

# UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA



## ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA DEL DISEÑO

### GRADO EN INGENIERIA ELECTRICA

TRABAJO FIN DE GRADO:

LÍNEA AÉREA DE ALTA TENSION PARA DOTAR  
SUMINISTRO ELECTRICO A UN BOMBEO

AUTORA: VICTORIA HERNANDEZ CASTRO

DIRECTOR DE PROYECTO: BERNARDO ALVAREZ



# LÍNEA AÉREA DE ALTA TENSION PARA DOTAR SUMINISTRO ELECTRICO A UN BOMBEO



## INDICE

LISTA DE SÍMBOLOS	viii
<b>CAPITULO 1.- INTRODUCCIÓN</b>	<b>2</b>
<b>CAPITULO 2.- TRABAJO FINAL DE GRADO</b>	<b>1</b>
<b>1.- MEMORIA</b>	<b>1</b>
1 OBJETO	2
2 EMPLAZAMIENTO	2
3 TITULAR DE LA INSTALACIÓN	3
4 REGLAMENTO Y DISPOSICIONES OFICIALES	3
5 PLAZO DE EJECUCIÓN	7
6 CATEGORÍA DE LA LÍNEA Y ZONA	8
7 POTENCIA MÁXIMA A TRANSPORTAR Y CRITERIOS DE CÁLCULO	10
8 DESCRIPCIÓN DE LAS INSTALACIONES	13
a Trazado	13
Punto de entronque y final de la línea	13
Longitud y planteamiento general	15
Términos Municipales Afectados.	15
Relación de Cruzamientos, Paralelismos, paso por zonas etc..	15
Relación de Propietarios Afectados	16
b Materiales en el tramo aéreo	17
Características de los conductores	17
Requisitos eléctricos	17
Temperaturas de servicio del conductor	17
Requisitos mecánicos	17
Protección contra la corrosión	18
Aislamiento	20
Herrajes y accesorios	27
Apoyos	32
Medidas de Señalización y de Seguridad	36
c Materiales en el tramo subterráneo	37
Características de los conductores	38
Características del aislamiento	40
Protecciones eléctricas en la línea	42
Características de los accesorios	45
Zanjas y sistemas de enterramiento	48
Medidas de Señalización y de Seguridad	52
Ensayos a realizar en cables y accesorios	52
d Tomas de tierra	53
Descripción del sistema adoptado	70
9 PROTECCION DE AVIFAUNA	73
a Antielectrocución.-	74
Descripción de las instalaciones	74
Materiales empleados	75
b Anticolisión.-	77
Descripción de las instalaciones	77
<b>2.- CALCULOS JUSTIFICATIVOS</b>	<b>78</b>
1 CÁLCULOS ELÉCTRICOS TRAMO AÉREO	79
a Densidad e intensidad máximas	79



## LÍNEA AÉREA DE ALTA TENSION PARA DOTAR SUMINISTRO ELECTRICO A UN BOMBEO



b	Resistencia de un conductor	80
c	Reactancia de la línea	81
d	Caída de tensión	82
e	Pérdidas de potencia	83
2	CÁLCULOS ELÉCTRICOS TRAMO SUBTERRANEO	84
a	Intensidad Máxima	84
b	Intensidades de cortocircuito máximas admisibles	91
	Intensidad de cortocircuito máxima admisible en los conductores	91
	Intensidades de cortocircuito máximas admisibles en las pantallas de cables de aislamiento seco	93
c	Caída De Tensión	93
d	Pérdidas De Potencia	94
3	CÁLCULOS MECÁNICOS DEL TRAMO AÉREO	95
a	Cálculo mecánico de un conductor	95
b	Distancias	102
	Distancia entre conductores	104
	Distancia entre conductores y apoyos	105
	Distancias al terreno	105
	Cruzamientos y paralelismos	106
c	Cálculo mecánico de apoyos	106
	Esfuerzos verticales o de compresión ( $F_c$ )	109
	Peso total soportado ( $F_{cc}$ )	109
	Peso por desnivel de apoyo anterior y/o posterior ( $F_{CD}$ )	110
	Esfuerzos horizontales o de flexión	111
i.	Esfuerzos longitudinales ( $F_T$ )	111
ii.	Esfuerzos transversales ( $F_A$ )	114
	Esfuerzos de torsión	117
	Proceso de cálculo y elección del apoyo	119
d	Cálculo cimentación de los apoyos	130
4	CÁLCULOS DEL SISTEMA DE PUESTA A TIERRA	137
a	Resistencia de Tierra	138
b	Intensidad de corriente de puesta a tierra	141
c	Tensión de Contacto admisible	142
d	Tensión de Contacto aplicada	143
e	Tensión de paso	144
f	Tensión de paso aplicada máxima	145
<b>3.-</b>	<b>PLIEGO DE CONDICIONES</b>	<b>147</b>
1	CALIDAD DE LOS MATERIALES	148
a	Obra civil	148
b	Conductores.	149
c	Aisladores	149
d	Herrajes y accesorios	150
2	NORMAS DE EJECUCIÓN DE LAS INSTALACIONES TRAMO AÉREO	150
a	Excavaciones	150
b	Transporte y acopio a pie de hoyo	151
c	Armados e izados	152
d	Cimentaciones	153
e	Tendido, tensado y retencionado	155
f	Colocación de la toma de tierra con electrodo de barra en poste metálico.	156
g	Colocación o pintado de la placa de peligro de muerte y numeración de los apoyos.	156
h	Montajes diversos	156
	Juego trifásico de seccionadores unipolares para seccionamientos por pértiga.	156
	Cruceta con poste metálico previamente izado	157



## LÍNEA AÉREA DE ALTA TENSION PARA DOTAR SUMINISTRO ELECTRICO A UN BOMBEO



Aislador rígido sobre apoyo previamente izado.	157
Aislador cadena en alineación sobre apoyo previamente izado	157
Colocación de pararrayos y terminales unipolares.	157
Izado de una cabeza de torre, con la base previamente hormigonada.	157
i Desmontaje	157
3 NORMAS DE EJECUCIÓN DE LAS INSTALACIONES LINEA SUBTERRANEA	158
a Generalidades	158
Formas de Canalizaciones	158
Trazado	158
Seguridad	159
b Materiales	159
Cables	159
Cinta de identificación de los conductores y agrupación de cables	159
Cajas Terminales (Botella)	159
Empalmes	160
Soportes de cajas terminales	160
Conexiones	160
Reconstrucción del aislamiento de los empalmes	160
Cintas PVC	160
Cintas metálicas flexibles	160
Materiales Semiconductores	161
Pastas Aislantes	161
Puesta a Tierra de pantallas y soportes	161
Tornillería	161
Arena 161	
Rasillas, ladrillos o placas de PVC	161
Cinta de Atención a la existencia de cable	161
Hormigones	162
c Unidades constructivas	162
Rotura de Pavimento	162
Zanjas	162
Tendido	163
Protecciones	166
Relleno de las Zanjas	167
Reposición de Pavimentos	167
Montaje de Empalmes	169
Montaje de cajas terminales	170
Montaje de las Conexiones	170
Tomas de Tierra de pantallas y herrajes	171
4 PRUEBAS REGLAMENTARIAS	172
5 CONDICIONES DE USO, MANTENIMIENTO Y SEGURIDAD	173
6 CERTIFICADOS Y DOCUMENTACIÓN	173
7 LIBRO DE ORDENES	173
<b>4.- ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD</b>	<b>174</b>
1 OBJETO	175
2 CARACTERÍSTICAS DE LA OBRA	175
a Descripción de las obras y situación	175
b Suministro de agua potable	175
c Servicios higiénicos	175
d INTERFERENCIAS Y SERVICIOS AFECTADOS	175
3 MEMORIA	176
a OBRA CIVIL	176





## LÍNEA AÉREA DE ALTA TENSION PARA DOTAR SUMINISTRO ELECTRICO A UN BOMBEO



Excavación de cimentaciones.	176
a) Riesgos más frecuentes	176
b) Medidas de preventivas	176
Hormigonado de cimentaciones	177
a) Riesgos más frecuentes	177
b) Medidas preventivas	177
Acopio, Carga y Descarga	177
a) Riesgos más frecuentes	177
b) Medidas de prevención	177
b MONTAJE	178
Armado de hierro	178
a) Riesgos más frecuentes	178
b) Medidas de prevención	178
Izado de hierro	179
a) Riesgos más frecuentes	179
b) Medidas de prevención	179
Tendido de conductores	179
a) Riesgos más frecuentes	179
b) Medidas de prevención	181
4 ASPECTOS GENERALES	181
a BOTIQUÍN DE OBRA	181
5 NORMATIVA APLICABLE	182
a NORMAS OFICIALES	182
<b>5.- PRESUPUESTO</b>	<b>183</b>
1 CUADRO PRECIOS UNITARIOS	184
CAPITULO 1 TRAMO AÉREO	184
1.1 OBRA CIVIL	184
1.2 INSTALACION	184
1.3 PUESTA A TIERRA	185
CAPITULO 2 TRAMO SUBTERRANEO	185
2.1 OBRA CIVIL	186
2.2 INSTALACION	186
CAPITULO 3 SEGURIDAD Y SALUD	187
3.1 ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD	187
2 MEDICIONES	187
CAPITULO 4 TRAMO AÉREO	187
4.1 OBRA CIVIL	187
4.2 INSTALACION	188
4.3 PUESTA A TIERRA	189
CAPITULO 5 TRAMO SUBTERRANEO	190
5.1 OBRA CIVIL	190
5.2 INSTALACION	190
CAPITULO 6 SEGURIDAD Y SALUD	192
6.1 ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD	192
3 PRESUPUESTO DE LA INSTALACIÓN	192
CAPITULO 7 TRAMO AÉREO	192
7.1 OBRA CIVIL	192
7.2 INSTALACION	193
7.3 PUESTA A TIERRA	195
CAPITULO 8 TRAMO SUBTERRANEO	196
8.1 OBRA CIVIL	196
8.2 INSTALACION	197



LÍNEA AÉREA DE ALTA TENSION PARA DOTAR SUMINISTRO  
ELECTRICO A UN BOMBEO



CAPITULO 9	SEGURIDAD Y SALUD	198
9.1	ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD	198
4	RESUMEN PRESUPUESTO	199
<b>6.-</b>	<b>PLANOS</b>	<b>200</b>
<b>CAPITULO 3.-</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>201</b>



## LISTA DE SÍMBOLOS

DP	Director del proyecto
ETSID	Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño
PFG	Proyecto Fin de Grado
UPV	Universitat Politècnica de València
ACUAMED	AGUAS DE LAS CUENCAS MEDITERRANEAS S.A.
AT	Alta tensión
CT	Centro de transformación
RLAT	Reglamento de líneas eléctricas de alta tensión
REBT	Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión
RCE	Reglamento sobre centrales eléctricas, subestaciones y centros de transformación
SAI	Sistema de alimentación ininterrumpida
IB	Iberdrola Distribución S.A.U.
XS	Cortacircuitos fusibles de expulsión XS o Seccionadores con fusible de expulsión tipo XS
MT	Media Tensión (tensiones inferiores a 30kV)
SI	Sistema internacional de unidades
kV	Kilovoltio, unidad de tensión del SI
V	Voltio, unidad de tensión del SI
A	Amperios, unidad de intensidad del SI
km	Kilómetro, unidad de longitud del SI
m	metro, unidad de longitud del SI
$\Omega$	Ohmios, unidad de resistencia eléctrica del SI
kVA	Kilovoltioamperios, unidad de potencia eléctrica aparente del SI
UTM	Sistema de coordenadas Universal Transversal de Mercator
kW	Kilowatios, unidad de potencia eléctrica activa del SI



## LÍNEA AÉREA DE ALTA TENSION PARA DOTAR SUMINISTRO ELECTRICO A UN BOMBEO



R	Parámetro de resistencia
X	Parámetro de inductancia
U	Parámetro de tensión
N	Newton, unidad de fuerza del SI
J	Julio, unidad de energía del SI
mm	Milímetros, unidad de longitud del SI
°C	Grados centígrados, unidad de temperatura del SI

## **CAPITULO 1.- INTRODUCCIÓN**



## LÍNEA AÉREA DE ALTA TENSION PARA DOTAR SUMINISTRO ELECTRICO A UN BOMBEO



El presente documento tiene como objeto completar la formación en la disciplina de Grado en Ingeniería Industrial especialidad electricidad, impartida por la Universitat Politècnica de València (UPV).

La elección de este proyecto final de grado, viene motivada porque fueron unas instalaciones que el alumno puede visitar durante su desarrollo en obra y participar en su diseño, construcción y posterior legalización con los organismos competentes.

A la Comunidad de Regantes de Molina se le concedieron Fondos europeos, a través de ACUAMED, para realizar cuatro actuaciones para la mejora del riego de los cultivos en dicha zona. En las actuaciones era necesario dotar de suministro eléctrico a las futuras instalaciones de bombeo en Molina de Segura (Murcia). Para ello era necesario realizar las instalaciones de distribución del suministro eléctrico. Siendo como la zona es rural, se determinó la extensión de la red de distribución aérea existente, de manera que pudiera dotar de suministro eléctrico a los nuevos emplazamientos de bombeos.

En primer lugar se solicitó los puntos de suministro a la compañía eléctrica de la zona, Iberdrola Distribución eléctrica S.A.U. Una vez solicitados se preparó anteproyectos con los recorridos de las líneas provisionales. Se comenzó con los trámites de solicitud de permiso de apoyo y vuelo de la línea aérea a construir.

Estas instalaciones sufrieron un enorme retraso por diversos motivos, el principal fue el cambio del punto de suministro, lo que supuso el nuevo diseño de la línea, cálculos, mediciones y replanteos. Una vez realizado el replanteamiento y su aprobación, habría que solicitar nuevamente permisos a las parcelas al paso de la línea. Una vez obtenidos estos permisos, se debería realizar los proyectos técnicos para la legalización de las instalaciones.

El presente proyecto contempla una de las líneas aéreas y de media tensión que se tuvieron que realizar para dotar de suministro eléctrico a uno de los bombeos, dado el carácter didáctico del presente documento, se han realizado modificaciones del trazado de la línea que no concuerdan con el proyecto original, a fin de que no sea una mera copia con algunos añadidos. Se



## LÍNEA AÉREA DE ALTA TENSION PARA DOTAR SUMINISTRO ELECTRICO A UN BOMBEO



pretende la presentación de un proyecto de línea mixta (aérea y subterránea) de alta tensión que dotará de suministro a un centro de transformación. El presente proyecto será ajeno a las instalaciones de centro de transformación y de baja tensión.

En concreto el Proyecto versa sobre una de las actuaciones que se realizaron, en concreto la que tuvo lugar en carretera Fortuna s/n en Molina de Segura (Murcia)

El proyecto tiene un carácter académico, el proyecto original, del que nace, se realizó como Proyecto Tipo de Iberdrola.

Los proyectos tipo de Iberdrola, son proyectos abreviados de titularidad de Iberdrola que Iberdrola tiene aprobados por el Ministerio de Industria. Estos proyectos mantienen las características de los proyectos aprobados lo que permite que a la hora de realizarlo sean muy abreviados, no teniendo que presentar cálculos, ni pliego de condiciones, ni estudio de seguridad y salud y, únicamente, presentando una memoria y unos planos muy reducidos. En la página que se indica se puede comprobar la aprobación por parte del Ministerio de este tipo de proyectos:

<http://www.f2i2.net/legislacionseguridadindustrial/EspecificacionesEmpresasSuministradoras.aspx?regl=RLAT>

## **CAPITULO 2.- TRABAJO FINAL DE GRADO**



## **1.- MEMORIA**



## 1 OBJETO

Se realizaran diversas actuaciones para realizar la instalación de un Bombeo de una balsa de riego para la Comunidad de Regantes de Molina. Es necesario proporcionar suministro eléctrico a la misma, por lo que se va a instalar una línea mixta de Alta Tensión (AT) a 20 kV de titular particular, que proporcionará energía a un centro de transformación que dotará de suministro eléctrico al Bombeo, ajeno a este proyecto.

Así la línea mixta de AT a 20 kV a proyectar, irá desde el punto de entronque propiedad IBERDROLA DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA S.A.U, asignado y finalizará en el centro de transformación prefabricado de 630 kVA particular a instalar. El trazado y diseño de esta quedan grafiados en el plano correspondiente.

El objeto del presente proyecto es Especificar las características técnicas y de construcción de la Línea Mixta de Alta Tensión a 20 kV, según la legislación vigente.

## 2 EMPLAZAMIENTO

Dado el objetivo de la instalación final, se entenderá que las instalaciones discurren por parcelas rusticas y de cultivo, por lo que no hay una dirección clara, por lo que se dan coordenadas UTM y geográficas para su localización.

La presente instalación se halla situada en **Ctra Fortuna S/N**, sita en Pol 38 parcelas 56 y 101 de Molina de Segura (MURCIA)

Las coordenadas UTM aproximadas del apoyo de entronque son:

**X = 657109**

**Y = 4217803**

**Huso = 30**



## LÍNEA AÉREA DE ALTA TENSION PARA DOTAR SUMINISTRO ELECTRICO A UN BOMBEO



Las coordenadas Geográficas son:

**Lat: 38°5'39,78"N**

**Long: 1°12'29,95"W**

Su situación exacta queda representada en el plano de emplazamiento y situación que se acompaña en el apartado de plano.

### 3 TITULAR DE LA INSTALACIÓN

Las instalaciones se realizarán con los fondos europeos para el desarrollo territorial, dichos fondos serán gestionados por **AGUAS DE LAS CUENCAS MEDITERRANEAS S.A.** (ACUAMED). Este órgano promoverá las obras y asumirá los pagos a cargo de los fondos europeos recibidos.

La explotación, uso y mantenimiento de las instalaciones se ejercerá por Comunidad de Regantes de Molina, por lo que el titular de la instalación será:

Razón Social	COMUNIDAD DE REGANTES DE MOLINA
Domicilio:	XXXX XXXXX
C.I.F	A-XXXXXXXXXX
Representante	XXXX XXXXXX XXXX
D.N.I.	XXXXX

(No se indican los datos ya que no se tiene el permiso para publicarlos)

### 4 REGLAMENTO Y DISPOSICIONES OFICIALES

La normativa que se ha tenido en cuenta para la realización del proyecto es la siguiente, por una parte se ha contado con la reglamentación estatal, como:

- Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de Seguridad en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación de 1.982 e Instrucciones Técnicas Complementarias de 1.984 y posteriores modificaciones
- Reglamento Técnico de Líneas Eléctricas de Alta Tensión e ITC, (RD 223/2008, de 15 de Febrero 2008 y posteriores correcciones).
- Guía Técnica de aplicación ITC-LAT 07



## LÍNEA AÉREA DE ALTA TENSION PARA DOTAR SUMINISTRO ELECTRICO A UN BOMBEO



- Ley 54/1997, de 27 de noviembre, del Sector Eléctrico. (BOE nº 285, de 28/11/1997).
- Real Decreto 1955/2000, de 1 de diciembre, del Ministerio de Economía, por el que se regulan las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica. (BOE nº 310, de 27/12/2000).
- RD. 485/97, de 14 de abril. Disposiciones Mínimas En Materia De Señalización De Seguridad Y Salud En El Trabajo.
- 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
- Reglamento Electrotécnico Para Baja Tensión e Instrucciones Técnicas Complementarias (R.D 842/2002 de 2 de Agosto).

Por otro lado, se ha contado con las recomendaciones de Unesa y las normas UNE de aplicación conforme lo especificado en la ITC-LAT 06 en su punto 3, los materiales y su montaje cumplirán con los requisitos y ensayos de las normas UNE aplicables de entre las incluidas en la ITC-LAT 02 y demás normas y especificaciones técnicas aplicables.

