990, de 2 de marzo.
- Ley 54/2003, de 12 de diciembre, de reforma del marco normativo de la prevención de riesgos laborales.
- Real Decreto 171/2004, de 30 de enero, por el que se desarrolla el artículo 24 de la Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales, en materia de coordinación de actividades empresariales.
- Decreto 399/2004, de 5 de octubre de 2004, por el que se crea el registro de delegados y delegadas de prevención y el registro de comités de seguridad y salud, y se regula el depósito de las comunicaciones de designación de delegados y delegadas de prevención y constitución de los comités de seguridad y salud.
- Real Decreto 2177/2004, de 12 de noviembre, por el que se modifica el Real Decreto 1215/1997, de 18 de julio, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo, en materia de trabajos temporales en altura.
- Real Decreto 286/2006, de 10 de marzo, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al ruido.
- Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación.
- Real Decreto 604/2006, de 19 de mayo, por el que se modifica el Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención, y el Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción.
- Ley 32/2006, de 18 de octubre, reguladora de la subcontratación en el Sector de la Construcción.
- Real Decreto 1109/2007, de 24 de agosto, por el que se desarrolla la Ley 32/2006, de 18 de octubre, reguladora de la subcontratación en el Sector de la Construcción.
- Real Decreto 223/2008, de 15 de febrero, por el que se aprueban el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas eléctricas de alta tensión y sus instrucciones técnicas complementarias ITC-LAT 01 a 09.

- Real Decreto 337/2010, de 19 de marzo, por el que se modifica el Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención; el Real Decreto 1109/2007, de 24 de agosto, por el que se desarrolla la Ley 32/2006, de 18 de octubre, reguladora de la subcontratación en el sector de la construcción y el Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y salud en obras de construcción.
- Orden TIN/1071/2010, de 27 de abril, sobre los requisitos y datos que deben reunir las comunicaciones de apertura o de reanudación de actividades en los centros de trabajo.
- Real Decreto 560/2010, de 7 de mayo, por el que se modifican diversas normas reglamentarias en materia de seguridad industrial para adecuarlas a la Ley 17/2009, de 23 de noviembre, sobre el libre acceso a las actividades de servicios y su ejercicio, y a la Ley 25/2009, de 22 de diciembre, de modificación de diversas leyes para su adaptación a la Ley sobre el libre acceso a las actividades de servicios y su ejercicio.
- Convenios colectivos.
- Ordenanzas municipales.
- Instrucción general de operaciones, normas y procedimientos relativos a seguridad y salud laboral de la empresa contratante.

Documento 2  
**PLIEGO DE CONDICIONES**



## Sumario

<b>1</b>	<b>PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICO PARTICULAR.....</b>	<b>1</b>
1.1	DEFINICIÓN Y CLASIFICACIÓN DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS DE MEDIA Y ALTA TENSIÓN 1	
1.2	CARACTERÍSTICAS GENERALES Y CALIDADES DE LOS MATERIALES .....	1
1.3	COMPONENTES Y PRODUCTOS CONSTITUYENTES DE LA INSTALACIÓN.....	1
1.3.1	Conductores.....	2
1.4	CONTROL Y ACEPTACIÓN DE LOS ELEMENTOS Y EQUIPOS QUE CONFORMAN LAS REDES AÉREAS DE ALTA TENSIÓN .....	4
<b>2</b>	<b>CONDICIONES TÉCNICAS DE EJECUCIÓN Y MONTAJE .....</b>	<b>6</b>
2.1	CONDICIONES PREVIAS .....	6
2.2	TRABAJOS Y FASES A EJECUTAR.....	6
2.2.1	Pistas y accesos.....	7
2.2.2	Suministro, transporte, almacenamiento y acopio a pie de obra .....	8
2.2.3	Replanteo de los apoyos y comprobación de perfil.....	10
2.2.4	Explanación .....	12
2.2.5	Excavación.....	14
2.2.6	Hormigonado de las cimentaciones de los apoyos .....	15
2.2.7	Instalación de apoyos .....	24
2.2.8	Tomas de tierra .....	29
2.2.9	Instalación de conductores.....	31
2.2.10	Instalaciones de cables de tierra.....	49
2.2.11	Placas de peligro de muerte y numeración de los apoyos.....	51
2.2.12	Zanjas.....	52
2.2.13	Cruces .....	53
2.2.14	Tendido de cables en Tubulares .....	56
2.2.15	Montajes .....	56
2.2.16	Transporte de bobinas de cable.....	58
2.3	CONDICIONES DE EJECUCIÓN Y MONTAJE .....	58
2.3.1	Instalación de edificios prefabricados de superficie .....	58
2.3.2	PROTECCIONES CONTRA AGENTES EXTERNOS.....	59
2.3.3	VENTILACIÓN .....	59
2.3.4	CANALIZACIONES .....	59
2.3.5	POZO DE RECOGIDA DE ACEITE .....	60
2.3.6	CARPINTERÍA Y CERRAJERÍA.....	60
2.3.7	PUESTA A TIERRA Y EQUIPOTENCIALIDAD.....	61
2.3.8	CELDA DE DISTRIBUCIÓN SECUNDARIA.....	61
2.3.9	TRANSFORMADOR.....	62
2.3.10	CUADROS DE BT .....	62
2.3.11	PUENTES DE AT y BT .....	63
2.3.12	PUESTA A TIERRA.....	63
2.3.13	RECEPCIÓN DE LA OBRA.....	63

2.3.14	CONDICIONES DE USO, MANTENIMIENTO Y SEGURIDAD.....	64
<b>3</b>	<b>RECONOCIMIENTOS, PRUEBAS Y ENSAYOS .....</b>	<b>66</b>
3.1	RECONOCIMIENTO DE LAS OBRAS .....	66
3.2	PRUEBAS Y ENSAYOS.....	66
<b>4</b>	<b>MEDICIÓN Y ABONO DE LAS OBRAS .....</b>	<b>68</b>
4.1	GENERALIDADES .....	68
4.2	ABONO DE LAS PARTIDAS ALZADAS .....	68
4.3	ABONO DE LA CONSERVACIÓN Y REPARACIÓN DE LAS OBRAS.....	69
4.4	ABONO DE LOS MEDIOS Y OBRAS AUXILIARES DE LOS ENSAYOS Y DE LOS DETALLES IMPREVISTOS .....	69
<b>5</b>	<b>CONDICIONES DE MANTENIMIENTO, USO Y SEGURIDAD .....</b>	<b>70</b>
5.1	MANTENIMIENTO O CONSERVACIÓN .....	71
5.2	RACIÓN. REPOSICIÓN .....	73
5.3	MEDIDAS DE SEGURIDAD .....	73
<b>6</b>	<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>75</b>

# **1 PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICO PARTICULAR**

## **1.1 DEFINICIÓN Y CLASIFICACIÓN DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS DE MEDIA Y ALTA TENSIÓN**

Según Art. 3 del Decreto 141/2009, se define como “instalación eléctrica” todo conjunto de aparatos y de circuitos asociados destinados a la producción, conversión, transformación, transmisión, distribución o utilización de la energía eléctrica.

Asimismo y según Art. 3 del Decreto 141/2009 éstas se agrupan y clasifican en:

- **Instalación de baja tensión:** es aquella instalación eléctrica cuya tensión nominal se encuentra por debajo de 1 kV ( $U < 1$  kV).
- **Instalación de media tensión:** es aquella instalación eléctrica cuya tensión nominal es superior o igual a 1 kV e inferior a 66 kV ( $1$  kV  $\leq U < 66$  kV).
- **Instalación de alta tensión:** es aquella instalación eléctrica cuya tensión nominal es igual o superior a 66 kV ( $U \geq 66$  kV).

## **1.2 CARACTERÍSTICAS GENERALES Y CALIDADES DE LOS MATERIALES**

Los materiales cumplirán con las especificaciones de las Normas UNE que les correspondan. Los conductores instalados serán los que figuran en el presente proyecto y deberán estar de acuerdo con las Recomendaciones UNESA y las Normas UNE correspondientes y lo que al respecto establezca el presente Pliego de Condiciones Técnicas Particulares y la reglamentación vigente.

Se realizarán cuantos ensayos y análisis indique el Ingeniero-Director de obra, aunque no estén indicados en este Pliego de Condiciones Técnicas Particulares.

Los materiales empleados en la instalación serán entregados por el Contratista siempre y cuando no se especifique lo contrario en el Contrato de Adjudicación de las obras a realizar.

No se podrán emplear materiales que no hayan sido aceptados previamente por el Ingeniero-Director.

## **1.3 COMPONENTES Y PRODUCTOS CONSTITUYENTES DE LA INSTALACIÓN**

Genéricamente la instalación contará con:

- Conductores

- Aisladores
- Accesorios de sujeción
- Apoyos
- Crucetas, herrajes-soportes y tornillería
- Tirantes y tornapuntas
- Elementos de unión, conexión y anclaje: Conexiones, Empalmes, Grapas etc.

### **1.3.1 Conductores**

#### **Conductores de aluminio**

Los conductores pueden estar constituidos por hilos redondos o con forma trapezoidal de aluminio o aleación de aluminio y pueden contener, para reforzarlos, hilos de acero galvanizados o de acero recubiertos de aluminio. Los cables de tierra se diseñarán según las mismas normas que los conductores de fase.

Los conductores serán de uno de los siguientes tipos:

Conductores de aluminio con alama de acero (AL1/ST1A). Antiguamente (LA)

Conductores de aluminio con alama de acero recubierta de aluminio (AL1/20SA). Antiguamente (LARL)

Conductores de aleación de aluminio (AL2). Denominación antigua (D)

Cuando sean utilizados materiales diferentes de aquéllos, sus características y su conveniencia para cada aplicación individual deben ser verificadas como se indique en las especificaciones del proyecto.

Las resistencias eléctricas de la gama preferente de conductores con alambres circulares se dan en norma UNE Para conductores con secciones de alambres diferentes, la resistencia del conductor deberá calcularse utilizando la resistividad del alambre, la sección transversal y los parámetros del cableado del conductor.

Debe verificarse que la intensidad admisible y la capacidad de cortocircuito de los conductores cumplen los requisitos de las especificaciones del proyecto. También debe considerarse la predicción del nivel de perturbación radioeléctrica y el nivel del ruido audible de los conductores.

La máxima temperatura de servicio de conductores de aluminio bajo diferentes condiciones operativas deberá ser indicada en las especificaciones del proyecto. Estas Especificaciones darán algunos o todos los requisitos, bajo las siguientes condiciones:

1. La temperatura máxima de servicio bajo carga normal en la línea, que no sobrepasará los 85 °C.

2. La temperatura máxima de corta duración para momentos especificados, bajo diferentes cargas en la línea, superiores al nivel normal, que no sobrepasará los 100 °C.
3. La temperatura máxima debida a un fallo especificado del sistema eléctrico, que no sobrepasará los 100 °C.

El uso de conductores de alta temperatura, tales como los compuestos por aleaciones especiales de Aluminio-Zirconio, permite trabajar con temperaturas de servicio superiores.

Alternativamente, y con las precauciones adecuadas, el incremento real de temperatura debido a las corrientes de cortocircuito puede determinarse mediante un ensayo.

En cuanto a los requisitos mecánicos, la carga de rotura de los conductores de aluminio debe ser suficiente para cumplir con los requisitos de carga. La tensión máxima admisible en el conductor debe indicarse en las especificaciones del proyecto.

En cuanto a la protección contra la corrosión los requisitos para el recubrimiento o el revestimiento de los hilos de acero con zinc o aluminio deben ser indicados en las especificaciones del proyecto. Se permite el uso de grasas de protección contra la corrosión.

### **Conductores de cobre**

Los conductores podrán estar constituidos por hilos redondos de cobre o aleación de cobre, de acuerdo con norma UNE. Cuando no se ajusten a la norma, los requisitos se indicarán en las especificaciones del proyecto.

### **Cables unipolares aislados reunidos en haz o con conductores recubiertos**

Los materiales y su montaje cumplirán con los requisitos y ensayos de las normas UNE y, en su caso, las especificaciones particulares de las empresas de transporte y distribución de energía eléctrica que estén aprobadas por el órgano competente de la Administración.

#### Conductores recubiertos

Los conductores utilizados en líneas aéreas con conductores recubiertos hasta 30 kV de tensión asignada serán unipolares

Los conductores deben estar constituidos preferentemente por alambres de aleación de aluminio (AL3). Se podrán utilizar también materiales con características eléctricas y mecánicas equivalentes, siempre que se justifique adecuadamente.

El recubrimiento deberá tener un espesor medio especificado de 2,3 mm como mínimo, y estará constituido por una o varias capas de material aislante extruido.

El recubrimiento debe conservar sus propiedades eléctricas y mecánicas ante las inclemencias meteorológicas con el paso del tiempo, lo cual se debe comprobar mediante el ensayo normativo correspondiente (ensayo de erosión o "tracking").

Los conductores se identificarán de forma indeleble mediante marcas adecuadas, regularmente espaciadas, y a modo de leyenda colocada en la superficie exterior del recubrimiento de los

conductores. Cada marca estará formada por la identificación del fabricante, la designación completa de los conductores recubiertos y las dos últimas cifras del año de fabricación.

#### **1.4 CONTROL Y ACEPTACIÓN DE LOS ELEMENTOS Y EQUIPOS QUE CONFORMAN LAS REDES AÉREAS DE ALTA TENSIÓN**

La Dirección Facultativa velará porque todos los materiales, productos, sistemas y equipos que formen parte de la instalación eléctrica sean de marcas de calidad (UNE, EN, CEI, CE, AENOR, etc.), y dispongan de la documentación que acredite que sus características mecánicas y eléctricas se ajustan a la normativa vigente, así como de los certificados de conformidad con las normas UNE, EN, CEI, CE u otras que le sean exigibles por normativa o por prescripción del proyectista y por lo especificado en el presente Pliego de Condiciones Técnicas Particulares.

La Dirección Facultativa asimismo podrá exigir muestras de los materiales a emplear y sus certificados de calidad, ensayos y pruebas de laboratorios, rechazando, retirando, desmontando o reemplazando dentro de cualquiera de las etapas de la instalación los productos, elementos o dispositivos que a su parecer perjudiquen en cualquier grado el aspecto, seguridad o bondad de la obra.

Cuando proceda hacer ensayos para la recepción de los productos o verificaciones para el cumplimiento de sus correspondientes exigencias técnicas, según su utilización, estos podrán ser realizadas por muestreo u otro método que indiquen los órganos competentes de las Comunidades Autónomas, además de la comprobación de la documentación de suministro en todos los casos, debiendo aportarse o incluirse, junto con los equipos y materiales, las indicaciones necesarias para su correcta instalación y uso debiendo marcarse con las siguientes indicaciones mínimas:

- Identificación del fabricante, representante legal o responsable de su comercialización.
- Marca y modelo.
- Tensión y potencia (o intensidad) asignadas.
- Cualquier otra indicación referente al uso específico del material o equipo, asignado por el fabricante.

Concretamente por cada elemento tipo, estas indicaciones para su correcta identificación serán las siguientes:

##### **Conductores:**

- Identificación, según especificaciones de proyecto.
- Distintivo de calidad: Marca de Calidad AENOR homologada por el Ministerio de Industria.
- Año de fabricación y características, según Normas UNE.

El resto de componentes de la instalación deberán recibirse en obra conforme a: la documentación del fabricante, marcado de calidad, la normativa si la hubiere, especificaciones del proyecto y a las indicaciones de la Dirección Facultativa durante la ejecución de las obras.

Asimismo aquellos materiales no especificados en el presente proyecto que hayan de ser empleados para la realización del mismo, dispondrán de marca de calidad y no podrán utilizarse sin previo conocimiento y aprobación de la Dirección Facultativa.

## **2 CONDICIONES TÉCNICAS DE EJECUCIÓN Y MONTAJE**

### **2.1 CONDICIONES PREVIAS**

En las presentes condiciones técnicas se especifican las que deben cumplir las distintas unidades de obra y materiales. Se indicarán, asimismo, los ensayos y mediciones que se llevarán a cabo sobre las unidades de obra terminadas, señalándose las tolerancias.

Los ensayos y pruebas verificadas durante la ejecución de los trabajos, no tienen otro carácter que el de simples recepciones provisionales. Por consiguiente, la admisión de materiales o de unidades de obra, que en cualquier forma o momento se realice, no exonera de la obligación que el Contratista contrae de garantizar la obra hasta la recepción definitiva de la misma.

En el montaje se emplearán herramientas no cortantes para evitar que puedan dañar el aluminio o galvanizado de los cables y herrajes. Se prohíbe golpear los bulones o tornillos para que entren en sus orificios respectivos. Todos los tornillos quedarán bien apretados para evitar que se aflojen.

El personal del Contratista deberá usar todos los dispositivos, herramientas y prendas de seguridad exigidos, tales como: casco, guantes de montador, cinturón de seguridad, pértiga, banquetas aislantes, etc., pudiendo el Ingeniero-Director suspender los trabajos si estima que dicho personal está expuesto a peligros que son corregibles.

### **2.2 TRABAJOS Y FASES A EJECUTAR**

Los trabajos a los que se refieren son los siguientes:

1. Pistas y Accesos.
2. Suministro, transporte, almacenamiento y acopio a pie de obra de los materiales.
3. Replanteo de los apoyos y comprobación de perfil.
4. Explanación.
5. Excavación.
6. Hormigonado de las cimentaciones de los apoyos.
7. Instalación de apoyos.
8. Tomas de tierra.
9. Instalación de conductores.
10. Instalación de cables de tierra.
11. Placas de peligro de muerte y numeración de apoyos.



En el caso de que puedan existir trabajos y fases de ejecución distintos a los enumerados, se especificarán especialmente en el Contrato de Adjudicación de la obra.

### **2.2.1 Pistas y accesos**

Bajo ningún concepto, el Contratista iniciará la ejecución de las pistas y accesos, para el transporte de los materiales, para la circulación de vehículos, maquinaria de tendido, etc., sin la previa autorización del Ingeniero-Director. Cuando éste autorice la realización de los caminos correrá a cargo del Contratista:

- La obtención de los permisos para su ejecución y la indemnización que hay lugar por los mismos.
- Todos los daños que se ocasionen por motivo de la apertura de los caminos.
- La maquinaria, herramientas, suministro de explosivos, autorización para el empleo de los mismos y cuantos elementos se juzguen necesarios para la mejor ejecución de dichos caminos.

La maquinaria móvil que se utilice deberá disponer de los requisitos legales en vigor poniendo especial atención en: bocinas de advertencias, alarma contra el retroceso, freno de emergencia, espejos retrovisores, sistemas de luces, cabinas o techo anti-vuelco y tapas de seguridad en los tanques de combustible hidráulico.

Siempre deberán estar colocados en las máquinas que estén trabajando, o en disposición de hacerlo, las cubiertas del motor, los protectores del cárter y los protectores de rodillo en las máquinas de cadenas.

El manejo y utilización de las distintas máquinas deberá ser realizado por persona competente y cualificada.

Quedará prohibido el transporte de personas en las cabinas, estribos, escalerillas, cucharas, etc. No se llevará en las máquinas envases o materiales sueltos. Lo mismo en la carga como en la descarga de materiales en las que tengan que intervenir varios operarios, esta operación estará dirigida por una persona responsable, designada por el Contratista.

En la realización de estos caminos deben respetarse las siguientes medidas correctoras:

- Evitar causar daño o la muerte a cualquier ejemplar de reptil o ave.
- Utilizar como localización preferentemente de los caminos, los lomos, mesas o altos y en general, las zonas más llanas, evitando su apertura en laderas de fuerte pendiente. Cuando esto último sea inevitable los caminos deberán seguir la dirección de las curvas de nivel.
- Se procurará para los obligados accesos una sola rodada de camión reduciéndose al mínimo la anchura de los caminos y el tamaño de los desmontes y terraplenes.

- Remodelar la topografía alterada de modo que se ajuste lo más posible a las formas naturales del terreno.
- Retirada de tierras sobrantes a vertederos autorizados.
- Redondear los taludes, en planta y alzado, evitando aristas y superficie totalmente planas.
- Conseguir la revegetación de los taludes de los caminos con una distribución y especies similares a las del entorno, por medios naturales aplicando las técnicas oportunas.
- Retirar previamente la capa de tierra vegetal, cuando exista, en los terrenos en que se vayan a realizar movimientos de tierra, almacenarla convenientemente y extenderla posteriormente sobre los terrenos.
- Extremar las precauciones para no alterar localmente la red de drenaje en la apertura de caminos, lo que además de asegurar su duración y estabilidad evitará que se fomenten procesos erosivos que puedan dar lugar a cárcavas y barrancos. Para ello se aconseja la colocación de obras de drenaje convenientemente dimensionadas que restablezcan los drenajes naturales que sea preciso modificar, así como disponer las medidas oportunas (cunetas, desagües, etc.) que eviten la concentración puntual de la escorrentía superficial en los caminos, sobre todo en las zonas en pendiente, lo que puede ser causa de abarrancamiento.
- Mentalizar a los operarios que intervengan en las tareas propias de la apertura de caminos, de la importancia de minimizar las alteraciones sobre la vegetación de la necesidad de respetar los ejemplares y el hábitat de la fauna presente en la zona de trabajo. El Contratista se hará cargo de los fuegos, caza furtiva, etc., que efectúen los operarios al pasar por los montes y cotos de caza.
- La prohibición de abandonar residuos de cualquier tipo como hormigón, envoltorio de cigarrillos, cascotes de cerveza, refrescos, etc., restos de comidas, árboles secos, etc., y toda clase de objetos no inherentes al estado natural del medio.

### **2.2.2 Suministro, transporte, almacenamiento y acopio a pie de obra**

Los materiales de acopio anticipado, es decir, aquellos materiales que por no encontrarse existencia en el mercado local, es necesario adquirirlos antes de empezar los trabajos, serán suministrados normalmente por la Propiedad. En caso de que fuera el Contratista el suministrador de todos o parte de ellos, se especificará esta premisa con toda claridad en el Contrato de Adjudicación de las obras.

Los materiales de acopio en el momento de la construcción de la línea, es decir, aquellos materiales que por su reducido plazo de acopio, pueda considerarse su adquisición como simultánea a su empleo, serán suministrados normalmente por el Contratista. En caso de que todos o parte de ellos fuesen suministrados por La Propiedad, se especificará esta premisa con toda claridad en el Contrato de Adjudicación de las obras.

Cuando el Contratista sea el que suministre los materiales, cuidará de su carga y transporte desde Fábrica o Puerto a sus almacenes. Estos transportes serán por cuenta del Contratista, siendo responsable de cuantas incidencias ocurran a los mismos hasta la recepción definitiva de la obra. En el caso de que entre estos materiales estén incluidos los apoyos, y si en el momento del acopio se observase la falta de algunas barras, éstas se podrán suplir provisionalmente con la previa autorización del Ingeniero-Director hasta que se disponga de las barras originales. Esta sustitución provisional no es extensiva a cartelas y elementos de unión.

Los materiales que sean suministrados por el Contratista deberán ajustarse a los tipos, marca y características técnicas que se indican en el presente proyecto, siendo responsable el Contratista de que esto se cumpla. En caso de su incumplimiento, el Ingeniero-Director dictará orden de retirar dichos materiales.

El programa de estas recepciones deberá obrar en poder del Ingeniero-Director con la debida anticipación, para poder observar el acopio del mismo, prestando especial atención a las condiciones exigidas en el presente proyecto. El importe de todos los ensayos y pruebas de los materiales aportados por el Contratista será por cuenta del mismo.

El Contratista será responsable de todos los materiales entregados, debiendo sustituirlos por su cuenta si las pérdidas o inutilizaciones superan las tolerancias que se fijan a continuación:

Conductores y cables de tierra	2%
Aisladores	1%
Herrajes	1%
Tornillos, arandelas, etc.	2% del nº de tornillos.
Perfiles, Angulares, Chapas y Cartelas	2% del nº piezas por torre

Para el conductor se tomará como cantidad necesaria la suma de la longitud real de conductor aislado, más los trozos que se hayan tendido que cortar por indicación del Ingeniero-Director.

Los materiales que suministre la Propiedad quedarán situados en uno o más almacenes, cuyo emplazamiento e indicación de los materiales que van a contener se especificarán al Contratista. En este caso los transportes de fábrica a almacenes serán de cuenta de la Propiedad.

Los materiales serán entregados al Contratista en perfecto estado de conservación. Las entregas podrán ser totales o parciales según se convenga.

El Contratista, a partir de la entrega de los materiales, tendrá a su cuenta y riesgo los gastos de carga, transporte, vigilancia y almacenamiento posterior.

La propiedad de los materiales entregados al Contratista, seguirá siendo de la Propiedad y aquel los recibirá con carácter de depósito.

Al hacerse cargo del material, el Contratista comprobará el estado del mismo, siendo a partir de este momento responsable de todos los defectos y pérdidas que sufra. Si descubriese el Contratista algún defecto o falta en el material retirado, deberá presentar inmediatamente por escrito la reclamación para que sea comprobada por el Ingeniero-Director, el cual lo notificará por el mismo medio a la Propiedad.

La Propiedad podrá exigir del Contratista, que tenga en Compañía Aseguradora de reconocida solvencia, póliza contra robo y avería en transporte y montaje del material entregado.

Las maniobras de carga y descarga se realizarán siempre con grúa. La carga se estibarán de forma que no se produzcan deformaciones permanentes en las barras ni daño en el galvanizado.

El Contratista cuidará que las operaciones de carga, transporte y descarga de los materiales se efectúen sin que éstos sufran golpes, roces o daños que puedan deteriorarlos. Por ello se prohíbe el uso de cadenas o estobos metálicos no protegidos.

En el apilado no se permitirá el contacto del material con el terreno utilizando para ello tacos de madera.

Los aisladores no se podrán apilar en sus embalajes en más de seis cajas superpuestas, su transporte se hará siempre bien embalado y con el debido cuidado en atención a su fragilidad.

Las bobinas se descargarán siguiendo lo expuesto en el 1<sup>er</sup> COMPLEMENTO a la Norma NUECSA 00.7-24A (NI-57) "Procedimiento para la Manipulación y Transporte de Bobinas de Madera".

El Contratista al término o paralización de la obra queda obligado a colocar en los almacenes de la Propiedad y por su cuenta, todo el material sobrante, debidamente clasificado. Todos los materiales que no sean chatarra recuperable como son las bobinas, embalajes, postes de hormigón o madera (no reutilizables) y en general todo tipo de material que puede afectar al MEDIO AMBIENTE, deberá depositarse en un VERTEDERO AUTORIZADO, debiendo entregar el Contratista al Ingeniero-Director copia del recibo de lo pagado al vertedero como justificante de su cumplimiento.

### **2.2.3 Replanteo de los apoyos y comprobación de perfil**

El replanteo de los apoyos será realizado por un topógrafo especializado en los estudios topográficos de líneas aéreas a cargo del Contratista, y en presencia del Ingeniero-Director o persona delegada, a partir de los planos de planta, perfil y características propias de cada apoyo entregados por la Propiedad. Con antelación suficiente, deberá comunicársele al Ingeniero-Director, la fecha en que se iniciará el replanteo, así como el topógrafo designado por el

Contratista para efectuarlo. Este topógrafo vendrá provisto de los útiles necesarios para realizar el replanteo y estaquillado, así como de personal que sea preciso.

Una vez finalizados el replanteo y estaquillado de la línea, el Ingeniero-Director y el Contratista firmarán el ACTA DE REPLANTEO, que supone el conocimiento exacto por el Contratista del trazado de la línea, situación de las estaquillas y todos los detalles necesarios para su ejecución, haciéndose cargo a partir de ese momento de todas las estaquillas o banderas colocadas.

La reposición de las estaquillas desaparecidas desde la firma del ACTA DE REPLANTEO hasta el comienzo de la apertura de hoyos, será por cuenta del Contratista.

Los apoyos deben quedar replanteados de la siguiente forma:

- **Apoyos de alineación** (Monobloques y patas separadas).
- Quedará definidos como mínimo, por una estaquilla central que indicará la proyección de eje vertical del apoyo y cuatro más que estarán, dos alineadas en la dirección de la línea y dos en la dirección perpendicular.
- **Apoyos de ángulo** (Monobloques y de patas separadas)
- Los apoyos de ángulo se replantarán mediante cinco estaquillas que se dispondrán en cruz, dos de ellas según la dirección de la bisectriz del ángulo que forma la línea y otras dos en la perpendicular a ella, pasando por la estaquilla central que indicará la proyección del eje vertical de apoyo.
- **Apoyos de anclaje y fin de línea** (Monobloque de patas separadas)

Se replantarán igual que los apoyos de alineación.

En apoyos de patas separadas, a partir de la cota de la estaquilla central, que se considerará como cota cero, el topógrafo en función de la conicidad del apoyo obtendrá las correspondientes a los centros de las excavaciones de las 4 patas del apoyo con cuyos datos el Contratista cumplimentará el correspondiente Parte de Cimentaciones de Apoyos. A partir de este documento el Contratista realizará las explanaciones, recrecidos de hormigón y de anclajes a realizar en cada apoyo.

Este documento se firmará por el Ingeniero-Director y el Contratista y no se admitirán modificaciones o certificaciones, en este concepto, que se aparten del replanteo primitivo, salvo que taxativamente, y por escrito, el Ingeniero-Director los ordene.

El replanteo de los apoyos deberá servir también para comprobación del perfil. Por lo tanto se deberán tomar los puntos necesarios para efectuar dicha comprobación. En caso de existir diferencias entre el plano de perfil y el terreno, el Ingeniero-Director ordenará la obtención del nuevo perfil sobre el que se estudiarán las posibles variaciones de la línea.

En caso de que al realizar explanación se desplazase o moviese alguna de las estaquillas que definían el apoyo será preciso volver a realizar el replanteo del mismo según lo descrito anteriormente.

Se tendrá especial atención con los aparatos, miras, cintas, etc., que puedan entrar en contacto con líneas eléctricas de sus proximidades. Se deben cumplir en todo momento las reglamentarias distancias de seguridad.

Los caminos, pistas, sendas que sean utilizadas, cumplirán lo siguiente:

- Serán lo suficientemente anchos para evitar roces y choques con ramas, árboles, piedras, etc.
- No favorecerán las caídas o desprendimientos de las cargas que transporte vehículos.
- Las pendientes o peraltes serán tales que impidan las caídas o vuelcos de vehículos.

#### **2.2.4 Explanación**

La explanación comprende la excavación a cielo abierto con el fin de dar salida a las aguas y nivelar la zona de cimentación, para la correcta ubicación del apoyo según los datos suministrados por el Parte de Cimentación del apoyo, comprendiendo tanto la ejecución de la obra como la aportación de la herramienta necesaria, el suministro de explosivos, la autorización para el empleo de los mismos y cuantos elementos se juzguen necesarios para su mejor ejecución, así como la retirada de tierras sobrantes.

Se tendrán presentes las siguientes instrucciones:

- En terrenos inclinados se efectuará una explanación del terreno, al nivel correspondiente a la estaca central, en las fundaciones monobloques. Como regla general se estipula que la profundidad de la excavación debe referirse al nivel inferior.
- En el caso de apoyos con fundaciones independientes y desniveladas, se hará igualmente una explanación del terreno al nivel de la estaca central, pero la profundidad de las excavaciones debe referirse a la cota inferior de cada una de ellas. Esta explanación será definida por el Ingeniero-Director según lo especificado en el apartado "*Replanteo de los apoyos y comprobación de perfil*" del presente Pliego de Condiciones Técnicas, y se prolongará como mínimo 1 metro por fuera de la excavación, rematándose después con el talud natural de la tierra circundante, según las Tablas adjuntas, con el fin de que las peanas de los apoyos no queden recubiertas de tierra.