En el caso de que no exista norma UNE, se utilizan las Normas Europeas (EN o HD) correspondientes y, en su defecto, se utilizan la publicación CEI correspondiente (Comisión Electrotécnica Internacional). Las normas de aplicación en la instalación objeto de proyecto serán las siguientes:

- Norma EN 60228 / IEC 60228: Conductores de cables aislados.
- Norma UNE HD 620-9-E: Cables eléctricos de distribución con aislamiento extruido, de tensión asignada desde 3,616 (7,2) kV hasta 20,8136 (42) kV. Parte 1: Requisitos Generales
- Norma UNE HD 620-9-E: Cables eléctricos de distribución con aislamiento extruido, de tensión asignada desde 3,616 (7,2) kV hasta 20,8136 (42) kV. Parte 9: Cables unipolares y unipolares



## LÍNEA AÉREA DE ALTA TENSION PARA DOTAR SUMINISTRO ELECTRICO A UN BOMBEO



reunidos, con aislamiento de HEPR. Sección E Cables con aislamiento de HEPR y cubierta de compuesto de poliolefina (tipo 9E-1)

- Norma UNE-EN 50267: Métodos de ensayo comunes para cables sometidos al fuego. Ensayo de los gases desprendidos durante la combustión de materiales procedentes de los cables.
- Norma UNE 211435 Guía para la elección de cables eléctricos de tensión asignada superior o igual a 0,6/1 kV para circuitos de distribución de energía eléctrica.
- Norma UNE-EN 60071-1 Coordinación de aislamiento
- Norma UNE 21361: Métodos de Ensayo para evaluar la resistencia a la descarga superficial y a la erosión de los materiales aislantes eléctricos utilizados en condiciones ambientales severas.
- Norma UNE HD 628: Métodos de ensayo para accesorios de cables eléctricos de tensión asignada de 3,6/6 (7,2 kV) a 20.8/36 (42 kV) inclusive.
- UNE HD 629-1: Prescripciones de ensayos para accesorios de utilización en cables de energía de tensión asignada de 3,6/6 ( $U_m=7,2$  kV) a 20.8/36 ( $U_m=42$  kV). Parte 1: Cables con aislamiento seco.
- UNE EN 50181: Pasatapas enchufables para equipos eléctricos, excepto transformadores sumergidos en líquido aislante, para tensiones comprendidas entre 1 kV y 36 kV y de 250 A hasta 1.250 A
- IEC 61238-1: Conectores de compresión y de apriete mecánico para cables aislados de tensión nominal hasta 36 kV. Parte 1: Métodos y prescripciones de ensayo.
- UNE-EN 50086-2-4: Sistemas de tubos para la conducción de cables. Parte 2-4: Requisitos particulares para sistemas de tubos enterrados



## LÍNEA AÉREA DE ALTA TENSION PARA DOTAR SUMINISTRO ELECTRICO A UN BOMBEO



- UNE 207017:2010: Apoyos metálicos de celosía para líneas eléctricas aéreas de distribución
- UNE 211003: Límites de temperatura de cortocircuito en cables eléctricos de tensión asignada de 6 kV ( $U_m = 7,2$  kV) a 30 kV ( $U_m = 36$  kV)
- UNE 21192: Cálculo de las intensidades de cortocircuito térmicamente admisibles, teniendo en cuenta los efectos del calentamiento no adiabático.
- UNE-EN 50423-1: Líneas eléctricas aéreas de más de 1 kV hasta 45 kV inclusive en corriente alterna

Puesto que la línea, aun siendo de titularidad particular, entronca en una línea propiedad de una compañía eléctrica, Iberdrola Distribución Eléctrica S.A.U., se tomarán de referencia las normas particulares de la compañía, en especial:

- Norma MT 2.00.03 Normativa Particular para instalaciones de Clientes en AT y demás especificaciones Particulares de Iberdrola de aplicación.
- Norma MT 2.23.35 Diseño de puestas a tierra en apoyos de LAAT De tensión nominal igual o inferior a 20 kV
- Norma MT 2.21.60 Proyecto tipo de línea aérea de media tensión. Simple circuito con conductor de aluminio acero 47-AL1/8ST1A (LA-56)

Para concluir, puesto que la línea discurre por la Comunidad de Murcia, se aplicará la normativa desarrollada a tal efecto por la Conserjería correspondiente:

- Resolución de 4 de noviembre de 2002 de la Dirección General de Industria, Energía y Minas, por la que se desarrolla la Orden de 9 de septiembre de 2002, de la Consejería de Ciencia, Tecnología, Industria y Comercio, por la que se adoptan medidas de normalización en la tramitación de expedientes en materia de



## LÍNEA AÉREA DE ALTA TENSION PARA DOTAR SUMINISTRO ELECTRICO A UN BOMBEO



Industria, Energía y Minas. (Suplemento BORM nº 284, de 10/12/2002).

- Orden de 9 de septiembre de 2002, de la Consejería de Ciencia, Tecnología, Industria y Comercio, por la que se adoptan medidas de normalización en la tramitación de expedientes en materia de Industria, Energía y Minas. (BORM nº 218, de 19/09/2002).
- Orden de 25 de abril de 2001, de la Consejería de Tecnologías, Industria y Comercio, por la que se establecen procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica de tensión superior a 1 kV. (BORM nº 102, de 04/05/2001). Resolución de 5 de julio de 2001, de la Dirección General de Industria, Energía y Minas, por la que se desarrolla la Orden. (BORM nº 173, de 27/07/2001).
- Orden de 8 de marzo de 1996 de la Consejería de Industria, Trabajo y Turismo sobre mantenimiento de instalaciones eléctricas de alta tensión. (BORM nº 65, de 18/03/1996).
- Decreto n.º 89/2012, de 28 de junio, por el que se establecen normas adicionales aplicables a las instalaciones eléctricas aéreas de alta tensión con objeto de proteger la avifauna y atenuar los impactos ambientales

Así mismo, el índice seguido para la redacción del presente proyecto, corresponde al índice indicado por la conserjería: Normas sobre contenidos mínimos esenciales de los proyectos de Industria, Energía y Minas de la Conserjería de Murcia.

### 5 PLAZO DE EJECUCIÓN

Se prevé una duración máxima de 4 meses para realizar las instalaciones, tiempo de obra, una vez conseguidos los permisos y autorizaciones pertinentes. El tiempo de duración total de la tramitación y la obra se prevé que sea el siguiente:

Tabla 1: Trámites

TRAMITE	ORGANO TRAMITACION	PLAZO
Solicitud punto de suministro	IBERDROLA	Max 3 meses



## LÍNEA AÉREA DE ALTA TENSION PARA DOTAR SUMINISTRO ELECTRICO A UN BOMBEO



TRAMITE	ORGANO TRAMITACION	PLAZO
Pre-diseño de la instalación	Ingeniería	Max 2 semanas
Toma de puntos topográficos	Ingeniería (topografía)	Max 2 semanas
Permisos de apoyos y vuelo de la línea a su paso por las distintas parcelas	Comunidad de Regantes de Murcia	Max 2 meses
Replanteo de la línea según los permisos concedidos	Ingeniería	Max 2 semanas
Toma de puntos topográficos, si procediese	Ingeniería (topografía)	Max 2 semanas
Realización de los proyectos	Ingeniería	Max 1 mes
Solicitud de autorización administrativa	Dirección de Industria, Energía y minas	Max 1,5 mes
Realización de los trabajos	Instaladora eléctrica y constructora	Max 3 meses
Inspección de las instalaciones	IBERDROLA	Max 1 semana
Realización pruebas de inspección	Instaladora eléctrica	Max 1 semana
Solicitud de conexión	Dirección de Industria, Energía y minas	Max 2 semanas
Trabajos de conexión	IBERDROLA	Max 1 mes
Contratación y energización	IBERDROLA	Max 2 semanas

### 6 CATEGORÍA DE LA LÍNEA Y ZONA

La línea entroncará, en aéreo, en la L-CONEJOS de la ST- MOLINA propiedad de IBERDROLA DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA S.A.U, el trazado queda grafiado en los planos que se adjuntan.

Según artículo 4 del Reglamento de líneas eléctricas de alta tensión (RLAT), las líneas se clasificarán según su tensión nominal. En nuestro caso la línea será de **categoría 3** por ser una tensión nominal inferior a 30 kV y superior a 1 kV, en concreto 20 kV, según nos especifica la compañía eléctrica en las condiciones técnicas-económicas del suministro.

En las definiciones que se indican en la ITC-LAT 01 (Definición 104), se define las distintas zonas a considerar por la línea. La totalidad de las instalaciones se encuentran a una cota aproximada de 130 m de altitud sobre el nivel del mar; por lo tanto la zona de la línea corresponderá a la zona A, menor de 500m de altitud sobre el nivel del mar.





## LÍNEA AÉREA DE ALTA TENSION PARA DOTAR SUMINISTRO ELECTRICO A UN BOMBEO



Respecto al tramo subterráneo en la ITC-LAT 06 punto 2.1 se determina la categoría de la red según la duración máxima de un eventual funcionamiento con una fase a tierra, que el sistema de puesta a tierra permita. Así las redes se clasifican en tres categorías:

**Categoría A:** Los defectos a tierra se eliminan tan rápidamente como sea posible y en cualquier caso antes de 1 minuto.

**Categoría B:** Comprende las redes que, en caso de defecto, sólo funcionan con una fase a tierra durante un tiempo limitado. Generalmente la duración de este funcionamiento no debería exceder de 1 hora, pero podrá admitirse una duración mayor cuando así se especifique en la norma particular del tipo de cable y accesorios considerados.

**Categoría C:** Esta categoría comprende todas las redes no incluidas en la categoría A ni en la categoría B.

Conforme a lo especificado en la Tabla 2 de la ITC LAT 06 punto 2.1 la categoría de la línea para una tensión de 20 kV y para un cable de aislamiento 12/20 kV la categoría de la red será A o B.

Según las especificaciones de la compañía los defectos a tierra en su red se eliminan rápidamente, antes de 1 minuto, por lo que **la categoría de la línea será A.**

A efectos de país se distinguen tres zonas para el tramo aéreo:

Zona A: La situada a menos de 500 metros de altitud sobre el nivel del mar

Zona B: La situada a una altitud entre 500 y 1000 metros sobre el nivel del mar.

Zona C: La situada a una altitud superior de 1000 metros sobre el nivel del mar.

En nuestro caso no encontramos en una altitud inferior a 500 metros, por lo que la línea se encontrara en zona A.

Las sobrecargas para la zona A no tendrán en cuenta las motivadas por el hielo.



## 7 POTENCIA MÁXIMA A TRANSPORTAR Y CRITERIOS DE CÁLCULO

Se realiza una estimación del suministro de potencia teniendo en cuenta los receptores en baja tensión que serán necesarios para el buen funcionamiento de la instalación:

Tabla 2: Receptores

RECEPTOR	UD	POTENCIA UNITARIA (kW)	POTENCIA TOTAL (kW)	TENSION (V)	ARRANQUE
Bomba	2	250	500	400	Variador de frecuencia
Electroválvulas	3	0,4	1,2	230	Directo
Transductor de Presión	2	0,05	0,1	230	Directo
Presostatos	1	0,05	0,05	230	Directo
Medidor de boya	1	0,05	0,05	230	Directo
Caudalímetro	2	0,017	0,034	230	Directo
Válvulas de salida	2	0,34	0,68	230	Directo
Válvula de entrada	1	0,34	0,68	230	Directo
Iluminación exterior	20	0,15	3	400	Directo
Tomas de corriente II		5	5	230	Directo
Tomas de corriente III	1	5	5	230	Directo
Iluminación interior	10	0,116	1,16	230	Directo
Alimentación sistema de control	1	5	5	230	Directo
Alimentación antenas	1	5	5	230	Directo
SAI	1	7,2	7,2	230	Directo
Polipasto	1	3	3	230	Directo

Se realiza una pequeña descripción de los receptores a instalar:

**Bombas:** las bombas centrifugas horizontales, colocadas sobre bancada en la caseta destinada a las instalaciones de control de bombeo. Las bombas no realizarán un arranque simultaneo, primero arrancará una y si es necesario arrancará la segunda. Habrá una alternancia en el arranque de manera que el número de horas de funcionamiento de las bombas sea similar. Puesto que el arranque de las bombas se realiza mediante un variador de frecuencia, únicamente se tiene en cuenta un coeficiente de mayorización de 1,25, según



## LÍNEA AÉREA DE ALTA TENSION PARA DOTAR SUMINISTRO ELECTRICO A UN BOMBEO



indica el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (REBT), para el cálculo de de la sección del cable. No se estima un coeficiente para el arranque de las bombas en la consideración de la potencia demandada.

Electroválvulas: es una válvula electromecánica, diseñada para controlar el flujo de un fluido a través de un conducto como puede ser una tubería

Transductor de presión: dispositivo capaz de transformar o convertir un determinado tipo de energía de entrada, en otra diferente a la salida.

Presostato: interruptor de presión, abre o cierra el circuito dependiendo de la lectura de presión

Medidor de boya: dispositivo que controla el nivel de agua en la balsa de riego.

Caudalímetro: es un instrumento de medida para la medición de caudal, se colocará en las tuberías.

Iluminación exterior: se instalarán 20 proyectores de 150 W que iluminarán las instalaciones, incluyendo el perímetro de la balsa que es transitable. La alimentación de la línea se realizará a 400 V, repartiendo las cargas entre las distintas fases para su equilibrado.

Tomas de corriente monofásica: se estima la instalación de tomas monofásicas en la caseta de bombeo.

Toma de corriente trifásica: se estima la instalación de una toma trifásica en la caseta de bombeo.

Iluminación interior: se estima la instalación de 10 pantallas 2x58 W estancas

Sistema de control: se estima la colocación de un autómata programable que realice el control de la instalación, así como la alimentación de sus señales.

Antenas: se prevé la instalación de antenas para la gestión remota de la instalación.

Sistema de alimentación ininterrumpida (SAI): se instalará un SAI para que en el caso de corte de la alimentación, pueda mantenerse el control de la



## LÍNEA AÉREA DE ALTA TENSION PARA DOTAR SUMINISTRO ELECTRICO A UN BOMBEO



instalación. El SAI elegido es de 8 kVA con factor de potencia de 0,9 y una tensión de alimentación de 230 V.

Polipasto: es una máquina compuesta por dos o más poleas y una cuerda, cable o cadena que alternativamente va pasando por las diversas gargantas de cada una de aquellas. Se utiliza para levantar o mover una carga, en este caso, para levantar las bombas en caso de reparación o mantenimiento.

La potencia total instalada será de 536,81 kW. Puesto que no todos los receptores funcionaran simultáneamente se propone un factor de simultaneidad de 0,8, por lo que tendremos una potencia demandada de 429,45 kW. Elegiremos la potencia inmediata superior normalizada para el transformador: 630 kVA

Por todo lo comentado, la potencia a transportar por la línea va destinada a un Centro de Transformación prefabricado de 630 kVA de titularidad particular que suministrará energía al Bombeo de una balsa de Riego.

El tramo aéreo se realizará con conductor 47-AL1/85ST1 (LA-56), la capacidad máxima de transporte de dicho conductor a 20 kV es de 6.906 kW. La potencia real a transportar dependerá de la potencia requerida, de la caída de tensión, de la longitud total de la línea, y las características de R, X y U de la instalación. En los siguientes apartados se realizará el cálculo (apartado 2.1) y se especificarán las características del conductor (apartado 1.8.1)

En el tramo subterráneo el conductor a instalar será HEPRZ-1 3 x (1x150) mm<sup>2</sup> Al, 12/20 kV entubado. La máxima potencia a transportar en función de la intensidad máxima admisible por el conductor será:

$$P = \sqrt{3} * U * I * \cos \varphi = \sqrt{3} * 20 * 255 = 8.833,46 \text{ kW}$$

Donde:

I= Intensidad máxima admisible enterrado bajo tubo Tabla 12 ITC-LAT06= 255 A

La línea subterránea proyectada es de titularidad particular, por lo que los criterios de cálculos serán los establecidos tanto por el RLAT como por la empresa distribuidora.

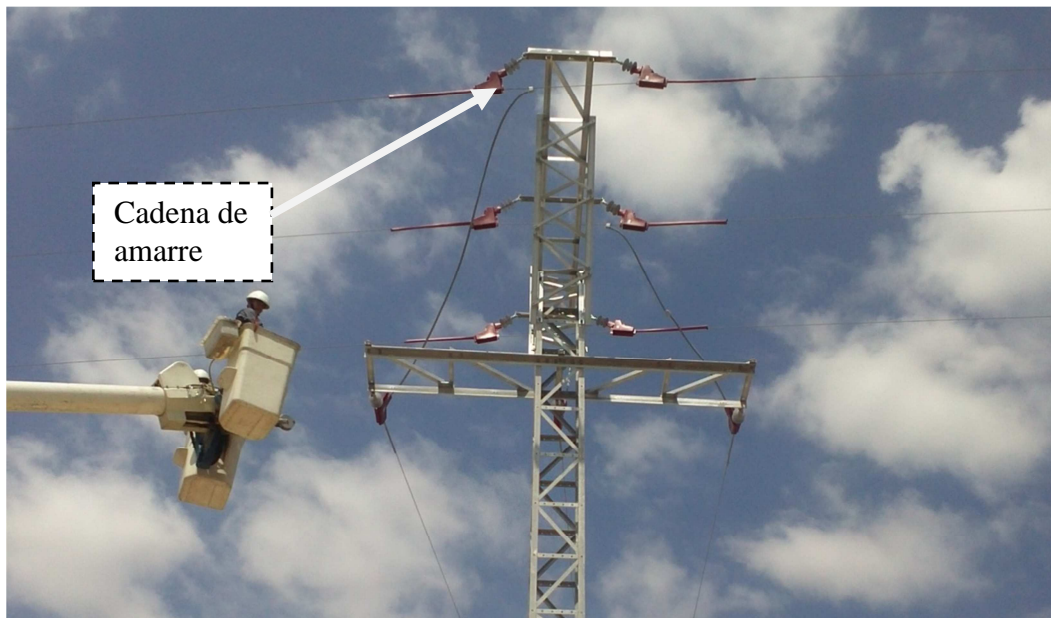
## 8 DESCRIPCIÓN DE LAS INSTALACIONES

### a Trazado

#### Punto de entronque y final de la línea

La conexión de los conductores de la nueva instalación a las instalaciones de la Compañía, cumple lo establecido en la ITC-LAT07 del RLAT y se produce en los siguientes puntos:

**Punto A: Entronque Aéreo:** La conexión a la red de Compañía se realizará entre los apoyos 515024 y 515025 de la Línea existente CONEJOS propiedad de Iberdrola Distribución Eléctrica SAU. Este apoyo será del tipo 12C2000 y actuará como **apoyo de derivación**, de él partirá el trazado de la línea objeto de proyecto, según se ha trazado en el plano correspondiente. Según punto 2.1.6 de la ITC-LAT07 del RAT: “La conexión de conductores,[...], sólo podrá ser realizada en conductores sin tensión mecánica o en las uniones de conductores realizadas en el puente de conexión de las cadenas de amarre”. Es decir, se realizará la derivación mediante cadenas de amarre.



**Ilustración 1: Detalle cadenas amarre**

Según punto 6.1 ITC-LAT 07 del RLAT: “Como regla general, en las derivaciones de las líneas se instalarán seccionadores que se ubicarán en el propio apoyo en el que se efectúan la derivación o en un apoyo próximo a dicha



## LÍNEA AÉREA DE ALTA TENSION PARA DOTAR SUMINISTRO ELECTRICO A UN BOMBEO



derivación siempre que el seccionador quede a menos de 50 m de la derivación.”

Según punto 6.4 ITC-LAT 07 del RLAT: “En todos los puntos extremos de las líneas eléctricas, sea cual sea su categoría, por los cuales pueda fluir energía eléctrica en dirección a la línea, se deberán disponer protecciones contra cortacircuitos o defectos de línea, eficaces y adecuadas.”

En nuestro caso, el apoyo del que entroncamos es propiedad de Iberdrola Distribución Eléctrica S.A.U (IB) y nos exige que la protección de la línea no se encuentre en los apoyos de su titularidad. Dado que el siguiente apoyo de la línea a instalar se encuentra a una distancia menor de 50m, la protección se colocará en dicho apoyo. La protección a colocar será Cortacircuitos fusibles de expulsión XS (Seccionadores con fusible de expulsión tipo XS) que realizarán una protección contra cortocircuitos y contra defectos de línea, estas protecciones se describirán apartado **8b**.

**Punto B: Entronque Aéreo - Subterráneo:** Se realizará en el apoyo a instalar 12C2000, en este apoyo se instalarán Cortacircuitos fusibles de expulsión XS (Seccionadores con fusible de expulsión tipo XS), que permitirán la protección del tramo subterráneo de la línea. El tramo subterráneo a instalar se realizará con conductor del tipo HEPRZ1 y sección  $3 \times 150 \text{ mm}^2$  Al, según se graffía en plano correspondiente. En el apartado **8b** se describirán los materiales utilizados.

**Punto C: Final de Línea:** La línea finalizará en la celda de línea del CT de 630 kVA particular.



## LÍNEA AÉREA DE ALTA TENSION PARA DOTAR SUMINISTRO ELECTRICO A UN BOMBEO



### Longitud y planteamiento general

La línea constará de un tramo aéreo y otro subterráneo hasta el CT de 630 kVA particular.

Se describen los tramos de la misma:

<u>TRAMO</u>	<u>TRAMO</u>	<u>L(m)</u>	<u>Dist. al origen(m)</u>
1	De Apoyo nº1 a Apoyo 2	20	20
2	De Apoyo 2 a Apoyo 3	147	167
3	De Apoyo 3 a Apoyo 4	116,5	283,5
4	De Apoyo 3 a CT 630kVA	61	344,5
<b>LONGITUD TOTAL DE LÍNEA</b>			<b>344,5 m</b>
<b>LONGITUD TRAMO AÉREO</b>			<b>283,5 m</b>
<b>LONGITUD TRAMO SUBTERRÁNEO</b>			<b>61 m</b>
<b>LONGITUD ZANJA</b>			<b>51 m</b>

### Términos Municipales Afectados.

La totalidad de la línea discurre por el Término Municipal de **Molina de Segura**.

### Relación de Cruzamientos, Paralelismos, paso por zonas etc..

La línea aérea objeto del presente proyecto presenta los siguientes cruzamientos, paralelismos y pasos por zonas:

**Tabla 3: Relación de paralelismos, cruzamientos, etc**

DESCRIPCIÓN	ORIGEN (M)	CARACTERÍSTICAS
Paralelismo tramo aéreo con el Canal Taibilla	Apoyo 1	Distancia de los apoyos 5 m

En las inmediaciones de la zona donde se va acometer la obra, discurre el Canal Taibilla, que tiene como finalidad abastecer a los Municipios que formaban parte de la Mancomunidad: Cartagena, Murcia, Lorca, Orihuela, Elche, La Unión, Mazarrón, Totana, Ceheguín, Moratalla, Mula, Fuente Álamo, Alhama, Bullas, Torres de Cotillas, Librilla, Pliego, Crevillente y la Base Naval de Cartagena.





## LÍNEA AÉREA DE ALTA TENSION PARA DOTAR SUMINISTRO ELECTRICO A UN BOMBEO



Se solicita informe a la Mancomunidad de los Canales del Taibilla, como organismo afectado por el proyecto a acometer. Su contestación se presenta en los anejos que se acompañan al presente documento, en dicho informe se especifica una distancia de 5 metros desde las torres eléctricas a instalar hasta la zona de explotación del Taibilla.

La línea subterránea no presentará cruzamiento ni paralelismos, pero presentará cercanía a canalizaciones de agua ya que es la finalidad de la instalación. Se respetarán las condiciones ITC LAT 06 apartado 5.2.5 Canalizaciones de agua:

“La distancia mínima entre los cables de energía eléctrica y canalizaciones de agua será de 0,2 metros. Se evitará el cruce por la vertical de las juntas de las canalizaciones de agua, o de los empalmes de la canalización eléctrica, situando unas y otros a una distancia superior a 1 metro del cruce. Cuando no puedan mantenerse estas distancias, la canalización más reciente se dispondrá separada mediante tubos, conductos o divisorias constituidos por materiales de adecuada resistencia mecánica, con una resistencia a la compresión de 450 N y que soporten un impacto de energía de 20 J si el diámetro exterior del tubo no es superior a 90 mm, 28 J si es superior a 90 mm y menor o igual 140 mm y de 40 J cuando es superior a 140 mm.”

Se utilizarán tubos de diámetro 160mm con una resistencia a la compresión superior de 450 N, más adelante te especificaré las características del material a utilizar.

### Relación de Propietarios Afectados

Las parcelas por las que discurre el trazado han sido expropiadas para la realización del Bombeo. Las parcelas afectadas son las siguientes:

**Tabla 4: Relación de parcelas afectadas**

ORDEN	Nº APOYO	TERRENO
1	1	Pol 38 Parc 19
2	2 y 3	Pol 38 Parc 45
3	4	Pol 38 Parc 101





## **b Materiales en el tramo aéreo**

### Características de los conductores

#### Requisitos eléctricos

Las resistencias eléctricas de la gama preferente de conductores con alambres circulares se dan en la norma UNE-EN 50182.

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 según la norma UNE-EN 50341-1.

#### Temperaturas de servicio del conductor

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:

- a) La temperatura máxima de servicio bajo carga normal en la línea, que no sobrepasará los 85 °C.
- b) A temperatura máxima de corta duración para momentos especificados, bajo diferentes cargas en la línea, superiores al nivel normal, que no sobrepasará los 100°C.
- c) La temperatura máxima debida a un fallo especificado del sistema eléctrico, que no sobrepasará los 100 °C.

#### Requisitos mecánicos

La carga de rotura de los conductores de aluminio, calculada de acuerdo con la norma UNE-EN 50182, debe ser suficiente para cumplir con los requisitos de carga determinados en el apartado 3.2. de ITC-LAT 07.

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, con referencia a la norma UNE-EN 50189 o la norma UNE-EN 61232, según sea aplicable, por la naturaleza del revestimiento. Se permite el uso de grasas de protección contra la corrosión.



**Ilustración 2: Conductor LA-56**

El conductor a utilizar tendrá las siguientes características:

**ALUMINIO-ACERO 47-AL1/85ST1 (LA-56)**

Las características del conductor a emplear serán las siguientes:

TIPO: ALUMINIO-ACERO 47-AL1/85ST1 (LA-56) (UNE-EN 50182)

LONGITUD EN Km : 0,284

Nº DE CIRCUITOS: 1

SECCIÓN DE ALUMINIO: 46,8 mm<sup>2</sup>

SECCIÓN DE ACERO: 7,79 mm<sup>2</sup>

SECCIÓN TOTAL (S): 54,6 mm<sup>2</sup>

COMPOSICIÓN: 6+1



## LÍNEA AÉREA DE ALTA TENSION PARA DOTAR SUMINISTRO ELECTRICO A UN BOMBEO



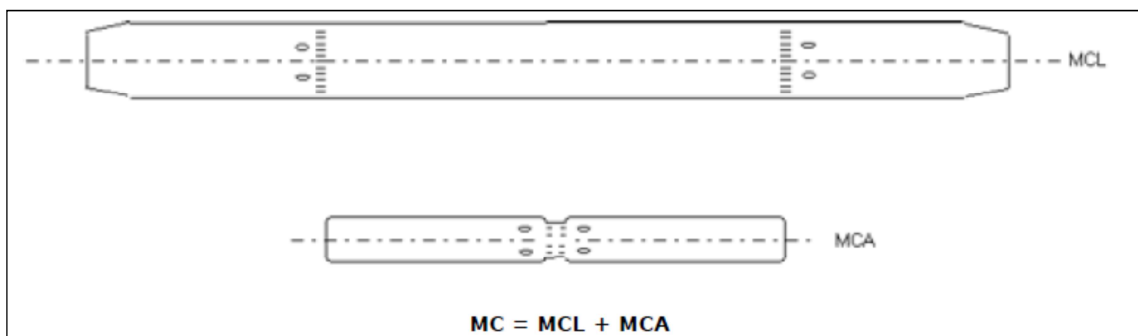
DIÁMETRO DE LOS ALAMBRE	3,15 mm
DIÁMETRO APARENTE DEL CABLE (D):	9,45 mm.
PESO	0,185 daN/m.
CARGA MÍNIMA DE ROTURA (T):	1.640 daN.
MODULO DE ELASTICIDAD (E):	7.900 daN.mm <sup>2</sup> .
COEFICIENTE DE DILATACIÓN LINEAL	19,1 x 10 <sup>-6</sup> °C <sup>-1</sup>
DENSIDAD DE CORRIENTE MÁXIMA:	3,7 A / mm <sup>-2</sup>
RESISTENCIA ELECTRICA A 20 °C:	0,6129 Ω/Km

Estos conductores estarán engrasados, tanto interior como exteriormente, con una grasa neutra respecto al aluminio y al zinc y químicamente pura. Su punto de goteo en ningún caso será inferior a 65°C.

Se denomina “empalme” a la unión de conductores que asegura su continuidad eléctrica y mecánica.

Se denomina “conexión” a la unión de conductores que asegura la continuidad de eléctrica de los mismos, con una resistencia mecánica reducida.

Los empalmes de los conductores se realizarán mediante piezas adecuadas a la naturaleza composición y sección de los conductores. Lo mismo el empalme que la conexión no deben aumentar la resistencia eléctrica del conductor. Los empalmes deberán soportar sin rotura ni deslizamiento del cable el 95% de la carga de rotura del cable empalmado.



**Ilustración 3: Manguito de empalme a compresión para conductores AL-AC**



Los manguitos destinados a los conductores tipo LA estarán formados por dos cuerpos, uno exterior de aleación de aluminio y otro interior de acero galvanizado.

La conexión de conductores, tal y como ha sido definida en el presente apartado, sólo podrá ser realizada en conductores sin tensión mecánica o en las uniones de conductores realizadas en el puente de conexión de las cadenas de amarre, pero en este caso deberá tener una resistencia al deslizamiento de al menos el 20% de la carga de rotura del conductor.

No se realizarán empalmes en los vanos sino en los puentes flojos entre las cadenas de amarre. NO se colocará en la instalación de una línea más de un empalme por vano y conductor. Solamente en la explotación, en concepto de reparación de una avería, podrá consentirse la colocación de dos empalmes.

#### Aislamiento

El nivel de aislamiento mínimo utilizado será el correspondiente para la tensión más elevada de la red que según la tabla 1 de la ITC-LAT07 para 20 kV de tensión nominal de red será 24 KV.

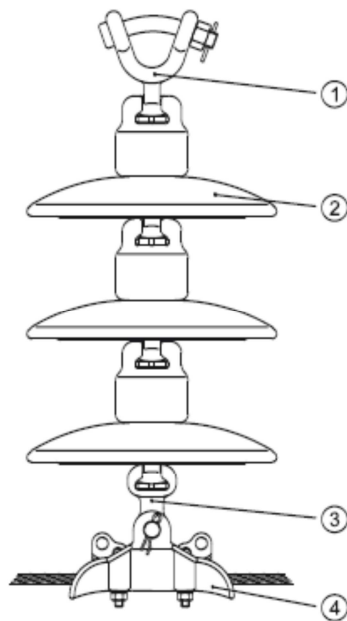
Los conductores a emplear en la línea son desnudos por lo que será necesario aislarlos de los soportes metálicos por medio de cadenas de aisladores. Los aisladores pueden ser fabricados generalmente en porcelana, cerámica, vidrio o de composite (resina de epoxi). La sujeción del aislador a los apoyos se realizará por medio de herrajes.

Se consideran herrajes todos los elementos utilizados para la fijación de los aisladores al apoyo y al conductor, los elementos de fijación del cable de tierra al apoyo y los elementos de protección eléctrica de los aisladores.

La sujeción del conductor al apoyo se podrá realizar de tres formas diferentes:

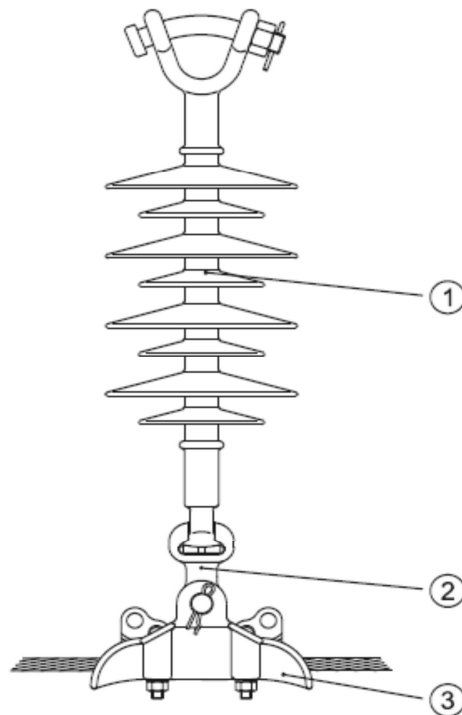
- a) Cadenas de suspensión

Se compondrá de los siguientes elementos: Tornillo de anilla, horquilla de bola, aislador (con un mínimo de dos y máximo en función de la tensión de servicio), rótula, grapa y varilla de protección.



1. Horquilla Bola
2. Aislador de vidrio
3. Alojamiento de rótula
4. Grapa de suspensión

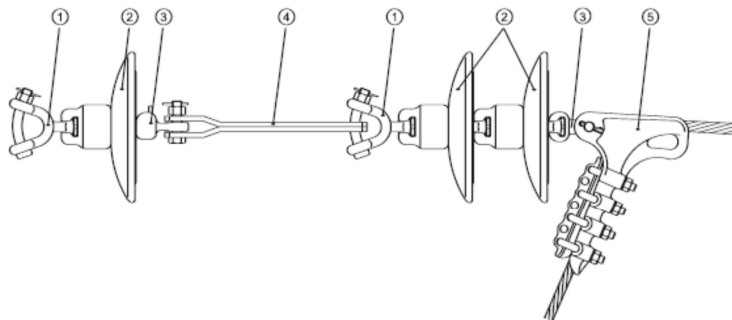
**Ilustración 4: Cadena de suspensión para aislador de vidrio**



1. Aislador compuesto
2. Alojamiento de rótula
3. Grapa de suspensión

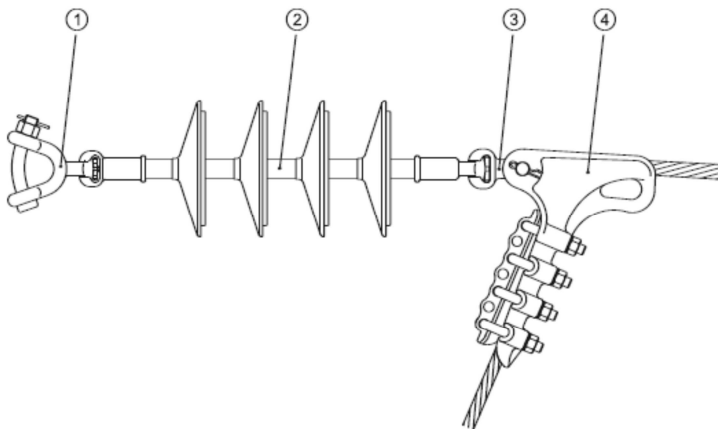
**Ilustración 5 Cadena de suspensión con aislador de composite**

b) Cadenas de amarre



1. Horquilla de bola
2. Aislador de vidrio
3. Alojamiento de rótula
4. Alargadera
5. Grapa de amarre

**Ilustración 6: Cadena de amarre con aislador de vidrio**

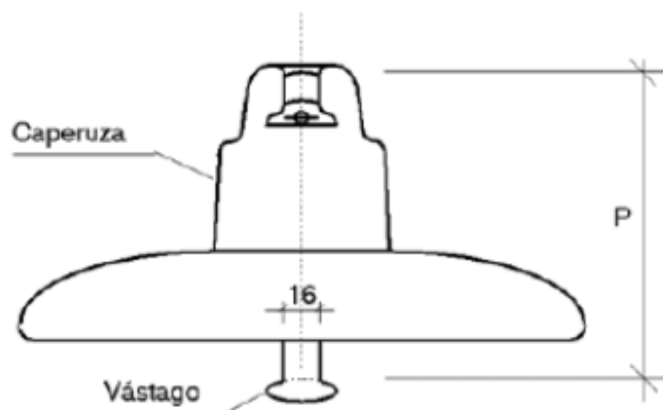


1. Aislador compuesto
2. Alojamiento de rótula
3. Grapa de suspensión
4. Grapa de amarre

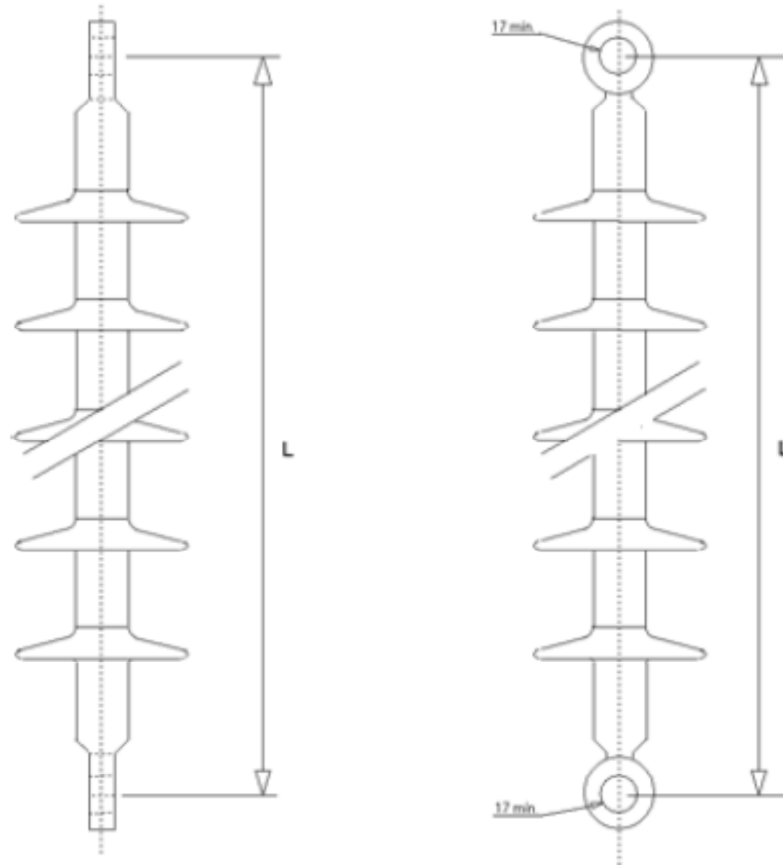
**Ilustración 7: Cadena de amarre con aislador de composite**

c) Aisladores rígidos

**Aislador de vidrio**



**Ilustración 8: Aislador de vidrio para puentes**



**Ilustración 9: Aislador de composite para puentes**

Los aisladores han de tener las características mecánicas necesarias para soportar los esfuerzos a los que estará sometido. Las cualidades específicas que deben de cumplir serán:

- Rigidez dieléctrica (el valor límite de la intensidad del campo eléctrico en el cual un material pierde su propiedad aislante y pasa a ser conductor) Deberá ser suficiente para que la tensión de perforación (tensión a la cual se cebe el arco a través de la masa del aislador) sea lo más elevada posible.
- Disposición adecuada, de forma que la tensión de contorneamiento presenta valores elevados y por consiguiente no se produzcan descargas de contorno entre los conductores y el apoyo a través de los aisladores. La tensión de contorneamiento es la tensión a la que se



## LÍNEA AÉREA DE ALTA TENSION PARA DOTAR SUMINISTRO ELECTRICO A UN BOMBEO



ceba el arco a través del aire siguiendo la mínima distancia entre fase y tierra, es decir, el contorno del aislador. Esta distancia se llama línea de fuga. Se realizaran ensayos para el control de calidad del material, uno de estos ensayos se realizará bajo lluvia artificial controlada con una inclinación de  $45^{\circ}$  sobre el aislador

- Resistencia mecánica, la resistencia para soportar los esfuerzos demandados por el conductor, por lo que la carga de rotura de un aislador debe ser cuanto menos igual a la del conductor que tenga que soportar.
- Resistencia a las variaciones de temperatura.

Según la tabla 12 ITC-LAT 07 la tensión soportada normalizada de corta duración a frecuencia industrial será de 50 kV (valor eficaz) y la tensión soportada normalizada a los impulsos tipo rayo 95 kV (valor eficaz)

Según apartado 4.4. ITC-LAT07: “Cuando el aislador está en un ambiente contaminado, la respuesta del aislamiento externo a tensiones a frecuencia industrial puede variar de forma importante. Los aisladores deberán resistir la tensión más elevada de la red con unas condiciones de polución permanentes con un riesgo aceptable de descargas. Por tanto para la selección del tipo de aislador y la longitud de la cadena de aisladores debe realizarse teniendo en cuenta el nivel de contaminación de la zona que atraviesa la línea.”