**TABLA DE ÁNGULOS DE INCLINACIÓN Y PENDIENTES DE LOS TALUDES**

NATURALEZA A DEL TERRENO	EXCAVACION EN TERRENO VIRGEN O TERRAPLENES HOMOGENEOS MUY ANTIGUOS			
	TERRENOS SECOS		TERRENOS INMERSOS	
	Angulo con Horizontal	Pendiente	Angulo con Horizontal	Pendiente
<i>Roca dura.</i>	80°	5/1	80°	5/1
<i>Roca blanda o fisurada.</i>	55°	7/5	55°	7/5
<i>Restos rocosos, pedregosos, derribos, etc.</i>	45°	1/1	40°	4/5
<i>Tierra fuerte (mezclada de arena y arcilla) mezclada con piedra y tierra vegetal.</i>	45°	1/1	30°	3/5
<i>Grava, arena gruesa no arcillosa.</i>	35°	7/10	30°	3/5
<i>Arena fina no arcillosa.</i>	30°	3/5	20°	1/3

NATURALEZA DEL TERRENO	EXCAVACION EN TERRENO REMOVIDO RECIENTE O TERRAPLENES RECIENTES			
	TERRENOS SECOS		TERRENOS INMERSOS	
	Angulo con Horizontal	Pendiente	Angulo con Horizontal	Pendiente
<i>Roca dura.</i>				
<i>Roca blanda o fisurada.</i>				
<i>Restos rocosos, pedregosos, derribos, etc.</i>	45°	1/1	40°	4/5
<i>Tierra fuerte (mezclada de arena y arcilla) mezclada con piedra y tierra vegetal.</i>	35°	7/10	30°	3/5
<i>Grava, arena gruesa no arcillosa.</i>	35°	7/10	30°	3/5
<i>Arena fina no arcillosa.</i>	30°	6/10	20°	1/3

- Las explanaciones definitivas deben quedar con pendientes adecuadas (no inferiores al 5%) como para que no se estanquen aguas próximas a las cimentaciones. Se respetarán las medidas correctoras definidas en el apartado "Pistas y accesos.", del Presente Pliego de Condiciones Técnicas.

### **2.2.5 Excavación**

La excavación propiamente dicha para los macizos de las fundaciones de los apoyos comprende, además de la apertura de hoyos en cualquier clase de terreno, la retirada de tierras sobrantes, el allanado y limpiado de los terrenos circundantes al apoyo, el suministro de explosivos, agotamiento de aguas, entibado, empleo y aportación de la herramienta necesaria y cuantos elementos se juzguen necesarios para su correcta ejecución.

Las dimensiones de las excavaciones se ajustarán a las indicadas en los Partes de Cimentación de apoyos, corriendo los excesos a cargo del Contratista, a menos que el Ingeniero-Director, considere oportuno el aumento de volumen de la excavación, si el terreno no corresponde al supuesto en los cálculos. En este caso se confeccionará un nuevo Parte de Cimentaciones que anulará el anterior. Si por cualquier otra causa se originase un aumento en el volumen de las excavaciones, éste será a cuenta del Contratista, certificándose solamente el volumen teórico.

Tanto los fosos de las excavaciones que estén terminadas como los que estén en ejecución, habrán de taparse con planchas de hierro o cualquier armazón de madera suficientemente rígida que impida su fácil desplazamiento y la caída de cualquier persona o animal, y encima de las mismas se colocarán piedras pesadas hasta el momento del hormigonado. Los que estén en ejecución deberán taparse de un día para otro.

Los productos sobrantes de la explanación y excavación se extenderán adaptándose a la superficie natural del terreno, siempre y cuando éstos sean de la misma naturaleza y color. En el caso de que los materiales extraídos, por su volumen o naturaleza dificulten el uso normal del terreno, se procederá a su retirada a vertedero autorizado. En cualquier caso, el Ingeniero-Director concretará la aplicación de lo anteriormente indicado.

Si a causa de la constitución del terreno o por causas atmosféricas los fosos amenazasen derrumbarse, deberán ser entibados, debiendo tomar el Contratista las medidas de seguridad necesarias para evitar el desprendimiento del terreno y que éste sea arrastrado por el agua.

En el caso de que penetrase agua en los fosos, ésta deberá ser evacuada antes del relleno de hormigón.

Cuando se empleen explosivos para la apertura de hoyos, su manipulación, transporte, almacenaje, etc., deberá ajustarse en todo a lo dispuesto en la Orden del Ministerio de Industria y Energía de 29 de Abril de 1.987 que modifica la instrucción Técnica Complementaria 10.2-01 "*Explosivos - Utilización*" publicada en el B.O.E. nº 114 de 13 de Mayo de 1.987, debiendo poseer el Contratista los permisos correspondientes de la Autoridad Competente. El Contratista deberá ajustarse en todo a las disposiciones oficiales vigentes en cada momento respecto a esta clase de trabajo.

En la excavación con empleo de explosivos, se cuidará que la roca no sea dañada debiendo arrancarse todas aquellas piedras movedizas que no forman bloques con la roca, o que no estén suficientemente empotradas en el terreno.



La compactación del terreno de relleno a realizar en las cimentaciones que requieran este procedimiento, será indicada en cada caso por el Ingeniero-Director.

En los hoyos de gran profundidad y boca de pequeño diámetro, es necesario que los operarios vayan protegidos con mascarillas de filtros adecuados.

Los compresores deberán cumplir lo dispuesto en el vigente Reglamento de Aparatos de Presión, debiéndose hacer el ajuste de su válvula de seguridad al principio de los trabajos y una revisión anual.

Cuando se trabaje simultáneamente en el interior de excavaciones la distancia mínima entre trabajadores será de 1,50 metros.

En los casos de profundidad superiores a 3 metros, el operario que excave en su interior deberá llevar un arnés tipo paracaídas con cuerda de salvamento resistente.

Terminada la excavación se procederá a la colocación de la varilla de puesta a tierra según lo estipulado en el apartado "*Tomas de Tierra*".

### **2.2.6 Hormigonado de las cimentaciones de los apoyos**

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 hoyo, el transporte y colocación de los anclajes y plantillas, así como la correcta nivelación de los mismos.

Antes de proceder al hormigonado de cualquier apoyo, y con una antelación mínima de 48 horas, el Contratista se lo hará saber al Ingeniero-Director, el cual dispondrá lo necesario para verificar las dimensiones mínimas, comprobar con un cuadro metálico la excavación y autorizar el hormigonado si procediere.

Salvo aceptación en contrario por parte del Ingeniero-Director, la ejecución de la excavación no deberá proceder al hormigonado en más de 10 días naturales, para evitar que la meteorización de las paredes de los apoyos provoque su derrumbamiento.

#### **2.2.6.1 Hormigones**

Se emplearán preferentemente hormigones fabricados en central. En cualquier caso la mezcla de los componentes del hormigón se efectuará siempre con hormigonera exceptuándose aquellos emplazamientos en que por difícil acceso o cualquier otra circunstancia haya autorización del Ingeniero-Director para realizar la mezcla a mano. En este caso, se empleará una hormigonera portátil (eléctrica o de carburante) y si el hormigón necesario para el llenado de la excavación fuese de poco volumen se autorizará hacerlo con una pastera pero nunca se autorizará hacerlo sobre una plancha de hierro ya que agua y el cemento se pierden en gran parte.

La consistencia del hormigón será blanda (asiento en el cono de Abrams 6 - 9cm, con tolerancia de  $\pm 1$ cm).

La composición normal de la mezcla será tal que la resistencia característica del hormigón sea de 20 N/mm<sup>2</sup> (HM-20) para los hormigones en masa y de 25 N/mm<sup>2</sup> (HA-25) para los hormigones armados. El tamaño máximo permitido del árido será de 40.

A efectos de normalización, tanto para la indicación en planos como en el control de suministro, la designación de las propiedades del hormigón tendrá el siguiente formato:

T - R/C/TM/A

Siendo:

**T:** Indicativo que será, HA para el hormigón armado y HM para el hormigón en masa.

**R:** Resistencia característica especificada en N/mm<sup>2</sup>.

**C:** Letra inicial del tipo de consistencia.

**TM:** Tamaño máximo del árido.

**A:** Designación del ambiente.

Por lo que, salvo indicación en contra en el Proyecto o del Ingeniero-Director, el hormigón exigido tendrá la siguiente designación:

HM - 20 / B / 40 / I (Hormigones en masa)

HA - 25 / B / 40 / I (Hormigones armados)

Cemento: Portland P-350

El Ingeniero-Director podrá exigir certificado de la Planta de Hormigonado de donde proceda el hormigón, del cumplimiento de las Normas UNE citadas e incluso tomar muestras de dicho hormigón y de sus componentes según las Normas UNE correspondientes. En todos los casos se presentará en obra la Hoja de Suministro de la planta.

#### 2.2.6.2 Puesta en obra del hormigón

Antes de verter el hormigón deberá limpiarse la excavación de materiales desprendidos de las partes superiores.

Caso de existir agua en los hoyos, la operación de vaciado se realizará tomando las precauciones adecuadas para no causar daños a terceros.

La operación de hormigonado no se comenzará a menos que, por la cantidad de hormigón disponible, tengamos la seguridad de que el inicio o último estribo superior del anclaje (cuando disponga de más de uno) vaya a quedar cubierto con una capa de 40 cm.

Antes de hormigonar, el Contratista está obligado a disponer en el lugar de hormigonado de las varillas precisas para poder afrontar cualquier situación de emergencia.

Salvo en casos de circunstancias especiales no se realizarán labores de hormigonado en ausencia de luz diurna, considerándose como tal la comprendida desde una hora después de la salida del sol y una hora antes de su puesta.

El tiempo límite transcurrido entre la adición del agua al cemento y su descarga total deberá ajustarse a lo recomendado en la "Instrucción del Hormigón Estructural" (EHE). En ningún caso dicho tiempo será superior a una hora y media. Toda masa que sobrepase dicho tiempo deberá ser rechazada.

Si por alguna circunstancia se prevé que el tiempo límite no se puede respetar, se pondrá en conocimiento del Ingeniero-Director para la adopción de las medidas adecuadas.

En el vertido del hormigón, incluso cuando se realice mediante conducciones adecuadas se adoptarán las debidas precauciones para que no se produzca la disgregación de la mezcla ni el desplazamiento de los anclajes.

La compactación de los hormigones en obra se realizará mediante vibradores mecánicos adecuados hasta que aparentemente se consiga una masa homogénea ausente de huecos. Deberá vibrarse por capas como máximo 30cm de altura.

En caso de que se averíe el vibrador durante el proceso de hormigonado, se dispondrá en obra en todo momento, los procedimientos manuales adecuados para la mejor compactación. Esta solución eventual proseguirá mientras se repara el vibrador que deberá hacerse en el menor tiempo posible.

En el caso de que esto suceda se podrá continuar el hormigonado antes de las 12 horas siguientes, previas comprobación de que las superficies están suficientemente limpias y se riegan abundantemente. En caso de que este tiempo se supere, se colocarán varillas corrugadas que serán con cargo al Contratista, para unir las partes seccionadas de forma que queden embebidas 80cm como mínimo en cada una de ellas, procediendo a doblarla en la parte correspondiente cuando suceda que no es posible colocarlas rectas. Estas varillas se colocarán inmediatamente de vertida la última capa de hormigón.

Las varillas serán de 20mm de diámetro e irán colocadas en el hormigón a 15cm de la pared del hoyo formando circunferencia y separadas 50cm entre sí con un mínimo de ocho. En el caso de que por alguna circunstancia no se puedan colocar las varillas, se procederá a colocar una abundante capa de resina, previa limpieza de la superficie y comprobación de que la misma esté bien seca. Antes de volver a verter la nueva capa de hormigón se limpiará la superficie de la anterior, y se mojará con agua.

Durante el hormigonado se procederá a la colocación de tubos, que permitan el paso de los cables de puesta a tierra. Estos tubos serán rígidos, corrugados, reformados y de un diámetro interior de 36mm.

No se permitirá el hormigonado si la temperatura ambiente es inferior a 5° C.

Los pozos de hormigonado de las patas de las torres que no han sido hormigonados al finalizar la jornada de trabajo, han de quedar cubiertos, para evitar accidentes.

Si en el terreno de roca o en cualquier clase de suelo (arenas, creta, conglomerado, pizarra), y con el motivo debido al empleo de explosivos, la excavación ha dado un volumen mayor del que le corresponde, el hueco ha de ser rellenado de hormigón, y se certificará la medida teórica tanto de la excavación como del hormigonado.

#### 2.2.6.3 Encofrados

Se procurará que no haya recrecidos. En zonas ecológicas se utilizarán apoyos de patas desniveladas.

En el caso de que necesariamente se hayan de realizar recrecidos, el Ingeniero-Director entregará un plan de los mismos en el que figurarán las dimensiones del macizo de hormigón, número y tipo de hierro para la confección de la armadura y longitud de la misma. Este plano se adjunta al parte de Cimentaciones.

Todos los parámetros de los recrecidos deben tener correspondencia (la misma horizontalidad, y la misma verticalidad) y cualquiera que sea la altura resultante, las peanas tendrán la misma altura. Para recrecidos superiores a 70cm se utilizarán armaduras de acero corrugado de 25mm de diámetro con correas de 10mm cada 30cm que serán embebidas en la cimentación como mínimo 1m.

Los encofrados que se utilicen para el hormigonado de las bancadas presentarán una superficie plana y lisa de tal manera que posibiliten el acabado visto del hormigón. Como regla general, los encofrados serán metálicos salvo que el Ingeniero-Director autorice otro tipo.

Se tomarán las medidas para que al desencofrar no se produzcan deterioros en las superficies exteriores, no utilizándose desencofrantes que perjudiquen las características del hormigón. Los encofrados exteriores no se retirarán antes de 24 horas después del vertido de la última capa de hormigón.

Después de desencofrar, el hormigón se humedecerá exteriormente las veces que sea necesario para que el proceso de fraguado se realice satisfactoriamente, con un mínimo de 3 días.

Todo lo dicho para los encofrados de bancada (peanas) es extensivo para los recrecidos.

#### 2.2.6.4 Áridos

Los áridos a emplear, arenas y gravas, deben cumplir fundamentalmente las condiciones de ser válidos para fabricar hormigones con la resistencia característica exigida en la presente Norma. Existirán garantías suficientes de que no degradarán al hormigón a lo largo del tiempo y posibilitarán la manipulación del hormigón de tal manera que no sea necesario incrementar innecesariamente la relación agua/cemento. No se podrá utilizar ningún árido sin que haya sido

examinado y aprobado previamente por el Ingeniero-Director. No se emplearán en ningún caso áridos que puedan tener piritas o cualquier tipo de sulfuros.

Las cantidades máximas de sustancias perjudiciales que podrán contener los áridos serán las siguientes:

	CANTIDADES MAXIMAS EN % SOBRE EL PESO TOTAL DE LA MUESTRA	
	ARENA	ARIDO GRUESO
Terrones de arcilla	1.00 %	0.25 %
Partículas blandas		5.00 %
Finos que pasan por el tamiz 0.080	5.00 %	1.00 %
Material retenido por el tamiz 0.063 y que flota en un líquido de peso específico 2	0.50 %	1.00 %

#### 2.2.6.5 Arenas

Se consideran como arenas los áridos que pasan por un tamiz de 4mm de luz de malla. Las arenas podrán proceder de cantera natural, de barranco o de machaqueo. En el caso de utilizar arenas de mar, deberán ser lavadas previamente. No se utilizarán arenas que tengan una proporción de materia orgánica en cantidad suficiente para producir un color más oscuro que la muestra patrón.

#### 2.2.6.6 Grava o árido grueso

Se consideran como gravas los áridos retenidos por un tamiz de 4mm de luz de malla. El coeficiente de forma no debe ser inferior a 2.

#### 2.2.6.7 Cemento

El cemento utilizado será del tipo Portland P-350 pudiéndose utilizar el PUZ-350, bajo autorización del Ingeniero-Director.

Si por circunstancias especiales se estimara necesaria la utilización de aditivos o cementos de características distintas a los mencionados, será por indicación expresa del Ingeniero-Director o a propuesta del Contratista, debiendo ser en este último caso aceptada por escrito por parte del Ingeniero-Director.

#### 2.2.6.8 Agua

El agua utilizada será procedente de pozo, galería o potabilizadoras, a condición que su mineralización no sea excesiva. Queda terminantemente prohibido el empleo de agua que proceda de ciénagas o esté muy cargada de sales carbonosas o selenitosas así como el agua de mar.

Tolerancias de aniones y cationes: Deberán rechazarse todas las que tengan un pH inferior a 5, las que posean un total de sustancias disueltas superior a los 15gramos por litro (15.000ppm.)

aquellas cuyo contenido en sulfato, expresado en  $\text{SO}_4$ , rebase un gramo por litro (1.000ppm.) las que contengan ión cloro en proporción superior a 6gramos por litro (6.000ppm.), en las que se aprecien hidratos de carbono y las que contengan sustancias orgánicas solubles en éter, en cantidad igual o superior a 15 gramos por litro (15.000ppm.).

#### 2.2.6.9 Cimentaciones para apoyos metálicos de bases empotradas (monobloques)

##### 2.2.6.9.1 Sin utilización de plantillas de hormigonado

- Se echará primeramente una capa de hormigón del espesor indicado en los planos facilitados por el fabricante, según el tipo de apoyo, de manera que teniendo el apoyo una base firme, limpia y nivelada, se conserve la distancia marcada en el plano desde la superficie del terreno hasta la capa de hormigón mencionada.
- Al día siguiente, y sobre la base de hormigón, se colocarán y nivelarán los anclajes o el primer tramo del apoyo metálico, según el caso, quedando prohibido el hormigonado con el apoyo totalmente armado.
- Se colocará el o los tubos precisos para enhebrar los circuitos de tierra, según lo especificado en el apartado “*Tomas de Tierra*” de Presente Pliego de Condiciones Técnicas.
- A continuación se procederá al vertido, vibrado y compactado del hormigón en el foso, según lo indicado en el epígrafe correspondiente a las “CARACTERÍSTICAS DE LOS COMPONENTES Y EJECUCIÓN DE LOS HORMIGONES”.

##### 2.2.6.9.2 Con utilización de plantillas de hormigonado

- Se colocará la plantilla sobre el foso con los anclajes debidamente situados, y será emplazada y nivelada adecuadamente, comprobando diagonales y longitudes de cara así como la correcta instalación con las marcas de línea y contralínea, fijándola al terreno a continuación, de modo que no pueda sufrir movimiento.
- Se colocará el o los tubos precisos para enhebrar los circuitos de tierra, según lo especificado en el apartado “*Tomas de Tierra*” de Presente Pliego de Condiciones Técnicas
- A continuación se procederá al vertido, vibrado y compactado del hormigón en el foso, según lo indicado en el epígrafe correspondiente a las “CARACTERÍSTICAS DE LOS COMPONENTES Y EJECUCIÓN DE LOS HORMIGONES”, comprobándose el número de veces necesarias la correcta colocación de la plantilla y de los anclajes.
- Una vez relleno el foso, la plantilla no podrá tocarse ni desmontarse hasta pasadas 48 horas como mínimo de la terminación del hormigonado; se quitará entonces con el

suficiente cuidado para que los anclajes no agrieten el hormigón ni queden huecos entre ambos.

- En los recrecidos se cuidará de la verticalidad y horizontalidad de los encofrados, y que éstos no se muevan durante el relleno. Estos recrecidos se realizarán de forma que las superficies vistas queden bien terminadas.
- El hormigón de la peana exterior al terreno, además de tener la misma composición que el resto de la cimentación, debe llegar hasta el borde inferior del empalme de anclaje con la torre para evitar que el extremo superior de los anclajes y del hormigón pueda trabajar a flexión.

#### 2.2.6.10 Tolerancias en las cimentaciones

- El error máximo admisible en la distancia entre testas de anclaje en el sentido de la línea será  $\pm 0,1\%$ .
- El error máximo admisible en la distancia entre testas de anclaje en el sentido transversal a la línea será de  $\pm 0,1\%$ .
- El error máximo admisible en la distancia entre testas de anclaje en el sentido diagonal del cuadrilátero formado será de  $\pm 0,15\%$ .
- El error máximo admisible en la nivelación de las testas de cada uno de los anclajes será de  $\pm 0,05\%$  de la distancia entre dichas testas.
- Respecto a los ejes de los hoyos, el máximo error admisible es de 100mm en el centrado de los anclajes.
- Se respetará el emplazamiento de los apoyos en la traza de la línea referido a la estacilla central y no se admitirán variaciones en la orientación de sus caras (giros) respecto al eje de la traza de la línea superiores al primer centesimal de las distancias de los anclajes a los ejes de replanteo de los apoyos.
- Los anclajes se fijarán de forma adecuada, para que no sufran desplazamientos durante el vertido del hormigón.
- Los elementos de fijación de los anclajes no podrán ser retirados antes de cumplirse las 24 horas del vertido del hormigón en los hoyos.
- Cualquier error superior a los indicados será corregido por la Contrata corriendo por su cuenta todos los gastos. El Contratista asumirá los costos extras que pudieran originarse, incluidos los gastos en que puedan incurrir los contratistas de izado.
- En todo caso, las tolerancias de las cimentaciones serán tales que, una vez instalado el apoyo, previo el tendido de los conductores, este quede vertical, admitiéndose una

desviación máxima del 0,2%, de la altura total del apoyo, tanto en el sentido de la línea como en contralínea.

#### 2.2.6.11 Control de calidad

El control de calidad del hormigón se extenderá especialmente a su consistencia y resistencia, sin perjuicio de que se compruebe el resto de las características de sus propiedades y componentes.

#### 2.2.6.12 Control de consistencia

La Consistencia del hormigón se medirá por el asiento en el cono de Abrams, expresada en número entero de centímetros. El cono deberá permanecer en la obra durante todo el proceso de hormigonado.

Para verificar este control se tomará una muestra de la amasada a pie de obra realizándose con la misma el ensayo de asentamiento en cono de Abrams.

Si el asentamiento está fuera de los límites reseñados incluidas las tolerancias, se procederá a tomar dos nuevas muestras de forma inmediata, después de un breve batido de toda la masa. Si los dos últimos valores del ensayo están comprendidos entre los valores de aceptación, la amasada se dará por buena. En caso contrario la amasada completa será rechazada y el vehículo que realiza el transporte no podrá suministrar más hormigón durante ese día.

El Ingeniero-Director podrá realizar este control en cada una de las amasadas que se suministran.

#### 2.2.6.13 Control de resistencia

Se realizará mediante el ensayo en laboratorio oficialmente homologado de un número determinado de probetas cilíndricas de hormigón de 15cm de diámetro y 30 cm de altura las cuales serán ensayadas a compresión a los 28 días de edad. Las probetas serán fabricadas en obras y conservadas y ensayadas según Normas UNE.

Salvo indicación en contra del Ingeniero-Director, es indispensable extraer 4 probetas por apoyo. En caso de que el volumen de hormigón vertido en el apoyo supere los 18 m<sup>3</sup>, se extraerá un juego de probetas por cada 18 m<sup>3</sup> o fracción.

La resistencia estimada se determinará según los métodos e indicaciones preconizados de la "Instrucción de Hormigón estructural (EHE)" en vigor para la modalidad de "Ensayos de Control Estadístico del Hormigón".

La toma de muestras, conservación y rotura serán por cuenta del Contratista debiendo este presentar al Ingeniero-Director los resultados mediante Certificado de un Laboratorio Oficial y Homologado. Si la resistencia estimada fuese inferior a la resistencia característica fijada, el Ingeniero-Director procederá a realizar los ensayos de información que juzgue convenientes y de acuerdo con los resultados obtenidos, adoptará la determinación que considere más adecuada corriendo todos los gastos producidos por cuenta del Contratista.



Realizados los ensayos de una serie de probetas tendremos, llamando  $X_1, X_2, \dots, X_8$  a los valores obtenidos, los valores medios siguientes:

$$\text{Amasada A} = (X_1 + X_2 + X_3 + X_4) / 4 = X_A$$

$$\text{Amasada B} = (X_5 + X_6 + X_7 + X_8) / 4 = X_B$$

Estos dos ensayos nos permitirán aplicar la tabla 88.4 b de la Instrucción EHE para  $N=2, K=0,88$ , debiendo cumplirse que:

la resistencia estimada  $F_{est.} = K_n \cdot X$  (siendo  $X$  el valor más bajo de  $X_A$  y  $X_B$ )  $\geq 175 \text{ kp/cm}^2$ .

Se efectuará el número de ensayos de información a juicio del Ingeniero-Director.

#### 2.2.6.14 Ensayos a realizar con las gravas, las arenas y el agua

Cuando no se aporten datos suficientes de la utilización de los áridos en obras anteriores o cuando por cualquier circunstancia no se haya realizado el examen previo del Ingeniero-Director, deberán realizarse necesariamente todos los ensayos que garanticen las características exigidas en la "Instrucción del Hormigón Estructural (EHE)" y por el presente Pliego de Condiciones.

Hace falta autorización expresa del Ingeniero-Director para eximir de los ensayos.

Si el hormigón es fabricado en una central hormigonera industrial bastará aportar el certificado del tipo de hormigón fabricado, salvo que por el Ingeniero-Director se exija expresamente los ensayos de los componentes del hormigón.

#### 2.2.6.15 Normas de seguridad específicas

El equipo de Protección personal utilizado deberá constar de casco de barboquejo, guantes de cuero y botas de seguridad, debiendo estar todo el equipo homologado por el Ministerio de Trabajo.

Si hubiera que realizar barrenado, el operario deberá estar provisto de mascarilla con filtro para polvo y protectores de vista y oído.

La mínima dotación de trabajo debe ser de dos operarios con vehículo, con el fin de poderse prestar mutua ayuda en el supuesto de ocurrir algún percance.

Para evitar accidentes por alcance entre ellos de las herramientas, es aconsejable no trabajar más de un operario en el interior de cada hoyo.

La parte superior de los hoyos debe quedar libre de escombros para evitar caídas de materiales que puedan dañar a los operarios.

Para subir y bajar a los hoyos deberán utilizarse escaleras lo suficientemente largas para que su parte superior sobresalga de los hoyos como mínimo 1 m, debiendo estar homologadas.

Los motores o elementos que expulsen gases deberán tener el escape orientados de forma que los mismos no se acumulen en las excavaciones.

### **2.2.7 Instalación de apoyos**

En la instalación de apoyos se tendrán en cuenta las siguientes fases:

- Recepción.
- Transporte.
- Acopio.
- Clasificación.
- Armado.
- Izado.
- Apretado y graneteado.
- Maquinaria y herramienta auxiliar.
- Control de Calidad.
- Normas de Seguridad Específicas.

#### **2.2.7.1 Recepción**

Caso de que los apoyos sean suministrados por la Propiedad, además de tener en cuenta lo expuesto en el apartado “*Suministro, transporte, almacenamiento y acopio a pie de obra*” del presente Pliego de Condiciones Técnicas Particulares, ésta facilitará al Contratista el “Packing List” de los mismos con relación de bultos y contenido de cada uno de ellos, teniendo que comprobar el Contratista que el material recibido está de acuerdo con el citado “Packing List”.

#### **2.2.7.2 Transporte**

Se tendrá en cuenta lo expuesto en el apartado “*Suministro, transporte, almacenamiento y acopio a pie de obra*” del presente Pliego de Condiciones Técnicas Particulares.

Los caminos de acceso a los puntos de emplazamiento de los apoyos, serán los mismos que sirvieron para desarrollar las actividades precedentes. Cualquier alteración será propuesta al Ingeniero-Director para su aceptación, si es que procede.

#### **2.2.7.3 Acopio**

Se tendrá en cuenta lo expuesto en el apartado “*Suministro, transporte, almacenamiento y acopio a pie de obra*” del presente Pliego de Condiciones Técnicas Particulares.

Las torres se acopiarán a obra de acuerdo con la Propiedad con antelación suficiente y en consonancia con el ritmo de izado, evitando que estén en el campo excesivo tiempo sin ser utilizadas. Los tornillos se acopiarán a medida que se vayan a utilizar.

#### **2.2.7.4 Clasificación**

Para la clasificación se utilizarán los planos y listas que la Propiedad facilitará al respecto, realizándola con la previsión suficiente para no interrumpir los trabajos del armado e izado, debiéndose comunicar las posibles faltas o defectos con al menos quince días de antelación.

#### 2.2.7.5 Armado

##### 2.2.7.5.1 Consideraciones Previas

No se podrá realizar modificación alguna en las barras y cartelas (corte de ingletes, talados, etc.) ni sustitución de materiales, sin el consentimiento previo del Ingeniero-Director. Cualquier modificación, bien sea en cartelas o angulares, deberá ser expresamente autorizada por el Ingeniero-Director. La parte modificada deberá protegerse de la oxidación mediante la aplicación de la correspondiente pintura del tipo Frigalván.

Las barras de los apoyos deberán ser comprobadas a pie de obra antes de ser montadas con objeto de asegurarse de que no han sufrido deformaciones y torceduras en el transporte, debiendo procederse a su corrección o desecharlas en el caso de que esto haya ocurrido.

No podrán ser utilizados en obra sin autorización expresa del Ingeniero-Director y para cada caso en particular sopletes o elementos de soldadura eléctrica u oxiacetilénica.

##### 2.2.7.5.2 Tornillería

En cada unión se utilizarán los tornillos indicados en los planos. Los tornillos se limpiarán escrupulosamente antes de usarlos, y una vez apretados, deberán sobresalir de la tuerca el mínimo necesario que nos permita garantizar un correcto graneteado. Caso de no ser así, se le comunicará al Ingeniero-Director. Como norma general, los tornillos estarán siempre orientados con la tuerca hacia el exterior de la torre, y en el caso de posición vertical (cruceas y encuadramientos), la tuerca irá hacia arriba y se comprobará exhaustivamente en estos elementos su apriete y posterior graneteado. Se prohíbe expresamente golpear tornillos en su colocación.

##### 2.2.7.5.3 Herramientas

Para el montaje sólo se emplearán como herramientas las llaves autorizadas, barrilla, el puntero y el punzón de calderero que servirá para hacer coincidir los taladros de las piezas pero sin que el uso del puntero sirva para agrandar el taladro.

Las herramientas y medios mecánicos empleados están correctamente dimensionados y se utilizarán en la forma y con los coeficientes de seguridad para los que han sido diseñados.

##### 2.2.7.5.4 Ejecución Material

El sistema de montaje de apoyo será el adecuado al tipo del mismo y se podrá realizar por el procedimiento que el Contratista considere más conveniente, pero en el caso de no ser el denominado "barra a barra" deberá ser previamente aprobado por el Ingeniero-Director.

Cuando el armado del apoyo se realice en el suelo, se realizará sobre terreno sensiblemente horizontal y perfectamente nivelado con gatos y calces prismáticos de madera a fin de no producir deformaciones permanentes en barras o tramos.

El apriete de los tornillos con la torre en el suelo será inferior al determinado como apriete final, debiendo ser el suficiente para mantener unidas las barras.

En caso de roturas de barras y rasgado de taladros por cualquier causa, el Contratista tiene la obligación de ponerlo en conocimiento del Ingeniero-Director y de proceder al cambio de los elementos.

#### 2.2.7.6 Izado

No podrán comenzar los trabajos de izado de los apoyos antes de haber transcurrido siete días desde la finalización del hormigonado de los mismos.

En todos los casos en que la estructura por su volumen o dimensiones necesite de arriostamiento para su izado, con el fin de evitar deformaciones, éste se realizará por medio de puntales de madera o elementos metálicos preparados. El Contratista utilizará para el izado, el procedimiento que estima más conveniente, dentro de los habitualmente sancionados por la práctica (con pluma y cabrestantes, con grúas, etc.), evitando causar daños a las cimentaciones y sin someter a las estructuras a esfuerzos para los que no estén diseñadas.

Cualquiera que sea el procedimiento de izado, el apriete de las barras en el armado será el adecuado para que permita a los taladros en las distintas fases del izado absorber las pequeñas diferencias que se hayan producido como consecuencia de la fabricación del apoyo y la ejecución de las cimentaciones antes del apriete final.

Una vez izado el apoyo, la falta de verticalidad del mismo no podrá ser superior a 0,2% de la altura del apoyo.

Con carácter orientativo el par de apriete final de los tornillos de calidad 5.6 será:

M-12	3.00 daN.m
M-14	4.50 daN.m
M-16	7.00 daN.m
M-18	9.50 daN.m
M-20	13.50 daN.m
M-22	18.50 daN.m
M-24	25.00 daN.m

Las partes, por ser de rosca métrica se apretarán con llave dinamométrica y a los pares de apriete recomendados para la tornillería.

#### 2.2.7.6.1 Izado con pluma

Cuando se utilice el procedimiento de izado con pluma, se hará siempre con cabrestante y a fin de evitar el pandeo de la misma, el cable de cabrestante deberá deslizarse verticalmente pegado a la pluma, colocándose en la base del apoyo, una polea de reenvío.

Se comprobará el estado de las plumas en todos sus tramos cada vez que vayan a usarse. Una vez izada la pluma, se venteará según el esfuerzo a que vaya a ser sometida, y siguiendo las instrucciones de uso para las que ha sido concebida. Se instalarán como mínimo, 3 vientos dispuestos en estrella. Todos los vientos se fijarán al terreno mediante elementos de anclaje, debidamente diseñados y ejecutados, siendo obligatorio intercalar trácteles o “pull-lifs” para su regulación.

La pluma no podrá suspenderse en el apoyo, excepto en los puntos y de la forma expresamente señalada para ello por el Ingeniero-Director quien indicará además el peso máximo entre pluma y tramo a suspender. El ángulo máximo del eje de la pluma con los estobos de fijación de la misma al apoyo no superará los 45°.

#### 2.2.7.6.2 Izado con grúa

Cuando las condiciones del terreno, de su entorno y de los apoyos a izar lo permitan, se podrán usar grúas en las operaciones de izado, con tal de que el proceso se realice con el conocimiento y aprobación previa del Ingeniero-Director.

Cuando se utilice este procedimiento, se izará el apoyo suspendiéndolo de los puntos señalados en los planos. Caso de no existir puntos específicos para esta maniobra, se estrobará por las zonas aprobadas por el Ingeniero-Director, a propuesta del Contratista, forrando convenientemente los estobos para evitar daños.

La estructura será convenientemente arriostrada en las zancas y lugares propensos a deformaciones antes del izado.

Previamente a la operación de izado, el Contratista remitirá al Ingeniero-Director un informe donde se reflejen el nombre y experiencia del gruista para este tipo de trabajo.

Salvo autorización expresa del Ingeniero-Director no se utilizarán grúas para el izado en las proximidades de elementos energizados; en cualquier caso el Contratista tomará las precauciones necesarias en evitación de accidentes. Cumpliendo en todo momento con lo dispuesto en las “Prescripciones de Seguridad y Primeros Auxilios” redactadas por la Comisión de Medicina y Seguridad en el Trabajo de UNESA y “Prescripciones de Seguridad” para Trabajos y maniobras en Instalaciones Eléctricas” de UNELCO-AMYS.

#### 2.2.7.7 Apretado y graneteado

Una vez que el Contratista haya comprobado el perfecto montaje de los apoyos, deberá proceder al repaso de los mismos, comprobando que han sido colocados la totalidad de los tornillos y realizado de forma sistemática el último apriete de los mismos y el graneteado de las tuercas de los tornillos (3 granetazos en estrella), con el fin de impedir que se aflojen. Una vez finalizado el graneteado de los tornillos y las tuercas se procederá a proteger el conjunto de la oxidación mediante pintura de tipo Frigalván.

#### 2.2.7.8 Maquinaria y herramienta auxiliar

Toda la maquinaria y herramienta a utilizar en el izado de los apoyos estará dimensionada para soportar los esfuerzos que demande de acuerdo con el tipo y altura del apoyo a izar.

- **Camión**, para el transporte y acopio de los materiales, provisto de pluma auxiliar y acompañado de grúa para las operaciones de carga y descarga.
- **Grúa**. Las grúas que se utilicen en las operaciones de izado llevarán en lugar perfectamente visible la placa de características. Deberán ser autopropulsadas, de pluma telescópica y con capacidad y altura suficiente para seguir con corrección las maniobras. Las grúas deberán ineludiblemente disponer de dispositivos de seguridad que incluya como mínimo el limitador de carga.
- **Cabrestante de izado**, elemento utilizado en la operación de izado con pluma, llevará una placa de características fijas en la que vendrán grabadas en caracteres indelebles el peso de esfuerzo útil, potencia y velocidad en los distintos desarrollos. Asimismo el Contratista dispondrá de la documentación que justifique las revisiones periódicas. El cable será de las características y longitud adecuadas y estará perfectamente fijado al extremo del tambor de arrollamiento. Su coeficiente de seguridad será de al menos 6, con relación a los pesos a manejar. Estarán dotados de un sistema de bloqueo manual que impida el movimiento accidental de la pieza elevada.
- **Plumas de izado**. Serán metálicas y los tramos abrochados con tornillería de alta resistencia.
- **Aparejo armado con cable**. Compuesto al menos de dos roldanas por cabeza y de giratorio. El número de roldanas estará en función de las cargas de trabajo.
- **Trácteles o pull-lifts**, utilizados en las operaciones de atirantado de pluma y auxiliares de construcción.
- **Eslingas, estrobos y pilotos**, los cuales deberán tener marcado o justificada su carga de trabajo.
- **Llaves para tornillería**, utilizadas para el apriete de los tornillos, será las denominadas llaves de pipa empleadas en sus dimensiones originales (sin suplemento). Para el apriete final se utilizarán llaves dinamométricas (manuales, neumáticas o eléctricas).

- **Taquímetro**, provisto de anteojo con giro azimutal, para comprobación de la verticalidad de los apoyos en sentido de línea y contra línea.
- **Uillaje diverso**. Poleas auxiliares de maniobra, con su carga de trabajo marcada; pistolas para anclaje, barrillas y punteros de montaje, granetes, gatos niveladores, calce prismáticos de madera, riostras de madera o metálicas para evitar deformaciones en el izado de las estructuras.

#### 2.2.7.9 Control de calidad

La verticalidad final del apoyo izado previo al tendido de los conductores, no tendrá una desviación superior al 0,2% de la altura del apoyo.

Los posibles defectos que se observen en el galvanizado producido como consecuencia de las operaciones desarrolladas, serán subsanados con los productos de protección adecuados, autorizados por el Ingeniero-Director, o en su caso con el cambio completo de elementos defectuosos, a cargo del Contratista.

Se dispondrá en obra de un comprobador de llaves dinamométricas.

El Contratista deberá cumplir todos los requisitos establecidos para la ejecución de los trabajos, debiendo facilitar al Ingeniero-Director el protocolo de revisión de apoyos de línea.

#### 2.2.7.10 Normas de seguridad específicas

El equipo de protección personal utilizado deberá constar de casco con barboquejo, guantes de cuero, botas de seguridad, cinturón de seguridad y paracaídas (método "línea de vida"), debiendo estar todo el equipo homologado por el Ministerio de Trabajo.

La mínima dotación de trabajo debe ser de dos operarios con vehículo, con el fin de poderse prestar mutua ayuda en el supuesto de que ocurra algún percance.

Las herramientas y medios mecánicos empleados estarán correctamente dimensionados y se utilizarán en la forma y con los coeficientes de seguridad para los que han sido diseñados.

Cuando se utilice el cabrestante en el izado estará anclado al terreno y situado a una distancia tal que no pueda ser alcanzado por la caída fortuita de la pluma o tramos de apoyo que se están izando. Deberá disponer de puesta a tierra.

Cuando para el izado se utilice grúa, las señales entre el jefe de maniobra y el gruista serán las especificadas para estos casos, debiendo figurar en el cuadro de maniobra de la grúa. La grúa se asentará en terreno firme y resistente que impida el hundimiento de los gatos hidráulicos que la sustentan, colocando cuando sea necesario, los elementos auxiliares para lograr una correcta distribución de la presión sobre el terreno y poniendo el chasis de la grúa a tierra.

#### 2.2.8 Tomas de tierra

#### 2.2.8.1 Definición de toma de tierra de los apoyos

Es el conjunto de todos los cuerpos conductores enterrados en el terreno, en contacto íntimo con éste y unidos eléctricamente a los apoyos. La toma de tierra del apoyo abarca el conjunto de la toma de tierra de cada pata y la mejora de la toma de tierra.

- **Toma de tierra del apoyo.** Es el conjunto de todos los cuerpos conductores enterrados en el terreno, en contacto íntimo con éste y unidos eléctricamente a los apoyos. La toma de tierra del apoyo abarca el conjunto de la toma de tierra de cada pata y la mejora de la toma de tierra.
- **Toma de tierra de cada pata.** Es la que se instala en cada hoyo de cimentación, bien de trate de apoyos monobloques o de cada cimentación de apoyos de patas separadas.
- **Mejora de la toma de tierra.** Es la parte de la toma de tierra formada por anillos y antenas y cuyo fin es rebajar el gradiente de potencial en las proximidades del apoyo y disminuir la resistencia de la toma de tierra del apoyo.

#### 2.2.8.2 Reglamentación y normativa aplicables

Reglamento Técnico de Líneas Eléctricas Aéreas de Alta Tensión.

##### **Normativa sobre clasificación de zonas de situación de apoyos.**

En el ámbito de esta especificación las zonas en las que pueden quedar situados los apoyos se clasifican en:

- Zonas frecuentadas (F)
- Zonas no frecuentadas (N.F.)

A continuación se define cada una de las zonas, indicando de forma concreta detalles que puedan ayudar al proyectista en su clasificación correcta.

##### **Zonas frecuentadas.**

Se consideran:

- Zonas próximas a viviendas, carreteras, caminos de servicio de los que sean titulares el Estado, entidades autónomas, entidades locales y demás personas de derecho público, o aquéllas construidas por personas privadas con finalidad análoga.
- Fuentes y pozos de utilización habitual. Zonas de huertas.
- Instalaciones agropecuarias en la proximidad de establos o edificaciones.
- Proximidad a ermitas.

##### **Zonas no frecuentadas.**



Se considerarán comprendidas en este tipo aquellas zonas que, no estando incluidas en el apartado anterior, se hallen o puedan estar sometidas a explotación agrícola o bien a explotación ganadera en terreno cercado.

## **2.2.9 Instalación de conductores**

### **2.2.9.1 Instalación de conductores desnudos**

Los trabajos comprendidos en este apartado son los correspondientes a:

- Condiciones generales.
- Colocación de cadenas de aisladores y poleas.
- Instalación de protecciones en cruzamientos.
- Tendido de los conductores y cables de tierra.
- Realización de empalmes y amarres.
- Arriostramiento vertical y horizontal de los apoyos.
- Tensado.
- Regulado y medición de flechas.
- Compensación de cadenas e instalación de grapas suspensión.
- Elementos de unión y puentes.
- Colocación de antivibradores y contrapesos.
- Control de Calidad.
- Normas de Seguridad específicas.
- Maquinaria auxiliar.

#### **2.2.9.1.1 Condiciones generales**

El Contratista proporcionará a la obra toda la herramienta, equipo y maquinaria necesaria para la correcta ejecución de los trabajos de tendido. El comienzo de los trabajos de tendido, en un cantón, será como mínimo 28 días después de la terminación del hormigonado de todos los apoyos del mismo. El plazo mencionado podrá ser reducido, con la autorización expresa y por escrito del Ingeniero-Director.

Antes del inicio de los trabajos, se hará conjuntamente por parte del Ingeniero-Director y del Contratista una revisión de cada uno de los apoyos del cantón, comprobándose que en todos se cumplen las condiciones exigidas en los apartados anteriores de este Pliego de Condiciones. No podrán iniciarse los trabajos de tendido si a algún apoyo le faltasen angulares, tornillos sin el apriete final o sin granetear.

Con anterioridad suficiente se realizará una revisión conjunta de las herramientas, útiles y maquinaria a utilizar en la ejecución de los trabajos. En caso de que el Ingeniero-Director lo considere oportuno, se realizará una prueba del equipo de tendido, herramientas y útiles a emplear.

Cualquier diferencia de longitud que el Contratista hallara al ser tendido el cable, deberá ponerlo en conocimiento del Ingeniero-Director por escrito.

#### 2.2.9.1.2 Colocación de cadenas de aisladores y poleas

Las cadenas de aisladores, tanto de suspensión, como de suspensión-cruce o de amarre tendrán la composición indicada en los planos de montaje del presente proyecto. En el plano de cadenas de amarre se reflejará el tipo de cadena a instalar. La manipulación de los aisladores y de los herrajes se hará con el mayor cuidado, no desembalándolos hasta el instante de su colocación, comprobándose si han sufrido algún desperfecto, en cuyo caso la pieza deteriorada será devuelta a almacén y sustituida por otra.

Las cadenas de aisladores se limpiarán cuidadosamente antes de ser montadas en los apoyos. Su elevación se hará de forma que no sufran golpes, ni entre ellas, ni contra superficies duras y de forma que no experimenten esfuerzos de flexión los vástagos que unen entre sí los elementos de la cadena, que podrían provocar el doblado y rotura de los mismos.

Se cuidará que todas las grupillas de fijación queden bien colocadas y abiertas.

Los tornillos, bulones y pasadores de los herrajes y aisladores una vez montados quedarán mirando hacia la torre.

#### 2.2.9.1.3 Tendido de los conductores y cables de tierra

El tendido de los cables consiste en desplegar los mismos a lo largo de la línea, pasándolo por las poleas situadas en los apoyos, las cuales se colocarán a la altura de fijación de los cables, esto es, en las cadenas de suspensión, en los apoyos de alineación, y en la punta de cruceta, en los de amarre.

Se denomina "serie" el tramo de línea comprendida entre dos apoyos de amarre entre los que se tenderá un conductor o una bobina. Una serie podrá comprender varios cantones.

Deberá comprobarse que en todo momento los cables deslizan suavemente sobre las poleas.

El Contratista elegirá los emplazamientos de los equipos de tendido y de las bobinas teniendo en cuenta la longitud de las mismas, el número y la situación de los apoyos de amarre y las prescripciones que señala el vigente Reglamento Técnico de Líneas Eléctricas Aéreas de Alta Tensión, respecto a la situación de empalmes. Con anterioridad suficiente, el Contratista presentará para su aprobación, el Plan General de Tendido, en el que se indicará, para cada serie, la ubicación de la maquinaria, bobinas, longitud de la serie, longitud de las bobinas y posible punto de empalme.

El criterio a seguir es tender bobinas completas y las combinaciones de las mismas a que diera lugar en cada serie particular, incluso su tendido parcial sucesivo o en series discontinuas, a fin de evitar en la medida de lo posible los sobrantes de cable y la realización de empalmes.

Se podrá tender más de una bobina por fase si se dispone de la suficiente potencia en la máquina de freno. En este caso la unión de ambas bobinas, durante el tendido, se realizará mediante una camisa de dos puntas o cualquier otro tipo de empalmes provisional. Queda totalmente prohibido el paso de un empalme definitivo por una polea, durante el tendido.

El cable se sacará de las bobinas mediante giro de las mismas. Este giro deberá efectuarse en el sentido impuesto por el fabricante.

Las bobinas se instalarán sobre gatos o soportes adecuados al peso y dimensiones de la misma. Estos gatos deberán disponer de elementos de nivelación mecánica y frenos adecuados para conseguir que el cable entre en la máquina de freno con tracción mecánica, evitando así que se aflojen las capas del cable en la bobina.

Las bobinas se situarán perfectamente alineadas con la máquina de freno y traza de la línea.

El despliegue de los cables se efectuará con máquina de freno, para evitar el rozamiento de los mismos con el suelo, o cualquier otro obstáculo.

Se observará el estado de los cables a medida que vayan saliendo del tambor del freno con objeto de detectar posibles deterioros.

En los conductores que se observen rozamientos o rotura de alguna vena, bien procedente de fábrica o producidos durante el tendido, se podrán utilizar varillas o manguitos de reparación, o bien un empalme completo, si respecto a su situación el Reglamento lo autoriza. En todos los casos la reparación a efectuar deberá ser aprobada previamente por el Ingeniero-Director.

La máquina de freno deberá estar convenientemente anclada al terreno mediante el suficiente número de puntos, de forma que quede asegurada su inmovilidad. Nunca podrán utilizarse los apoyos, cimentaciones o árboles para realizar el anclaje de las mismas.

Las máquinas de freno y de tiro deberán situarse a una distancia de los apoyos tal, que el ángulo que forme el cable, a la salida o llegada de las mismas, con la horizontal, no supere los 26°. En la práctica se puede decir que:

“El cabrestante o freno se situará a una distancia mínima de la torre, que sea doble de la que hay entre la cota donde se instale la máquina y la polea superior en la torre”.

Para el manejo de cada una de estas máquinas deberá disponerse como mínimo de dos operarios dotados de emisoras que comuniquen perfectamente entre ellos.

En las líneas de media tensión con una longitud inferior a 300 m, y siempre que la sección del conductor no justifique la utilización de maquinaria y quede garantizado que el conductor no rozará con algún obstáculo, podrá autorizarse el tendido sin máquina de freno, sustituyéndola por gatos

con sistema de freno efectivo. Todo lo mencionado se concederá con la autorización por escrito del Ingeniero-Director.

Durante el despliegue de los cables se situarán los operarios necesarios, provistos de emisoras, y en disposición de detener la operación de tendido de inmediato. Será necesario disponer de un operario en cada punto de cruce importante de la línea (carreteras, líneas eléctricas, obstáculos importantes, etc.).

La tracción de tendido de los conductores será, como mínimo, la necesaria para que venciendo la resistencia de la máquina de freno, puedan desplegarse los cables evitando el rozamiento con los obstáculos naturales. Como máximo, esta tracción será del 70% de la necesaria para colocar los cables a su flecha. Esta tracción deberá mantenerse constante durante el tendido de todos los conductores de la serie.

Una vez definida la tracción máxima para una serie, se colocará en ese punto el disparo del dinamómetro de la máquina de tiro y no podrá variarse el mismo sin contar con la autorización expresa del Ingeniero-Director.

Los cables pilotos empleados para ejercer la tracción sobre los cables deberán ser flexibles y antigiratorios, con una carga de rotura tal que el coeficiente de seguridad mínimo durante el tendido sea de cinco (5). La unión del piloto al conductor se realizará mediante bulones de rotación (giratorios), para compensar los efectos de torsión.

La longitud de la serie a tender vendrá limitada por la resistencia de las poleas al avance del conductor sobre ellas. En principio se puede considerar un máximo de 20 poleas por conductor y tramo, aunque este número se reducirá si existen poleas muy cargadas. No podrá iniciarse el tendido de un cable si se prevé que no podrá finalizarse en el día. No podrá detenerse la operación de tendido por un periodo mayor de dos horas. Según se vayan terminando los distintos cantones, se irá retirando el material sobrante así como las bobinas vacías de manera que éstas estorben el menor tiempo posible. Los daños producidos durante el tendido serán por cuenta del Contratista.

#### 2.2.9.1.4 Realización de empalmes y amarres

##### 2.2.9.1.4.1 *Grapas de amarre de compresión*

El Contratista en caso necesario, dispondrá para la realización de la compresión de grapas de la prensa hidráulica adecuada con sus matrices correspondientes al diámetro de los conductores.

Las grapas de compresión, deberán ser limpiadas interior y exteriormente con cepillos y baquetas adecuados, debiendo limpiar el cable con gasolina en la zona donde se realizará la comprobación. Caso de efectuarse esta operación, sobre el terreno, se instalará una lona de al menos 2 x 2 metros, sobre la que se dispondrán las piezas necesarias y el utillaje. El corte de hilos de aluminio se realizará con útil adecuado (terraja cortadora o sierra) para no dañar jamás el alma de acero.

Nunca podrá utilizarse tijeras o cizallas. Para evitar que se aflojen los hilos se colocarán unas retenciones de alambre al cable, por el punto de corte.

El proceso de ejecución es el siguiente:

- Deslizar el cuerpo de grava sobre el conductor.
- Se dejará al descubierto el alma de acero con una longitud aproximada un 20% mayor que la longitud de la caña del émbolo de la grapa.
- Para evitar la oxidación se pintará con una pasta espesa de cromato de cinc o minio de plomo y aceite de linaza, el(los) extremo(s) del alma de acero del cable, antes de entrar en el manguito de acero, y el manguito de acero después de comprimido.
- Introducir el alma de acero en la caña del émbolo, haciendo tope en el fondo de éste.
- Comprimir con la matriz adecuada al diámetro del conductor, siguiendo la dirección de las flechas grabadas en el émbolo (desde la zona ondulada hacia el conductor).
- Limpiar con cepillo cuidadosamente e impregnar con grasa selladora toda la zona que quedará cubierta con el cuerpo de aluminio.
- Deslizar el cuerpo de grapa sobre el émbolo.
- Elegir la posición del émbolo (según interese por la posición de la cadena) mediante las muescas de la pala del cuerpo y el pivote situado en la balona o tope del émbolo.
- Comprimir con la matriz indicada la zona de grapa correspondiente a las ondulaciones del émbolo, siguiendo la dirección de las flechas grabadas en el cuerpo de grapa.
- Comprimir con la misma matriz la zona de grapa correspondiente al conductor siguiendo la dirección de las flechas grabadas en el cuerpo de grapa.
- Una vez comprimido el émbolo se efectuará la medida de la distancia entre caras del hexágono resultante, que será una media de 3 medidas efectuadas entre cada pata de caras. Esta medida se comparará con la medida que viene marcada por el fabricante en dicho émbolo. Análogamente, una vez comprimido el conjunto del émbolo cuerpo grapa, se repetirá la operación anterior, pero en este caso la media se efectuará con 12 medidas de las cuales 3 de ellas se efectuarán en la zona de émbolo y el resto en la zona del conductor.

Se pondrá especial cuidado en que no se produzca embolsamiento del aluminio a la salida de la grapa. Todas las grapas comprimidas serán realizadas siempre en presencia del Ingeniero-Director, quien grabará una contraseña en la parte externa sin lo cual no podrán ser regulados los conductores. A todas las uniones atornilladas o comprimidas así como en las bocas de las grapas se aplicarán pastas y cintas antioxidantes.

### 2.2.9.2 Grapas de amarre helicoidales (Retenciones Terminales Preformadas)

En las líneas de Distribución hasta 36 kV, en los amarres se utilizarán grapas de amarre helicoidales también denominadas retenciones terminales preformadas, que basadas en el arrollamiento helicoidal de las varillas preformadas, proporcionan una fuerza de agarre radial y constante sobre el conductor, no inferior al 90% de la carga nominal de rotura del propio conductor.

#### 2.2.9.2.1 Empalmes y manguitos de separación

Todo lo indicado para las grapas de comprensión, con relación a las medidas a tomar con respecto a limpieza, corte del conductor, medidas de hexágonos, embolsamientos de aluminio, supervisión, cintas auto-oxidantes, etc., será de aplicación a la ejecución de empalmes haciendo la consideración de que para éstos se sustituirán los émbolos por manguitos y con relación a los manguitos de separación, las de limpieza, medidas de hexágonos, etc.

Durante la sustitución de los empalmes provisionales por los definitivos, la maniobra se realizará de forma que el resto del conductor se mantenga con la tracción necesaria para que no llegue a tocar en tierra.

En el caso de empalmes, se tomarán las medidas necesarias para conseguir que el manguito de acero quede perfectamente centrado respecto al de aluminio, siguiendo las instrucciones del fabricante.

#### 2.2.9.2.2 Arriostramiento vertical y horizontal de los apoyos

Antes de iniciar las operaciones de tensado, se atirantarán las torres de amarre de principio y final de la serie, siempre que no sean torres de fin de línea, en sentido de la línea y como un ángulo de los tirantes con la horizontal de 30°. Las crucetas de estos dos apoyos deberán ser atirantadas, siempre, para contrarrestar los esfuerzos verticales a los que se verán sometidas.

El resto de los apoyos de amarre de la serie se ventearán en sentido contrario al del tensor que se venga efectuando. Este atirantado puede obviarse, contando con la autorización expresa del Ingeniero-Director, siempre que se colocaran en su posición de amarre los cables de dos cantones contiguos, con su tensión mecánica en ambos lados del apoyo. Esto es, de forma que el apoyo quede con la tensión mecánica equilibrada en ambos lados. Las crucetas de estos apoyos sí deberán ser atirantadas siempre.

El atirantado, tanto horizontal como vertical, se realizará con cables de acero de sección adecuada al esfuerzo que van a estar sometidos, afectados por un coeficiente de seguridad mínimo de 5.

Cada uno de estos tirantes llevará intercalado un tráctel que permita aumentar o disminuir la tracción del tirante.

### 2.2.9.2.3 Tensado

Esta operación, posterior a la de tendido, consiste en poner a flecha aproximada los cables de la serie, previo amarre de los mismos en uno de sus extremos, por medio de las cadenas y grapas correspondientes, sin sobrepasar nunca la tensión de flecha. En caso de que la serie esté formada por más de un cantón, la tensión a la que llevará toda la serie será inferior a la menor de todos los cantones.

Las operaciones de tensado podrán realizarse con un cabrestante, tráctel o cualquier otro tipo de maquinaria o útil adecuado, que estará colocado a una distancia horizontal mínima del apoyo de tense, igual a dos veces y media la altura del mismo, de tal manera que el ángulo que formen las tangentes de entrada y salida del cable piloto a su paso por la polea no sea inferior a 150°. Todas las maniobras se harán con movimientos suaves y nunca se someterán los cables a sacudidas.

Los cables deberán permanecer sin engrapar un máximo de 48 horas, colocados en su flecha sobre poleas antes del regulado, al objeto que se produzca el asentamiento de los cables.

- ***Instrucciones para la realización del tensado.***

A cada uno de los tramos en que quede dividida la línea entre cadenas de amarre la denominaremos "cantón". Queda terminantemente prohibido tensar con las pinzas de amarre.

### 2.2.9.2.4 Regulado y medición de flechas

#### 2.2.9.2.4.1 Regulado

Una vez se haya producido el asentamiento de los cables, se procederá a la operación de regulado, que consiste en poner los cables a la flecha indicada en las Tablas de Tendido para la temperatura del cable en ese momento.

El afino de la regulación se hará con cabrestante auxiliar de mano colocado en serie con la máquina o sistema de tracción y la comprobación por medio de la flecha.

Para efectuar la operación de regulado, se divide la longitud de la línea en tramos de longitud variable, según sea la situación de los apoyos de amarre. A cada uno de estos tramos entre cadenas de amarre se le denominará "cantón".

Se denominan "Vanos de Regulación" de un cantón aquéllos en los que se ha de medir la flecha, es decir, donde se ha de efectuar la regulación de los conductores. Se elegirá como tales los de mayor longitud y menor desnivel. Los denominados como "Vanos de Comprobación" son aquellos en los que se contrastarán los errores motivado por la imperfección del sistema empleado en el reglaje, especialmente por lo que se refiere a los rozamientos habidos en las poleas.

Dependiendo de la longitud del "cantón", el perfil del terreno, y la uniformidad de los vanos, podrán establecerse los siguientes casos:

1 Vano de regulación	1 Vano de comprobación
1 Vano de regulación	2 Vanos de comprobación
2 Vanos de regulación	3 Vanos de comprobación

No debiendo quedar más de tres vanos consecutivos sin comprobar. En todo caso el Ingeniero-Director decidirá el número de vanos de regulación y de comprobación necesarios.

La operación de regulado se realizará por medio de pull-lifts o trácteles en la cruceta punto de amarre o cabrestante situado en el punto de tiro del conductor. El tensado de los conductores se efectuará con arreglo a las tablas de tendido. La longitud de los vanos y desniveles será facilitada por el Contratista de las medidas tomadas una vez instalados los apoyos.

Si existen árboles que puedan estorbar para la regulación porque los conductores descansen en ellos, en su posición normal, deben ser cortados antes de la regulación y su necesidad se preverá con el tiempo suficiente para obtener el permiso necesario.

Si en un mismo cantón se han marcado dos vanos como de regulación, ésta debe ejecutarse simultáneamente en ambos, disponiendo el Contratista de los medios de comunicación necesarios para que las órdenes de tirar, aflojar y parar lleguen al cabrestante auxiliar de mano de forma simultánea, y si a éste llegan dos órdenes contradictorias, primero se ejecutará la del punto más alejado.

#### 2.2.9.2.5 Medición de flechas

La medición de las flechas, deberá realizarse con aparatos topográficos de precisión o por el método de tablillas utilizando un teleflechas u otro dispositivo óptico similar.

Para la determinación de la temperatura, se utilizará un termómetro centesimal, instalación en un trozo de conductor o bien alojado en el mismo en sustitución del alma de acero. Se instalará el termómetro a la altura de las crucetas y si la serie tiene una longitud superior a un kilómetro, se colocarán tantos termómetros como vanos de regulación tenga, durante un tiempo mínimo de 30 minutos. Si la diferencia de temperatura entre dos puntos cualesquiera fuera de  $\pm 5^{\circ}\text{C}$  no podrá regularse.

En cualquiera de las operaciones tanto de tensado, regulado, marcado y correcciones a que diera lugar se mantendrá la instrucción anterior sobre los  $\pm 5^{\circ}\text{C}$ .

El Contratista deberá marcar las flechas correspondientes a los vanos de regulación y comprobación en la situación mencionada en el plano correspondiente como la de "Flechas sobre



poleas” para las operaciones de tensado y regulado, estableciéndose las correspondientes a “Flechas definitivas” para la comprobación final.

Cualquier variación de la Temperatura en  $\pm 5^{\circ}\text{C}$  sobre la fijada para el marcado de flechas dará lugar a la corrección de las marcas para los distintos cables de la serie en las diversas operaciones.

Las tolerancias admisibles en las medidas de las flechas de los cables para cada uno de ellos, así como respecto a la de su situación en el conjunto serán:

- ***Para cada cable independiente.***

En los vanos de la regulación y comprobación  $\pm 2\%$  de la flecha teórica con un máximo admisible de  $\pm 50$  cm. En el resto de los vanos, las tolerancias anteriores afectadas por el coeficiente 1,20 es decir,  $\pm 2,4\%$  con un máximo admisible de  $\pm 60$ cm.

- ***Para el conjunto de los cables.***

Tanto en el plano vertical como en el horizontal,  $\pm 2\%$  de la flecha teórica, con un máximo de  $\pm 50$ cm. Una vez efectuado el regulado, se comprobarán las flechas en los vanos correspondientes antes de iniciar las operaciones de engrapado.

#### 2.2.9.2.6 Elementos de unión y puentes

La brida de unión de la grapa de amarre de compresión con el puente postizo, se entregará cubierta con un papel especial que no se quitará hasta el momento del montaje de los puentes. Tanto en bridas, como en todas las uniones a través de las cuales circule la corriente, se usará una impregnación conductora, de la que de ninguna forma se puede prescindir. A todas las uniones atornilladas o comprimidas se aplicarán pastas y cintas antioxidantes.

Asimismo, es fundamental dar el correspondiente par de apriete a los tornillos de todos los elementos cogidos al conductor ya que de no ser así, las vibraciones del conductor pueden aflojarlos, con el consiguiente riesgo de avería (“punto caliente”).

Para las líneas de Distribución se tendrá en cuenta lo siguiente:

- Las conexiones o empalmes en cobre-cobre o aluminio-aluminio se realizarán mediante manguitos a compresión adecuados al conductor respectivo, evitándose la tornillería, pero cuando sea imprescindible instalarla, ésta será de acero inoxidable calidad AISI/316 o equivalente en la norma europea.
- Las conexiones “bimetálicas” se realizarán mediante conectores de cuña a presión protegidos con masilla dieléctrica y las cubiertas adecuadas según las secciones de los conductores y especificaciones del fabricante y teniendo muy en cuenta que el aluminio irá siempre en la parte alta y el cobre en la parte baja.
- Las conexiones bimetálicas se utilizarán para las conexiones de conductores de distinta naturaleza como Aluminio y Cobre, así como para las conexiones de Aluminio con

aluminio. Para la conexión cobre-cobre sólo se utilizarán piezas de cobre, nunca “bimetálicas”.