LÍNEA AÉREA DE ALTA TENSION PARA DOTAR SUMINISTRO ELECTRICO A UN BOMBEO



Los niveles de aislamiento, se determinan en función de los niveles de contaminación de la zona en la que vaya a instalarse la línea, estos niveles están definidos según la tabla 14 ITC-LAT 07 y se indican en la Tabla 5 del presente documento:

**Tabla 5: Niveles de contaminación**

Nivel de contaminación	Ejemplos de entornos típicos	Línea de fuga específica nominal mínima mm/kV1)
I Ligero	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Zonas sin industrias y con baja densidad de viviendas equipadas con calefacción.</li> <li>- Zonas con baja densidad de industrias o viviendas, pero sometidas a viento o lluvias frecuentes.               <ul style="list-style-type: none"> <li>- Zonas agrícolas 2</li> <li>- Zonas montañosas</li> </ul> </li> <li>- Todas estas zonas están situadas al menos de 10 km a 20 km del mar y no están expuestas a vientos directos desde el mar 3</li> </ul>	16,0
II Medio	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Zona con industrias que no producen humo especialmente contaminante y/o con densidad media de viviendas equipadas con calefacción.</li> <li>- Zonas con elevada densidad de viviendas y/o industrias pero sujetas a vientos frecuentes y/o lluvia.</li> <li>- Zonas expuestas a vientos desde el mar, pero no muy próximas a la costa (al menos distantes bastantes kilómetros)3.</li> </ul>	20,0
III Fuerte	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Zonas con elevada densidad de industrias y suburbios de grandes ciudades con elevada densidad de calefacción generando contaminación.</li> <li>- Zonas cercanas al mar o en cualquier caso, expuestas a vientos relativamente fuertes provenientes del mar 3).</li> </ul>	25,0
IV Muy fuerte	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Zonas, generalmente de extensión moderada, sometidas a polvos conductores y a humo industrial que produce depósitos conductores particularmente espesos.</li> <li>- Zonas, generalmente de extensión moderada, muy próximas a la costa y expuestas a pulverización salina o a vientos muy fuertes y contaminados desde el mar.</li> <li>- Zonas desérticas, caracterizadas por no tener lluvia durante largos periodos, expuestas a fuertes vientos que transportan arena y sal, y sometidas a condensación regular.</li> </ul>	31,0
<p>1 Línea de fuga mínima de aisladores entre fase y tierra relativas a la tensión más elevada de la red (fase-fase)</p> <p>2 Empleo de fertilizantes por aspiración o quemado de residuos, puede dar lugar a un mayor nivel de contaminación por dispersión en el viento.</p> <p>3 Las distancias desde la costa marina dependen de la topografía costera y de las extremas condiciones del viento.</p>		

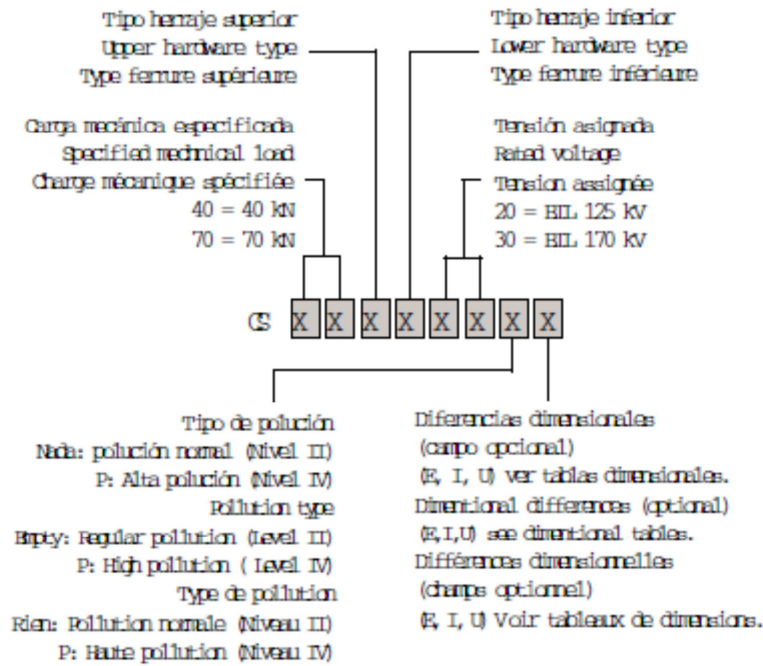


LÍNEA AÉREA DE ALTA TENSION PARA DOTAR SUMINISTRO ELECTRICO A UN BOMBEO



Consideraremos zona II, aun siendo zona agrícola podrían utilizarse fertilizantes por aspiración y la distancia del mar es mayor de 20 Km.

A continuación se indica la nomenclatura de los tipos identificativos para los aisladores:



**Ilustración 10: Nomenclatura de los aisladores**

Utilizaremos el aislador modelo CS-70-YB20. Las principales características del elemento aislador son las siguientes comprobándose que cumplen con las necesidades:

**Tabla 6: Características CS-70YB20**

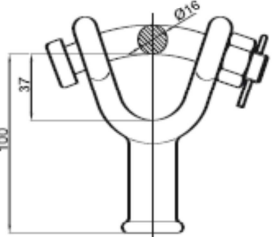
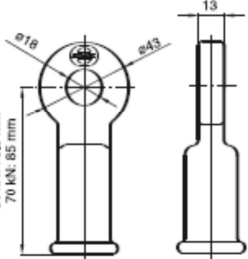
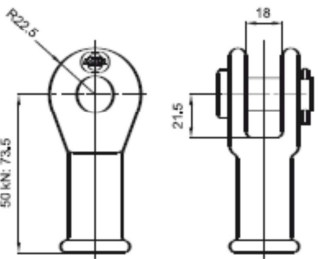
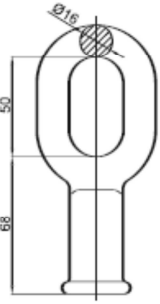
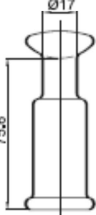
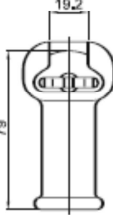
TIPO	Tensión Asignada	Línea de fuga mínima	L (mm)	Carga mecánica específica	Tensiones soportadas		Peso
					Tensión bajo onda de choque (1,2/50µs (kV)	Tensión soportada bajo lluvia (50hz, 1min) (kV)	
CS-70YB20	20 kV	480mm	238	7.000 daN	70	165	1 kg

La longitud total de la cadena de amarre será de 575mm.

Herrajes y accesorios

Se consideran herrajes todos los elementos utilizados para la fijación de los aisladores al apoyo y al conductor, los elementos de fijación del cable de tierra al apoyo y los elementos de protección eléctrica de los aisladores.

La nomenclatura de los herrajes colocados en la parte inferior y superior se muestra en la presente figura:

Tipo de herraje Hardware type Type de ferrure			
Marca Mark Marque	<b>Y</b>	<b>P</b>	<b>H</b>
Tipo de herraje Hardware type Type de ferrure			
Marca Mark Marque	<b>A</b>	<b>B*</b>	<b>R*</b>

**Ilustración 11: Herrajes inferior y superior**

Se consideran accesorios del conductor elementos tales como separadores, antivibradores, etc. Los herrajes y accesorios de las líneas aéreas deben cumplir los requisitos de las normas UNE-EN 61284, UNE-EN 61854 o UNE-EN 61897.

El diseño de todos los herrajes y accesorios deberá ser tal que sean compatibles con los requisitos eléctricos especificados para la línea aérea.

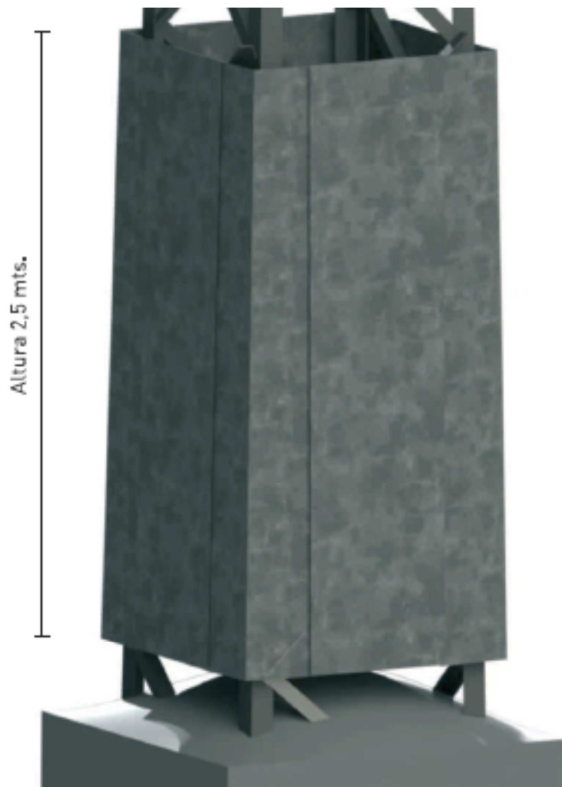
Todos los materiales utilizados en la construcción de herrajes y accesorios de líneas aéreas deben ser inherentemente resistentes a la corrosión atmosférica, la cual puede afectar a su funcionamiento. La elección de

materiales o el diseño de herrajes y accesorios deberá ser tal, que la corrosión galvánica de herrajes o conductores sea mínima.

Los herrajes y accesorios de las líneas aéreas deben cumplir los requisitos de las normas UNE-EN 61284, UNE-EN 61854 o UNE-EN 61897.

A continuación se indican los herrajes utilizados:

- ❖ Antiescalos: Son elementos que se aplican en apoyos que, por prescripción reglamentaria o de seguridad, precisan forrar cierta superficie de los mismos, a fin de dificultar su escalamiento por personas ajenas a la manipulación de la línea. Se instalarán en los apoyos con maniobra y de paso frecuentado.



**Ilustración 12: Antiescalo para torre metálica**

- ❖ Soporte reposapiés: se instalarán en los apoyos con maniobra para dotar de seguridad en las labores de mantenimiento.
- ❖ Elementos de las cadenas de suspensión y amarre:
  - Horquilla de bola
  - Alojamiento de rotula
  - Grapa de suspensión
  - Grapa de amarre
  - Alargadera
- ❖ Crucetas

Las crucetas a utilizar serán **metálicas**, galvanizadas por inmersión en caliente.

Se instalarán crucetas plana, en el apoyo de entronque y en el de fin de línea y de bóveda en los demás. Las características de las mismas son las siguientes:

### Crucetas de bóveda

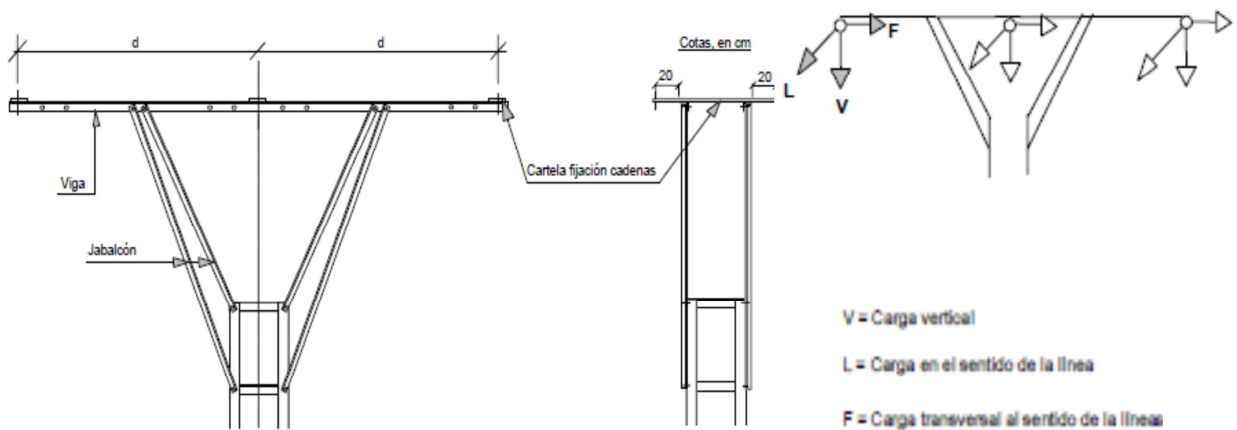


Ilustración 13: Cruceta bóveda BC

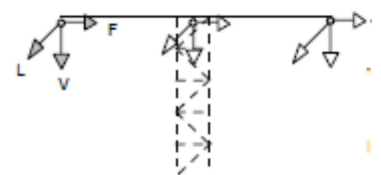
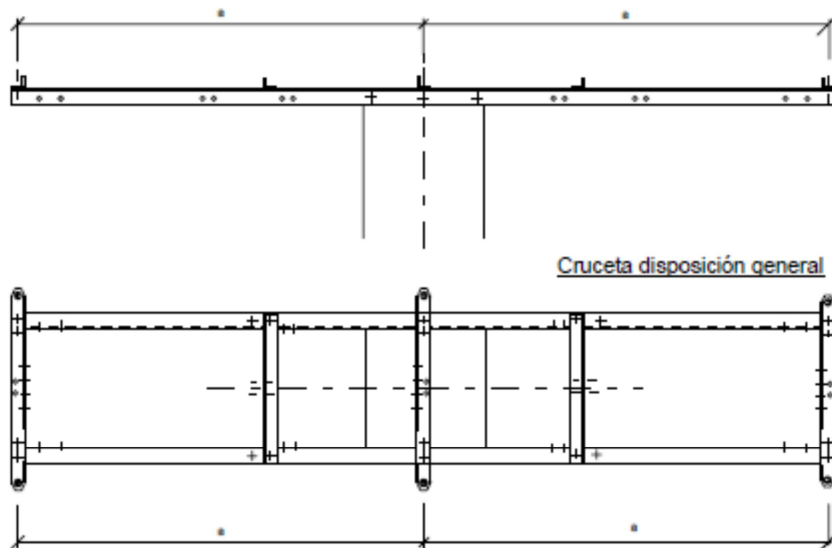
Tabla 7: Características crucetas bóveda BC

Cruceatas	Casos de carga	Carga de trabajo más sobrecarga daN			Cruceatas	"a" mínimo	d	Peso (Kg)
		V	L	F				
BC 1	A	200	-	667	BC 1-15	600	1500	197
	B	200	667	-	BC 2-15	600	1500	256
BC 2	A	300	-	1500	BC 2-20	750	2000	242
	B	300	1500	-	BC 3-20	750	2000	281
BC 3	A	450	-	1500				
	B	450	1500	-				

d: distancia entre conductores

a: profundidad de la cruceta

### Crucetas rectas



V = Carga vertical

L = Carga en el sentido de la línea

F = Carga transversal al sentido de la línea

Ilustración 14: Cruceta recta RC

**Tabla 8: Características crucetas rectas RC**

Crucetas	Semicrucetas	Casos de carga	Carga de trabajo más sobrecarga daN			Coeficiente de seguridad	Carga límite especificada			Duración
			V	L	F		V	L	F	
RC 1-S	SC 1-S	A	450	-	1500	1,5	675	-	2250	60
		B	450	1500	-		675	2250	-	
RC 2-S	SC 2-S	A	650	-	1500		975	-	2250	
		B	650	1500	-		975	2250	-	
RC 2-T	SC 2-T	A	450	-	2000	1,5	675	-	3000	60
		B	450	2000	-		675	3000	-	
RC 3-T	SC 3-T	A	800	-	2000		1200	-	3000	
		B	800	2000	-		1200	3000	-	

Caso A: Viento transversal a la línea

Caso B: Viento longitudinal a la línea

Donde:

RC: cruceta tipo recta para apoyos de celosía

SC: semicruceta de tipo recta para apoyos de celosía

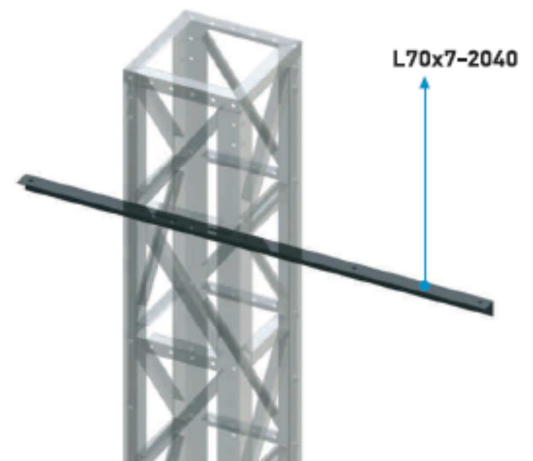
1,2 y 3: distingue la carga vertical que debe de soportar la cruceta o semicruceta: 450 daN (1), 650 daN (2) y 800 daN(3)

S: indicativo de ser cruceta o semicruceta sin tirante

T: indicativo de ser cruceta o semicruceta con tirante.

❖ Angulares:

Son armados de derivación y seccionamiento, se utilizarán para soportar los seccionadores cortocircuitos XS que se instalarán en el inicio y fin de la línea.



**Ilustración 15: Detalle de angular**





### Apoyos

Los conductores de la línea se fijarán mediante los aisladores, anteriormente comentados, de modo directo a las estructuras de apoyo. Estas estructuras se denominarán “apoyos”, podrán ser metálicas, de hormigón, madera o otros materiales apropiados. Los materiales a emplear deberán presentar una resistencia elevada a la acción de los agentes atmosféricos o recibir el tratamiento apropiado para protegerse de los mismos.

#### ❖ Tipos y sus características

Se elegirán apoyos metálicos de celosía que estarán diseñados para cumplir las dimensiones y esfuerzos contemplados en la norma UNE 207017.

El apoyo estará formado por tramos soldados, o despiezados a unir por tornillo. En todos sus aspectos estará de acuerdo con lo especificado en el punto 2.4.2 de la ITC-LAT07.

Sus cuatro caras estarán formadas por una celosía soldada tanto interior como exteriormente. El fuste en los apoyos de celosía se suministra desmontado y está constituido por varios tramos troncopiramidales de base cuadrada formado por cuatro angulares situados en los vértices, unidos por una celosía sencilla también de perfil angular de acero.

La denominación de los apoyos metálicos de celosía se designará por medio de tres grupos de siglas y números. Su orden y significado es el siguiente:

1. La letra C representa el apoyo de celosía
2. Cifras que expresan en daN el esfuerzo nominal del apoyo
3. Cifras que expresan la altura nominal del apoyo en metros.

Las características principales de estos apoyos son las siguientes:

#### ❖ Clasificación de los apoyos según su función. ITC-LAT 07 apartado 2.4.1

“2.4.1.1 Atendiendo al tipo de cadena de aislamiento y a su función en la línea, los apoyos se clasifican en:

- a) Apoyo de suspensión: Apoyo con cadenas de aislamiento de suspensión





- b) Apoyo de amarre: Apoyo con cadenas de aislamiento de amarre.
- c) Apoyo de anclaje: Apoyo con cadenas de aislamiento de amarre destinado a proporcionar un punto firme en la línea. Limitará, en ese punto, la propagación de esfuerzos longitudinales de carácter excepcional. Todos los apoyos de la línea cuya función sea de anclaje tendrán identificación propia en el plano de detalle del proyecto de la línea.
- d) Apoyo de principio o fin de línea: Son los apoyos primero y último de la línea, con cadenas de aislamiento de amarre, destinados a soportar, en sentido longitudinal, las solicitaciones del haz completo de conductores en un solo sentido.
- e) Apoyos especiales: Son aquellos que tienen una función diferente a las definidas en la clasificación anterior.

Los apoyos de los tipos enumerados pueden aplicarse a diferentes fines de los indicados, siempre que cumplan las condiciones de resistencia y estabilidad necesarias al empleo a que se destinen.

2.4.1.2 Atendiendo a su posición relativa respecto al trazado de la línea, los apoyos se clasifican en:

- a) Apoyo de alineación: Apoyo de suspensión, amarre o anclaje usado en un tramo rectilíneo de la línea.
- b) Apoyo de ángulo: Apoyo de suspensión, amarre o anclaje colocado en un ángulo del trazado de una línea.

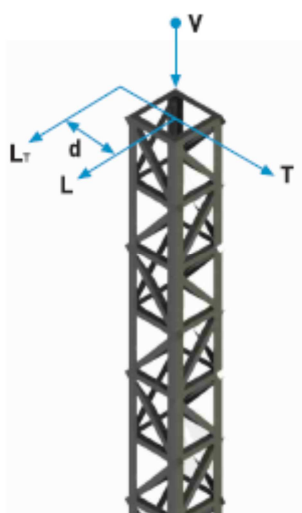
En el desarrollo del cálculo mecánico se desarrollará.