- Los trabajos a compresión se harán con las matrices adecuadas. La compresión se hace en el cobre sin punzonado y en el aluminio con punzonado. En cualquier caso, se limpiará muy bien los conductores y se les dará grasa de contacto antes de hacer los empalmes.
- Las conexiones o empalmes “bimetálicos” se realizarán mediante cuñas a presión de acuerdo con las especificaciones del fabricante.

No se efectuará ningún empalme que quede sometido a tracción mecánica. Los “puentes” de conexión a la aparatenta serán lo más corto posible y con terminales reforzados.

En los puentes flojos se cuidarán su distancia a masa, y la verticalidad de los mismos así como, su homogeneidad.

PUENTES FLOJOS		
TENSION EN kV	Nº DE ELEMENTOS POR CADENA	ALTURA DEL PUENTE <sup>(1)</sup> (cm)
<b>15/20</b>	<b>3 y 4</b>	<b>75</b>
66	8	180
132	12	200
220	24	280

(1) Distancia mínima entre el conductor y las partes metálicas de la cruceta.

#### 2.2.9.2.7 Control de calidad

Antes de iniciar los trabajos se realizará una revisión conjunta por parte del Ingeniero-Director y el Contratista, de las herramientas, útiles, máquinas a emplear en la realización de los trabajos. En el transcurso de la obra en intervalos comprendidos entre uno y medio y dos meses, se realizarán revisiones similares a la antes mencionada.

Ninguna modificación de los elementos definidos para la obra (programa, persona, maquinaria, herramienta y proyecto) podrá ser realizada sin la autorización previa del Ingeniero-Director.

El Contratista, deberá cumplir todos los requisitos establecidos para la ejecución de los trabajos, debiendo facilitar al Ingeniero-Director los siguientes protocolos:

- Protocolo de mantenimiento de las máquinas y herramientas principales a utilizar en los trabajos: Vehículos, cabrestante, freno, poleas, trácteles, pull-lifts, llaves dinamométricas, carros, etc., así como de sus revisiones periódicas.
- Protocolo de tendido de conductores y medición de empalmes y grapas, como indicación de los datos complementarios, relación de bobinas empleadas en cada cantón indicando longitud empleada y metros sobrantes.
- Protocolo de comprobación de regulado de las flechas de cada cantón, en los vanos de Regulación y Comprobación, así como las temperaturas y las tolerancias en flecha.
- Relación de daños producidos tanto a terceros como a instalaciones de la obra, incluidos los materiales que le hayan sido suministrados por parte de la Propiedad.

El Contratista al finalizar cada uno de los cantones, cumplimentará un protocolo, donde se reflejarán los datos reseñados en el proyecto para cada vano y la situación real de la construcción, así como un resumen del estado de los caminos, accesos y modificaciones del entorno, que deberá entregar al Ingeniero-Director, así como las fichas anteriormente mencionados. Estos datos se harán llegar a la Propiedad.

Asimismo dispondrá en obra de los siguientes elementos, tarados oficialmente:

- Comprobador dinamométrico para llaves.
- Dinamómetro de 4 T.

El Ingeniero-Director podrá realizar todos los controles e inspecciones que estime oportuno en cualquiera de las instalaciones o equipos, relacionados con la obra, así como en documentación preceptiva, en los plazos señalados y en cualquier otro que pudiera parecerle conveniente.

#### 2.2.9.2.8 Normas de seguridad específicas

Tanto el cabrestante como el freno deberán disponer de elementos de puesta a tierra. El Contratista, dispondrá de los juegos de puesta a tierra necesarios, así como de detectores de tensión a distancia preferentemente de tipo acústico.

En todos los trabajos en proximidad de elementos con tensión eléctrica, se observará lo dispuesto en las "Prescripciones de Seguridad y Primeros Auxilios" redactadas por la Comisión de Medicina y Seguridad en el Trabajo de UNESA y "Prescripciones de Seguridad para Trabajos y Maniobras en Instalaciones Eléctricas" de UNELCO-AMYS.

En los cruzamientos sobre vías públicas de comunicación se situarán operarios a ambos lados del cruzamiento, según lo dispuesto en el vigente Código de Circulación, provisto de emisoras y de señales indicadoras de peligro, disponiendo asimismo la instalación de las señales de tráfico reglamentarias.

En los casos, en los que por la trascendencia del cruzamiento se estimara oportuno, se utilizarán elementos complementarios de seguridad para prevenir los posibles deslizamientos de vanos o

rotura de los dispositivos de tense (estrobos fiadores, doble sistema de los elementos de tensa independientemente de la tracción, fiadores de las cadenas de suspensión, etc.). Estas medidas complementarias se dispondrán en todas las operaciones de tendido, tensado y regulado, hasta el amarre completo de la serie.

Cesarán los trabajos en los cables, cuando exista riesgo de tormenta eléctrica en la zona.

Los elementos de comunicación (radioteléfonos) deberán ser probados antes del inicio de cualquiera de las operaciones de tendido, tensado o regulado.

Las poleas, giratorios, camisas, etc., deberán tener grabada su carga de trabajo.

Se dispondrá de un Plan de Seguridad para atención y evacuación de accidentados.

#### 2.2.9.2.9 Maquinaria auxiliar

El Contratista deberá aportar toda la maquinaria y herramienta necesaria, para realizar con las debidas garantías técnicas la instalación de conductores, cables de tierra y accesorios. A este fin el Contratista deberá facilitar al Ingeniero-Director, para su aprobación, una relación de las herramientas y maquinaria que se van a emplear en las distintas operaciones de tendido. La aceptación de esta maquinaria dependerá exclusivamente del criterio del Ingeniero-Director.

#### 2.2.9.3 Instalación de conductores aislados en haz

En la instalación de conductores aislados en haz, se tendrán en cuenta las siguientes fases:

- Condiciones generales.
- Instalación de protecciones en cruzamientos.
- Tendido de los conductores.
- Colocación de los accesorios de línea.
- Tensado.
- Regulado y medición de flechas.
- Elementos de unión y conexión.
- Control de Calidad.
- Normas de Seguridad específicas.
- Maquinaria auxiliar.

##### 2.2.9.3.1 Condiciones generales

El Contratista proporcionará a la obra toda la herramienta, equipo y maquinaria necesaria para la correcta ejecución de los trabajos de tendido.

El comienzo de los trabajos de tendido, en un cantón, será como mínimo 28 días después de la terminación del hormigonado de todos los apoyos del mismo. El plazo mencionado podrá ser reducido, con la autorización expresa y por escrito del Ingeniero-Director.

Antes del inicio de los trabajos, se hará conjuntamente por parte del Ingeniero-Director y del Contratista una revisión de cada uno de los apoyos del cantón, comprobándose que en todos se cumplen las condiciones exigidas en los apartados anteriores de este Pliego de Condiciones Técnicas. No podrán iniciarse los trabajos de tendido si a algún apoyo le faltasen angulares, tornillos sin el apriete final o sin granetear.

Con anterioridad suficiente se realizará una revisión conjunta de las herramientas, útiles y maquinaria a utilizar en la ejecución de los trabajos. En caso de que el Ingeniero-Director lo considere oportuno, se realizará una prueba del equipo de tendido de herramientas y útiles a emplear.

Cualquier diferencia de longitud que el contratista hallara al ser tendido el cable deberá ponerlo en conocimiento del Ingeniero-Director por escrito.

#### 2.2.9.3.2 Instalación de protecciones en cruzamientos

Será de aplicación lo indicado en el apartado referente a la "INSTALACION DE PROTECCIONES EN CRUZAMIENTOS".

#### 2.2.9.3.3 Tendido de los conductores

El desenrollado de la bobina del haz de cables de Media Tensión exige las habituales precauciones indispensables en el tendido de cables con aislamiento seco. Se deberán tomar todas las disposiciones para evitar dañar el aislamiento de los cables y no se producirán radios de curvatura del trenzado inferiores o iguales a 16 veces el diámetro de un conductor de fase del trenzado.

El cablecillo se unirá al fiador del cable preferentemente por una manga especial.

El conjunto del trenzado en la punta será recubierto con una manga, cuya misión es la de unir los conductores y el fiador con el objeto de permitir un paso fácil por las poleas guía y evitar todo riesgo de enganche durante el tiro. Esta manga no deberá en ningún caso participar en el tiro. Después del tendido se eliminará la parte del cable que haya tenido contacto con las mangas.

El tendido se hará bajo una tracción mecánica como para una línea aérea desnuda. Se podrá hacer de una tirada directa o con reenvío en los casos de accesos difíciles.

Un operario experimentado deberá observar la bobina tomando un cuidado especial en la operación de frenado. Otro deberá estar en el cabrestante y otro seguirá el avance del cable y muy particularmente la entrada de la punta de las poleas de deslizamiento. Otro personal deberá igualmente vigilar en lugares fijos todos los puntos singulares del tendido (poleas de reenvío, cambios importantes de dirección, etc.).

Todo este personal deberá estar provisto de radiotéfonos individuales para poder hacer parar el tendido instantáneamente en el caso de presentarse cualquier incidente.

#### 2.2.9.3.4 Colocación de los accesorios de línea

Se deberán colocar:

##### 2.2.9.3.4.1 Anclajes

Se colocarán anclajes en los terminales extremos de la línea (inicio y final del tramo aéreo), así como, particularmente, en las uniones del trenzado sobre los postes y en los cambios de dirección (superiores o iguales a 45°).

##### 2.2.9.3.4.2 Tipos de anclajes:

- Con manguitos de compresión. Permiten la reconstrucción del aislamiento del fiador. Su comportamiento en tracción es igual al del fiador.
- Con pinzas. No permiten la reconstrucción del aislamiento del fiador. No deben utilizarse para las uniones del cable fiador en puntos intermedios de los vanos.

##### 2.2.9.3.4.3 Alineaciones dobles

En los cambios de dirección (ángulos de 10° a 45°)

##### 2.2.9.3.4.4 Alineaciones simples

En trazados rectilíneos o para los ángulos inferiores o iguales a 10°.

##### 2.2.9.3.4.5 Uniones del fiador

En la línea, en correspondencia con los empalmes del cable en haz de vanos intermedios.

Se deberán tomar el cuidado necesario para no dañar los aislamientos de los cables en el momento de colocación de los accesorios, se utilizarán particularmente utensilios de madera o específicos para separar el fiador de los cables unipolares.

En el cable en haz, cerca de los accesorios, se dispondrá de ataduras a fin de evitar el descableado del mismo. En el caso de fuerte desnivel se tendrá la precaución de atar el haz en toda su tirada en cada tramo de unos dos metros, para evitar que por efecto de vibraciones, se produzca un descableado del haz en la parte alta del vano y una compresión del trenzado en la parte baja.

##### 2.2.9.3.4.6 Empalmes de los fiadores. (Caso de empalme o reparación en vanos intermedios)

Los fiadores serán unidos con manguitos a compresión por prensado. El aislamiento será reconstruido (preferentemente con funda termoplástica retráctil).

#### 2.2.9.3.5 Tensado

Esta operación, posterior a la de tendido, consiste en poner a flecha aproximada al haz de cable, previo amarre del fiador en uno de sus extremos, por medio del anclaje correspondiente, sin sobrepasar nunca la tensión de flecha. En caso de que la serie esté formada por más de un cantón, la tensión a la que llevará toda la serie será inferior a la menor de todos los cantones.

Las operaciones de tensado podrán realizarse con un cabrestante, tráctel o cualquier otro tipo de maquinaria o útil adecuado, que estará colocado a una distancia horizontal mínima del apoyo de tense, igual a dos veces y media la altura del mismo, de tal manera que el ángulo que formen las tangentes de entrada y salida del cable piloto a su paso por la polea no sea inferior a 150°. Todas las maniobras se harán con movimientos suaves y nunca se someterán los cables a sacudidas.

#### 2.2.9.3.6 Regulado y medición de flechas

##### 2.2.9.3.6.1 *Regulado*

Una vez se haya producido el asentamiento de los cables, se procederá a la operación de Regulado, que consiste en poner los cables a la flecha indicada en las Tablas de Tendido para la temperatura del cable en ese momento. El afino de la regulación se hará con cabrestante auxiliar de mano colocado en serie con la máquina o sistema de tracción y la comprobación por medio de la flecha. El Ingeniero-Director decidirá el número de vanos de regulación y de compensación necesarios. La operación de regulado se realizará por medio de pull-lifts o trácteles en la cruceta de amarre o cabrestante situado en el punto de tiro del conductor.

El tensado de los conductores se efectuará con arreglo a las tablas de tendido que aparecen en el presente Proyecto y la longitud de los vanos y desniveles será facilitada por el Contratista conforme a las medidas tomadas una vez instalados los apoyos.

##### 2.2.9.3.6.2 *Medición de flechas*

Método de tablillas utilizando un teleflechas u otro dispositivo óptico similar. Para la determinación de la temperatura, se utilizará un termómetro centesimal que se situará a la altura de la polea de tendido durante un tiempo mínimo de 30 minutos. El Contratista deberá marcar las flechas correspondientes a los vanos de regulación y comprobación en la situación mencionada en el plano correspondiente. Cualquier variación de la temperatura en  $\pm 5^{\circ}\text{C}$  sobre la fijada para el marcado de flecha dará lugar a una corrección de la marca.

Las tolerancias admisibles en las medidas de las flechas del cable serán:

- En los vanos de la regulación y comprobación en  $\pm 2\%$  de la flecha teórica con un máximo admisible de  $\pm 50\text{cm}$ .
- En el resto de los vanos, las tolerancias anteriores afectadas por el coeficiente 1,20 es decir,  $\pm 2,4\%$  con un máximo admisible de  $\pm 60\text{cm}$ .

Una vez efectuado el regulado, se comprobarán las flechas en los vanos correspondientes antes de iniciar las operaciones de engrapado.

#### 2.2.9.3.7 Elementos de unión y conexión

Los empalmes y terminales se montan normalmente sobre cada uno de los cables unipolares del haz.

##### 2.2.9.3.7.1 Terminales

Los cables en HACES ofrecen grandes posibilidades.

Se podrá:

- Finalizar sobre un poste con cajas terminales estandarizadas.
- Entrar directamente en una celda MT/BT.
- Realizar una conversión aérea-subterránea, mediante empalme con un cable subterráneo en el interior de una celda MT/BT o similar.

La conexión de los terminales a la línea aérea se hará siempre con cable flexible para evitar transmitir a los accesorios del cable las vibraciones de la línea.

##### 2.2.9.3.7.2 Unión simple

El empalme de cada conductor de fase de los cables en haces en M.T. se realizará a base de aislamiento reconstruido como si se tratara de cable normal monofásico. Los tres empalmes así realizados podrá localizarse en:

- *Vanos intermedios.*

Los empalmes de las tres fases, deben estar repartidos sobre varios metros de cable. Se deberá tener la seguridad que después de colocar en su sitio los cables en haz, los empalmes no sufran si están bajo tensión o esfuerzo mecánico alguno.

- *Empalmes sobre soportes.*

Los empalmes sobre soportes se harán entre dos amarres y deberá preverse la longitud del cable en exceso suficiente. Los tres empalmes se reunirán en triángulos atados y mantenidos sobre un soporte fijo al poste. Los cables no deberán someter a los empalmes a esfuerzos de tracción, por lo que se aconseja el formar un bucle en lo alto del poste. Los cables se atarán fuertemente entre si a lo largo de este bucle.



#### *2.2.9.3.7.3 Uniones aéreo-subterráneas*

En este caso los tres cables trenzados descienden a lo largo del poste y se acondicionará como si se tratara de una conversión aéreo-subterránea de una línea aérea a media tensión a una celda MT/BT realizada con cable unipolar M.T.

#### *2.2.9.3.7.4 Derivaciones*

Las derivaciones deberán realizarse por personal experimentado. El anclaje de los fiadores puede estar situado en la parte superior del soporte, o bien debajo de la derivación.

Las derivaciones podrán hacerse mediante cajas terminales montadas sobre cada cable unipolar (9 terminales en total).

#### *2.2.9.3.7.5 Puesta a tierra de las pantallas de los cables*

Cada conductor de fase del trenzado de Media Tensión lleva una pantalla que asegura la descarga de corrientes capacitivas, y llegado el caso, de las corrientes de defectos. Estas pantallas deben pues estar obligatoriamente conectadas a tierra en los extremo, como también en los empalmes sobre los soportes y en las derivaciones. Si la conexión es larga o si los empalmes están en vanos intermedios se conectarán las pantallas a tierra cada 200 ó 300 m. por ejemplo en los soportes de anclaje.

La trenza de cobre que asegura la conexión de la pantalla a tierra debe salir de la envoltura por debajo, a fin de evitar la penetración de agua en la pantalla. Esta trenza se unirá a la toma de tierra del soporte.

Modo operatorio:

- Retirar la cubierta exterior de protección del cable, a fin de poner la pantalla al descubierto en una longitud de aproximadamente 60 mm.
- Limpiar en caso de necesidad la parte al descubierto de la pantalla de cobre.
- Poner paralelamente al cable la trenza de cobre en contacto con la pantalla y atarla con hilo de Cu, estañado de 10/10 a espiral continua.
- Doblar la trenza sobre si misma y reforzar la unión con una segunda atadura también en espiral continua.
- Proteger el conjunto con un encintado de PVC adhesivo dejando salir por su parte inferior la extremidad libre de la trenza que será conectada a tierra normalmente.

Estando colocado el cable, la salida de tierra debe situarse hacia la base para evitar que la trenza drene el agua del cable.

#### 2.2.9.3.7.6 Continuidad eléctrica y puesta a tierra del fiador

La continuidad eléctrica del fiador debe asegurarse en toda su longitud. El fiador estará además conectado a tierra en sus extremos y en los soportes de anclaje.

#### 2.2.9.3.8 Control de calidad

Se cumplirá lo indicado en el epígrafe referente al “CONTROL DE CALIDAD”, en el apartado “*Instalación de Conductores*” del presente Pliego de Condiciones Técnicas.

#### 2.2.9.3.9 Normas de seguridad específicas

Se cumplirá lo indicado en el epígrafe referente a las “NORMAS DE SEGURIDAD ESPECIFICAS”, en el apartado “*Instalación de Conductores*” del presente Pliego de Condiciones Técnicas.

#### 2.2.9.3.10 Maquinaria auxiliar

El Contratista deberá aportar toda la maquinaria y herramientas necesarias, para realizar con las debidas garantías técnicas la instalación de conductores, cables de tierra y accesorios. A este fin el Contratista deberá facilitar al Ingeniero-Director, para su aprobación, una relación de las herramientas y maquinaria que se van a emplear en las distintas operaciones de tendido. La aceptación de esta máquina dependerá exclusivamente del criterio del Ingeniero-Director.

A continuación se relaciona la maquinaria y sus características:

- Un Caballete desenrollador o dispositivo equivalente que permita frenar la bobina.
- Una bobina de cable de acero de una longitud al menos igual a la mayor longitud del cable a desenrollar y de resistencia mecánica suficiente para permitir la regulación del tiro del cable.
- Poleas de guía para el tendido (al menos tantas como soportes existan en el tendido de la línea correspondiente a la longitud de cable que puede ser tendido de una sola vez).
- Una prensa, si se utilizan manguitos de anclaje o de unión a compresión.
- Un Dinamómetro.
- Mangas de tiro especiales.
- Uno o varios Soportes de Levantamiento para la puesta de las piezas de elevación.
- Radioteléfonos: (el número deberá ser según la importancia y dificultades, pero como mínimo 3).
- Pequeño material.

## 2.2.10 Instalaciones de cables de tierra

### 2.2.10.1 Cable de tierra convencional

Se remite a lo indicado para los conductores, teniéndose en cuenta la sección del cable de tierra para la utilización de las poleas y maquinarias adecuadas a la misma.

### 2.2.10.2 Equipos de tendido

Los equipos de tendido para este tipo de cable de tierra más adecuados son los correspondientes al tendido de conductores de fase, por razones, tanto de materiales de construcción del cable, como por los radios de curvatura mínimos que éste permite.

Una breve descripción de los mismos puede ser:

- Devanador de bobina con freno en el eje de giro.
- Devanador para el cable piloto.
- Equipo de *freno*, doble polea, mínimo cuatro canales por polea y diámetro mínimo de la misma de 1.400 mm, dotado de una regulación fina de la frenada.
- Poleas de tendido de 500mm. de diámetro mínimo y en los apoyos de ángulo las poleas deberán tener un diámetro mínimo de 600 m.
- El cable piloto deberá estar cableado en el mismo sentido que el cable OPGW.
- Elemento antitorsión (cangrejo) de contrapeso. Disponer de cuatro unidades.
- Camisas o mallas de tendido que permitan sujetar sin deformar el cable OPGW.
- También puede ser válida la utilización de preformados adecuados.

### 2.2.10.3 Método de tendido

Se tenderá una sola longitud cada vez. Elegido el tramo a tender, se proporcionarán los equipos de tendido. Es conveniente que el freno se coloque de manera que el ángulo de salida del cable sea el menor posible con respecto del suelo. En cualquier caso este ángulo deberá ser inferior a 45°. Con el ánimo de no mover el tractor, se podrían tender dos tramos consecutivos moviendo el freno y cambiando el sentido del tendido.

Sujetar a las torres las poleas de tendido. Estas deberán tener como mínimo un diámetro de 500mm en alineación y más de 600mm en los ángulos. Para evitar deformaciones en el cable las poleas podrán ser de aluminio o bien estar recubiertas de un material plástico que no dañe el aluminio.

Se pasará el cable piloto de manera usual. El piloto tendrá una carga de rotura superior a la tensión máxima del tendido con los coeficientes de seguridad correspondientes.

El sentido de cableado del piloto tendrá que ser el mismo que el del cable a tender, para evitar el descableado por torsión del cable cuando se aplica la tensión del tendido.

Entre el piloto y el cable se colocará el dispositivo antitorsión (cangrejo).

El piloto se arrollará en el cabrestante de freno, sujetando el cable de tierra mediante la camisa o el útil correspondiente de tiro, en un punto comprendido entre el devanador y el freno. Se pasará de este modo el cable de tierra por el freno hasta la salida de éste y en este momento se coloca el dispositivo antitorsión.

Durante el tendido se mantendrá la tensión mecánica suficiente para evitar que el cable roce en el suelo o en cualquier otro obstáculo que pueda causar daño al cable.

La tensión de tendido, el número de poleas y la velocidad de tendido, afecta a la suavidad del tendido y mantenimiento de la calidad del cableado del cable.

Los valores recomendados para estos parámetros son:

- Velocidad del tendido de 10 a 15m/min.
- Máxima tensión del tendido 500kg.
- Número máximo de vanos 15.

Dado que la longitud de la bobina se ajusta a la del tramo y que es necesario dejar colas para hacer el empalme óptico y que la tensión del tendido debe de ser baja, es probable que no se disponga de longitud suficiente en la bobina para poder efectuar el tendido en estas condiciones. Por lo que habrá de prever la sujeción del extremo final de la bobina a un segundo cable piloto, en idénticas condiciones que el primero, para poder sujetar el cable al final del tendido.

Cuando al final del tendido de una bobina se tenga entre el primer apoyo de tramo y el cabrestante de freno, una longitud equivalente a la de la cola de dejar en la torre, se colocará la grapa de amarre correspondiente a esa torre, de manera que se respete la longitud prevista para la cola en ese apoyo.

Después de sujetar el amarre correspondiente a la primera torre, se tensará el cable y se colocará la siguiente grapa de amarre de manera que el cable quede con la tensión de tendido correspondiente.

De igual manera se procederá en el otro lado de la torre de amarre, dejando el cable sin tensión mecánica entre los amarres correspondientes al mismo apoyo, respetando los radios mínimos de curvatura que se indican para el cable.

Colocados todos los amarres, se procederá a sujetar las colas a las torres al principio y final del tramo, procediendo después a engrapar las torres de suspensión.

Las colas deben quedar sujetas en todo momento, para evitar la deformación del cable.

Es preciso indicar la extrema fragilidad del núcleo óptico. Por ello habrá que tener en cuenta esta circunstancia, cuando haya que flexionar, torcer o sujetar el cable. Una deformación fuerte del tubo

de aluminio que protege el núcleo óptico puede dañar definitivamente el cable en toda la longitud del tramo.

El radio mínimo de curvatura del cable es de 750 mm pero a efecto de todas las maniobras a realizar, se debe de considerar que este valor es de 1.000 mm.

Los herrajes y grapas deben de montarse de acuerdo con las características de montaje que para ellos se han definido.

#### 2.2.11 Placas de peligro de muerte y numeración de los apoyos

Los apoyos llevarán la siguiente identificación:

- Numeración.
- Nombre de la Línea.
- Advertencia de riesgo eléctrico.

##### 2.2.11.1 Fijación de la identificación

En el caso de la numeración, ésta irá rotulada con plantilla.

Las placas con el nombre de la línea y con la advertencia de riesgo eléctrico se sujetan de la forma que se describe a continuación, siempre y cuando el montante del apoyo traiga de fábrica un taladro exprofeso para su fabricación. Se prohíbe terminantemente realización de taladros para la fijación de las placas.

Para la fijación de la placa se empleará uno de estos métodos.

- *Brida + Prolongación.*

La brida se sujeta al montante del apoyo, y la placa se fija en la prolongación.

- *Cinta adhesiva de doble cara de espuma acrílica.*

Se prestará especial atención en la esmerada limpieza de las partes a unir.

##### 2.2.11.1.1 Líneas de media tensión

Cada apoyo dispondrá de:

- Una numeración de apoyo.
- Una placa de advertencia de riesgo eléctrico con adicional del tipo CE-21 según documento PRA - 1.4 - 10 de la Asociación de Medicina y Seguridad en el Trabajo de UNESA para la Industria Eléctrica (AMYS).

## 2.2.12 Zanjas

### 2.2.12.1 Zanjas en Tierra

El trazado será lo más rectilíneo posible, paralelo en toda su longitud a bordillos o fachadas de los edificios principales.

Antes de proceder al comienzo de los trabajos, se marcarán, en el pavimento de las aceras, las zonas donde se abrirán las zanjas marcando tanto su anchura como su longitud y las zonas donde se dejarán puentes para la contención del terreno.

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.

Al marcar el trazado de las zanjas se tendrá en cuenta el radio mínimo que hay que dejar en la curva con arreglo a la sección del conductor o conductores que se vayan a canalizar, de forma que el radio de curvatura de tendido sea como mínimo 20 veces el diámetro exterior del cable.

Las zanjas se ejecutarán verticales hasta la profundidad escogida, colocándose entubaciones.

Se dejará un paso de 50 cm entre las tierras extraídas y la zanja, todo a lo largo de la misma, con el fin de facilitar la circulación del personal de la obra y evitar la caída de tierras en la zanja.

Se deben tomar todas las precauciones precisas para no tapar con tierra registros de gas, teléfonos, bocas de riego, alcantarillas, etc.

En los pasos de carruajes, entradas de garajes, etc., tanto existentes como futuros, los cruces serán ejecutados con tubos, de acuerdo con las recomendaciones del apartado correspondiente y previa autorización del Supervisor de Obra.

La arena que se utilice para la protección de los cables será limpia, suelta, áspera, crujiente al tacto; exenta de substancias orgánicas, arcilla o partículas terrosas, para lo cual si fuese necesario, se tamizará o lavará convenientemente.

Se utilizará indistintamente de cantera o de río, siempre que reúna las condiciones señaladas anteriormente y las dimensiones de los granos serán de dos o tres milímetros como máximo.

Cuando se emplee la procedente de la zanja, además de necesitar la aprobación del Supervisor de la Obra, será necesario su cribado.

El tubo de P.E a instalar irá instalado a 6cm del fondo de la zanja, que irá recubierto hasta una altura de 30cm desde el fondo de la zanja por hormigón en masa del tipo HM-20 .

Encima de la capa de hormigón, se rellenará la zanja con tierra debidamente compactada. La compactación será mecánica mediante tongadas de espesor máximo de 30cm, debiendo alcanzar

una densidad mínima de 0.95% P.M.. A 15cm de la superficie, se colocará una cinta de aviso de riesgo eléctrico. Esta cinta será de PE ó PP sustituyendo la tradicional capa de ladrillo.

Las tierras sobrantes de la zanja, debido al volumen introducido en cables, arenas, rasillas, así como el esponje normal del terreno serán retiradas por el contratista y llevadas a vertedero.

El lugar de trabajo quedará libre de dichas tierras y completamente limpio.

Durante la ejecución de las obras, éstas estarán debidamente señalizadas de acuerdo con los condicionamientos de los Organismos afectados y Ordenanzas Municipales.

### ***Dimensiones y Condiciones Generales de Ejecución.***

#### 1) Zanja normal para media tensión.

Se considera como zanja normal para cables de media tensión la que tiene 0,75 m. de anchura media y profundidad 0,90 m para acera o 1,10 para calzada. Esta profundidad podrá aumentarse por criterio exclusivo del Supervisor de Obras.

La separación mínima entre ejes de cables tripolares, o de cables unipolares, componentes de distinto circuito, deberá ser de 0,20 m.

La distancia entre capas externas de los cables unipolares de fase será como mínimo de 8 cm. con un ladrillo o rasilla colocado de canto entre cada dos de ellos a todo lo largo de las canalizaciones.

Al ser de 10 cm. el lecho de arena, los cables irán como mínimo a 1 m. de profundidad. Cuando ésto no sea posible y la profundidad sea inferior a 0,70 m. deberán protegerse los cables con chapas de hierro, tubos de fundición u otros dispositivos que aseguren una resistencia mecánica equivalente, siempre de acuerdo y con la aprobación del Supervisor de la Obra.

#### 2.2.12.2 Zanjas en Roca

Se tendrá en cuenta todo lo dicho en el apartado de zanjas en tierra. La profundidad mínima será de 2/3 de los indicados anteriormente en cada caso. En estos casos se atenderá a las indicaciones del Supervisor de Obra sobre la necesidad de colocar o no protección adicional.

#### 2.2.13 Cruces

El cable deberá ir en el interior de tubos en los casos siguientes:

A) Para el cruce de calles, caminos o carreteras con tráfico rodado.

B) En las entradas de carruajes o garajes públicos.

C) En los lugares en donde por diversas causas no debe dejarse tiempo la zanja abierta.

D) En los sitios en donde esto se crea necesario por indicación del Proyecto o del Supervisor de la Obra.

### 2.2.13.1 Materiales

Los materiales a utilizar en los cruces normales serán de las siguientes cualidades y condiciones:

a) Los tubos podrán ser de cemento, fibrocemento, plástico, fundición de hierro, etc. provenientes de fábricas de garantía, siendo el diámetro que se señala en estas normas el correspondiente al interior del tubo y su longitud la más apropiada para el cruce de que se trate. La superficie será lisa.

Los tubos se colocarán de modo que en sus empalmes la boca hembra esté situada antes que la boca macho siguiendo la dirección del tendido probable, del cable, con objeto de no dañar a éste en la citada operación.

b) El cemento será Portland o artificial y de marca acreditada y deberá reunir en sus ensayos y análisis químicos, mecánicos y de fraguado, las condiciones de la vigente instrucción española del Ministerio de Obras Públicas. Deberá estar envasado y almacenado convenientemente para que no pierda las condiciones precisas. La dirección técnica podrá realizar, cuando lo crea conveniente, los análisis y ensayos de laboratorio que considere oportunos. En general se utilizará como mínimo el de calidad P-200 de fraguado lento.

c) La arena será limpia, suelta, áspera, crujiendo al tacto y exenta de sustancias orgánicas o partículas terrosas, para lo cual si fuese necesario, se tamizará y lavará convenientemente. Podrá ser de río o miga y la dimensión de sus granos será de hasta 2 ó 3 mm.

d) Los áridos y gruesos serán procedentes de piedra dura silícea, compacta, resistente, limpia de tierra y detritus y, a ser posible, que sea canto rodado. Las dimensiones serán de 10 a 60 mm con granulometría apropiada.

Se prohíbe el empleo del llamado revoltón, o sea piedra y arena unida, sin dosificación, así como cascotes o materiales blandos.

e) agua - se empleará el agua de río o manantial, quedando prohibido el empleo de aguas procedentes de ciénagas.

f) mezcla - la dosificación a emplear será la normal en este tipo de hormigones para fundaciones, recomendándose la utilización de hormigones preparados en plantas especializadas en ello.

### 2.2.13.2 Dimensiones y Características Generales de Ejecución

Los trabajos de cruces, teniendo en cuenta que su duración es mayor que los de apertura de zanjas, empezarán antes, para tener toda la zanja a la vez, dispuesta para el tendido del cable.

Estos cruces serán siempre rectos, y en general, perpendiculares a la dirección de la calzada. Sobresaldrán en la acera, hacia el interior, unos 20 cm. del bordillo (debiendo construirse en los extremos un tabique para su fijación).



El diámetro de los tubos será como mínimo de 16 cm. Su colocación y la sección mínima de hormigonado responderá a lo indicado en los planos. Estarán recibidos con cemento y hormigonados en toda su longitud.

Cuando por imposibilidad de hacer la zanja a la profundidad normal los cables estén situados a menos de 80 cm. de profundidad, se dispondrán en vez de tubos de fibrocemento ligero, tubos metálicos o de resistencia análoga para el paso de cables por esa zona, previa conformidad del Supervisor de Obra.

Los tubos vacíos, ya sea mientras se ejecuta la canalización o que al terminarse la misma quedan de reserva, deberán taparse con rasilla y yeso, dejando en su interior un alambre galvanizado para guiar posteriormente los cables en su tendido.

Los cruces de vías férreas, cursos de agua, etc. deberán proyectarse con todo detalle.

Se debe evitar posible acumulación de agua o de gas a lo largo de la canalización situando convenientemente pozos de escape en relación al perfil altimétrico.

En los tramos rectos, cada 15 ó 20 m., según el tipo de cable, para facilitar su tendido se dejarán calas abiertas de una longitud mínima de 3 m. en las que se interrumpirá la continuidad del tubo. Una vez tendido el cable estas calas se taparán cubriendo previamente el cable con canales o medios tubos, recibiendo sus uniones con cemento o dejando arquetas fácilmente localizables para ulteriores intervenciones, según indicaciones del Supervisor de Obras.

Para hormigonar los tubos se procederá del modo siguiente:

Se echa previamente una solera de hormigón bien nivelada de unos 6 cm de espesor sobre la que se asienta la primera capa de tubos separados entre sí un mínimo de 4 cm procediéndose a continuación a hormigonarlos hasta cubrirlos enteramente. Sobre esta nueva solera se coloca la segunda capa de tubos, en las condiciones ya citadas, que se hormigona igualmente en forma de capa. Si hay más tubos se procede como ya se ha dicho, teniendo en cuenta que, en la última capa, el hormigón se vierte hasta el nivel total que deba tener.

En los cambios de dirección se construirán arquetas de hormigón o ladrillo, siendo sus dimensiones las necesarias para que el radio de curvatura de tendido sea como mínimo 20 veces el diámetro exterior del cable. No se admitirán ángulos inferiores a 90° y aún éstos se limitarán a los indispensables. En general los cambios de dirección se harán con ángulos grandes. Como norma general, en alineaciones superiores a 40 m. serán necesarias las arquetas intermedias que promedien los tramos de tendido y que no estén distantes entre sí más de 40 m.

En la arqueta, los tubos quedarán a unos 25 cm por encima del fondo para permitir la colocación de rodillos en las operaciones de tendido. Una vez tendido el cable los tubos se taponarán con yeso de forma que el cable queda situado en la parte superior del tubo. La arqueta se rellenará con arena hasta cubrir el cable como mínimo.

La situación de los tubos en la arqueta será la que permita el máximo radio de curvatura.

Las arquetas podrán ser registrables o cerradas. En el primer caso deberán tener tapas metálicas o de hormigón provistas de argollas o ganchos que faciliten su apertura. El fondo de estas arquetas será permeable de forma que permita la filtración del agua de lluvia.

Si las arquetas no son registrables se cubrirán con los materiales necesarios para evitar su hundimiento. Sobre esta cubierta se echará una capa de tierra y sobre ella se reconstruirá el pavimento.

## **2.2.14 Tendido de cables en Tubulares**

### **1) *Tendido en tubulares***

Cuando el cable se tienda a mano o con cabrestantes y dinamómetro, y haya que pasar el mismo por un tubo, se facilitará esta operación mediante una cuerda, unida a la extremidad del cable, que llevará incorporado un dispositivo de manga tiracables, teniendo cuidado de que el esfuerzo de tracción sea lo más débil posible, con el fin de evitar alargamiento de la funda de plomo, según se ha indicado anteriormente.

Se situará un hombre en la embocadura de cada cruce de tubo, para guiar el cable y evitar el deterioro del mismo o rozaduras en el tramo del cruce.

Los cables de media tensión unipolares de un mismo circuito, pasarán todos juntos por un mismo tubo dejándolos sin encintar dentro del mismo.

Nunca se deberán pasar dos cables trifásicos de media tensión por un tubo.

En aquellos casos especiales que a juicio del Supervisor de la Obra se instalen los cables unipolares por separado, cada fase pasará por un tubo y en estas circunstancias los tubos no podrán ser nunca metálicos.

Se evitarán en lo posible las canalizaciones con grandes tramos entubados y si esto no fuera posible se construirán arquetas intermedias en los lugares marcados en el proyecto, o en su defecto donde indique el Supervisor de Obra (según se indica en el apartado CRUCES (cables entubados)).

Una vez tendido el cable, los tubos se tapanán perfectamente con cinta de yute Pirelli Tupir o similar, para evitar el arrastre de tierras, roedores, etc., por su interior y servir a la vez de almohadilla del cable. Para ello se sierra el rollo de cinta en sentido radial y se ajusta a los diámetros del cable y del tubo quitando las vueltas que sobren.

## **2.2.15 Montajes**

### **2.2.15.1 Botellas Terminales**

Se utilizará el tipo indicado en el proyecto, siguiendo para su confección las normas que dicte el Director de Obra o en su defecto el fabricante del cable o el de las botellas terminales.

En los cables de papel impregnado se tendrá especial cuidado en las soldaduras, de forma que no queden poros por donde pueda pasar humedad, así como en el relleno de las botellas, realizándose éste con calentamiento previo de la botella terminal y de forma que la pasta rebase por la parte superior.

Asimismo, se tendrá especial cuidado en el doblado de los cables de papel impregnado, para no rozar el papel, así como en la confección del cono difusor de flujos en los cables de campo radial, prestando atención especial a la continuidad de la pantalla.

Se recuerdan las mismas normas sobre el corte de los rollos de papel, y la limpieza de los trozos de cinta semiconductoras dadas en el apartado anterior de Empalmes.

#### 2.2.15.2 Autoválvulas y Seccionador

Los dispositivos de protección contra sobretensiones de origen atmosférico serán pararrayos autovalvulares tal y como se indica en la memoria del proyecto, colocados sobre el apoyo de conversión A/S, inmediatamente después del Seccionador según el sentido de la corriente. El conductor de tierra del pararrayo se colocará por el interior del apoyo resguardado por las caras del angular del montaje y hasta tres metros del suelo e irá protegido mecánicamente por un tubo de material no ferromagnético.

El conductor de tierra a emplear será de cobre aislado para la tensión de servicio, de 50 mm<sup>2</sup> de sección y se unirá a los electrodos de barra necesarios para alcanzar una resistencia de tierra inferior a 20 Ohmios.

La separación de ambas tomas de tierra será como mínimo de 5 m.

Se pondrá especial cuidado en dejar regulado perfectamente el accionamiento del mando del seccionador.

Los conductores de tierra atravesarán la cimentación del apoyo mediante tubos de fibrocemento de 6 cm. f inclinados de manera que partiendo de una profundidad mínima de 0,60 m. emerjan lo más recto posible de la peana en los puntos de bajada de sus respectivos conductores.

#### 2.2.15.3 Herrajes y Conexiones

Se procurará que los soportes de las botellas terminales queden fijos tanto en las paredes de los centros de transformación como en las torres metálicas y tengan la debida resistencia mecánica para soportar el peso de los soportes, botellas terminales y cable.

Asimismo, se procurará que queden completamente horizontales.

#### 2.2.15.4 Colocación de Cables en Tubos y Engrapado en Columna (entronques aéreo-subterráneos)

La conversión de línea aérea en subterránea se efectuará en un apoyo metálico. El cable subterráneo en el tramo aéreo de subida por el apoyo hasta la línea aérea, irá protegido con un

tubo de hierro galvanizado o bien, tubo de PVC 10at, que se empotrará en la cimentación del apoyo, sobresaliendo 6 m por encima del nivel del terreno. Se instalará un tubo por cada cable unipolar MT.

El engrapado del cable se hará en tramos de uno o dos metros, de forma que se repartan los esfuerzos sin dañar el aislamiento del cable.

El taponado del tubo será hermético y se hará con un capuchón de protección de neopreno o en su defecto, con cinta adhesiva o de relleno, pasta que cumpla su misión de taponar, no ataque el aislamiento del cable y no se estropee o resquebraje con el tiempo para los cables con aislamiento seco. Los de aislamiento de papel se taponarán con un rollo de cinta Tupir adaptado a los diámetros del cable y del tubo.

#### **2.2.16 Transporte de bobinas de cable**

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.

Bajo ningún concepto se podrá retener la bobina con cuerdas, cables o cadenas que abracen la bobina y se apoyen sobre la capa exterior del cable enrollado, asimismo no se podrá dejar caer la bobina al suelo desde un camión o remolque.

### **2.3 CONDICIONES DE EJECUCIÓN Y MONTAJE**

#### **2.3.1 Instalación de edificios prefabricados de superficie**

Las condiciones de instalación de los Centros de Transformación independientes en edificios prefabricados de hormigón (EP) de superficie serán las siguientes:

El terreno sobre el cual deba ir situado el EP deberá haberse compactado previamente con un grado de compactación no menor al 90% de la densidad correspondiente para los materiales de relleno en el ensayo Próctor Modificado. La presión que el EP ejerza sobre el terreno no excederá de 1 kg/cm<sup>2</sup>.

Se realizará la excavación del foso con las medidas indicadas por el fabricante, en función del modelo de EP a instalar.

Una vez realizada la excavación, y en primer lugar, se realizará el electrodo de puesta a tierra compuesto por el anillo conductor de 50 mm<sup>2</sup> Cu y el número de picas en función de la resistividad del terreno de acuerdo con el diseño del proyecto, y se medirá siempre el valor de la resistencia de puesta a tierra, siendo éste igual o inferior al calculado.

Siempre que el desarrollo urbanístico del entorno lo permita, se realizará una acera perimetral de hormigón de 1 m de ancho, o como mínimo en la zona de acceso al CT, a fin de tener un terreno de resistividad superficial elevada, y como medida de seguridad adicional.

Las dimensiones de la excavación a realizar para la instalación del edificio prefabricado PFU serán de 6,88m de ancho x 3,18 m de fondo x 0,56 m de profundidad.

Para su ejecución, se recomienda tener en cuenta las disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción Real Decreto 1627/1997 de 24.10. Entre otras:

- Antes de iniciar la apertura, realizar un estudio previo del terreno con objeto de conocer su estabilidad y la posible existencia de conducciones.
- Evitar la acumulación del material excavado y equipos junto al borde de la excavación, tomándose las precauciones que impidan el derrumbamiento de las paredes y la caída al fondo de dichos materiales.
- Como norma general, mantener alrededor de la excavación una zona igual a 3000mm libre de cargas y de circulación de vehículos.
- En caso de lluvias y encharcamientos revisar minuciosa y detalladamente la excavación por un técnico competente antes de reanudar las obras. Efectuar el achique inmediato de las aguas que afloren o caigan en el interior de la excavación para evitar que se altere la estabilidad de los taludes
- No deben instalarse en el interior de la excavación máquinas accionadas por motores de explosión que generen gases como el CO, a no ser que se utilicen los equipos necesarios para su extracción.
- Los operarios que trabajen en el interior de la excavación deben estar debidamente formados e informados y provistos de casco de seguridad y de las prendas de protección necesarias para cada riesgo específico.

### **2.3.2 PROTECCIONES CONTRA AGENTES EXTERNOS**

Ninguna de las aberturas del CT permitirá el paso de cuerpos sólidos de más de 12 mm de diámetro. Si las aberturas están próximas a partes en tensión, no permitirán el paso de cuerpos de más de 2,5 mm, y además existirá una disposición laberíntica que impida contactar con puntos en tensión.

### **2.3.3 VENTILACIÓN**

La evacuación del calor generado en el centro de transformación deberá realizarse por circulación natural de aire.

### **2.3.4 CANALIZACIONES**

Los tubos de entrada y salida de cables al CT se ejecutarán con una inclinación mínima del 2% descendente hacia el exterior.

Para evitar la entrada de roedores, una vez colocados los cables se obstruirán los tubos vacíos y los huecos libres en los llenos con materiales duros que no dañen el cable.

En el exterior del CT los cables se instalarán directamente enterrados, excepto cuando atraviesen otros locales como sótanos o garajes, en cuyo caso se colocarán en el interior de tubos de acero de 15 cm de diámetro como mínimo. En cualquier caso, se tomarán las medidas necesarias para asegurar en todo momento una adecuada protección mecánica de los cables, así como su fácil identificación.

### **2.3.5 POZO DE RECOGIDA DE ACEITE**

El edificio prefabricado dispondrá de un pozo de recogida de aceite por máquina, con revestimiento resistente y estanco, con la finalidad de permitir la evacuación y extinción de un eventual derrame.

Se preverá además un cortafuegos en la parte superior, compuesto por un lecho de guijarros de más de 5 cm de diámetro.

El pozo, en sus dimensiones y características constructivas, se ajustará a las unidades prototipo.

### **2.3.6 CARPINTERÍA Y CERRAJERÍA**

La carpintería será metálica y protegida contra la oxidación, en el caso de estar formada por perfiles de acero, mediante galvanizado o pintura antióxido.

#### **2.3.6.1 Puertas**

Las puertas se abrirán hacia el exterior.

Las puertas para acceso tendrán las dimensiones apropiadas a sus características, corresponderán a las unidades prototipo y tendrán una protección contra el fuego de acuerdo con el DB-SI del Código Técnico de la Edificación.

#### **2.3.6.2 Rejillas para ventilación**

Los huecos de ventilación se cerrarán mediante rejillas que impidan la entrada de agua y pequeños animales o la introducción desde el exterior de objetos metálicos que puedan contactar con puntos en tensión.

Las rejillas se ajustarán en sus dimensiones y características constructivas a las de cada Centro de Transformación

#### 2.3.6.3 Tapas para canales de cables

Los canales o fosos de cables irán cubiertos, en la parte no ocupada por las propias celdas, por una serie de tapas de chapa estriada, hormigón o suelo técnico apoyadas sobre un cerco bastidor constituido por perfiles recibidos en el piso.

El marco soporte y las tapas, si son metálicos, estarán conectados al circuito de tierras general.

#### 2.3.6.4 Cortafuegos en foso de recogida de aceites

Estará constituido por un cerco o marco metálico formado por perfiles que sujetan una reja deployé que contenga los guijarros que hacen la función de cortafuegos en el caso de derrame de aceite del transformador.

Las dimensiones y características constructivas se ajustarán a las de cada Centro de Transformación.

#### 2.3.6.5 Pantalla de protección del transformador

Con la finalidad de aislar y evitar posibles contactos accidentales con el transformador, se dispondrá de una pantalla de protección, para cada transformador del centro de transformación.

Los elementos que componen la pantalla de protección y el montaje de los mismos se ajustarán a las de cada Centro de Transformación.

En caso de que la pantalla sea metálica, estará conectada al circuito de tierras general.

### **2.3.7 PUESTA A TIERRA Y EQUIPOTENCIALIDAD**

El CT estará construido de manera que su interior constituya una superficie equipotencial.

En el fondo de la solera de cimentación del CT se instalará, a una profundidad de 80 cm, el electrodo de puesta a tierra, que estará formado por picas de acero cobreado de 14 mm de diámetro y 2 m de longitud unidas entre sí mediante cable de cobre desnudo de 50 mm<sup>2</sup> de sección formando un anillo cuadrado o rectangular.

Las puertas y rejillas del centro de transformación no tendrán contacto eléctrico con las masas conductoras susceptibles de quedar sometidas a tensión debido a defectos o averías.

Todas las partes metálicas empleadas en la fijación de los materiales de alta tensión y la cuba del transformador de potencia, irán unidas a la misma red de tierras.

### **2.3.8 CELDAS DE DISTRIBUCIÓN SECUNDARIA**

Una vez descargadas con ayuda de una grúa, se alineará la primera celda exactamente sobre su cimentación y/o bastidor, y se fijará provisionalmente para deslizamientos. Las demás celdas se irán adosando sucesivamente a las ya colocadas, ayudándose cuidadosamente por medio de palancas si es necesario. Una vez situadas en su lugar todas las celdas, se alineará el conjunto y

se ensamblarán entre sí mediante los tornillos. Seguidamente se procederá a montar las cumbreras, puertas y paneles.

Al objeto de asegurar el correcto funcionamiento de los aparatos de corte y seccionamiento, es imprescindible procurar una correcta nivelación. Las celdas deberán descansar sobre sus 4 puntos de apoyo y todo el grupo sobre el mismo plano, de tal forma que no existan deformaciones ni alabeos de las superficies de apoyo por esfuerzos transmitidos por las celdas adyacentes mal asentadas o por las barras de unión de los polos de los interruptores-seccionadores.

Una vez acoplados todos los grupos, se unirán a las barras colectoras mediante puentes de unión con tornillos, teniendo en cuenta efectuar cuidadosamente el apriete de dichos tornillos, acopiándose a continuación las barras de tierra.

A continuación se procederá al anclaje definitivo de la celda a la fundación.

Para el montaje de los cables se retiran las partes desmontables de la placa de fondo para dejar libre acceso a la zona de trabajo, marcándolas debidamente con el fin de que, posteriormente puedan ser colocadas en su correspondiente lugar.

Con temperaturas inferiores a 0°C no deben ser instalados los cables, pues pueden sufrir daños en el aislamiento al curvarlos.

Empujando lentamente desde abajo, y al mismo tiempo tirando desde arriba de los cables, se introducen estos en la unidad.

Deberá evitarse que el extremo del cable choque contra alguna parte inferior de la unidad con el riesgo de arañarlo.

Es importante colocar los cables de tal manera que sus extremos puedan subirse unos 50 cm para la preparación de las botellas o para la fijación de terminales.

Durante la operación de montaje de celdas se establecerá la continuidad de todo el circuito general de tierra de las celdas.

La conexión exterior al circuito de tierra puede realizarse en cualquiera de las celdas a conveniencia.

### **2.3.9 TRANSFORMADOR**

El transformador será depositado lo más próximo a su celda. Desde allí será arrastrado preferentemente sobre planchas metálicas, hasta su celda, colocándolo sobre las vigas de sustentación.

### **2.3.10 CUADROS DE BT**

Los cuadros de baja tensión modulares se recibirán sobre el paramento asignado, anclándolo al bastidor instalado a tal efecto.



### **2.3.11 PUENTES DE AT y BT**

Los cables de alimentación al transformador saldrán de su celda correspondiente y discurriendo por canal de cables y/o por tubos accederán a las bornas de AT del transformador.

Los recorridos de los cables serán lo más cortos posible. Se tendrá en cuenta también los radios de curvatura mínimos a que deben someterse los cables, que serán los que marquen los fabricantes y la norma UNE correspondiente.

Las conexiones desde el transformador al cuadro de BT se realizarán con el número de ternas de cables indicado en el Proyecto. Se elegirá el recorrido más corto posible, sin que dificulte la colocación del transformador. Ningún circuito de BT se situará sobre la vertical de los circuitos de AT.

Se tendrá especial cuidado en colocar los cables de modo que no tapen, ni siquiera parcialmente, los huecos o rejillas de ventilación, procurando dejarlos bien peinados y colocados de modo que la evacuación de calor sea la mejor posible.

El cable deberá estar cortado con sierra y no con tijera o cizalla, colocándose en los extremos el terminal a compresión correspondiente a la sección del cable, no permitiendo en ningún caso ampliar el diámetro primitivo del orificio de dicho terminal.

### **2.3.12 PUESTA A TIERRA**

El cálculo de la instalación de puesta a tierra de los CT se realizará según el "Método de cálculo y proyecto de instalaciones de puesta a tierra para centros de transformación conectados a redes de tercera categoría" elaborado por UNESA y aprobado por la Dirección General de Energía del Ministerio de Industria con fecha 2 de febrero de 1989.

Se dispondrán dos sistemas de puesta a tierra independientes entre sí, una puesta a tierra de protección (general) y otra puesta a tierra de servicio (neutro de baja tensión).

Las puestas a tierra se ejecutarán de la forma indicada en la Memoria del presente Proyecto Tipo, debiendo cumplirse estrictamente lo referente a separación entre circuitos, constitución y valores deseados para las resistencias de puesta a tierra.

En ninguno de los dos sistemas de puesta a tierra se colocarán elementos de seccionamiento.

Las uniones y conexiones se realizarán mediante elementos apropiados, de manera que aseguren una perfecta unión, de forma que no haya peligro de aflojarse o soltarse. Estarán dimensionados a fin de que no experimenten calentamientos superiores a los del conductor al paso de la corriente. Así mismo estarán protegidos contra la corrosión galvánica.

### **2.3.13 RECEPCIÓN DE LA OBRA**

En la recepción provisional de las obras se verificarán los siguientes conceptos:

#### 2.3.13.1 Resistencia de aislamiento

Se medirá la resistencia de aislamiento en los siguientes elementos:

##### Cables de 3ª Categoría de alimentación al CT

Se medirá la resistencia de aislamiento entre fases y entre fases y tierra, debiendo obtenerse valores correctos en todos los casos.

##### Cables de 3ª Categoría de alimentación al transformador

Se medirá la resistencia de aislamiento entre fases y entre fases y tierra, debiendo obtenerse valores correctos en todos los casos.

##### Transformador

Se medirá la resistencia de aislamiento entre AT y BT, entre AT y masa y entre BT y masa, debiendo obtenerse valores correctos en todos los casos.

#### 2.3.13.2 Instalación de puesta a tierra

Se medirán las resistencias de puesta a tierra y las tensiones de paso y contacto y se comprobará que los valores obtenidos son inferiores a los valores requeridos en la reglamentación vigente.

Se verificará, igualmente, que la separación entre ambos circuitos de tierra es adecuada, así como la buena ejecución y estado de la instalación.

#### 2.3.13.3 Elementos de maniobra

Los elementos de maniobra instalados y sus características se ajustarán a los previstos en el Proyecto.

Se comprobará que están perfectamente identificados y se actuará sobre los distintos dispositivos verificando su correcto funcionamiento.

#### 2.3.13.4 Elementos de protección

Los elementos de protección instalados y sus características se ajustarán a los previstos en el Proyecto.

Se comprobará el buen funcionamiento de los relés de protección y su correcta regulación, así como los calibres de los fusibles.

### **2.3.14 CONDICIONES DE USO, MANTENIMIENTO Y SEGURIDAD**

El CT deberá estar siempre perfectamente cerrado, de forma que impida el acceso de las personas ajenas al servicio.

En el interior del CT no se podrá almacenar ningún elemento que no pertenezca a la propia instalación.

El equipamiento eléctrico debe estar correctamente señalizado y deben disponerse las advertencias e instrucciones necesarias de modo que se impidan los errores de interrupción, maniobras incorrectas y contactos accidentales con los elementos en tensión o cualquier otro tipo de accidente.

Para la realización de las maniobras en el CT se utilizará la banqueta y los guantes aislantes, actuándose sobre las palancas de accionamiento previstas a tal efecto en las celdas.

Los elementos de seguridad (banqueta, pértiga, guantes, etc.) deberán estar siempre en perfecto estado de uso, lo que se comprobará periódicamente.

Se colocará la placa de instrucciones de primeros auxilios que deben prestarse en caso de accidente en un lugar perfectamente visible.

Junto al accionamiento de la aparatada de las celdas se incorporarán de forma gráfica y clara las marcas e indicaciones pertinentes para su correcta manipulación.

#### 2.3.14.1 Puesta en servicio

El personal encargado de realizar las maniobras para la puesta en servicio del CT estará perfectamente adiestrado y debidamente autorizado por ENDESA DISTRIBUCIÓN.

Las maniobras se realizarán con el siguiente orden: primero se conectará el interruptor-seccionador de la función de línea, después el interruptor-seccionador o interruptor automático de protección del transformador, con lo cual tendremos el transformador trabajando en vacío para hacer las comprobaciones oportunas, tras las que se procederá a conectar la BT.

#### 2.3.14.2 Separación del servicio

Las maniobras de separación del servicio se ejecutarán en orden inverso a las descritas para la puesta en servicio y no se darán por finalizadas mientras no esté conectado el (los) seccionador(es) de puesta a tierra de la(s) posiciones de línea.

#### 2.3.14.3 Mantenimiento

Será realizado siempre por personal autorizado por ENDESA DISTRIBUCIÓN y de acuerdo a los protocolos establecidos por dicha compañía. En cualquier caso, se deberán tomar las medidas oportunas para garantizar la seguridad del personal.

Las celdas prefabricadas precisan un mantenimiento muy reducido, al estar su aparatada encapsulada en una cuba rellena con gas SF6 a presión.

### **3 RECONOCIMIENTOS, PRUEBAS Y ENSAYOS**

Para la *recepción provisional* de las obras una vez terminadas, el Ingeniero-Director de obra procederá, en presencia de los representantes del Contratista, a efectuar los reconocimientos y ensayos que se estimen necesarios para comprobar que las obras han sido ejecutadas con sujeción al presente proyecto, las modificaciones autorizadas y a las órdenes de la Dirección de obra.

No se recibirá ninguna instalación eléctrica que no haya sido probada con su tensión normal y demostrada su correcto funcionamiento.

#### **3.1 RECONOCIMIENTO DE LAS OBRAS**

Antes del reconocimiento de las obras el Contratista retirará de las mismas, hasta dejarlas totalmente limpias y despejadas, todos los materiales sobrantes, restos, embalajes, bobinas de cables, medios auxiliares, tierras sobrantes de las excavaciones y rellenos, escombros, etc.

Se comprobará que los materiales coinciden con los admitidos por el Ingeniero-Director de obra en el control previo, se corresponden con las muestras que tenga en su poder, si las hubiere, y no sufran deterioro en su aspecto o funcionamiento. Igualmente se comprobará que la realización de las obras de tierra y hormigonado y el montaje de todas las instalaciones eléctricas han sido ejecutadas de modo correcto y terminado y rematado completamente.

En particular, se prestará atención sobre la verificación de los siguientes puntos:

- Secciones, tipos de conductores y cables utilizados.
- Formas de ejecución de los terminales, derivaciones, apoyos, cimentaciones, empalmes y conexiones en general.
- Condiciones de cruzamientos, de paralelismo y proximidad y comprobación de distancias mínimas.
- Operaciones de desenrollo de cables en bobinas.

Después de efectuado este reconocimiento y de acuerdo con las conclusiones obtenidas, se procederá a realizar las pruebas y ensayos que se indican a continuación.

#### **3.2 PRUEBAS Y ENSAYOS**

En la recepción de la instalación se incluirá *la medición de la conductividad* y las *pruebas de aislamiento* según la forma establecida en la Norma UNE relativa a cada tipo de cable.

La resistencia de aislamiento en Ohmios no será inferior a 1000 U, siendo U la tensión de servicio en voltios.

El Ingeniero-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.

Antes de proceder a la *recepción definitiva* de las obras, se realizará un reconocimiento adicional de las mismas, con objeto de comprobar el cumplimiento de lo establecido sobre la conservación y reparación de las obras.

Se volverá a medir la resistencia de aislamiento que deberá permanecer por encima de los mínimos admitidos.

## **4 MEDICIÓN Y ABONO DE LAS OBRAS**

### **4.1 GENERALIDADES**

Las obras ejecutadas se medirán por su volumen, peso, superficie, longitud o simplemente por el número de unidades, de acuerdo con la definición de unidades de obra que figura en el presupuesto, y se abonarán a los precios señalados en el mismo.

En los precios del presupuesto se consideran incluidos:

- Los materiales con todos sus accesorios a los precios resultantes a pie de obra que queden integrados en la unidad de que se trate o que sean necesarios para su ejecución.
- La mano de obra, con sus pluses y cargas más seguros sociales, que interviene directamente en la ejecución de la unidad de obra.
- En su caso, los gastos de personal, combustible, energía, amortización, conservación, etc., de la maquinaria que se prevé utilizar en la ejecución de la unidad de obra.
- Los gastos de instalación de oficinas a pie de obra, comunicaciones, edificación de almacenes y talleres; los del personal técnico y administrativo adscrito exclusivamente a la obra; los causados por los medios y obras auxiliares, incluidos desescombros y transportes a vertederos autorizados, los ensayos de los materiales y los detalles imprevistos, que al ejecutar las obras deban ser utilizados o realizados.

La medición y abono al Contratista de obras ejecutadas, debe referirse a unidades totalmente terminadas, a juicio exclusivo del Ingeniero-Director de obra o su representante. Solamente en casos excepcionales se incluirán obras incompletas y acopios de materiales. Los materiales acopiados se abonarán, como máximo, a las 4/4 partes del importe que les corresponda dentro de la descomposición de precios.

Las unidades de obra que por una mayor facilidad al confeccionar los presupuestos se hayan agrupado para constituir un presupuesto parcial, deberán medirse y abonarse individualmente.

La medición de las unidades de obra ejecutadas se llevará a cabo conjuntamente por el Ingeniero-Director de obra y el Contratista, siendo de cuenta del Contratista todos los gastos de materiales y personal que se originen.

### **4.2 ABONO DE LAS PARTIDAS ALZADAS**

Las partidas alzadas consignadas en el presupuesto, serán de abono íntegro, salvo que en el título de la partida se indique expresamente que es a justificar, lo que deberá hacerse con precios del proyecto, siempre que sea posible, y en caso contrario con precios contradictorios.

El abono íntegro de la partida alzada se producirá cuando hayan sido completa y satisfactoriamente ejecutadas todas las obras que en conjunto comprende. En ningún caso podrá exigirse por el Contratista cantidad suplementaria alguna sobre el importe de la partida alzada, a pretexto de un mayor coste de las obras a realizar con cargo a la misma.

#### **4.3 ABONO DE LA CONSERVACIÓN Y REPARACIÓN DE LAS OBRAS**

Para el abono de los gastos de conservación y reparación que figuren en el presupuesto como partidas alzadas, se atenderá a lo indicado en el apartado anterior.

Cuando no se prevea en el presupuesto cantidad alguna para la conservación y reparación de las obras que constituyen un artículo del mismo, se supondrá que su importe está incluido en el precio de las unidades de obra correspondiente.

#### **4.4 ABONO DE LOS MEDIOS Y OBRAS AUXILIARES DE LOS ENSAYOS Y DE LOS DETALLES IMPREVISTOS**

No serán de abono independiente:

- Están incluidas en la contrata la utilización de los medios y la construcción de las obras auxiliares que sean necesarias para la buena ejecución de las obras principales y para garantizar la seguridad de las mismas tales como: herramientas, aparatos, maquinaria, vehículos, gomas andamios, cimbras, estibaciones, desagües, protecciones, para evitar la entrada de agua superficial en las excavaciones y centros de transformación, etc.
- Los gastos ocasionados por la realización de los ensayos que la Dirección de Obra juzgue necesarios para comprobar que los materiales cumplen las condiciones exigidas. No obstante, estos gastos deberán ser pagados por el Contratista.
- Lo mencionado en este Pliego de Condiciones Técnicas Particulares y emitido en los planos, o viceversa, habrá de ser ejecutado como si estuviera expuesto en ambos documentos. En caso de contradicción entre ellos, prevalecerá lo establecido en el Pliego de Condiciones Técnicas Particulares

Los detalles de las obras imprevistos por su minuciosidad en planos y Pliegos de Condiciones, y que a juicio exclusivo de la Dirección de obra, sin separarse del espíritu y recta interpretación de aquellos documentos, sean necesarios para la buena construcción y perfecta terminación y remate de las obras, serán de obligada ejecución para el Contratista.