❖ Esfuerzos que deben soportar

El cálculo mecánico de los elementos constituyentes de la línea, cualquiera que sea su naturaleza de éstos, se efectuará bajo la acción de las cargas y sobrecargas.

Tabla 9: Características apoyos de celosía

Esfuerzo nominal daN	Cargas de trabajo más sobrecarga daN			Cota m	Coeficiente de seguridad	Cargas de ensayo daN		
	V <sup>4)</sup>	S ó F	T			d	V <sup>1)</sup>	S ó F <sup>2)</sup>
500	600	500	-	1,5	1,5	900	750+W	-
	600	-	500		1,2	720	-	600
1000	600	1000	-	1,5	1,5	900	1500+W	-
	600	-	700		1,2	720	-	840
2000	600	2000	-	1,5	1,5	900	3000+W	-
	600	-	1400		1,2	720	-	1680
3000	800	3000	-	1,5	1,5	1200	4500+W	-
	800	-	1400		1,2	960	-	1680
4500	800	4500	-	1,5	1,5	1200	6750+W	-
	800	-	1400		1,2	960	-	1680
7000	1200	7000	-	1,5	1,5	1800	10 500+W	-
	1200	-	2500		1,2	1440	-	3000
9000	1200	9000	-	1,5	1,5	1800	13 500+W	-
	1200	-	2500		1,2	1440	-	3000



- 1) La carga vertical V se aplica en el centro del apoyo, en el extremo superior de la cabeza
- 2) Las cargas S ó F se aplican horizontalmente, en el extremo superior de la cabeza. A la carga de ensayo S ó F, se le debe añadir, aplicando en varios tramos del apoyo, la carga W resultante de la presión del viento sobre el apoyo, para una velocidad de 120 Km/h multiplicando por el coeficiente de seguridad
- 3) La carga T se aplica horizontalmente, en el extremo superior de la cabeza y a una distancia "d" del eje del apoyo.
- 4) La carga V se aplica simultáneamente con la carga



de trabajo S ó Fó con la de torsión T

En el anexo de cálculos mecánicos se refleja el máximo esfuerzo que debe soportar en la cúspide.

❖ Altura mínima necesaria

La altura del apoyo será la necesaria para que los conductores con su máxima flecha vertical, queden situados por encima de cualquier punto del terreno, a una altura mínima de **6 m**, según lo indicado en punto 5 de la ITC-LAT07.

❖ Numeración, marcado y avisos de riesgo eléctrico

Se respetará el apartado 2.4.7. de ITC-LAT 07, identificándose cada apoyo mediante un código. Así mismo, cada apoyo tendrá claramente identificado el fabricante y el tipo del mismo.

Todos los apoyos contarán con indicaciones de existencia de riesgo de peligro eléctrico.

❖ Cimentaciones

Los apoyos de las líneas aéreas eléctricas deben disponer de cimientos adecuados para fijarlos al terreno y asegurar su estabilidad

Las cimentaciones de los apoyos podrán ser realizadas en hormigón , homigón armado o acero.

En las cimentaciones de hormigón se cuidará de su protección en el caso de suelos o aguas que sean agresivos para el mismo.

Para apoyos metálicos, la fijación al terreno puede hacerse mediante un solo macizo de cimentación o mediante macizos independientes de cimentación (uno por cada pata). En uno y en otro caso, los macizos de cimentación se realizan, habitualmente, de hormigón en masa. Como es nuestro caso, el hormigón será HM 20B 20H

El macizo puede ejecutarse constituyendo un sencillo bloque prismático de hormigón o disponiendo en la parte inferior un ensanchamiento. En nuestro caso, se realizará mediante un bloque sencillo, pues las solicitudes nos lo permiten.



El cimiento se realizará de tal manera que consiga una determinada seguridad estática, así como una garantía de que no se incline más de un 1 por 100 bajo la acción de las cargas.

Las cimentaciones del apoyo serán las adecuadas a la naturaleza del terreno y dimensionadas para conseguir la estabilidad requerida. Se desarrollara el calculo de las mismas y se adjunta plano de detalle de la cimentación.

Se instalará un total de cuatro apoyos en dos de ellos, el primero y el último, se instalarán XS y en el último además se realizará el entronque AS.

Tabla 10: Descripción de apoyos

<u>Apoyo</u>	<u>Descripción</u>	<u>Tipo</u>
1	Apoyo principio de línea, derivación	12C2000
2	Apoyo con maniobra	12C2000
3	Apoyo Intermedio	12C3000
4	Apoyo Fin de Línea XS+ Entronque AS	12C2000

Las cargas soportadas por los apoyos se describen en el anexo de cálculos mecánicos, su disposición se observa en los planos de planta y perfil adjuntos.

#### Medidas de Señalización y de Seguridad

Los apoyos llevarán **placa de señalización de peligro eléctrico**, situada a una altura visible y legible desde el suelo, pero sin acceso directo desde el mismo, con una altura mínima de protección de **2,5 m**, del mismo modo. A su vez, los que posee elementos de maniobra, deberá estar dotado de **chapas antiescalo** situadas hasta **2,5 m** de altura mín protegida.



La separación mínima entre conductores no será inferior a los **38 cm**. La justificación se encuentra en los cálculos justificativos

Respecto al tramo subterráneo y puesto que los tubos irán hormigonados no se requerirá de protección mecánica adicional en la zanja. Para la señalización de la línea se colocará cinta de señalización de RIESGO ELÉCTRICO de PVC a lo largo de su trazado.

### c Materiales en el tramo subterráneo

Conforme lo especificado en la ITC-LAT 06 en su punto 3, los materiales y su montaje cumplirán con los requisitos y ensayos de las normas UNE aplicables de entre las incluidas en la [ITC-LAT 02](#) y demás normas y especificaciones técnicas aplicables. Las características principales de los materiales serán:

- Categoría de la red: A
- Tensión nominal ( $U_o/U$ ) 12/20 kV
- Tensión más elevada ( $U_m$ ) 24 kV
- Tensión soportada nominal a los impulsos tipo rayo 125 kV
- Tensión soportada nominal de corta duración a frecuencia industrial 50 kV

La categoría de la red dependerá de la duración máxima de un eventual funcionamiento con una fase a tierra, que el sistema de puesta a tierra permita. En nuestro caso, categoría A comprende las redes que eliminan rápidamente los defectos a tierra, antes de 1 minuto.



### Características de los conductores

Los cables utilizados en las redes subterráneas tendrán los conductores de cobre o de aluminio y estarán aislados con materiales adecuados a las condiciones de instalación y explotación manteniendo, con carácter general, el mismo tipo de aislamiento de los cables de la red a la que se conecten. En nuestro caso se utilizará aluminio.

Estarán debidamente apantallados, y protegidos contra la corrosión que pueda provocar el terreno donde se instalen o la producida por corrientes erráticas, y tendrán resistencia mecánica suficiente para soportar las acciones de instalación y tendido y las habituales después de la instalación. Se exceptúan las agresiones mecánicas de maquinaria de obra como excavadoras, perforadoras o incluso picos. Podrán ser unipolares o tripolares.

Según el punto 4.9 de la ITC-LAT 06, las pantallas metálicas de los cables se conectarán a tierra, en sus dos extremos, en el entronque aéreo-subterráneo (AS) en origen y en la celda de línea del centro de Transformación particular a instalar, en su final. Así mismo, también deberá justificar que el aislamiento de la cubierta es suficiente para soportar las tensiones que pueden aparecer en servicio o en caso de defecto.

Las características del conductor a emplear en la línea enterrada bajo tubo serán las siguientes:



Tabla 11: Características del conductor subterráneo

<b>DESCRIPCIÓN:</b>	<b>Cable unipolar HEPRZ1 3x(1x150mm<sup>2</sup>) Aluminio</b>
Tensión nominal (U <sub>o</sub> /U) UNE 211435	<b>12/20 KV</b>
Tensión máxima	<b>24 KV</b>
INTENSIDAD MAX	<b>255 A</b>
LONGITUD	<b>65 m</b>
TENSIÓN NOMINAL:	<b>12/20 kV</b>
RESISTENCIA MAX A 105°C	<b>0,277 Ω / km</b>
REACTANCIA POR FASE	<b>0,112 Ω / km</b>
CARACTERÍSTICAS:	<b>Aislamiento a base de etileno propileno de alto módulo (HEPR) apantallado con una corona de alambre y contraespira de cobre de 16 mm<sup>2</sup> de sección, y cubierta exterior de poliolefina termoplástica Z1,</b>



### Características del aislamiento

El nivel de aislamiento de los cables y accesorios deberá adaptarse a los valores normalizados en las normas UNE 211435 y UNE-EN 60071-1. Según la duración máxima de un eventual funcionamiento con una fase a tierra, que el sistema de puesta a tierra permita, las redes se clasifican en tres categorías (ITC LAT 06 aptdo 2.1):

#### **CATEGORIA A:**

Los defectos a tierra se eliminan tan rápidamente como sea posible y en cualquier caso antes de un minuto.

#### **CATEGORIA B**

Comprende las redes que, en caso de defecto, sólo funcionan con una fase a tierra durante un tiempo limitado. Generalmente la duración de este funcionamiento no debería exceder de una hora.

#### **CATEGORIA C**

Esta categoría comprende todas las redes no incluidas en la categoría A ni en categoría B.

Existe relación entre las categorías de las redes con la forma de puesta a tierra del neutro. Cuando la red tiene un sistema de neutro puesto a tierra directamente (sin impedancia intermedia) es el que presenta valores mayores de intensidad de defecto, pero valores menores de sobretensiones temporales entre las fases sanas y tierra.

Según ITC LAT06 apto 2.2. “Los cables y sus accesorios deberán designarse mediante  $U_0/U$  para proporcionar información sobre la adaptación con la aparamenta y los transformadores. A cada valor  $U_0/U$  le corresponde una tensión soportada nominal a los impulsos de tipo rayo  $U_p$ .

La tensión asignada del cable  $U_0/U$  se elegirá en función de la tensión nominal de la red ( $U_n$ ), o tensión más elevada de la red ( $U_s$ ), y de la duración máxima del eventual funcionamiento del sistema con una fase a tierra (categoría de la red), tal y como se especifica en la tabla siguiente:





LÍNEA AÉREA DE ALTA TENSION PARA DOTAR SUMINISTRO ELECTRICO A UN BOMBEO



Donde:

$U_o$  = Tensión asignada eficaz a frecuencia industrial entre cada conductor y la pantalla del cable, para la que se han diseñado el cable y sus accesorios.

$U$  = Tensión asignada eficaz a frecuencia industrial entre dos conductores cualesquiera para la que se han diseñado el cable y sus accesorios

$U_p$  = Valor de cresta de la tensión soportada a impulsos de tipo rayo aplicada entre cada conductor y la pantalla o la cubierta para el que se ha diseñado el cable o los accesorios.

**Tabla 12: Niveles de aislamiento de los cables y accesorios**

Tensión nominal de la red $U_n$	Tensión más elevada de la red $U_s$ (kV)	Categoría de la red	Características mínimas del cable y accesorios	
			$U_o/U$ ó $U$ (kV)	$U_p$ (kV)
3	3,6	A-B	1,8/3	45
		C	3,6/6	60
6	7,2	A-B		
		C		
10	12	A-B	8,7/15	95
		C		
15	17,5	A-B	12/20	125
		C		
20	24	A-B	15/25	145
		C		
25	30	A-B	18/30	170
		C		
30	36	A-B	26/45	250
		C		
45	52	A-B		



## LÍNEA AÉREA DE ALTA TENSION PARA DOTAR SUMINISTRO ELECTRICO A UN BOMBEO



66	72,5	A-B	36	(1)
110	123	A-B	64	(1)
132	145	A-B	76	(1)
150	170	A-B	87	(1)
220	245	A-B	127	(1)
400	420	A-B	220	(1)

El nivel de aislamiento a impulsos tipo rayo se determinará conforme a los criterios de coordinación de aislamiento establecidos en la norma UNE-EN 60071-1.

En nuestro caso para una tensión de red nominal de 20kV y con un tiempo de eliminación del defecto a tierra no mayor de una hora (IB indica en sus manuales técnicos utilizar un tiempo máximo de defecto a tierra de un minuto), se elegirá un nivel de aislamiento de 12/20 Kv.

### Protecciones eléctricas en la línea

Las líneas deberán de estar protegidas contra los efectos peligrosos que puedan originar las sobreintensidades susceptibles de producirse en la instalación. Las salidas de línea deberán estar protegidas contra cortocircuitos y, cuando proceda contra sobrecargas.

Los dispositivos de protección utilizados no deberán producir, durante su actuación, proyecciones peligrosas de materiales ni explosiones que puedan ocasionar daños a personas o cosas.

La protección contra cortocircuito se realizará por medio de fusibles que actuarán de forma que la falta sea despejada en un tiempo tal que la temperatura alcanzada por el conductor durante el cortocircuito no exceda de la máxima admisible asignada en cortocircuito.

Las intensidades máximas admisibles de cortocircuito en los conductores y pantallas, correspondientes a tiempo de desconexión comprendidos entre 0,1 y 0,3 segundos, serán las indicadas en la LAT-ITC06 apartado 6.2. En el apartado de cálculos se desarrollara su cálculo.



Se realizará protección contra sobretensiones peligrosas, tanto de origen interno como de origen atmosférico. Los cables se protegerán contra sobretensiones de origen atmosférico en los entronques con las líneas aéreas mediante pararrayos. Los pararrayos se seleccionarán con el propósito de limitar las sobretensiones transitorias en cierto margen por debajo del nivel aislamiento del cable. La sobretensión limitada por el pararrayos circulará a lo largo del cable, pudiendo afectar al aislamiento del cable y a los equipos conectados (transformadores), sin que en ningún punto de la línea el valor de la sobretensión se incremente por encima del valor del nivel de aislamiento de los materiales instalados.

a) Características Específicas Entronque AS

Según ITC LAT 06, "Tanto en el caso de un cable subterráneo intercalado en una línea aérea, como de un cable subterráneo de unión entre una línea aérea y una instalación transformadora se tendrán en cuenta las siguientes consideraciones:

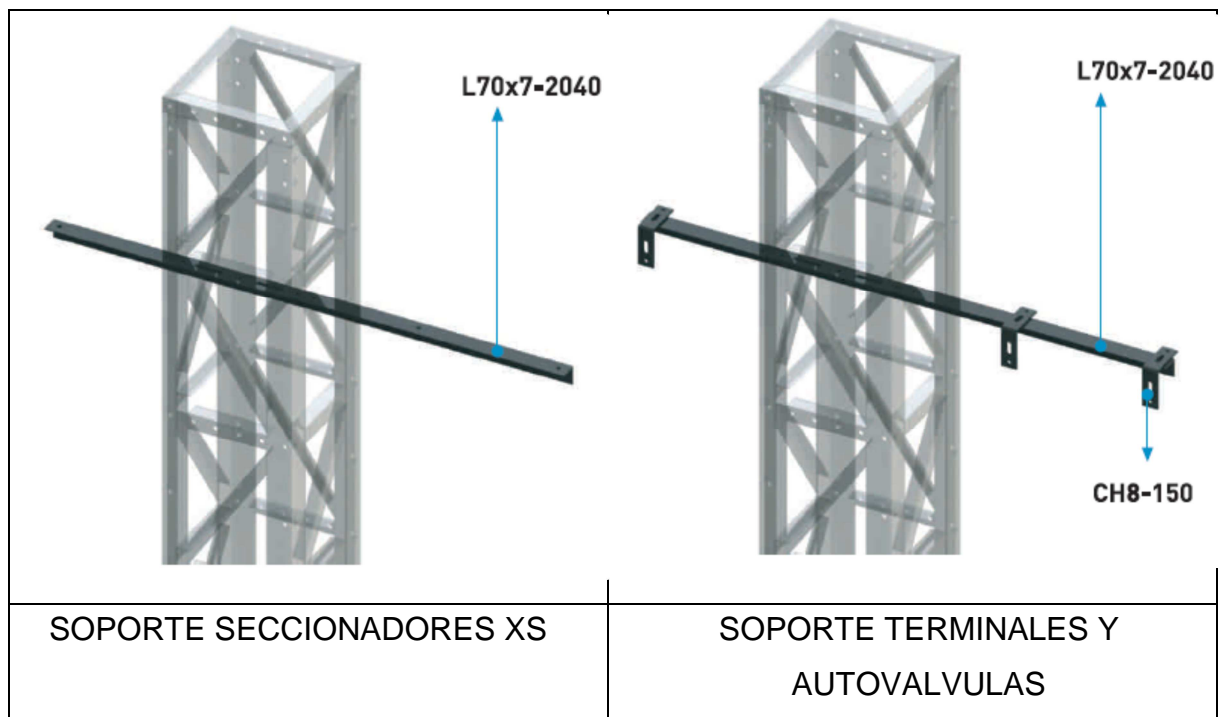
- Cuando el cable subterráneo esté destinado a alimentar un centro de transformación de cliente se instalará un seccionador ubicado en el propio poste de la conversión aéreo subterránea, en uno próximo o en el centro de transformación siempre que el seccionador sea una unidad funcional y de transporte separada del transformador. En cualquier caso el seccionador quedará a menos de 50 m de la conexión aéreo subterránea.
- Cuando el cable esté intercalado en una línea aérea, no será necesario instalar un seccionador.
- El cable subterráneo en el tramo aéreo de subida hasta la línea aérea irá protegido con un tubo o canal cerrado de material sintético, de cemento y derivados, o metálicos con la suficiente resistencia mecánica. El interior de los tubos o canales será liso para facilitar la instalación o sustitución del cable o circuito averiado. El tubo o canal se obturará por la parte superior para evitar la entrada de agua, y se empotrá en la cimentación del apoyo, sobresaliendo 2,5 m por encima del nivel del terreno.

El diámetro del tubo será como mínimo de 1,5 veces el diámetro del cable o el

de la terna de cables si son unipolares y, en el caso de canal cerrado su anchura mínima será de 1,8 veces el diámetro del cable.

- Si se instala un solo cable unipolar por tubo o canal, éstos deberán ser de plástico o metálico de material no ferromagnético, a fin de evitar el calentamiento producido por las corrientes inducidas.
- Cuando deban instalarse protecciones contra sobretensiones mediante pararrayos autoválvulas o descargadores, la conexión será lo más corta posible y sin curvas pronunciadas, garantizándose el nivel de aislamiento del elemento a proteger.

, En el apoyo del Entronque AS se instalará una cruceta RC2-20-S. en ella se realizaran los puentes hasta los cortacircuitos fusibles XS que se instalarán en un angular L-70.7-2040. A continuación se realizará el entronque aéreo subterráneo con pararrayos y las botellas para la conversión en un angular L-70.7-2040, según se detalla en los planos correspondientes.





### Características de los accesorios

Los accesorios serán adecuados a la naturaleza, composición y sección de los cables, y no deberán aumentar la resistencia eléctrica de éstos. Los accesorios deberán ser asimismo adecuados a las características ambientales (interior, exterior, contaminación, etc.).

#### a) Tubos

La línea discurrirá por el interior de tubo de canalización que la protegerá de impactos. Se utilizarán tubos de polietileno de alta densidad de doble pared, corrugada exterior y lisa interior, fabricado según norma UNE-EN 50086-2-4.

Material:PEAD (libre de halógenos)

Norma:UNE en 50086-2-4

Resistencia al aplastamiento:250 N ó 450 N

Temperatura de trabajo:-25° C hasta 100° C

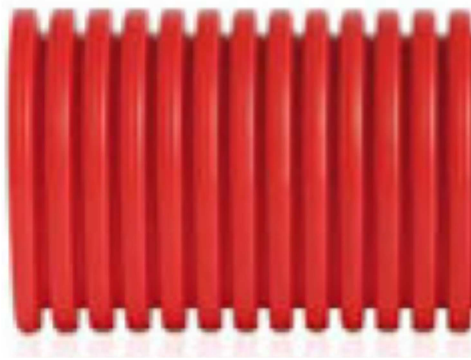
Características: muy resistente a las cargas estáticas y móviles muy intensas. Fácil manipulación. Curvable en rollos. Fuerte resistencia al punzonamiento.

Se trata de tubos de estructura celular, fabricados en Polietileno cuya unión se realiza mediante manguitos. Los tubos deben su rigidez a la parte externa anillada que aumenta el momento de inercia de la pared del tubo. La pared interior lisa facilita el paso de los cables.