## **5 CONDICIONES DE MANTENIMIENTO, USO Y SEGURIDAD**

Las actuaciones de mantenimiento sobre las instalaciones eléctricas de Alta Tensión son independientes de las inspecciones periódicas que preceptivamente se tengan que realizar.

El titular o la Propiedad de la instalación eléctrica no están autorizados a realizar operaciones de modificación, reparación o mantenimiento. Estas actuaciones deberán ser ejecutadas siempre por una empresa instaladora autorizada.

Durante la vida útil de la instalación, los propietarios y usuarios de las instalaciones eléctricas de generación, transporte, distribución, conexión, enlace y receptoras, deberán mantener permanentemente en buen estado de seguridad y funcionamiento sus instalaciones eléctricas, utilizándolas de acuerdo con sus características funcionales.

La Propiedad o titular de la instalación deberá presentar, junto con la solicitud de puesta en servicio de la instalación que requiera mantenimiento, conforme a lo establecido en las "Instrucciones y Guía sobre la Legalización de Instalaciones Eléctricas de Baja Tensión" (anexo VII del Decreto 141/2009), un contrato de mantenimiento con empresa instaladora autorizada inscrita en el correspondiente registro administrativo, en el que figure expresamente el responsable técnico de mantenimiento.

Los contratos de mantenimiento se formalizarán por períodos anuales, prorrogables por acuerdo de las partes, y en su defecto de manera tácita. Dicho documento consignará los datos identificativos de la instalación afectada, en especial su titular, características eléctricas nominales, localización, descripción de la edificación y todas aquellas otras características especiales dignas de mención.

No obstante, cuando el titular acredite que dispone de medios técnicos y humanos suficientes para efectuar el correcto mantenimiento de sus instalaciones, podrá adquirir la condición de mantenedor de las mismas. En este supuesto, el cumplimiento de la exigencia reglamentaria de mantenimiento quedará justificado mediante la presentación de un Certificado de automantenimiento que identifique al responsable del mismo. No se permitirá la subcontratación del mantenimiento a través de una tercera empresa intermediaria.

Para aquellas instalaciones nuevas o reformadas, será preceptiva la aportación del contrato de mantenimiento o el certificado de automantenimiento junto a la solicitud de puesta en servicio.

Las empresas distribuidoras, transportistas y de generación en régimen ordinario quedan exentas de presentar contratos o certificados de automantenimiento.

Las empresas instaladoras autorizadas deberán comunicar al Centro Directivo competente en materia de energía las altas y bajas de contratos de mantenimiento a su cargo, en el plazo de un mes desde su suscripción o rescisión.



Las comprobaciones y chequeos a realizar por los responsables del mantenimiento se efectuarán con la periodicidad acordada, atendiendo al tipo de instalación, su nivel de riesgo y el entorno ambiental, todo ello sin perjuicio de las otras actuaciones que proceda realizar para corrección de anomalías o por exigencia de la reglamentación. Los detalles de las averías o defectos detectados, identificación de los trabajos efectuados, lista de piezas o dispositivos reparados o sustituidos y el resultado de las verificaciones correspondientes deberán quedar registrados en soporte auditable por la Administración.

Las empresas distribuidoras, las transportistas y las de generación en régimen ordinario están obligadas a comunicar al órgano competente en materia de energía la relación de instalaciones sujetas a mantenimiento externo, así como las empresas encargadas del mismo.

Para dicho mantenimiento se tomarán las medidas oportunas para garantizar la seguridad del personal.

Las actuaciones de mantenimiento sobre las instalaciones eléctricas son independientes de las inspecciones periódicas que preceptivamente se tengan que realizar.

Para tener derecho a financiación pública, a través de las ayudas o incentivos dirigidos a mejoras energéticas o productivas de instalaciones o industrias, la persona física o jurídica beneficiaria deberá justificar que se ha realizado la inspección técnica periódica correspondiente de sus instalaciones, conforme a las condiciones que reglamentariamente estén establecidas.

## **5.1 MANTENIMIENTO O CONSERVACIÓN**

- *Conductores.*

Cada 2 años, o después de producirse algún incidente en la instalación, se comprobará mediante inspección visual la resistencia mecánica, la resistencia a la corrosión y se medirá el aislamiento de los conductores entre fases y entre cada fase y neutro.

- *Protecciones mecánicas y de señalización.*

Estado de las mismas.

- *Terminales y empalmes.*

Revisión de empalmes y conexiones. Revisión del estado cajas terminales.

- *Elementos de protección y maniobra.*

Cada 2 años se comprobará el funcionamiento de todas las protecciones y elementos de maniobra por personal especializado.

- *Tomas de tierra.*

Una vez al año y en la época mas seca, se revisará la continuidad del circuito y se medirá la puesta a tierra.

Una vez cada cinco años se descubrirán para examen los conductores de enlace en todo su recorrido, así como los electrodos de puesta a tierra.

Cada 5 años se comprobarán los dispositivos de protección contra cortocircuitos, contactos directos e indirectos, así como sus intensidades nominales en relación a la sección de los conductores que protegen.

Revisión general de la instalación cada 10 años por personal cualificado.

En general, estas operaciones de mantenimiento, conservación y mejora sobre las Líneas Eléctricas en Alta Tensión son las siguientes:

**Comprobación del estado de las líneas** siguiendo los procedimientos establecidos en la normativa vigente para determinar el perfecto estado de las líneas mediante inspección visual de los diferentes elementos de las mismas: apoyos, conductores, herrajes, aisladores y otros componentes, con la verificación de la inexistencia de venas rotas, realizando una revisión exhaustiva de la línea, subiendo a los apoyos y desengrapando el conductor.

**Cambio de aisladores y herrajes**, siguiendo los procedimientos establecidos en la normativa vigente, para sustituir aquellos que estén defectuosos, comprobando que se sube la cadena: en apoyos de ángulo o alineación, procediendo a aflojarla y cambiando el aislador o herraje, de acuerdo con los procedimientos establecidos y tensando el conductor en los apoyos de amarre, soltando la cadena y procediendo al cambio del aislador o herraje defectuoso.

**Reparación de conductores**, siguiendo los procedimientos establecidos en la normativa vigente para sustituir aquellos que estén defectuosos, utilizando «armor-rod» o preformados en caso de rotura de conductores de aluminio en las grapas o en los vanos y realizando empalmes completos en caso de rotura del alma de acero mediante empalmes preformados, utilizando máquina de presión.

**Realización de trabajos de sustitución de otros elementos de la línea**, siguiendo los procedimientos establecidos en la normativa vigente, para evitar averías, verificando el estado de separadores y apoyos, reparando y sustituyendo en caso de que se encuentren rotos o defectuosos, revisando la pintura o protección galvanizada, verificando la ausencia de oxidaciones, colocando balizas en vanos y protecciones salva-pájaros en apoyos cuando sea necesario, según la normativa vigente, realizando el suplementado de apoyos cuando los parámetros de la línea no se ajusten a lo establecido en los reglamentos, y reponiendo o reparando la red de tierras que hubieran podido ser dañadas por trabajos sobre el terreno y midiendo la resistencia de la toma de tierra con telurómetro.

**Realización de operaciones de limpieza** de calles, utilizando el equipo adecuado, para evitar averías y posibles accidentes, eliminando el ramaje, árboles o arbustos que puedan afectar a la seguridad de la línea.

## 5.2 RACIÓN. REPOSICIÓN

Siempre que se revisen las instalaciones, se repararán los defectos encontrados y, en el caso que sea necesario, se repondrán las piezas que lo precisen.

## 5.3 MEDIDAS DE SEGURIDAD

Medidas de seguridad en obras y otras actividades en las que se produzcan movimientos o desplazamientos de equipos o materiales en la cercanía de líneas aéreas, subterráneas u otras instalaciones eléctricas.

Para la prevención del riesgo eléctrico en actividades en las que se producen o pueden producir movimientos o desplazamientos de equipos o materiales en la cercanía de líneas aéreas, subterráneas u otras instalaciones eléctricas deberá actuarse de la siguiente forma:

1. Antes del comienzo de la actividad se identificarán las posibles líneas aéreas, subterráneas u otras instalaciones eléctricas existentes en la zona de trabajo, o en sus cercanías.
2. Si, en alguna de las fases de la actividad, existe riesgo de que una línea subterránea o algún otro elemento en tensión protegido pueda ser alcanzado, con posible rotura de su aislamiento, se deberán tomar las medidas preventivas necesarias para evitar tal circunstancia.
3. Si, en alguna de las fases de la actividad, la presencia de líneas aéreas o de algún otro elemento en tensión desprotegido, puede suponer un riesgo eléctrico para los trabajadores y, por las razones indicadas en el artículo 4.4 de del Real Decreto 614/2001, de 8 de junio, sobre disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico, dichas líneas o elementos no pudieran desviarse o dejarse sin tensión, se aplicará lo dispuesto en la parte A de este anexo.

A efectos de la determinación de las zonas de peligro y proximidad, y de la consiguiente delimitación de la zona de trabajo y vías de circulación, deberán tenerse especialmente en cuenta:

- a) Los elementos en tensión sin proteger que se encuentren más próximos en cada caso o circunstancia.
- b) Los movimientos o desplazamientos previsibles (transporte, elevación y cualquier otro tipo de movimiento) de equipos o materiales.

El riesgo de accidente eléctrico en los trabajos realizados en proximidad de instalaciones eléctricas en tensión puede aumentar considerablemente cuando se manipulan elementos de gran longitud, como perfiles o tubos metálicos, o se utilizan equipos de trabajo como escaleras, grúas y vehículos con brazos articulados o prolongaciones de longitud suficiente para entrar en zonas de peligro o en contacto con líneas eléctricas aéreas en las que, habitualmente, el sistema de protección general

está confiado a la distancia a la que se sitúan los conductores respecto al suelo, edificaciones, etc., de acuerdo con lo establecido en los reglamentos electrotécnicos.

A este respecto, algunos de los equipos y materiales que pueden aumentar el riesgo de accidente eléctrico en los trabajos en proximidad de instalaciones eléctricas en tensión son los siguientes:

Lista no exhaustiva de elementos que pueden aumentar el riesgo de accidente en los trabajos en proximidad de líneas aéreas

- *MÁQUINAS Y VEHÍCULOS*

Grúas torre, Grúas móviles, Palas excavadoras, Camiones con volquete, polipastos o similares, Plataformas elevadoras y Brazos hidráulicos elevadores.

- *OTROS EQUIPOS DE TRABAJO*

Escaleras extensibles, Escaleras de mano, Andamios metálicos

- *MATERIALES*

Tubos y perfiles metálicos, Cables y alambres, Árboles, ramas y madera húmeda.

Equipos que pueden aumentar el riesgo de accidente eléctrico en los trabajos en proximidad de cables subterráneos

Máquinas excavadoras, Máquinas perforadoras, Martillos neumáticos.

Además de lo anterior, será necesario incluir en las instrucciones de trabajo las restricciones impuestas a la utilización de materiales tales como escaleras de mano u objetos metálicos de gran longitud. También deberá tenerse en cuenta los movimientos incontrolados de cables o alambres que pueden entrar en contacto con elementos en tensión; por ejemplo, cuando pueden caer sobre los conductores de una línea debido a una rotura o por el movimiento en forma de látigo causado por dicha rotura.

En el caso de que los equipos o máquinas tengan que colocarse en una situación desde la que pudieran alcanzar la zona de peligro o los elementos en tensión debido a una falsa maniobra, se deberán poner barreras y/o instalar dispositivos que limiten la amplitud del movimiento de la parte móvil del equipo

Junto a ello, es esencial la función de vigilancia del «trabajador autorizado», quien debe controlar en todo momento las operaciones críticas con el fin de anticipar las situaciones de riesgo y advertir de ello al operador que realiza la maniobra.

La necesidad de transitar bajo líneas eléctricas aéreas con vehículos o maquinaria de obra que puedan implicar un riesgo de entrar en la zona de peligro es otra de las situaciones que pueden presentarse. Una forma de prevenir este riesgo es la instalación de pórticos limitadores de altura adecuadamente señalizados.

Por otra parte, los trabajadores que deban manejar o conducir las máquinas o equipos han de recibir la formación y entrenamiento necesarios para trabajar en proximidad de instalaciones

eléctricas en tensión y, antes de comenzar los trabajos, deben ser informados de los riesgos existentes en la zona, de los límites de operación, de la señalización y de las restantes medidas preventivas.

Finalmente, para prevenir el riesgo de accidente eléctrico durante los trabajos realizados con máquinas excavadoras, martillos neumáticos u otros equipos, en zonas donde pudieran existir cables subterráneos, es preciso investigar la existencia y trazado de los mismos (por ejemplo, consultando los archivos municipales y solicitando información a la compañía eléctrica propietaria).

Cuando la finalidad de los trabajos sea dejar al descubierto el propio cable subterráneo, se recomienda suprimir la tensión antes de iniciar la excavación. Con máquinas excavadoras no es aconsejable llegar a menos de un metro del cable y con martillos neumáticos hasta 0,5 metros, concluyendo los últimos centímetros con el auxilio de herramientas manuales, para reducir el riesgo de perforar el cable.

## **6 CONCLUSIONES**

Conforme con lo que en este Pliego de Condiciones se refiere en relación con el proyecto “LÍNEA AÉREO-SUBTERRÁNEA DE MEDIA TENSIÓN Y NUEVO CENTRO DE TRANSFORMACIÓN PARA LA ALIMENTACIÓN DE UNA INDUSTRIA EN EL TÉRMINO MUNICIPAL DE BELCHITE”.

José Luis Bartolomé Lamarca



Zaragoza, Junio de 2017

**Documento 3**  
**PRESUPUESTO**

<b>1</b>	<b>PRESUPUESTO LÍNEA AÉREA .....</b>	<b>1</b>
1.1	OBRA CIVIL .....	1
1.2	OBRA ELÉCTRICA.....	1
1.3	TOTAL LÍNEA AÉREA .....	2
<b>2</b>	<b>PRESUPUESTO LÍNEA SUBTERRÁNEA .....</b>	<b>2</b>
2.1	OBRA CIVIL .....	2
2.2	OBRA ELÉCTRICA.....	2
2.3	TOTAL LÍNEA SUBTERRÁNEA.....	2
<b>3</b>	<b>PRESUPUESTO CENTRO DE TRANSFORMACIÓN .....</b>	<b>3</b>
3.1	OBRA CIVIL .....	3
3.2	OBRA ELÉCTRICA.....	3
3.3	TOTAL CENTRO DE TRANSFORMACION .....	3
<b>4</b>	<b>PRESUPUESTO TOTAL .....</b>	<b>4</b>

# 1 PRESUPUESTO LÍNEA AÉREA

## 1.1 OBRA CIVIL

Nº UNIDADES		DENOMINACION	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
5,00	Ud	Apoyo metálico de celosía tipo "C", de 1000 kg de esfuerzo y 14,00 m de altura	1.943,18	9.715,90 €
2,00	Ud	Apoyo metálico de celosía tipo "C", de 2000 kg de esfuerzo y 14,00 m de altura	2.195,45	4.390,90 €
2,00	Ud	Apoyo metálico de celosía tipo "C", de 1000 kg de esfuerzo y 16,00 m de altura	2.109,09	4.218,18 €
9,00	Ud	Armado triangular de celosía, tipo H3, hasta 4500 Kg, 1,75 m	187,50	1.687,50 €
9,00	Ud	Señalización apoyos	200,91	1.808,19
9,00	Ud	Excavación en todo tipo de terreno para cimentación de apoyo y red de tierra	114,37	1.029,33
1.315,00	m	Conductor LA-56	0,47	618,05
9,00	Ud	Hormigón en masa HM-200, para cimentación de apoyos, recalces, peanas y losas	342,60	3.083,40

**SUMA..... 26.551,45 €**

## 1.2 OBRA ELÉCTRICA

Nº UNIDADES		DENOMINACION	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
1.315,00	m	Tendido, regulado y engrapado de conductor LA-56 con tren de tendido hasta 5.000 kg, conforme a protocolo de compañía suministradora.	4,32	5.680,80 €
7,00	Ud	Puesta a tierra en Apoyos zona no transitada con electrodos y cable Cu 50mm <sup>2</sup> incluido	85,18	596,26 €
2,00	Ud	Puesta a tierra en Apoyos con apartamiento con electrodos y cable Cu 50mm <sup>2</sup> incluido	143,18	286,36 €
8,00	Ud	Conjunto de Cadenas de amarre a ambos lados con aisladores de vidrio para cable LA-56 e instalación	451,48	3.611,84 €
1,00	Ud	Conjunto de Cadenas de amarre simple con aisladores de vidrio para cable LA-56 e instalación	237,43	237,43 €
8,00	Ud	Complemento de aisladores para fase central, para cable LA-56, en apoyos en amarre e instalación	643,18	5.145,44 €
1,00	Ud	Conjunto Fusibles "XS" e instalación	494,32	494,32
1,00	Ud	Seccionador tripolar con mando por estribo e instalación	3.034,09	3.034,09
47,00	m	Forado conductor desnudo	100,54	4.725,38
51,00	Ud	Forado grapa cualquier tipo	171,33	8.737,83
1,00	Ud	Conversión Aéreo Subterránea, incluyendo autovalvulas, terminales I e instalación	2.721,20	2.721,20 €
9,00	Ud	Montaje apoyo Celosia con armado triangular	1.366,00	12.294,00 €

**SUMA..... 47.564,95 €**



### 1.3 TOTAL LÍNEA AÉREA

DENOMINACIÓN	PRECIO TOTAL
OBRA CIVIL	26.551,45 €
OBRA ELÉCTRICA	47.564,95 €
<b>SUMA TOTAL LÍNEA AÉREA</b>	<b>74.116,40 €</b>

## 2 PRESUPUESTO LÍNEA SUBTERRÁNEA

### 2.1 OBRA CIVIL

Nº UNIDADES		DENOMINACION	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
85,00	m	Canalizacion en terrizo 1T (Prof<1m) (Ancho hasta 0,4m) (Tubo 200mm <sup>2</sup> )	38,85	3.302,25 €

**SUMA..... 3.302,25 €**

### 2.2 OBRA ELÉCTRICA

Nº UNIDADES		DENOMINACION	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
85,00	m	Cable 240mm <sup>2</sup> AL 12/20 SUBT.	6,50	552,50 €
85,00	m	Tendido en tubular 1C 240 mm <sup>2</sup> Al RH5Z1 12/20 kV	23,55	2.001,75 €

**SUMA..... 2.554,25 €**

### 2.3 TOTAL LÍNEA SUBTERRÁNEA

DENOMINACIÓN	PRECIO TOTAL
OBRA CIVIL	3.302,25 €
OBRA ELÉCTRICA	2.554,25 €
<b>SUMA TOTAL LÍNEA SUBTERRANEA</b>	<b>5.856,50 €</b>

### 3 PRESUPUESTO CENTRO DE TRANSFORMACIÓN

#### 3.1 OBRA CIVIL

Nº UNIDADES		DENOMINACION	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
1,00	Ud	Edificio prefabricado tipo PFU-5 Ormazabal. Incluye edificio, elementos exteriores e instalación	11.825,00	11.825,00 €
1,00	Ud	Proteccion mecanica defensa transformador	283,00	283,00 €
1,00	Ud	Acera perimetral edificio prefabricado	1.178,57	1.178,57 €

**SUMA.....**

**13.286,57 €**

#### 3.2 OBRA ELÉCTRICA

Nº UNIDADES		DENOMINACION	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
1,00	Ud	Celda de línea cgmcosmos-l Ormazabal. Montaje y conexión incluidos	3.762,50	3.762,50 €
1,00	Ud	Celda de seccionamiento cgmcosmos-s. Montaje y conexión incluidos	4.235,50	4.235,50 €
1,00	Ud	Celda de proteccion general cgmcosmos-p. Montaje y conexión incluidos	5.312,50	5.312,50 €
1,00	Ud	Celda de medida cgmcosmos-m. Montaje y conexión incluidos	6.150,00	6.150,00 €
1,00	Ud	Instalación puentes MT	151,20	151,20 €
1,00	Ud	Transformador 400KVA. Conexionado Dyn11 y proteccion con termometro	10.126,00	10.126,00 €
1,00	Ud	Cuadro de baja tensión	2.700,00	2.700,00 €
1,00	Ud	Instalación puente BT	50,78	50,78 €
1,00	Ud	Instalación de puesta a tierra de proteccion, con electrodos y cable Cu 50mm <sup>2</sup> incluidos	3.345,00	3.345,00 €
1,00	Ud	Instalación de puesta a tierra de servicio, con electrodos y cable Cu 50mm <sup>2</sup> incluidos	2.158,00	2.158,00 €
30,00	m	Cable 240mm <sup>2</sup> AL 12/20 SUBT.	6,50	195,00 €
15,00	m	Cable 95mm <sup>2</sup> AL 12/20 SUBT.	7,20	108,00 €

**SUMA.....**

**38.294,48 €**

#### 3.3 TOTAL CENTRO DE TRANSFORMACION

DENOMINACIÓN	PRECIO TOTAL
OBRA CIVIL	38.294,48 €
OBRA ELÉCTRICA	13.286,57 €
<b>SUMA TOTAL CENTRO TRANSFORMACION</b>	<b>51.581,05 €</b>

#### 4 PRESUPUESTO TOTAL

DENOMINACIÓN	PRECIO TOTAL
TOTAL OBRA CIVIL	68.148,18 €
TOTAL OBRA ELÉCTRICA	63.405,77 €
<b>SUMA</b>	<b>131.553,95 €</b>
BENEFICIO INDUSTRIAL (6%)	7.893,24
GASTOS GENERALES (13%)	17.102,01
<b>SUMA</b>	<b>156.549,20 €</b>
I.V.A (21%)	32.875,33
<b>SUMA TOTAL</b>	<b>189.424,53 €</b>

La suma total del proyecto “LÍNEA AÉREO-SUBTERRÁNEA DE MEDIA TENSIÓN Y NUEVO CENTRO DE TRANSFORMACIÓN PARA LA ALIMENTACIÓN DE UNA INDUSTRIA EN EL TÉRMINO MUNICIPAL DE BELCHITE” asciende a una cantidad de **CIENTO OCHENTA Y NUEVE MIL CUATROCIENTOS VEINTICUATRO EUROS CON CINCUENTA Y TRES CÉNTIMOS.**

José Luis Bartolomé Lamarca



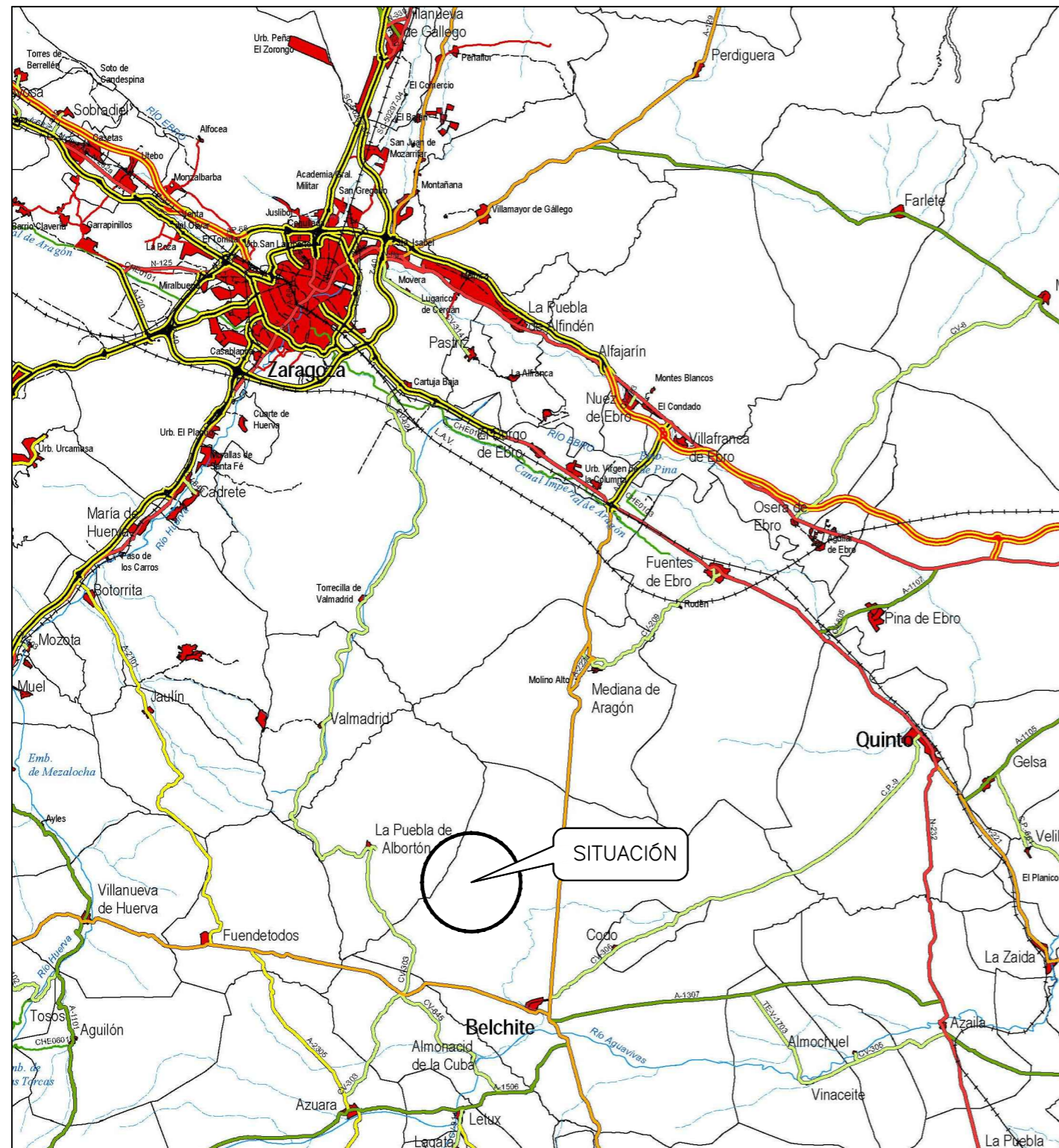
Zaragoza, Junio de 2017

**Documento 4**

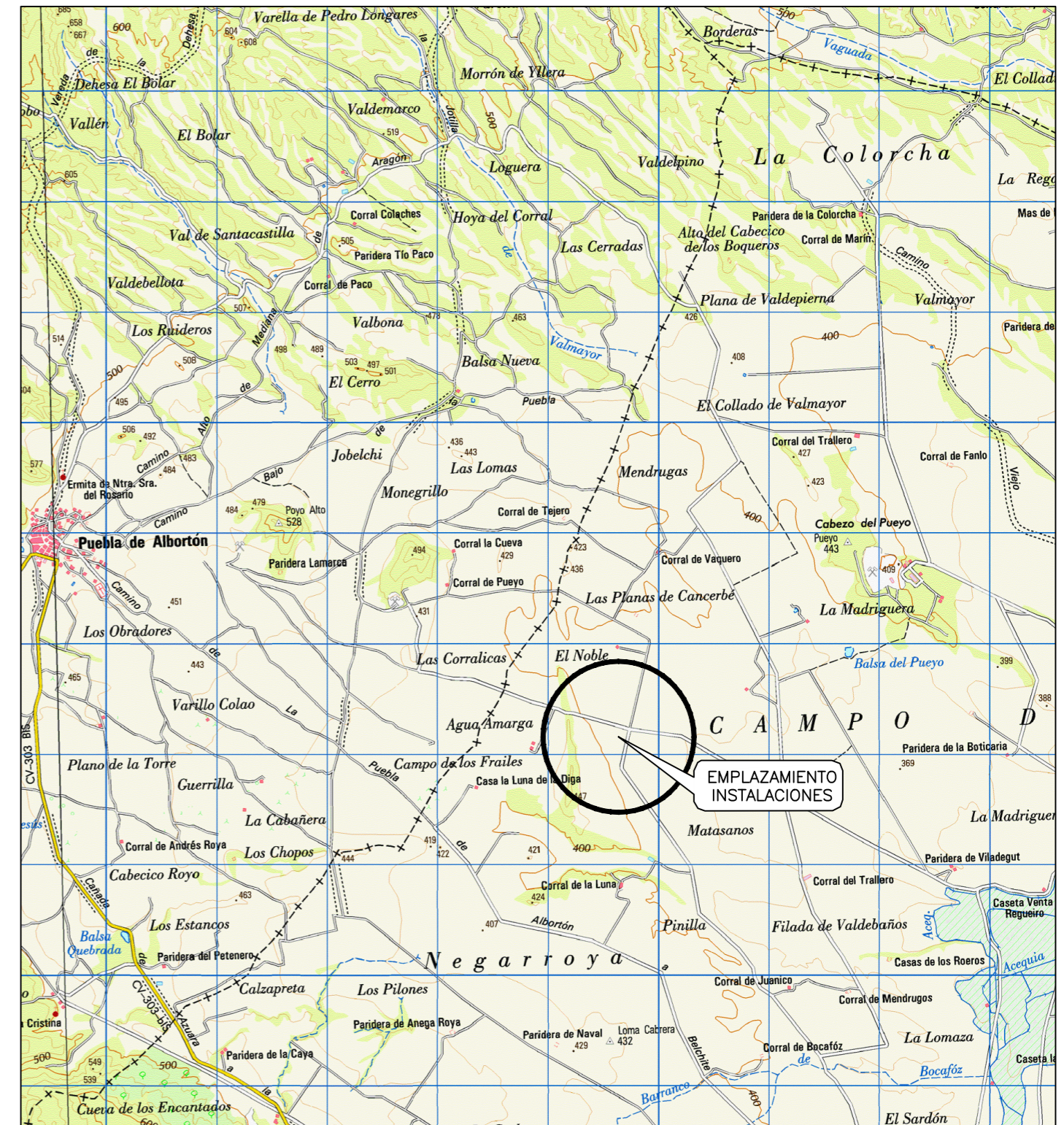
**PLANOS**

# **INDICE DE PLANOS**

1. SITUACIÓN Y EMPLAZAMIENTO
2. PLANTA GENERAL
3. PLANTA-PERFIL
4. AFECIONES MEDIOAMBIENTALES
5. ESQUEMA UNIFILAR
6. APOYO ALINEACION
7. APOYO CONVERSIÓN A/S
8. APOYO SECCIONADOR III
9. CADENAS DE AISLAMIENTO
10. RED DE TIERRAS DE APOYOS
11. SALVAPÁJAROS
12. ZANJA
13. CENTRO DE TRANSFORMACIÓN
14. RED DE TIERRAS C.T.
15. ESQUEMA UNIFILAR C.T.




PLANO DE SITUACION  
ESCALA 1:300.000






PLANO DE EMPLAZAMIENTO  
ESCALA 1:50.000




	Fecha	Nombre	
Dibujado	06/2017	JOSÉ LUIS BARTOLOMÉ LAMARCA	
Comprobado			
Escales INDICADAS	Titulo	SITUACIÓN Y EMPLAZAMIENTO	NIA 647698 Curso 2016/2017 Plano Nº 1



Apoyo	Coordenada X	Coordenada Y
13Ex	685.394,60	4.582.402,32
1	685.359,00	4.582.409,91
2	685.252,43	4.582.313,35
3	685.122,75	4.582.195,84
4	684.993,08	4.582.078,33
5	684.874,61	4.581.970,98
6	684.749,74	4.581.857,83
7	684.633,13	4.581.752,16
8	684.522,25	4.581.651,68
9	684.411,37	4.581.551,21





LEYENDA	
	LINEA AEREA EXISTENTE
	LINEA AEREA PROYECTADA
	LINEA SUBT. PROYECTADA


	<i>Fecha</i>	<i>Nombre</i>	
<i>Dibujado</i>	06/2017	JOSÉ LUIS BARTOLOMÉ LAMARCA	
<i>Comprobado</i>			
<i>Escala</i>	<i>Título</i>		NIA 647698
1.5.000	PLANTA GENERAL		Curso 2016/2017
			Plano Nº 2







LEYENDA		Escala=1:25.000
	ZEPAS Estepas de Belchite–El Planeron–La Lomaza y Río Huerva y Las Planas	
	LICS Planas y Estepas de la margen derecha del Ebro y La Lomaza de Belchite	
	Ambito Protección Fauna – Falco Naumanni	
	Zonas de Protección para la avifauna en funcion del RD 1432–2008	

	<i>Fecha</i>	<i>Nombre</i>	
<i>Dibujado</i>	06/2017	JOSÉ LUIS BARTOLOMÉ LAMARCA	
<i>Comprobado</i>			
<i>Escala</i>	<i>Título</i>	AFECCIONES MEDIOAMBIENTALES	
1:25.000		<i>NIA</i>	647698
		<i>Curso</i>	2016/2017
		<i>Plano Nº</i>	4

L.A.A.T. 15KV S.A.T. 63

APOYO N°13 Exist.

CONDUCTOR LA-56

Apoyo N°1

SECCTO. III  
24kV, 400A

CONDUCTOR LA-56  
1.315m

Apoyo N°9  
Conv. A/S


SECCTO. "XS"  
24kV, 200A  
Calibre del Eslabón 25A

AUTOVALVULAS  
15kV, 10kA

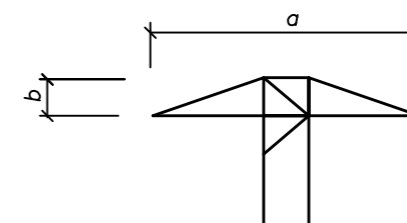
Terminales I

CONDUCTOR RH5Z1 240mm<sup>2</sup> 12/20kV  
85m

NUEVO C.T. PREFABRICADO

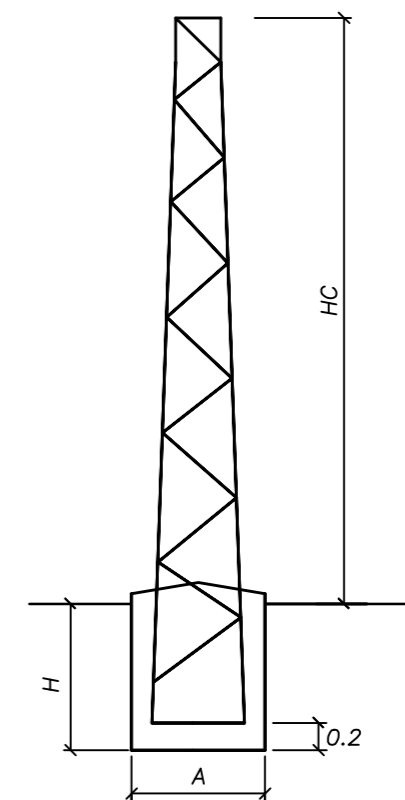
	Fecha	Nombre	 Escuela de Ingeniería y Arquitectura Universidad Zaragoza	
Dibujado	06/2017	JOSÉ LUIS BARTOLOMÉ LAMARCA		
Comprobado				
Escala	Titulo		NIA	647698
S/E		ESQUEMA UNIFILAR	Curso	2016/2017
			Plano N°	5


H3



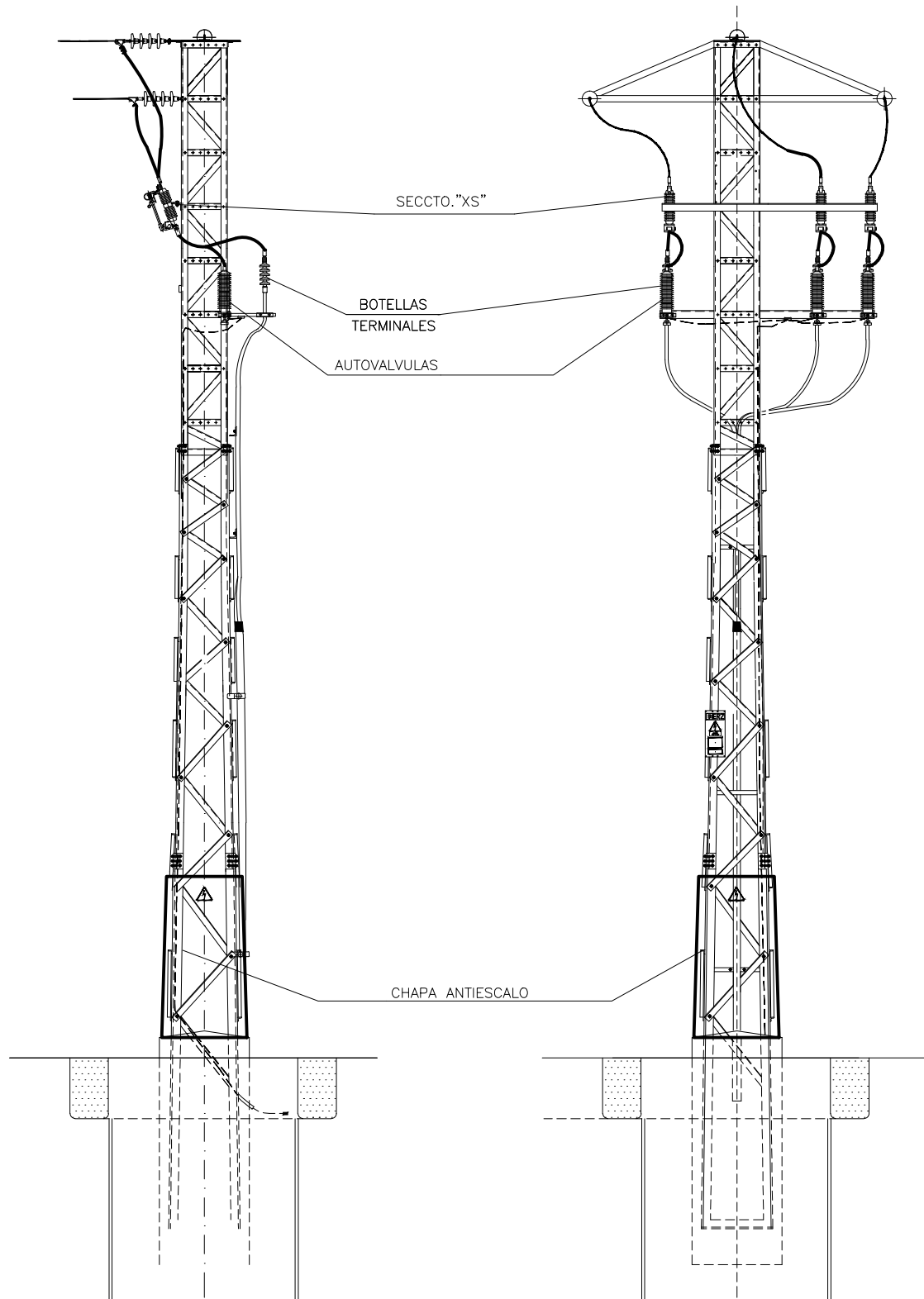
TIPO CELOSIA	TIPO ARMADO	DIMENSIONES		ALTURA UTIL (1) m.	CIMENTACION (EXCAVACION)		
		a m.	b m.		∅A m.	H m.	v m³
C-1000-14	H3	3.50	0.60	12.50	1.15	1.70	2.25
C-1000-16	H3	3.50	0.60	14.50	1.25	1.75	2.73
C-2000-14	H3	3.50	0.60	12.20	1.15	2.05	2.71


(1) LA ALTURA UTIL HC MEDIDA ENTRE LA COGOLLA Y EL SUELO



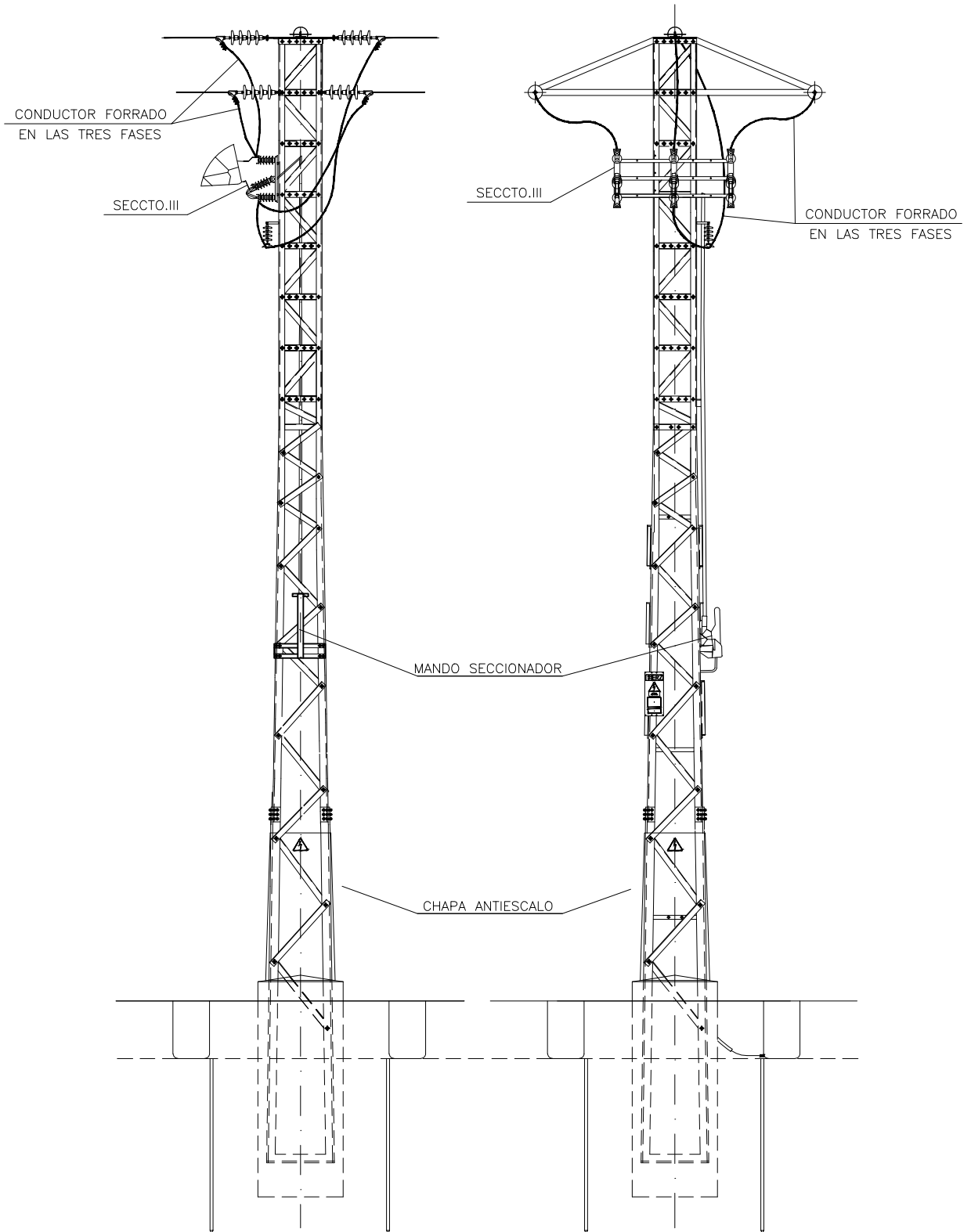
	Fecha	Nombre		
Dibujado	06/2017	JOSÉ LUIS BARTOLOMÉ LAMARCA		
Comprobado			NIA	647698
Escala	Titulo	APOYO DE ALINEACION	Curso	2016/2017
S/E			Plano N°	6


**APOYO CONV.+SCCTO XS CON AISLADORES VIDRIO**



	<i>Fecha</i>	<i>Nombre</i>	 Escuela de Ingeniería y Arquitectura Universidad Zaragoza
<i>Dibujado</i>	06/2017	JOSÉ LUIS BARTOLOMÉ LAMARCA	
<i>Comprobado</i>			
<i>Escala</i>	<i>Titulo</i>		NIA 647698
S/E	APOYO CONVERSIÓN A/S		Curso 2016/2017
			Plano Nº 7

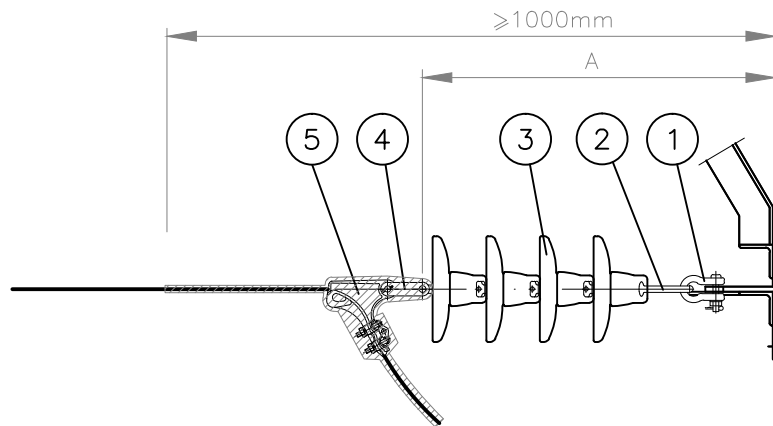
**APOYO SCCTO III CON AISLADORES VIDRIO**



	<i>Fecha</i>	<i>Nombre</i>	 <p>Escuela de Ingeniería y Arquitectura Universidad Zaragoza</p>
<i>Dibujado</i>	06/2017	JOSÉ LUIS BARTOLOMÉ LAMARCA	
<i>Comprobado</i>			
<i>Escala</i>	<i>Titulo</i>		<i>NIA</i> 647698
S/E	APOYO SECCIONAMIENTO III		<i>Curso</i> 2016/2017
			<i>Plano Nº</i> 8

**AISLADOR DE CADENA DE VIDRIO PARA PROTECCIÓN AVIFAUNA EN LINEAS AEREAS DE M.T. HASTA 36 KV**


**CADENAS DE AISLAMIENTO**



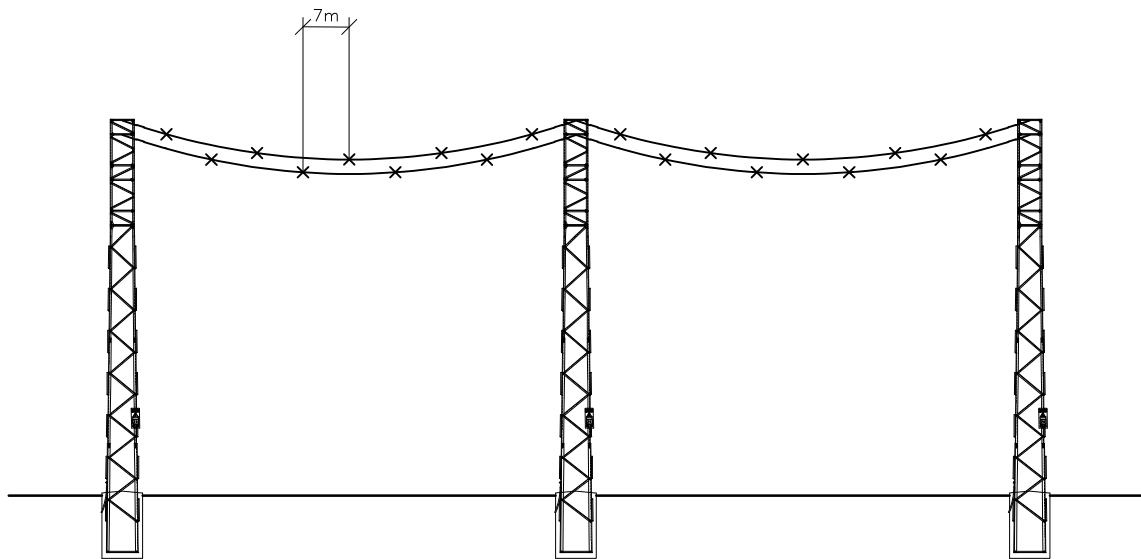
5	1	GRAPA DE AMARRE
4	1	ROTULA LARGA R16P
3	4	AISLADOR DE CAPERUZA Y VASTAGO U70BS/127
2	1	ANILLA BOLA AB16
1	1	GRILLETE NORMAL GN
MARCA	Nº PIEZAS	D E N O M I N A C I O N

Tipo	Tensión de Servicio	Línea de Fuga	Carga Mecánica
	kV	mm	kN
U70BS/127	24-36	320	70

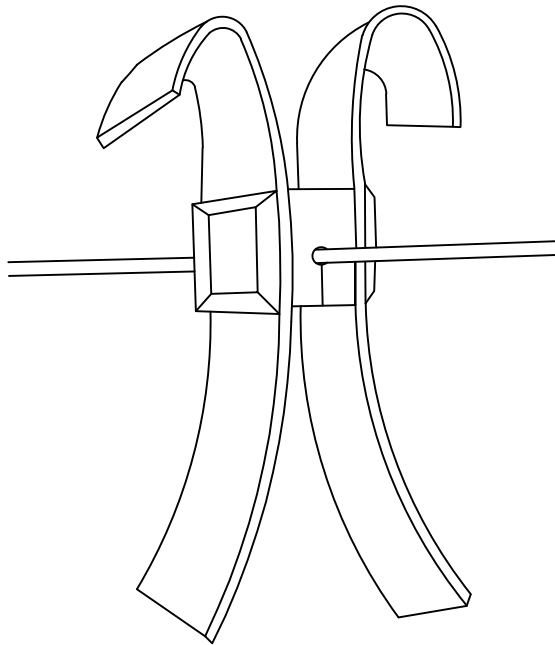
FORMACION CADENAS	DISTANCIA ALCANZADA	DISTANCIA MINIMA DE SEGURIDAD
U70BS/127	A = 740 mm	≥ 1000 mm FORRAR GRAPA + ROTULA + CONDUCTOR

	<i>Fecha</i>	<i>Nombre</i>	 <b>Escuela de Ingeniería y Arquitectura Universidad Zaragoza</b>
<i>Dibujado</i>	06/2017	JOSÉ LUIS BARTOLOMÉ LAMARCA	
<i>Comprobado</i>			
<i>Escala</i>	<i>Título</i>		NIA 647698
S/E	CADENAS DE AISLAMIENTO		Curso 2016/2017
			Plano Nº 9


# INSTALACION DE SALVAPAJAROS EN CONDUCTORES DE FASE



**DETALLE DE SALVAPAJAROS**



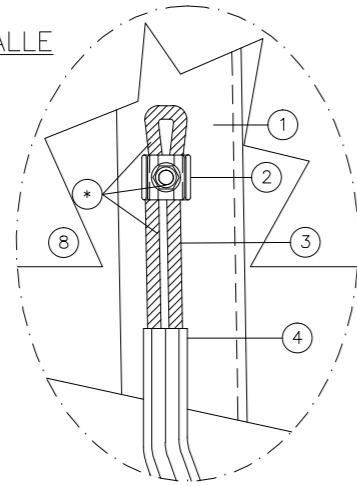
<b>SOPORTE:</b> Cable de fase
<b>CADENCIA:</b> Cada 7 metros

	<i>Fecha</i>	<i>Nombre</i>	 <p style="font-size: small; margin: 0;">Escuela de Ingeniería y Arquitectura Universidad Zaragoza</p>
<i>Dibujado</i>	06/2017	JOSÉ LUIS BARTOLOMÉ LAMARCA	
<i>Comprobado</i>			
<i>Escala</i>	<i>Título</i>		<i>NIA</i> 647698
S/E	SALVAPÁJAROS		<i>Curso</i> 2016/2017
			<i>Plano Nº</i> 10

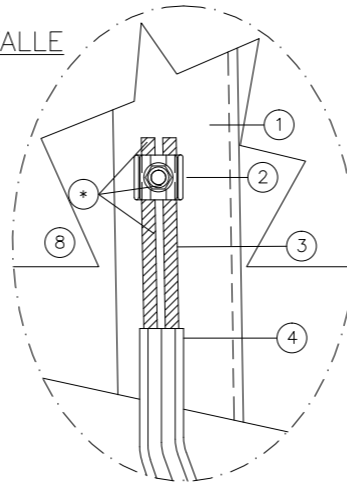
# APOYO FRECUENTADO

# DETALLE PLANTAS ANTIESCALO AISLADO

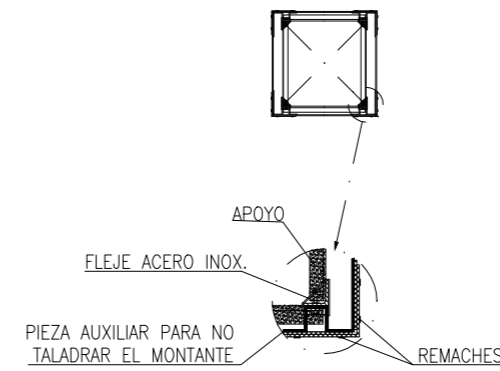
DETALLE



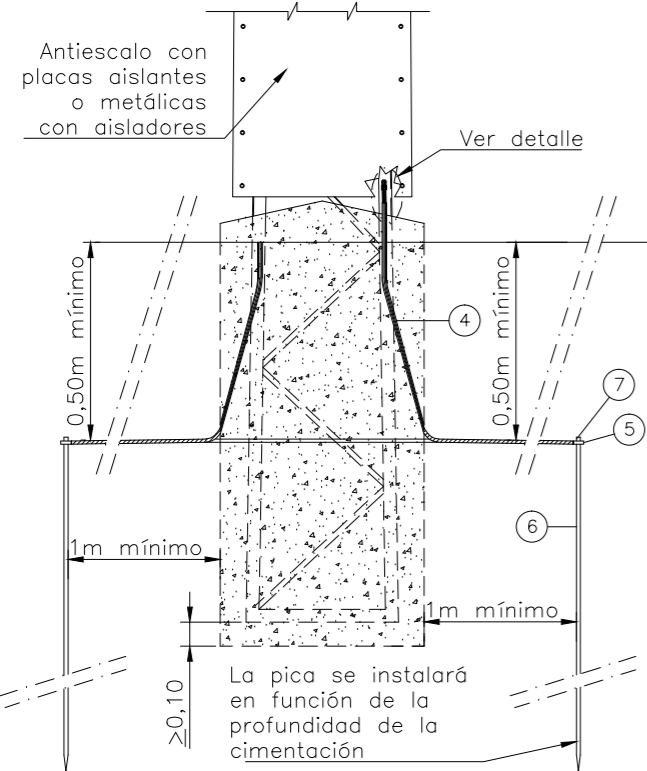
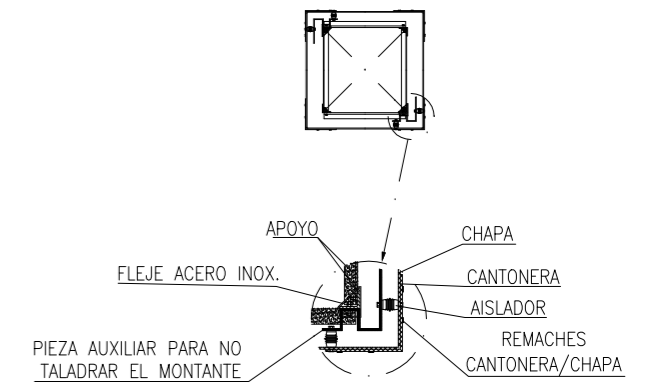
DETALLE



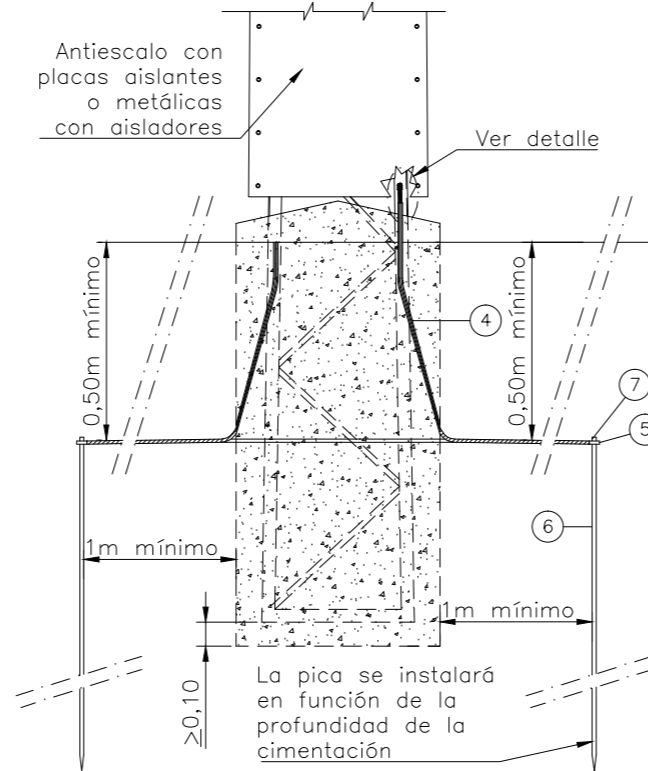
PLACAS AISLANTES



PLACAS METÁLICAS CON AISLADORES

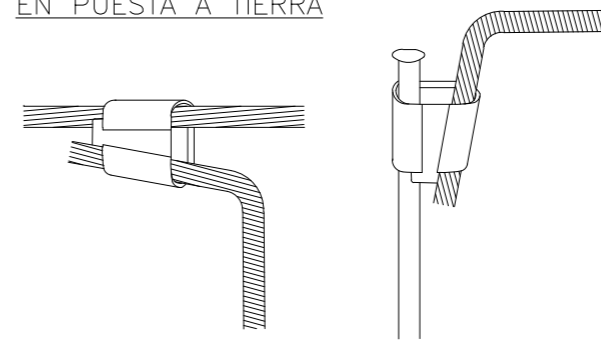


SECCIÓN A-A

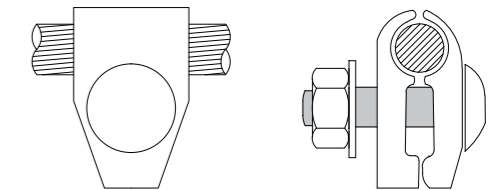


SECCIÓN B-B

CONECTORES AMPACT PARA ENLACES Cu/Cu Y Cu/PICA EN PUESTA A TIERRA

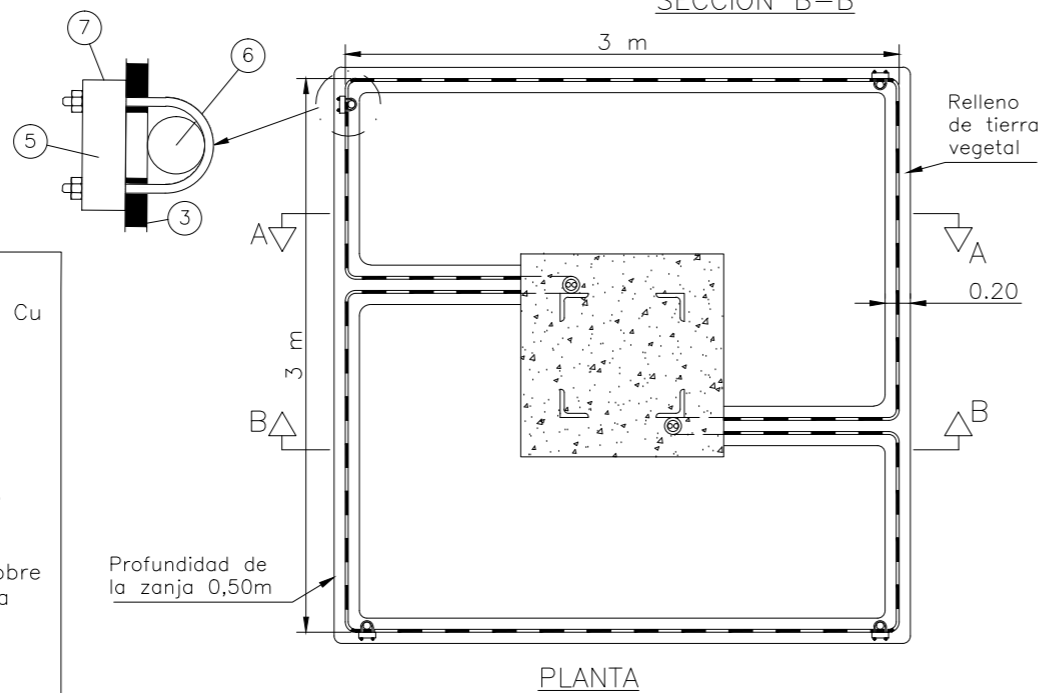


GRAPA CONEXIÓN CABLE DE TIERRA A APOYO



NOTA


- Las Puestas a Tierra de los Apoyos cumplirán lo establecido en el Apartado 7 de la ITC-LAT-07 del Reglamento de Líneas de Alta Tensión
- Cada Apoyo llevará mínimo 4 picas
- Desde el anillo cerrado se realizaran 2 conexiones a la estructura del apoyo, uno por montante



PLANTA

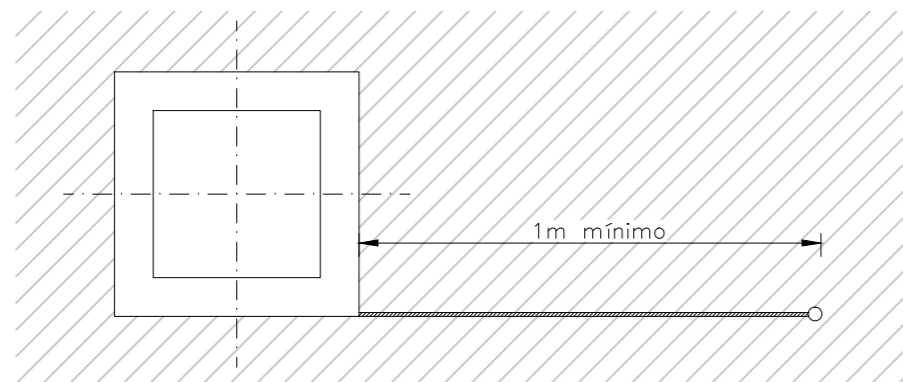
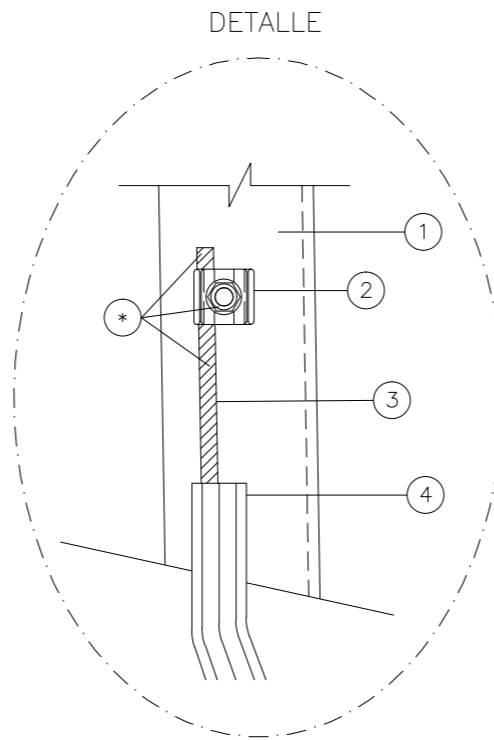
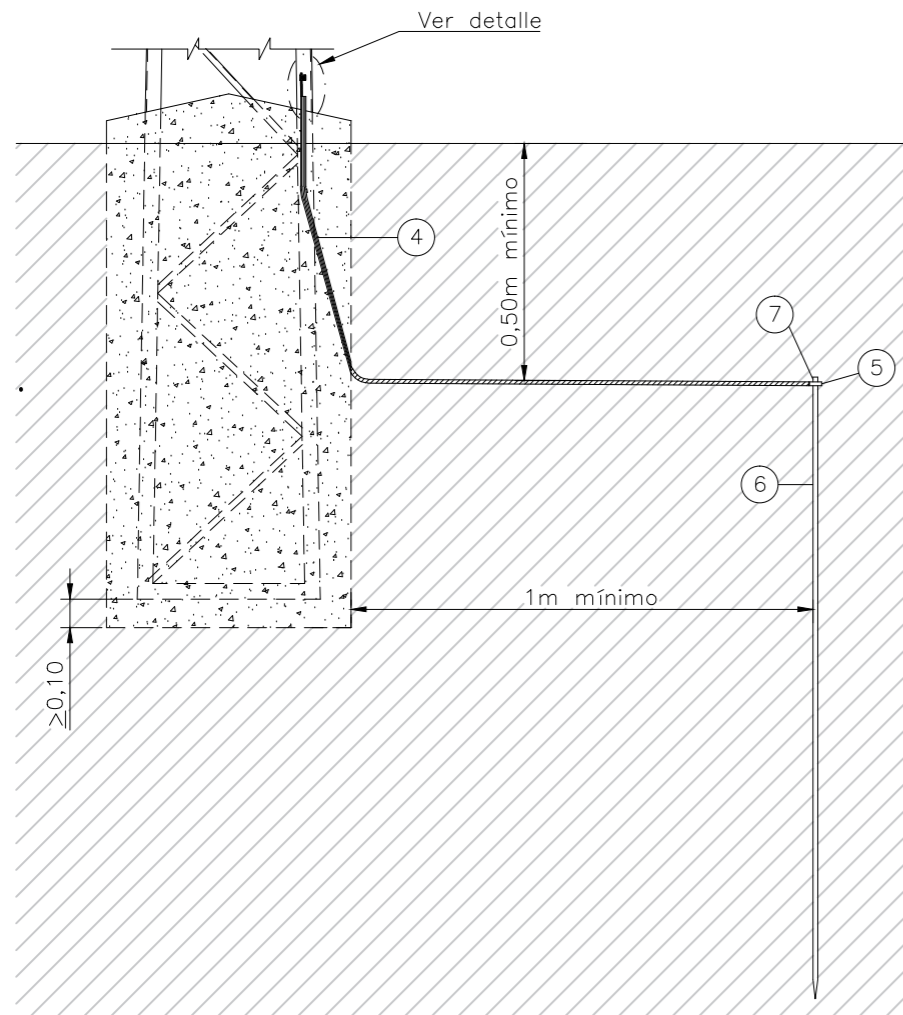
- 1 Apoyo
- 2 Conector p.a.t. para 2 cables de Cu de 35 a 50mm<sup>2</sup>
- 3 Cable desnudo de 35mm<sup>2</sup>
- 4 Tubo PVC m-40
- 5 Grapa de conexión para pica
- 6 Pica de toma a tierra 14,6mmø
- 7 Cinta protección anticorrosiva
- 8 Antiescalo con placas aislantes o metálicas con aisladores