Estos tubos son casi indestructibles. Aún en caso de deformación extrema, no aparece rotura. Bajo el peso del terreno y del tráfico, una vez instalados, no se deforman más allá de los límites admisibles.

Una buena colocación, sobre un lecho de arena o gravilla con una compactación superior o igual al 95% y una altura de recubrimiento comprendida entre 0.50 y 0.80 m, permite no sobrepasar un 6% de ovulación para una carga rodante pesada.

Estos tubos tendrán las siguientes características:



Según norma UNE-EN 50086-2-4

Tubo de pared múltiple (interior lisa y exterior corrugada) curvable.

Propagador de la llama: SI

Influencias externas: IP54

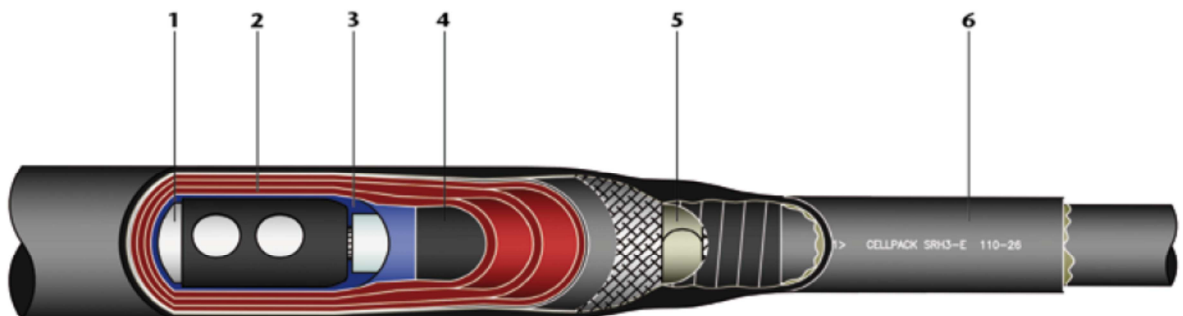
Resistencia a la compresión: >450N

Cumple con la norma UNE-EN-50267-2-2  
sobre material libre de halógenos

### b) Empalmes

En instalaciones de cable aislado, los accesorios (empalmes y terminales) son elementos muy críticos bajo el punto de vista del aislamiento ya que suponen una discontinuidad de campo eléctrico al interrumpir el aislamiento principal del cable, que se recompone mediante el montaje en obra de los diferentes componentes del accesorio.

Los empalmes serán aptos para cables unipolares con aislamiento sintético (PVC, PE, VPE, EPR), Posibilitando la conexión de cables de diferentes secciones y materiales de conductor como también de diferente construcción respecto a las semiconductoras (extraíbles o pelacables) y a la estructura de pantalla (pantalla de hilo de cobre o de cinta).



Componentes principales del empalme CHMSV

1. Conector a tornillería
2. Cinta de control de campo y relleno
3. Aislamiento principal
4. Elemento de control de campo
5. Continuación de pantalla
6. Cubierta exterior

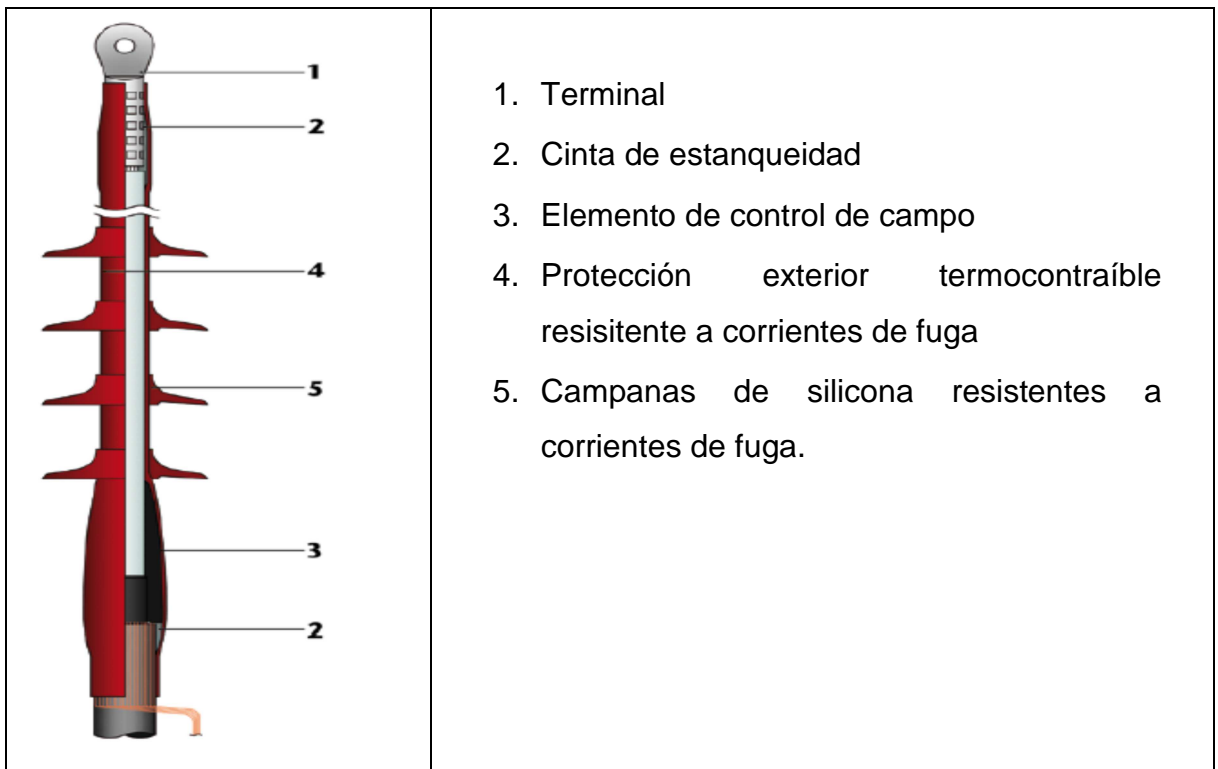
**Ilustración 16: Detalle de empalme**

El continuador de pantalla del cable para los empalmes de conexión unipolar es realizada por medio de tubo malla de cobre estañado, la cual es fijada por medio de muelles de presión constante sobre las pantallas preparadas en las puntas de los cables a unir. Para la protección exterior de los empalmes se prevé de un tubo termocontraible con espesor de pared gruesa y adhesivo de termofusión que garantiza la estanqueidad y rigidez mecánica.

Se estima que el tendido de la línea no necesitara empalme, pero se indica aquí en previsión de que se produjera alguna anomalía en la línea que requiriera reparación.

### c) Terminales

La línea conexionara mediante los terminales o “botellas”. La estanqueidad tanto sobre la cubierta del cable como sobre la zona del terminal será asegurada con cinta vulcanizada, de forma que resista al envejecimiento







### Zanjas y sistemas de enterramiento

Según ITC-LAT 4.2 “En canalización entubada, la profundidad hasta la parte superior del tubo más próximo a la superficie no será menor de 0,6 metros en acera o tierra, ni de 0,8 metros en calzada.

Estarán contruidos por tubos de material sintético, de cemento y derivados, o metálicos, hormigonados en zanja o no, con tal que presenten suficiente resistencia mecánica. El diámetro interior de los tubos no será inferior a vez y media el diámetro exterior del cable o del diámetro aparente del circuito en el caso de varios cables instalados en el mismo tubo. El interior de los tubos será liso para facilitar la instalación o sustitución del cable o circuito averiado. No se instalará más de un circuito por tubo. Si se instala un solo cable unipolar por tubo, los tubos deberán ser de material no ferromagnético.

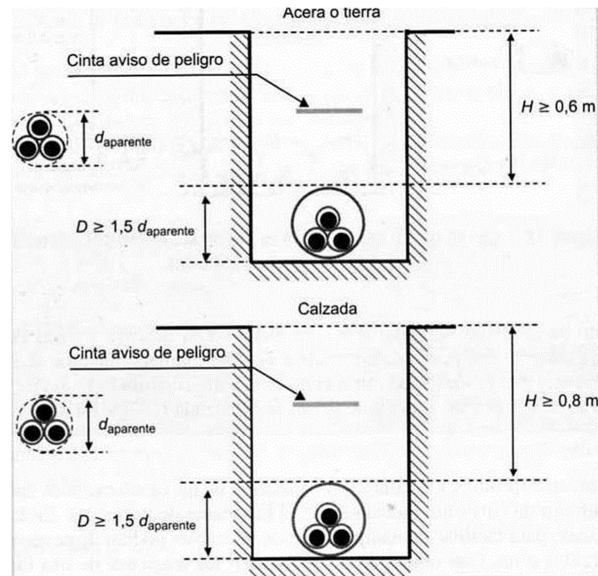
Antes del tendido se eliminará de su interior la suciedad o tierra garantizándose el paso de los cables mediante mandrilado acorde a la sección interior del tubo o sistema equivalente. Durante el tendido se deberán embocar correctamente para evitar la entrada de tierra o de hormigón.

Se evitará, en lo posible, los cambios de dirección de las canalizaciones entubadas respetando los cambios de curvatura indicados por el fabricante de los cables. En los puntos donde se produzcan, para facilitar la manipulación de los cables podrán disponerse arquetas con tapas registrables o no. Con objeto de no sobrepasar las tensiones de tiro indicadas en las normas aplicables a cada tipo de cable, en los tramos rectos se instalarán arquetas intermedias, registrables, ciegas o simplemente calas de tiro en aquellos casos que lo requieran. A la entrada de las arquetas, las canalizaciones entubadas deberán quedar debidamente selladas en sus extremos.

La canalización deberá tener una señalización colocada de la misma forma que la indicada en el apartado anterior, para advertir de la presencia de cables de alta tensión.”



A continuación se representa el diseño de zanja para cables enterrados y entubados, tanto para cable bajo calzada o bajo acera, reflejando únicamente las cotas o dimensiones obligatorias según el Reglamento.



**Ilustración 17: Detalle de zanja**

### Características Específicas Zanja

La línea discurrirá bajo tubo la profundidad de la zanja será aproximadamente de 1 m, ya que la distancia de los tubos a la cota 0 será de 0,8m. Su sección y trazado se grafía en el plano correspondiente. Se adjunta un plano con los detalles de la sección.

Los cambios de dirección se realizarán mediante una arqueta, la curvatura del cable permitirá el giro de los conductores sin forzamiento, según indicaciones del fabricante.

Los radios mínimos de curvatura que el cable puede adoptar en su posición definitiva se pueden calcular en función del diámetro exterior del cable (D) y del diámetro del conductor (d):

$$R= 10(D+d)$$

No deberá instalarse más de un cable tripolar por tubo o más de un sistema de tres unipolares por tubo. La relación de diámetros entre tubo y cable o conjunto de tres unipolares no será inferior a 1,5



LÍNEA AÉREA DE ALTA TENSION PARA DOTAR SUMINISTRO ELECTRICO A UN BOMBEO



A la hora de calcular la intensidad máxima de un cable, ésta estará determinada por las condiciones de instalación enterrada cuyas características serán, especificadas en el apartado 6.1.2.1 ITCA LAT 06:

Cables con aislamiento seco hasta 18/30kV

Terna de cables unipolares enterrados directamente a 1 metro de profundidad

Resistividad térmica media 1,5 Km/W

Temperatura ambiente del terreno a esa profundidad 25°C

Temperatura del aire ambiente de 40°C

La intensidad admisible del cable deberá corregirse teniendo en cuenta cada una de las magnitudes de la instalación real que difieran de las expuestas, de forma que el aumento de temperatura provocado por la circulación de la intensidad calculada no dé lugar a una temperatura, en el conductor, superior a la prescrita en la tabla 5 ITC LAT06.

Tabla 13: Cables aislados con aislamiento seco.

Tipo de aislamiento seco	Condiciones	
	Servicio Permanente $\theta_s$	Cortocircuito $\theta_{cc}$ ( $t \leq 5s$ )
Policloruro de vinilo (PVC)* S $\leq$ 300 mm <sup>2</sup> S > 300 mm <sup>2</sup>	70 70	160 140
Polietileno reticulado(XLPE)	90	250
Etileno Propileno (EPR)	90	250
Etileno Propileno de alto módulo (HEPR)	105 para $U_o/U \leq 18/30$ kV 90 para $U_o/U > 18/30$ kV	250



El valor de la intensidad máxima admisible en servicio permanente y con corriente alterna para cable unipolares aislados de hasta 18/30 kV bajo tubo, se seleccionará de la Tabla12 de la ITC LAT 06

**Tabla 14: Intensidades máximas admisibles en servicio permanente y con corriente alterna**

Sección (mm <sup>2</sup> )	EPR		XLPE		HEPR	
	Cu	Al	Cu	Al	Cu	Al
25	115	90	120	90	125	95
35	135	105	145	110	150	115
50	160	125	170	130	180	135
70	200	155	205	160	220	170
95	235	185	245	190	260	200
120	270	210	280	215	295	230
150	305	235	315	245	330	255
185	345	270	355	280	375	290
240	400	310	415	320	440	345
300	450	355	460	365	500	390
400	510	405	520	415	565	450

En el apartado de cálculos se realizará una descripción mas detallada del calculo y de la aplicación de los factores de corrección.



### Medidas de Señalización y de Seguridad

Puesto que los tubos irán hormigonados no se requerirá de protección mecánica adicional en la zanja. Para la señalización de la línea se colocará cinta de señalización de RIESGO ELÉCTRICO de PVC a lo largo de su trazado.

### Ensayos a realizar en cables y accesorios

Según lo indicado en la ITC- LAT 06 punto 4.8, una vez que la instalación este concluida, se comprobara que el tendido del cable y el montaje de los accesorios (empalmes, terminales...etc) se han realizado correctamente, para lo cual serán de aplicación los ensayos especificados al efecto en las normas correspondientes.

Según especifica la ITC-LAT 05 , todas las líneas que no son de compañía de tensión menor o igual que 30 kV , deberán ser objeto de una verificación previa y de una periódica, al menos cada tres años.

La verificación previa a la puesta en servicio de las líneas eléctricas de alta tensión deberá ser realizada por la empresa instaladora autorizada que las ejecute y en cualquier caso, para líneas eléctricas con conductores aislados con pantalla se efectuarán, al menos, los ensayos de comprobación de aislamiento principal y de la cubierta.

Las verificaciones periódicas de líneas eléctricas de tensión nominal no superior a 30 kV podrán ser realizadas por técnicos titulados con competencias en este ámbito y que dispongan del certificado de calificación individual adecuado. Para líneas eléctricas con conductores aislados con pantalla se efectuarán, al menos, los ensayos de comprobación de aislamiento principal y de la cubierta.



#### d Tomas de tierra

Pa el tramo aéreo, el diseño de la puesta a tierra cumplirá con lo exigido en el apto 7 de la ITC-LAT07. El diseño del sistema de puesta a tierra deberá cumplir los siguientes requisitos:

- ❖ Que resista los esfuerzos mecánico y la corrosión. (aptdo 7.3.2)
- ❖ Que resista, desde un punto de vista térmico, la corriente de falta más elevada determinada en el cálculo. (apto 7.3.3)
- ❖ Garantizar la seguridad de las personas con respecto a tensiones que aparezcan durante una falta a tierra en los sistemas de puesta a tierra (apto 7.3.4)
- ❖ Proteger de daños a propiedades y equipos y garantizar la fiabilidad de la línea (apto 7.3.5)

Para cumplir el último requisito la resistencia de puesta a tierra debe ser suficientemente pequeña para garantizar la actuación de las protecciones de sobreintensidad en caso de un defecto franco a tierra en una línea, y para evitar en la medida de lo posible cebados inversos en caso de caídas de rayos sobre el cable de tierra de la parte superior de la línea, o durante la caída de un rayo sobre el apoyo o las crucetas.

Estos requisitos dependen fundamentalmente de:

- Método de puesta a tierra del neutro de la red: neutro aislado, neutro puesto a tierra mediante impedancia o neutro rígido a tierra.
- Tipo de apoyo en función de su ubicación: apoyos frecuentados y apoyos no frecuentados
- Material del apoyo: conductor o no conductor

Los apoyos que alberguen las botellas o terminales de paso aéreo-subterráneo deberán cumplir los mismos requisitos que el resto de apoyos en función d su ubicación.

Los apoyos que alberguen aparatos de maniobra deberán cumplir los mismos requisitos que los apoyos frecuentados.

El sistema de puesta a tierra estará constituido por uno o varios electrodos de puesta a tierra enterrados en el suelo y por la línea de tierra que conecta dichos electrodos a los elementos que deban quedar puestos a tierra. El tipo, dimensiones y colocación en el terreno de los electrodos de puesta a tierra vendrá representado en los planos de proyecto. A continuación se muestra la construcción de la puesta a tierra en un apoyo:

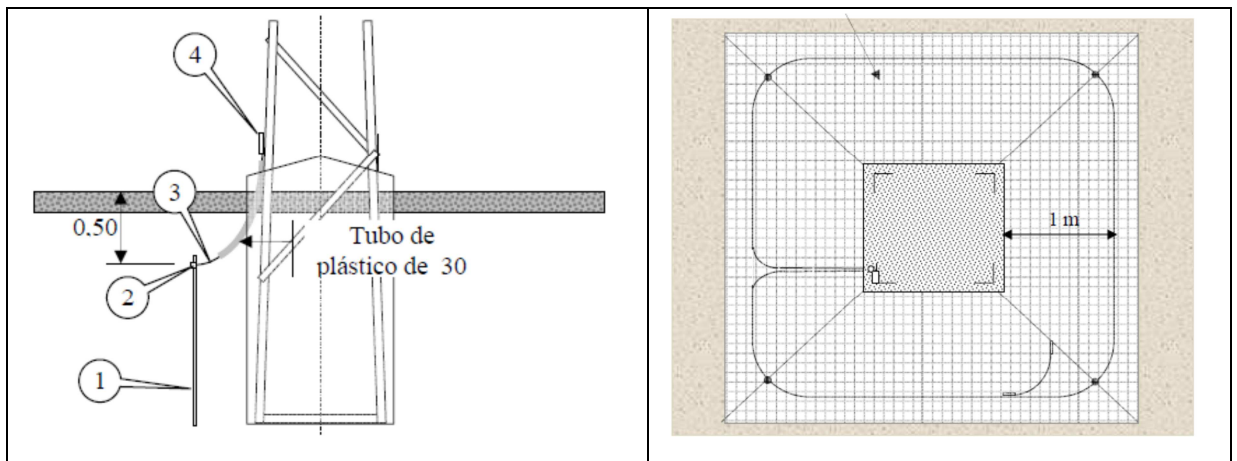


Ilustración 18: Detalle de puesta a tierra de un apoyo



## LÍNEA AÉREA DE ALTA TENSION PARA DOTAR SUMINISTRO ELECTRICO A UN BOMBEO



Es recomendable que electrodo de puesta a tierra esté situado a una profundidad suficiente, mínimo de 0,5m, para evitar la congelación del agua ocluida en el terreno.

Al instalar varias picas se dejara una separación como mínima de 1,5 veces la longitud de la pica.

Las conexiones deben tener una buena continuidad eléctrica, las uniones no deberán soltarse y serán protegidas contra la corrosión.

En los apoyos se conectará directamente los herrajes a los que están fijados los aisladores, mediante un conductor de conexión. La conexión a tierra de los pararrayos instalados en apoyos no se realizará a través de la estructura del apoyo, todos nuestros apoyos son metálicos. El chasis de los aparatos de maniobra podrán ponerse a tierra a través de la estructura del mismo apoyo. Para la puesta a tierra de los pararrayos se conectará directamente al terminal principal de tierra del apoyo mediante un cable, de ese modo, la reactancia inductiva y la resistencia será pequeña en comparación con la de los electrodos de puesta a tierra.

### DIMENSIONAMIENTO CON RESPECTO A LA CORROSIÓN Y A LA RESISTENCIA MECÁNICA

Se seguirá lo indicado en MIE-RAT 13, los electrodos a utilizar serán picas de tierra verticales cilíndricas hincadas en el terreno. Estas picas serán de acero-cobre de 14,6 diámetro y 1,5 m de longitud. El cable a utilizar será de 50mm<sup>2</sup> Cu.

### DIMENSIONAMIENTO CON RESPECTO A LA RESISTENCIA TERMICA

El cálculo de la sección de los electrodos de puesta a tierra y de los conductores de puesta a tierra depende del valor y la duración de la corriente de falta, por lo que tendrán una sección tal que puedan soportar, sin un calentamiento peligroso, la máxima corriente de fallo a tierra prevista, durante un tiempo doble al accionamiento de las protecciones de la línea.

El cálculo de la resistencia térmica de los conductores de la línea de tierra y de los electrodos en caso de cortocircuito se realiza según la MIE-RAT13, aplicando la fórmula siguiente:



## LÍNEA AÉREA DE ALTA TENSION PARA DOTAR SUMINISTRO ELECTRICO A UN BOMBEO



$$\frac{I_{CC}}{S} = \frac{K}{\sqrt{t_{CC}}}$$

Siendo,

$I_{CC}$ : corriente de cortocircuito a tierra máxima prevista (A)

S: sección del conductor ( $\text{mm}^2$ )

K: coeficiente que depende de la naturaleza del conductor y de las temperaturas al inicio y final del cortocircuito

$T_{CC}$ : duración del cortocircuito, en segundos, que se iguala a dos veces el tiempo de actuación de las protecciones

Según el MIE-RAT 13, los valores de K para una temperatura final de los electrodos y líneas de puesta a tierra de  $200^{\circ}\text{C}$  es para el cobre:

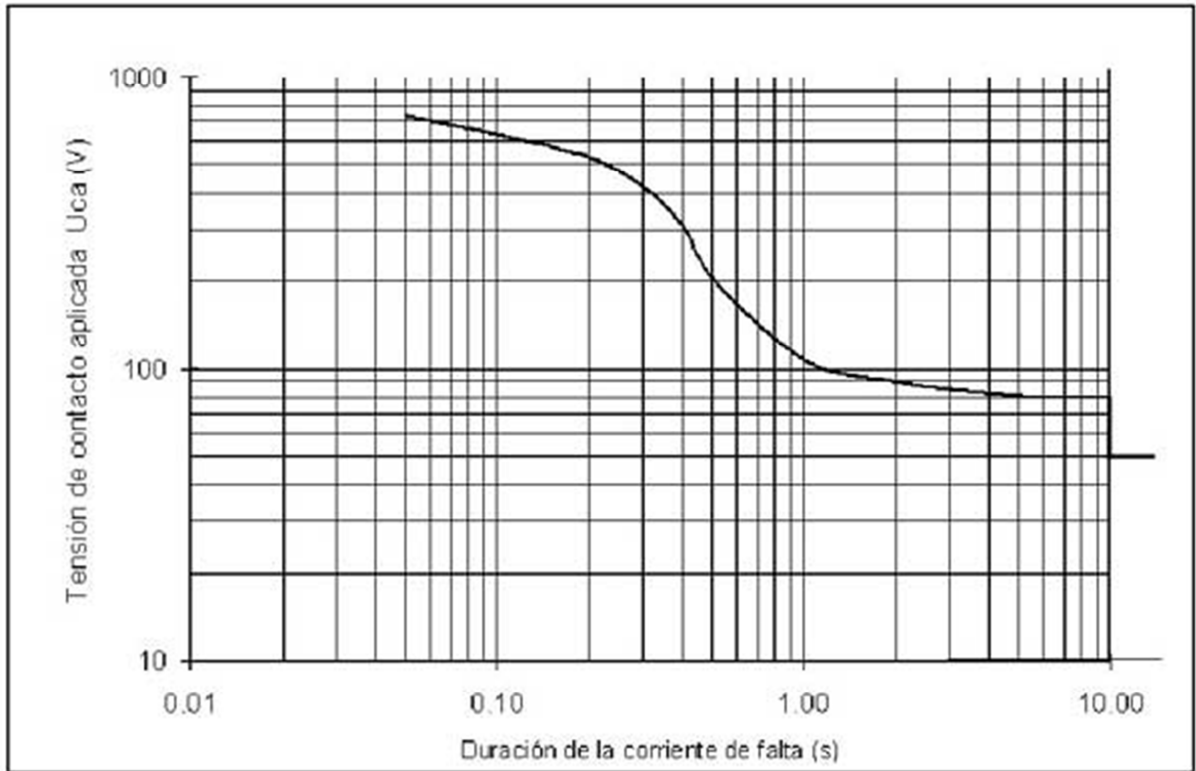
$$K = 160 \text{ A/s} \cdot \text{mm}^2$$

### DIMENSIONAMIENTO CON RESPECTO A LA SEGURIDAD DE LAS PERSONAS

Cuando se produce una falta a tierra, partes de la instalación se pueden poner en tensión, y en el caso de que una persona o animal estuviese tocándolas, podría circular a través de él una corriente peligrosa.

Los valores admisibles de la tensión de contacto aplicada,  $U_{ca}$ , a la que puede estar sometido el cuerpo humano entre la mano y los pies, en función de la duración de la corriente de falta, se dan en la siguiente grafica:





**Ilustración 19:** Valores admisibles de la tensión de contacto aplicada Uca en función de la duración de la corriente de falta



Esta curva ha sido determinada considerando las siguiente hipótesis:

- La corriente circula entre la mano y los pies
- Únicamente se ha considerado la propia impedancia del cuerpo humano, no considerándose resistencias adicionales como la resistencia a tierra del punto de contacto con el terreno, la resistencia del calzado o la presencia de empuñaduras aislantes, etc
- La impedancia del cuerpo humano utilizada tiene un 50% de probabilidad de que su valor sea menor o igual al considerado
- Una probabilidad de fibrilación ventricular del 5%

En la siguiente tabla se muestran valores de la curva anterior.

**Tabla 15: Valores admisibles de la tensión de contacto en función de la duración de la corriente de falta**

Duración de la corriente de falta, $t_F$ (s)	Tensión de contacto aplicada admisible, $U_{ca}$ (V)
0.05	735
0.10	633
0.20	528
0.30	420
0.40	310
0.50	204
1.00	107
2.00	90
5.00	81
10.00	80
> 10.00	50



Salvo casos excepcionales justificados, no se considerarán tiempos de duración de la corriente de falta inferiores a 0,1 segundos.

Para definir la duración de la corriente de falta aplicable, se tendrá en cuenta el funcionamiento correcto de las protecciones y los dispositivos de maniobra.

Cada defecto a tierra será desconectado automática o manualmente. Por lo tanto, las tensiones de contacto de muy larga duración, o de duración indefinida, no aparecen como una consecuencia de los defectos a tierra.

Para las tensiones de paso no es necesario definir valores admisibles, ya que los valores admisibles de las tensiones de paso aplicadas son mayores que los valores admisibles en las tensiones de contacto admisibles. Por tanto, se entenderá que si el sistema de puesta a tierra satisface las tensiones de contacto aplicadas. No aparecerán tensiones de paso aplicadas peligrosas.

El Reglamento de Centrales eléctricas, Subestaciones y Centros de transformación (RCE) define que el valor admisible de la tensión de paso aplicada ( $U_{pa}$ ) es diez veces el valor admisible de la tensión de contacto aplicada ( $U_{ca}$ ), ya que una corriente cuyo trayecto se cierre entre los pies tiene unos efectos fisiológicos mucho menores que para un trayecto entre la mano izquierda y los pies, al pasar la corriente por el corazón en su trayecto. Se utilizan las siguientes formulas:

$$U_{ca} = \frac{K}{t^n}$$

$$U_{pa} = \frac{10K}{t^n}$$

Donde las constantes  $K, n$ , se definen en función del tiempo de actuación de las protecciones,  $t$ , según la tabla siguiente:

Tabla 16: Valores para tensión de paso

$t(s)$	$K$	$N$	$U_{ca} (V)$	$U_{pa}(V)$
$0,1 \leq t < 0,9$	72	1	$K/t^n$	$10K/t^t$
$0,9 \leq t < 3,0$	78,5	0,18	$K/t^n$	$10K/t^t$
$3,0 \leq t < 5,0$	-	-	64	640
$t \geq 5,0$	-	-	50	500

A partir de los valores admisibles de la tensión de contacto aplicada, se pueden determinar las máximas tensiones de contacto admisibles en la instalación,  $U_c$ , considerando todas las resistencias adicionales que intervienen en el circuito tal y como se muestra en la siguiente figura:

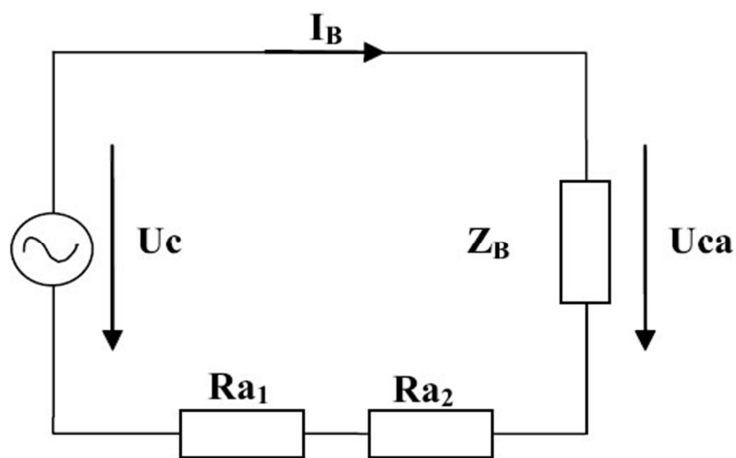


Ilustración 20: Esquema del circuito de contacto

Donde:

$U_{ca}$ : tensión de contacto aplicada admisible, la tensión a la que puede estar sometido el cuerpo humano entre una mano y pies

$Z_B$ : impedancia del cuerpo humano

$I_B$ : corriente que fluye a través del cuerpo

$U_c$ : tensión de contacto máxima admisible en la línea que garantiza la seguridad de las personas, considerando resistencias adicionales (por ejemplo,



resistencia a tierra del punto de contacto, calzado, presencia de superficies de material aislante)

$R_a$ : resistencia adicional ( $R_a = R_{a1} + R_{a2}$ )

Para determinar las máximas tensiones de contacto admisibles  $U_c$ , se empleará esta expresión para el cálculo:

$$U_c = U_{ca} \left[ 1 + \frac{R_{a1} + R_{a2}}{Z_B} \right]$$

$U_{ca}$ , es el valor admisible de la tensión de contacto aplicada que es función de la duración de la corriente de falta (Tabla 17: Valores para tensión de paso)

La resistencia del cuerpo humano ( $Z_B$ ) se considera  $1000\Omega$

Se asimila cada pie a un electrodo en forma de placa  $200\text{ cm}^2$  de superficie, ejerciendo sobre el suelo una fuerza mínima de  $250\text{ N}$ , lo que representa una resistencia de contacto con el suelo para cada electrodo de  $3\rho_s$ , evaluada en función de la resistividad superficial  $\rho_s$  del terreno. Superficial. Al estar los dos pies junto, la resistencia a tierra del punto de contacto será equivalente en paralelo de las dos resistencias:  $R_{a1}=1,5\rho_s$

La resistencia adicional se debe considerar siempre ya que representa la resistencia de contacto de la pisada de una persona sobre el terreno. El valor de la resistencia de contacto de un pie se deduce de la fórmula del RCE:

$$R_{a2} = R_{c\ 1\ pie} = 1,6 \frac{\rho_s}{p} = 1,6 \frac{\rho_s}{0,57} \approx 3\rho_s$$

Podemos considerar que  $R_{a1}$  es la resistencia del calzado, la resistencia de superficies de material aislante, etc. Esta resistencia se considerará cuando las personas que frecuentan los apoyos se supone que irán calzadas. Cuando las personas puedan ir descalzas no se deberá considerar esta resistencia adicional.

Se establece la clasificación de los apoyos según su ubicación (apto7.3.4.2):

Apoyos frecuentados: son los situados en lugares de acceso público y donde la presencia de personas ajenas a la instalación eléctrica es frecuente.



Apoyos no frecuentados-. Son los situados en lugares que no son de accesos público o donde el acceso de personas en poco frecuente.

A su vez los apoyos frecuentados se clasificaran en dos subtipos:

- Apoyos frecuentados con calzado

Se considera como resistencia adicional la resistencia adicional del calzado  $R_{a1}$ , y la resistencia a tierra en el punto de contacto  $R_{a2}$

$$R_a = R_{a1} + R_{a2} = 1000 + 1,5\rho_s$$

Donde tomaremos  $1000\Omega$  como valor de la resistencia del calzado.

Estos apoyos serán los situados en lugares donde se supone que las personas están calzadas, como pavimentos de carretera, lugares de aparcamiento, etc.

- Apoyos frecuentados con calzado

Apoyos frecuentados sin calzado. se considerará como resistencia adicional únicamente la resistencia a tierra en el punto de contacto,  $R_{a2}$ . La resistencia adicional del calzado,  $R_{a1}$ , será nula.

$$R_a = R_{a2} = 1,5\rho_s$$

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

La verificación de los sistemas de puesta a tierra empleados para apoyos de líneas aéreas no frecuentados, frecuentados con calzado y frecuentados sin calzado, sigue el procedimiento que se describe a continuación:

- 1) Establecimiento de las características del suelo.

El establecimiento de las características del suelo significa obtener la resistividad del terreno. Este valor puede ser obtenido de dos formas:

- Según se especifica en la MIE-RAT 13 del RCE (apto 4.1 tabla 1), en función de la naturaleza del terreno, para el caso de instalaciones de tercera categoría y de intensidad de cortocircuito a tierra inferior o igual a 16 kA.

- Utilizando alguno de los métodos sancionados por la práctica para su medida, como es el método de Wenner.

2) Elección del sistema de puesta a tierra y cálculo de la resistencia de tierra.

1) El electrodo a emplear para su utilización en el caso de líneas aéreas con apoyos no frecuentados, tal como especifica el apartado 7.3.4.3 de la ITC LAT-07 del RLAT, proporcionara un valor de la resistencia de puesta a tierra lo suficientemente bajo para garantizar la actuación de las protecciones en caso de defecto a tierra. Dicho valor se podrá conseguir mediante la utilización de una sola pica de acero cobrizado

de 1,5 m de longitud y 14 mm de diámetro, enterrado como mínimo a 0,5 m de profundidad. Si no es posible alcanzar, mediante una sola pica, los valores de resistencia mínimos, se añadirán picas al electrodo enterrado, siguiendo la periferia del apoyo, hasta completar un anillo de cuatro picas (véase figura 18), añadiendo, si es necesario a dicho anillo, picas en hilera de igual longitud, separadas 3 m entre si . El conductor de unión entre picas será de cobre de 50 mm<sup>2</sup> de sección.

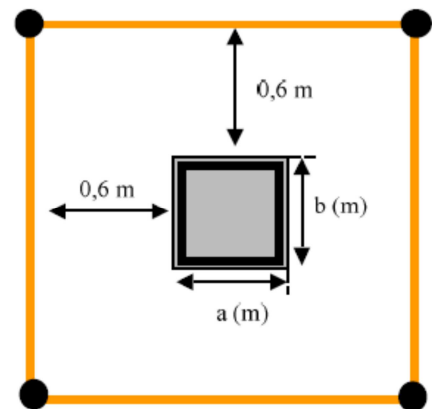


Ilustración 21: Detalle TT

2) La configuración tipo del electrodo a emplear para su utilización en el caso de líneas aéreas con apoyos frecuentados con calzado será la de un bucle perimetral con la cimentación, cuadrado, a una distancia horizontal de 1m. como mínimo, formado por conductor de cobre de 50 mm<sup>2</sup> de sección, enterrado como mínimo a 0,5 m de profundidad, al que se conectaran en cada uno de sus vértices cuatro picas de acero cobrizado de 1,5 m de longitud y 14 mm de diámetro. (véase figura 19). En todo caso la resistencia de puesta a tierra presentada por el electrodo, en ningún caso debe ser superior a 50 Ω. Si no es posible alcanzar este valor, mediante la configuración tipo, y hasta conseguir los 50Ω, se añadirá, a dicha configuración, picas en hilera, de igual longitud, separadas 3 m entre si.



## LÍNEA AÉREA DE ALTA TENSION PARA DOTAR SUMINISTRO ELECTRICO A UN BOMBEO



3) La configuración tipo del electrodo a emplear para su utilización en el caso de líneas aéreas con apoyos frecuentados sin calzado será la de un bucle perimetral con la cimentación, cuadrado, a una distancia horizontal de 1 m, como mínimo, formado por conductor de cobre de 50 mm<sup>2</sup> de sección, enterrado como mínimo a 1 m de profundidad, al que se conectarán en cada uno de sus vértices cuatro picas de acero cobrizado de 1,5 m de longitud y 14 mm de diámetro. (mismo que figura 19 solo que varían h a 1m). Esta configuración, con los electrodos enterrados a una profundidad mayor que la indicada para apoyos frecuentados con calzado, tiene la ventaja de que las tensiones de paso son menores. En todo caso la resistencia de puesta a tierra presentada por el electrodo, en ningún caso debe ser superior a 50 W. Si no es posible alcanzar este valor, mediante la configuración tipo, y hasta conseguir los 50 W, se añadirán, a dicha configuración, picas en hilera, de igual longitud, separadas 3 m entre sí.



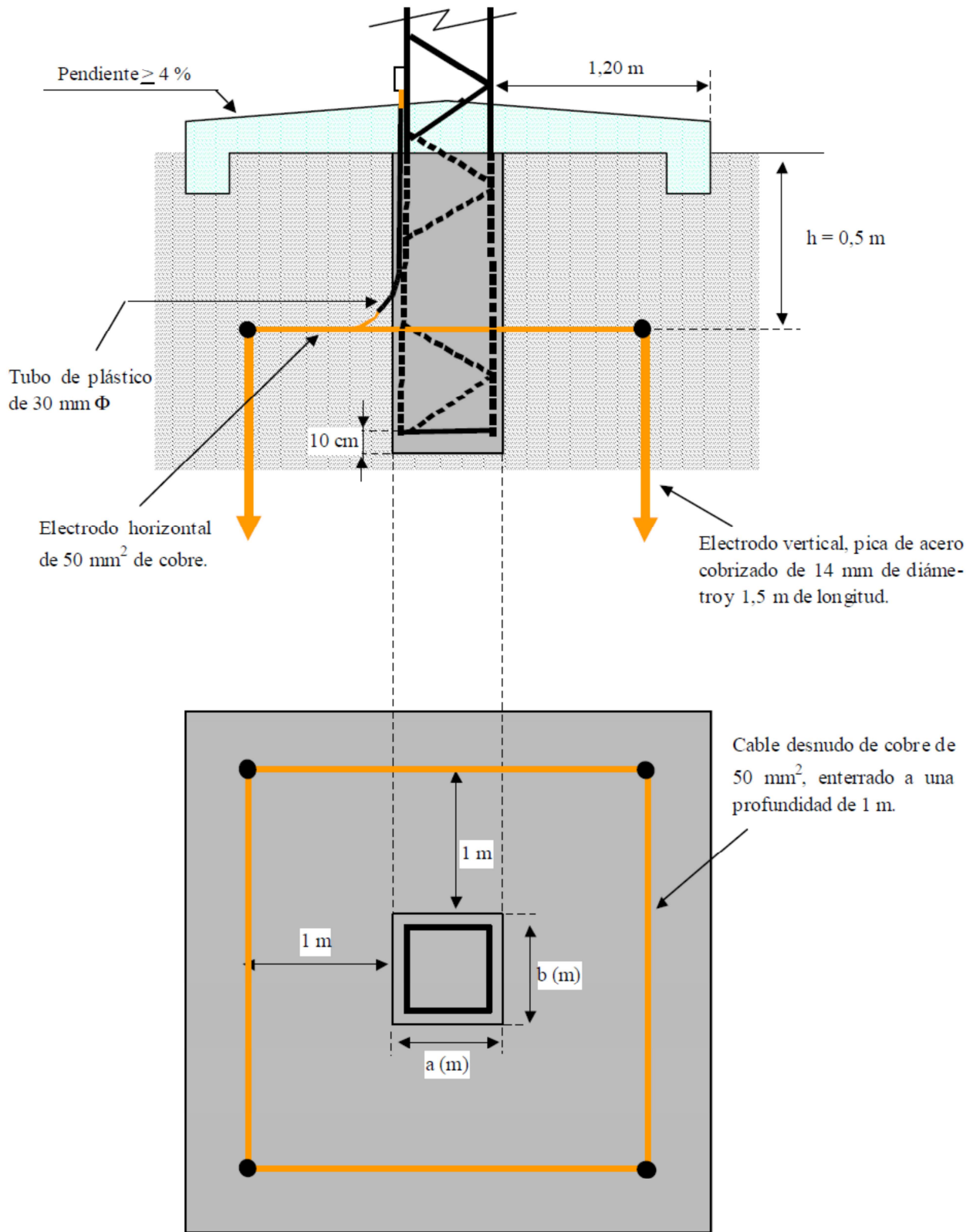


Ilustración 22: Detalle TT



El sistema de puesta a tierra elegido será válido siempre y cuando los tiempos de actuación de las protecciones instaladas en la red de distribución, para el caso de faltas a tierra, sean inferiores a los valores obtenidos. Para la determinación de la duración de la corriente de falta (tiempo de actuación de las protecciones en caso de falta a tierra) se realiza utilizando la ilustración 16, donde se puede obtener dicho tiempo en función del valor determinado para la tensión de contacto aplicada,  $U'_{ca}$ , obtenida de la ecuación.