\* El conector y el conductor de cobre visible se cubrirán primero con la cinta autovulcanizable y segundo con la cinta adhesiva de PVC

	Fecha	Nombre	
Dibujado	06/2017	JOSÉ LUIS BARTOLOMÉ LAMARCA	
Comprobado			
Escala	Titulo		NIA 647698
S/E		RED DE TIERRA DE APOYOS	Curso 2016/2017
			Plano Nº 11.1



APOYO NO FRECUENTADO

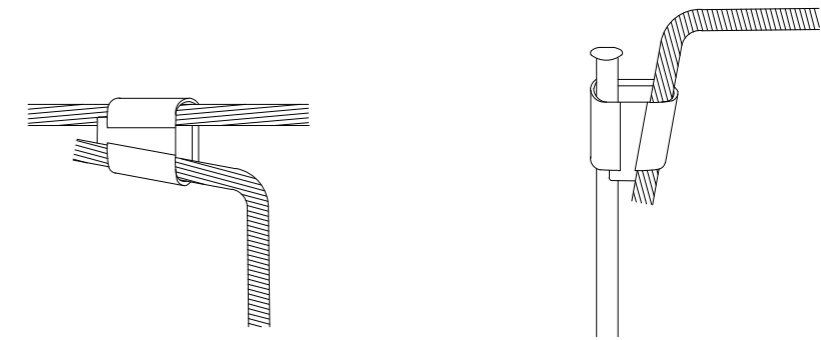


- 1 Apoyo
- 2 Conector p.a.t. para 2 cables de Cu de 35 a 50mm<sup>2</sup>
- 3 Cable desnudo de 50mm<sup>2</sup> enterrado a una profundidad de 0,5m
- 4 Tubo PVC M-40
- 5 Conector ampact o grapa
- 6 Pica de acero cobreado de 2m Ø14,6 mm
- 7 Cinta protección anticorrosiva

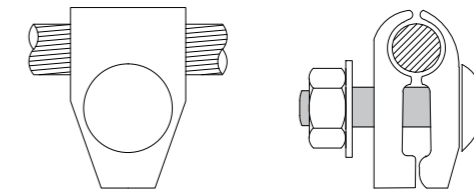
\* El conector y el conductor de cobre visible se cubrirán primero con la cinta autovulcanizable y segundo con la cinta adhesiva de PVC

NOTA:  
La disposición de la picas de puesta a tierra es en función de la resistividad del terreno tomada en proyecto y que si dicha resistividad variara podrá variar el número de picas instaladas.

CONECTORES AMPACT PARA ENLACES Cu/Cu Y Cu/PICA EN PUESTA A TIERRA




GRAPA CONEXIÓN CABLE DE TIERRA A APOYO

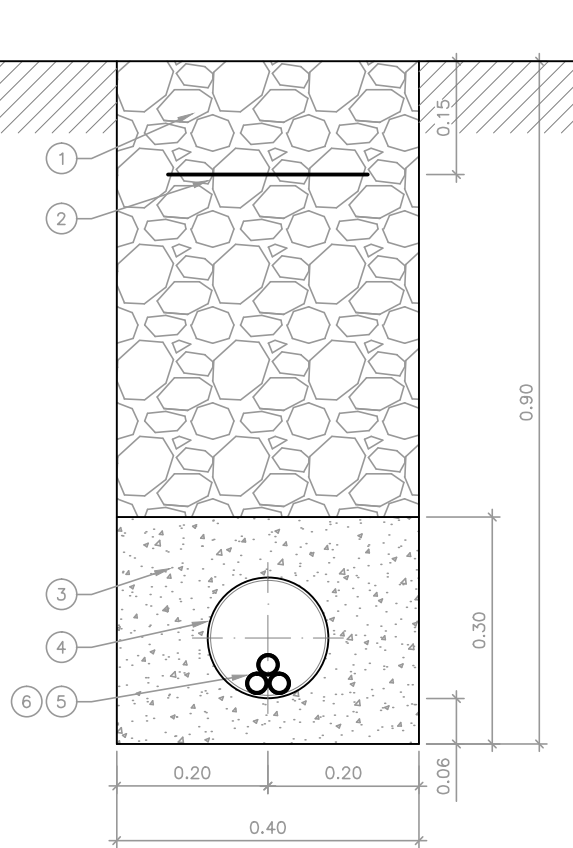


NOTA

- Las Puestas a Tierra de los Apoyos cumplirán lo establecido en el Apartado 7 de la ITC-LAT-07 del Reglamento de Líneas de Alta Tensión
- Cada Apoyo llevará mínimo 1 pica

	<i>Fecha</i>	<i>Nombre</i>	
<i>Dibujado</i>	06/2017	JOSÉ LUIS BARTOLOMÉ LAMARCA	
<i>Comprobado</i>			
<i>Escala</i>	<i>Título</i>		<i>NIA</i> 647698
S/E	RED DE TIERRA DE APOYOS		<i>Curso</i> 2016/2017
			<i>Plano N°</i> 11.2


ZANJA TIPO POR TIERRA UN CIRCUITO CON TUBO HORMIGONADO,  
CON SEÑALIZACIÓN PARA CABLES DE MEDIA TENSIÓN



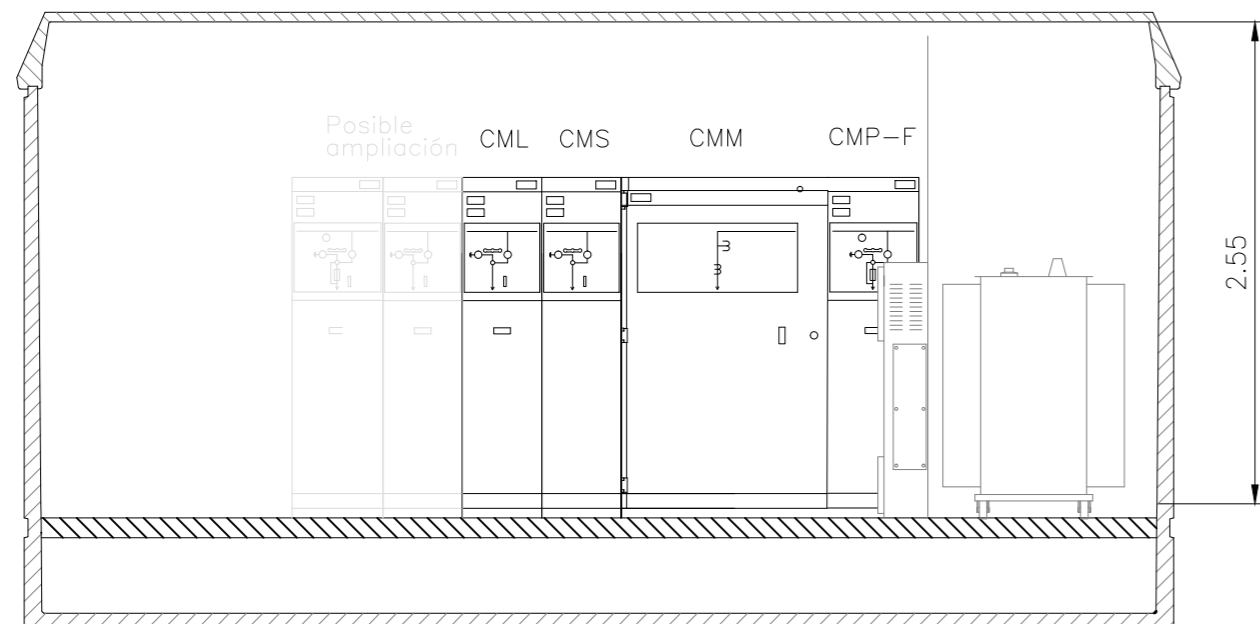
**OBSERVACIONES:**

- LA POSICIÓN 1 SE COMPACTARÁ MECÁNICAMENTE POR TONGADAS DE ESPESOR MÁXIMO DE 0'30m, DEBIENDO ALCANZAR UNA DENSIDAD MÍNIMA DEL 0'95% P.M
- EN EL CASO DE TENDIDO DE CABLES UNIPOLARES, SE COLOCARÁ CADA 1'50m UNA SUJECCIÓN QUE AGRUPE A LOS TRES CONDUCTORES

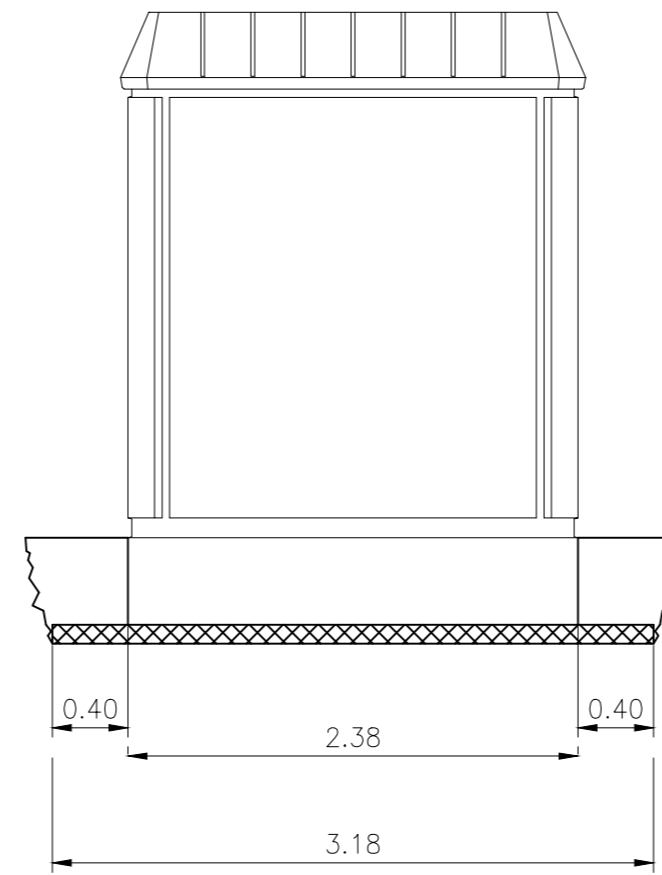
6	Ud.	ABRAZADERA TIPO UNEX ó SIMILAR COLOCADA CADA 1'50 m
5	m.	TERNA DE CABLES 12/20kV 3x1x240mm <sup>2</sup> Al
4	m.	TUBO PE ø200
3	m <sup>3</sup>	HORMIGÓN HM-20
2	m.	CINTA DE P.E.
1	m <sup>3</sup>	TIERRA DE EXCAVACIÓN DEBIDAMENTE COMPACTADA

	Fecha	Nombre	 Escuela de Ingeniería y Arquitectura Universidad Zaragoza
Dibujado	06/2017	JOSÉ LUIS BARTOLOMÉ LAMARCA	
Comprobado			
Escala	Titulo	NIA	647698
1:10	ZANJAS	Curso	2016/2017
		Plano Nº	12

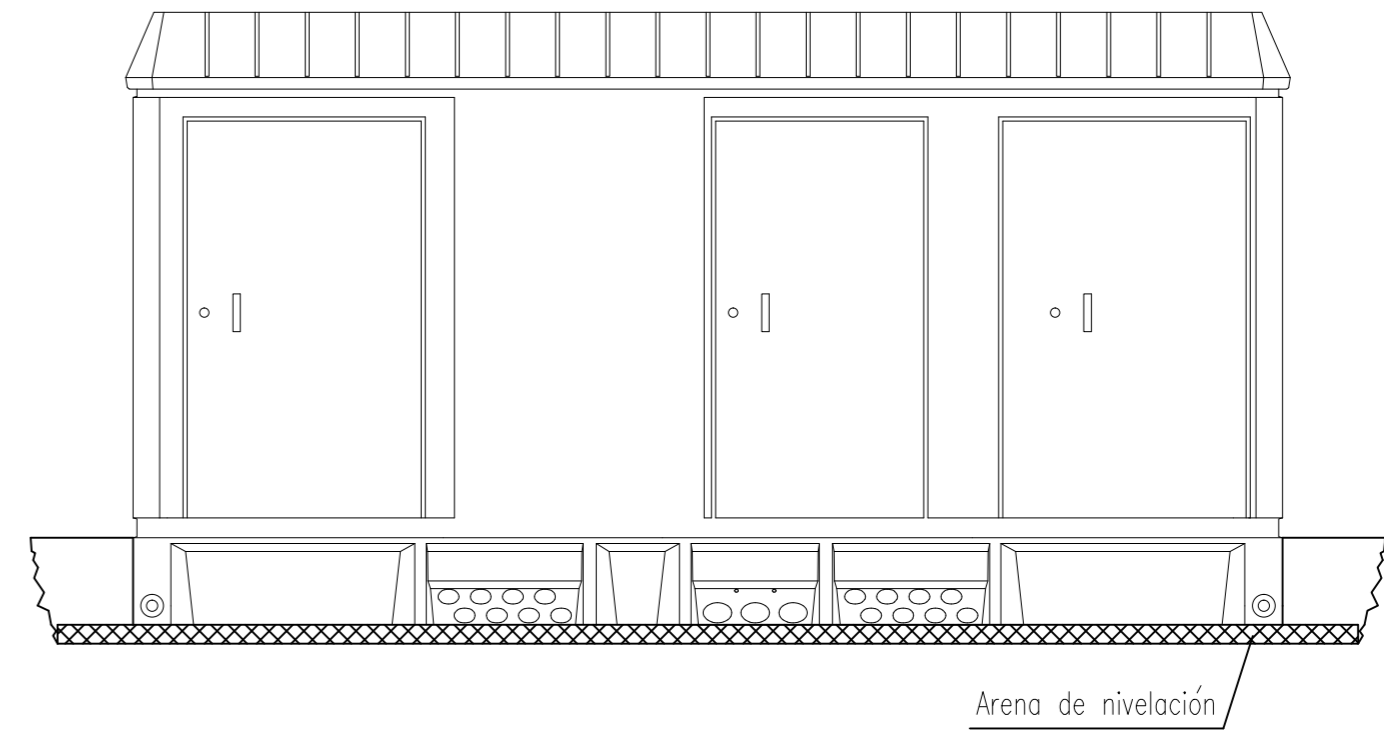
VISTA INTERIOR



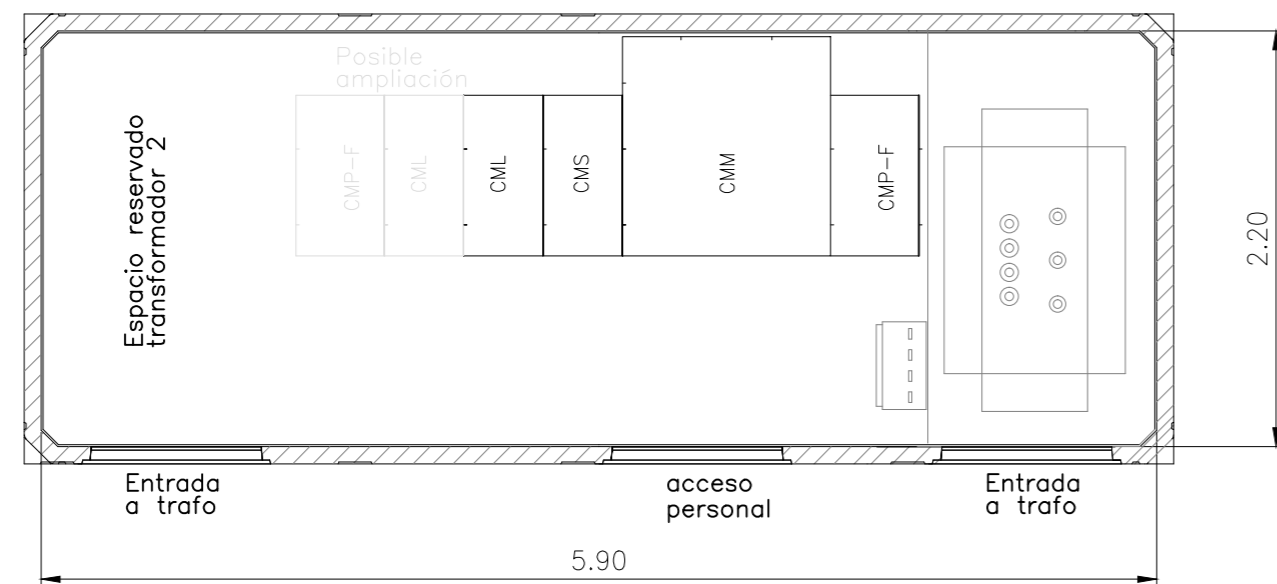
PERFIL



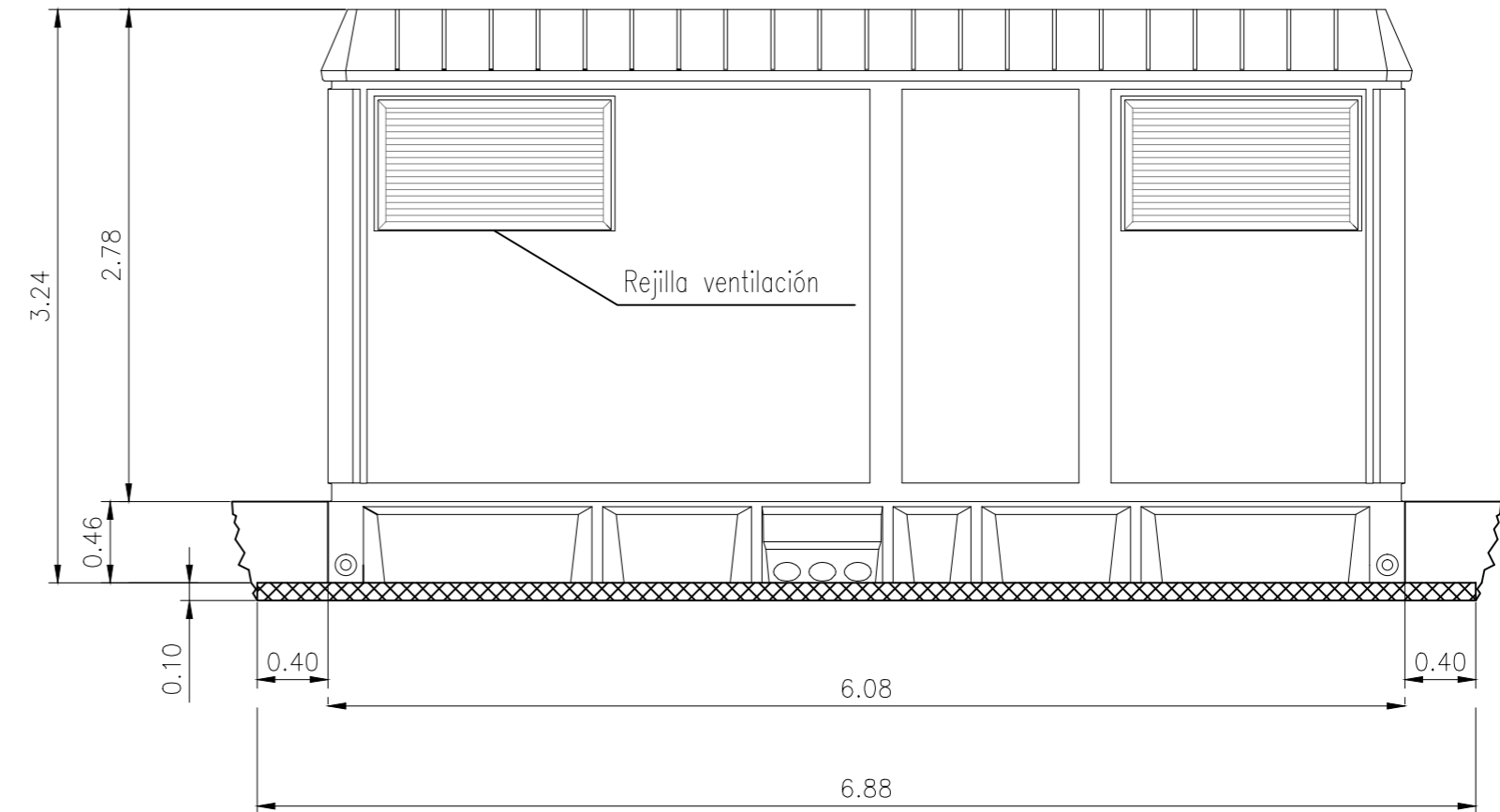
ALZADO



PLANTA




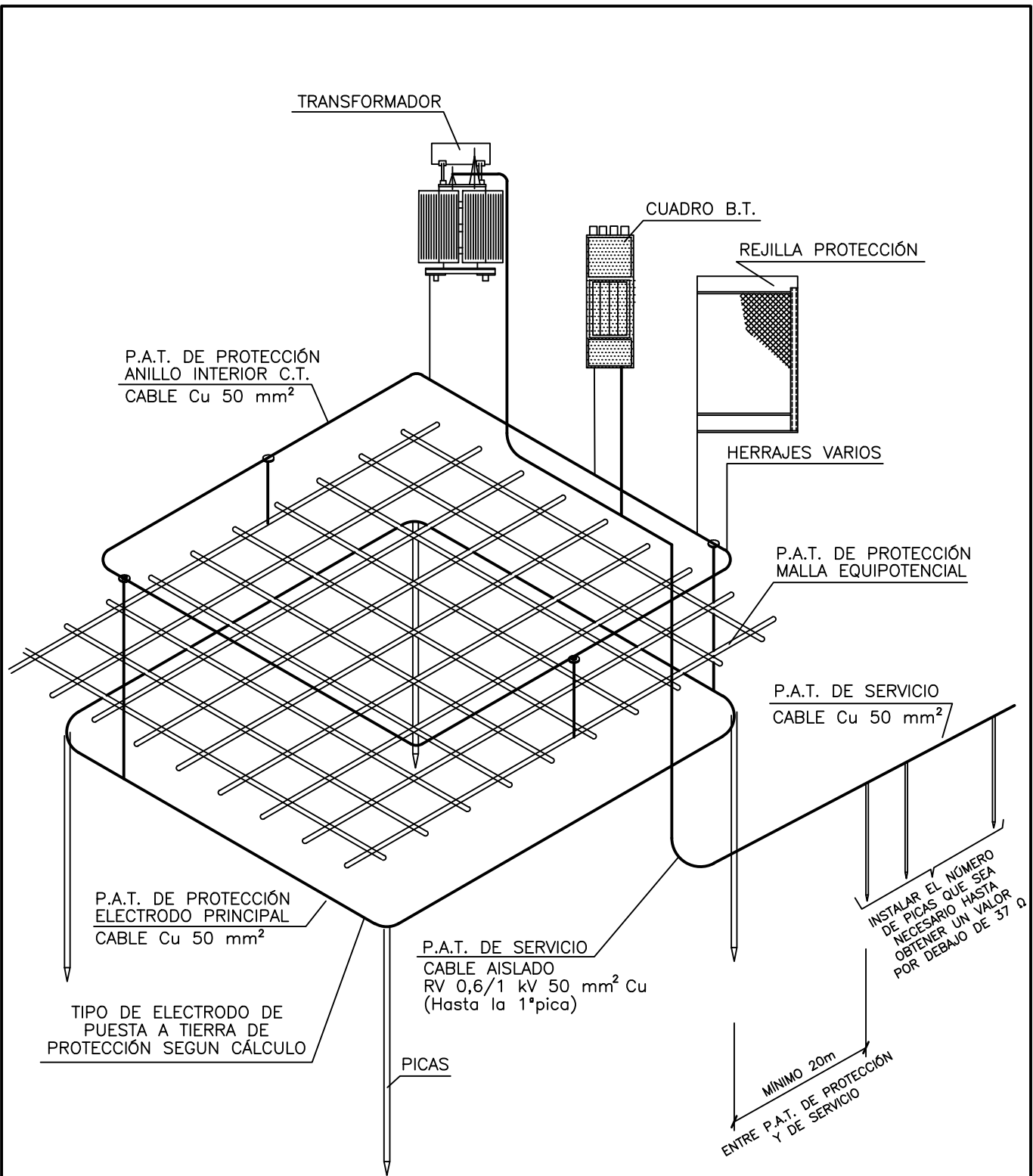
ALZADO POSTERIOR




CMM	CELDA DE MEDIDA
CML	CELDA DE LINEA
CMP-F	CELDA DE PROTECCION CON FUSIBLES
CMS	CELDA DE SECCIONAMIENTO

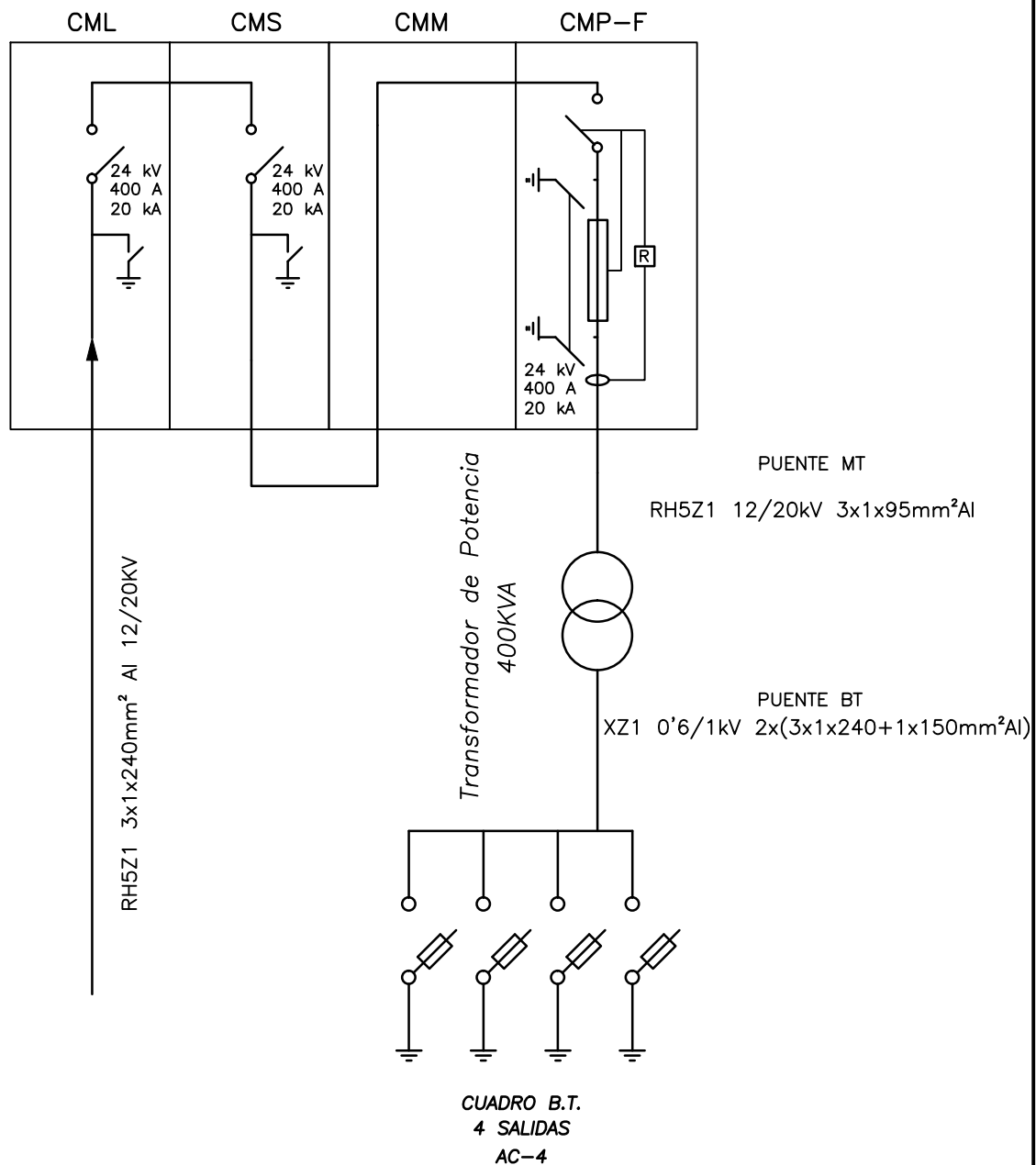
DIMENSIONES DE LA EXCAVACION  
6.88 m. ancho x 3.18 m. fondo x 0.56 m. profund.

	Fecha	Nombre	
Dibujado	06/2017	JOSÉ LUIS BARTOLOMÉ LAMARCA	
Comprobado			
Escala	1:50	Título	CENTRO DE TRANSFORMACION PFU-5
		NIA	647698
		Curso	2016/2017
		Plano N°	13




	Fecha	Nombre	 <b>Escuela de Ingeniería y Arquitectura</b> <b>Universidad Zaragoza</b>	
Dibujado	04/2017	JOSÉ LUIS BARTOLOMÉ LAMARCA		
Comprobado			Curso	2016/2017
Escala S/E	Titulo	RED DE TIERRAS CENTRO DE TRANSFORMACIÓN	Plano Nº	14

CENTRO DE TRANSFORMACIÓN  
TIPO: PREFABRICADO SUBTERRÁNEO AISLADO



CMM	CELDA DE MEDIDA
CML	CELDA DE LINEA
CMP-F	CELDA DE PROTECCION CON FUSIBLES
CMS	CELDA DE SECCIONAMIENTO

	<i>Fecha</i>	<i>Nombre</i>	 Escuela de Ingeniería y Arquitectura Universidad Zaragoza
<i>Dibujado</i>	04/2017	JOSÉ LUIS BARTOLOMÉ LAMARCA	
<i>Comprobado</i>			
<i>Escala</i>	<i>Título</i>	ESQUEMA UNIFILAR CENTRO DE TRANSFORMACIÓN	NIA 647698
S/E			Curso 2016/2017
			Plano Nº 15