Si esto no es así, o si los tiempos obtenidos son inferiores a 0,1 s (valor límite especificado en el apartado 1.1 de la MIE-RAT 13 del RCE), y a fin de reducir los riesgos a las personas y los bienes se recurre al empleo de medidas adicionales, tal como establece la ITC-LAT 07 del RLAT. Estas medidas, pueden ser:

- Macizo de hormigón con mallazo unido al electrodo de puesta a tierra, de 1,2 m de ancho perimetral con la cimentación del apoyo.
- Sistemas antiescalo de fabrica de ladrillo o aislantes que impidan el contacto con las partes metálicas puestas a tierra.
- Acera de hormigón, de 1,20 m, perimetral con la cimentación del apoyo.

Se realizará la puesta a tierra emplazándose una acera perimetral de hormigón a 1,2 m de la cimentación del apoyo. Embebido en el interior de dicho hormigón se instalara un mallado electrosoldado con redondos de diámetro no inferior a 4 mm formando una retícula no superior a 0,3 x 0,3 m, a una profundidad de al menos 0,1 m. Este mallado se conectara a un punto a la puesta a tierra de protección del apoyo, según ilustración adjunta.

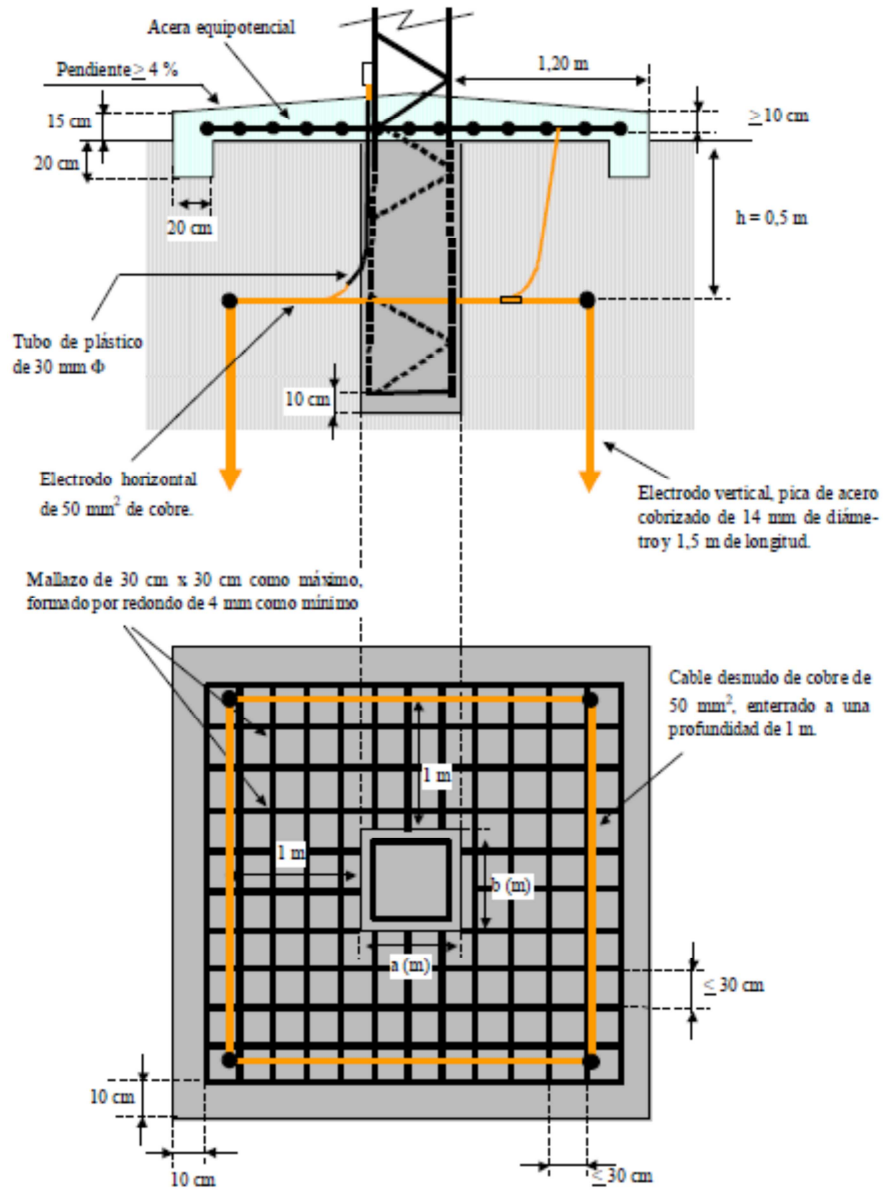
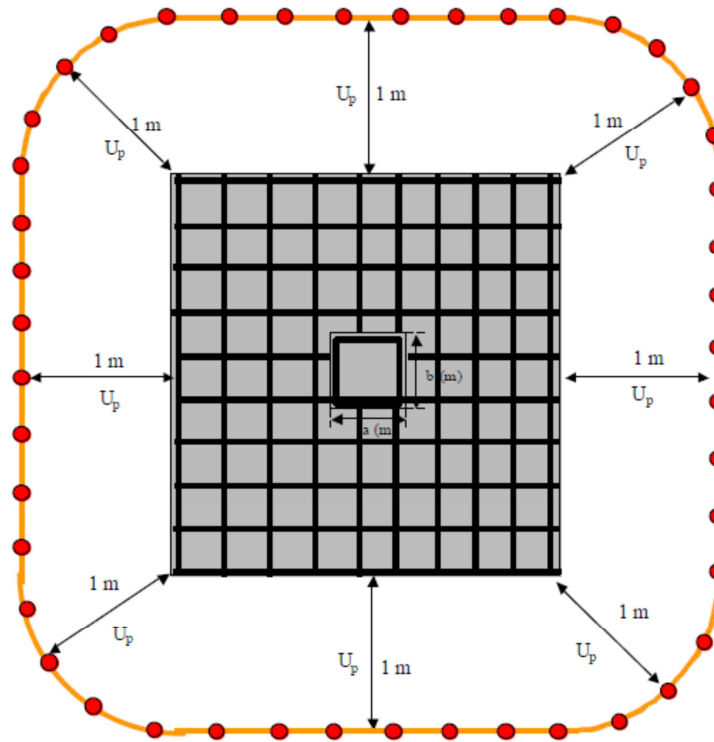


Ilustración 23: Detalle acero hormigón con mallazo equipotencial

Una vez realizado el sistema de puesta a tierra, se realizarán las comprobaciones y verificaciones in situ. Al aplicar esta medida no se espera obtener tensiones de contacto, pero será necesario cumplir con los valores máximos admisibles de las tensiones de paso aplicadas.

Aplicando el método de Howe, se determina la tensión de paso máxima que aparece en la instalación. En este caso se determinaran dos valores de la tensión de paso:

- a) Tensión de paso máxima en las proximidades del electrodo, con los dos pies en el terreno. En la figura 21 se indican los puntos donde se deben de obtener los valores de la tensión de paso.



**Ilustración 24:** Puntos obtención del valor máximo de paso

- b) Tensión de paso con un pie en la acera y otro en el terreno.

El valor de la tensión de paso con un pie en la acera y otro en el terreno coincide con la tensión de paso de acceso, de forma que un pie estaría a la tensión de puesta a tierra del apoyo y el otro pie sobre el terreno a 1 m de distancia de la acera. Los valores



máximos de la tensión de paso, en voltios, con un pie en la acera y otro en el terreno.

Para la medición de la tensión de contacto aplicada deberá usarse un método por inyección de corriente.

Se emplearán fuentes de alimentación de potencia adecuada para simular el defecto, de forma que la corriente inyectada sea suficientemente alta, a fin de evitar que las medidas queden falseadas como consecuencia de corrientes vagabundas o parásitas circulantes por el terreno.

Consecuentemente, y a menos que se emplee un método de ensayo que elimine el efecto de dichas corrientes parásitas, por ejemplo, método de inversión de la polaridad, se procurará que la intensidad inyectada sea del orden del 1 por 100 de la corriente para la cual ha sido dimensionada la instalación y en cualquier caso no inferior a 50 A.

Los cálculos se harán suponiendo que para determinar las tensiones de contacto posibles máximas existe proporcionalidad entre la intensidad inyectada y la intensidad de puesta a tierra  $I_E$ .

Los electrodos de medición para la simulación de los pies con una resistencia a tierra del punto de contacto con el terreno de valor  $R_{a2} = 1,5\rho_s$  donde  $\rho_s$  es la resistividad superficial del suelo, deberán tener cada uno un área de  $200 \text{ cm}^2$  y estarán presionando sobre la tierra con una fuerza mínima de 250 N. Para la medición de la tensión de contacto en cualquier parte de la instalación, dichos electrodos deberá estar situados juntos y a una distancia de un metro de la parte expuesta de la instalación. Para suelo seco u hormigón conviene colocar entre el suelo y los electrodos un paño húmedo o una película de agua.

Para la simulación de la mano se empleará un electrodo capaz de perforar el recubrimiento de las partes metálicas para que no actúe como aislante.

Las mediciones se realizarán con un voltímetro de resistencia interna  $1000 \Omega$ , que representa la impedancia del cuerpo humano,  $Z_B$ . Un terminal del voltímetro será conectado al electrodo que simula la mano y el otro terminal a los electrodos que simulan los pies. De esta forma, el voltímetro indicará



directamente el valor de la medición de la tensión de contacto aplicada.  $U'_{ca} = U'_{\text{voltímetro}}$ , siempre que la intensidad inyectada sea igual a la intensidad de puesta a tierra.

En el caso de considerarse la resistencia adicional,  $R_{a1}$ , como, por ejemplo, el calzado, se podrá emplear un voltímetro de resistencia interna suma de la resistencia adicional ( $R_{a1}$ ) considerada y la resistencia del cuerpo humano ( $Z_B = 1000 \Omega$ ). En este caso, el valor de la medición de la tensión de contacto aplicada,  $U'_{ca}$ , vendrá determinado por:

$$U'_{ca} = U_{\text{voltímetro}} \times [Z_B / (R_{a1} + Z_B)]$$

#### DIMENSIONAMIENTO PARA LA PROTECCION CONTRA LOS EFECTOS DEL RAYO

Desde el punto de vista del criterio de coordinación de aislamiento, debería tenerse en cuenta que, en el caso de descargas atmosféricas, la magnitud a considerar es la impedancia de onda del electrodo de tierra, que también depende de su forma, dimensiones y resistividad del suelo. El valor de esta impedancia es prácticamente igual al valor de la resistencia, si la longitud del electrodo no supera una longitud crítica  $L_c$ . El valor de la longitud crítica depende del valor de la resistividad y de la frecuencia de la onda representativa de la descarga (1 MHz), y viene expresada por la fórmula:

$$L_c(m) = \sqrt{(\rho(\Omega m)/f(\text{MHz}))}$$

Para electrodos de longitud mayor que la crítica, la impedancia de onda será mayor que la resistencia de tierra. Por lo tanto, es preferible disponer un sistema de tierra compuesto por múltiples electrodos que por uno solo de gran longitud.

#### Descripción del sistema adoptado

El primer apoyo por encontrarse junto a un camino y el segundo y el de fin de línea por soportar aparatos de maniobra, deberán cumplir los mismos requisitos que los apoyos frecuentados (apto 7.1). La zona en la que se encuentran nos hace suponer que las personas siempre irán calzadas en la proximidad de los mismo, así los consideraremos apoyos frecuentados con



calzado. Los apoyos intermedios, por su ubicación se considerarán no frecuentados.

El electrodo a emplear en apoyos no frecuentados según especifica el apartado 7.3.4.3 de la ITC LAT 07 debe ser tal que proporcione un valor de resistencia a tierra lo suficientemente bajo para garantizar la actuación de las protecciones en caso de defecto a tierra, Dicho valor para 20 kV será 230  $\Omega$ .

Esta tierra se podrá conseguir mediante una pica de acero e 14 mm $\varnothing$  y 1,5 m de longitud, enterrado a una profundidad mínima de 0,5 m. Si no es posible alcanzar un valor aceptable con esta disposición, se añadirán picas siguiendo la periferia del apoyo, hasta completar un anillo de cuatro picas, añadiendo, si es necesario, picas en hilera de igual longitud separadas a 3 m. el conductor de unión entre picas será de cobre de 50 mm<sup>2</sup> de sección. Así en los apoyos no frecuentados de la instalación será suficiente con una pica, según se justifica en los cálculos. La instalación se detalla en el plano correspondiente.

La configuración tipo del electrodo a emplear en el caso de líneas aéreas con apoyos frecuentados con calzado, será la de un bucle perimetral con la cimentación, cuadrado, a una distancia horizontal de 1m. como mínimo, formado por conductor de cobre de 50 mm<sup>2</sup> de sección, enterrado como mínimo a 0,5 m de profundidad, al que se conectaran en cada uno de sus vértices cuatro picas de acero cobrizado de 1,5 m de longitud y 14 mm de diámetro, ver plano correspondiente. En todo caso la resistencia de puesta a tierra presentada por el electrodo, en ningún caso debe ser superior a 50  $\Omega$ . Si no es posible alcanzar este valor, mediante la configuración tipo, y hasta conseguir los 50  $\Omega$ , se añadirá, a dicha configuración, picas en hilera, de igual longitud, separadas 3 m entre si.

Las configuraciones empleadas en los apoyos objeto de proyecto serán las siguientes:





Tabla 18: Configuraciones TT en los apoyos

Apoyo	Descripción	Tipo	Configuración TT
1	Apoyo con XS(frecuentado con calzado)	12C2000	CPT-LA-30/1
2	Apoyo Intermedio ( no frecuentado)	12C2000	1 picas
3	Apoyo Intermedio ( no frecuentado)	12C3000	1 picas
4	Apoyo Fin de Línea XS+ Entronque AS (frecuentado con calzado)	12C2000	CPT-LA-30/1

Los estudios realizados con los electrodos anteriormente indicados, utilizando las intensidades de defecto a tierra y los tiempos de actuación de las protecciones propios de las redes de Iberdrola y para resistividades del terreno entre 200 y 1000  $\Omega$ .m, demuestran que es imposible cumplir con el valor reglamentario de la tensión de contacto si no se recurre a medidas adicionales de seguridad. Es por ello que se colocará una acera perimetral de hormigón a 1,2 m de la cimentación del apoyo. Embebido en el interior de dicho hormigón se instalara un mallado electrosoldado con redondos de diámetro no inferior a 4 mm formando una retícula no superior a 0,3 x 0,3 m, a una profundidad de al menos 0,1 m. Este mallado se conectara en un punto a la paT de protección del apoyo.

Desde el punto de vista de seguridad de las personas los apoyos frecuentados podrán considerarse exentos de cumplimiento de las tensiones de contacto con la medida de seguridad adicional indicada anteriormente.

No obstante, habrá que garantizar que se cumplen las tensiones de paso aplicadas, para lo que consideraremos que son apoyos frecuentados con calzado. Según se justifica en el apartado de cálculos.





Todos los apoyos de material conductor o de hormigón armado deberán conectarse a tierra mediante una conexión específica. La conexión a tierra de los pararrayos autovalvulares del apoyo de fin de línea no se realizará a través de la estructura del apoyo metálico, sino que se instalará una bajante independiente entubada a una altura de 3 m. Sin embargo los chasis de los XS podrán ponerse a tierra a través de la estructura del apoyo.

## 9 PROTECCION DE AVIFAUNA

La protección de la avifauna en relación con las líneas eléctricas aéreas de alta tensión, se rige normalmente por el Real Decreto 1432/2008 de 29 de Agosto, por el que se establecen medidas para la protección de la avifauna contra la colisión y la electrocución en líneas eléctricas de alta tensión.

En la Región de Murcia es de obligado cumplimiento el Decreto n.º 89/2012, de 28 de junio, por el que se establecen normas adicionales aplicables a las instalaciones eléctricas aéreas de alta tensión con objeto de proteger la avifauna y atenuar los impactos ambientales.(BORM 151 del 2 de Julio de 2012) por tratarse de una instalación eléctrica aérea de tensión nominal superior a 1kV de nueva construcción (Apartado a) del Artículo 3.2).

Puesto que todos los apoyos son de amarre y/o especiales (de anclaje ángulo, fin de línea, protección y maniobra, derivación, etc.) se cumplirán las siguientes especificaciones indicadas en el D 89/2012 de forma que:

- No se emplearán aisladores rígidos.
- No se realizarán puentes por encima de las crucetas no auxiliares de los apoyos
  - La distancia entre conductores no aislados será superior a 1,45 mts. Las crucetas instaladas son la RC2-20S y la BC2-20 cuya distancia entre conductores es de 2,00 mts.
  - La distancia entre la zona de posada en la cruceta y los elementos en tensión serán de 0,60 mts medido sobre el eje vertical con respecto al puente y de 1,00 mts medido sobre el eje horizontal con respecto al elemento en

tensión. Las crucetas instaladas son la RC2-20S y la BC2-20 cuya distancia entre conductores es de 2,00 mts

En zonas de relieve accidentado, se procurará evitar las cumbres o lomas, adaptándose en lo posible al relieve y evitando la afección a lugares prominentes o singulares.

Se adjunta un plano con las vistas laterales y el alzado de los apoyo con su cruceta correspondiente (planos 4.1, 4.2 y 5)

En la protección de la avifauna, se distinguen dos tipos de protecciones:

**a Antielectrocución.-**

Son de aplicación normalmente en el caso de líneas de media tensión, sobre las cuales se suelen posar las aves. Aparte de determinadas disposiciones obligatorias en la instalación, se exigen unas distancias mínimas entre los sitios en los que aquellas pueden posarse, y las partes en tensión, o bien entre fases distintas.

Se aislará mediante cinta de silicona los puentes, las grapas y los conductores que queden dentro de un radio de metro desde el punto de anclaje (en cadenas de amarre), o desde el borde de la cruceta.



**Ilustración 25: Ejemplos de aislamiento**

Descripción de las instalaciones

Existen dos apoyos en los que se colocarán elementos de seccionamiento y protección que son el apoyo 1 en el que se realiza el entronque aéreo y el apoyo 4 en el que se realiza el entronque Aéreo – Subterráneo. En ambos se cumplirán las siguientes especificaciones indicadas en el D 89/2012 de forma que:



## LÍNEA AÉREA DE ALTA TENSION PARA DOTAR SUMINISTRO ELECTRICO A UN BOMBEO



No se instalarán las autoválvulas en posición dominante por encima de las cabeceras de los apoyos, así como seccionadores e interruptores con corte al aire, en posición horizontal, por encima de los travesaños o de las cabeceras de los apoyos

En los apoyos que presenten elementos de mando y protección (seccionadores, fusibles, fusibles-seccionadores, autoválvulas etc.), la instalación de estos se diseñará de forma tal que los elementos en tensión no sobrepasen la cruceta principal (no auxiliar) del apoyo. En cualquier caso, los puentes de unión y de interconexión de dispositivos, deberán quedar aislados mediante la utilización de conductor aislado o mediante asilamiento eficaz de los mismos.

Se adjunta plano de detalle de ambos apoyos.

### Materiales empleados

Las cadenas de aisladores a instalar serán de composite del tipo U 70YB20 . su longitud con rótula y grapa de amarre es de 575mm Se asegurarán 425 mm, 215mm en cada lado de la cadena para conseguir 1000 mm, según lo establecido en el D 89/2012

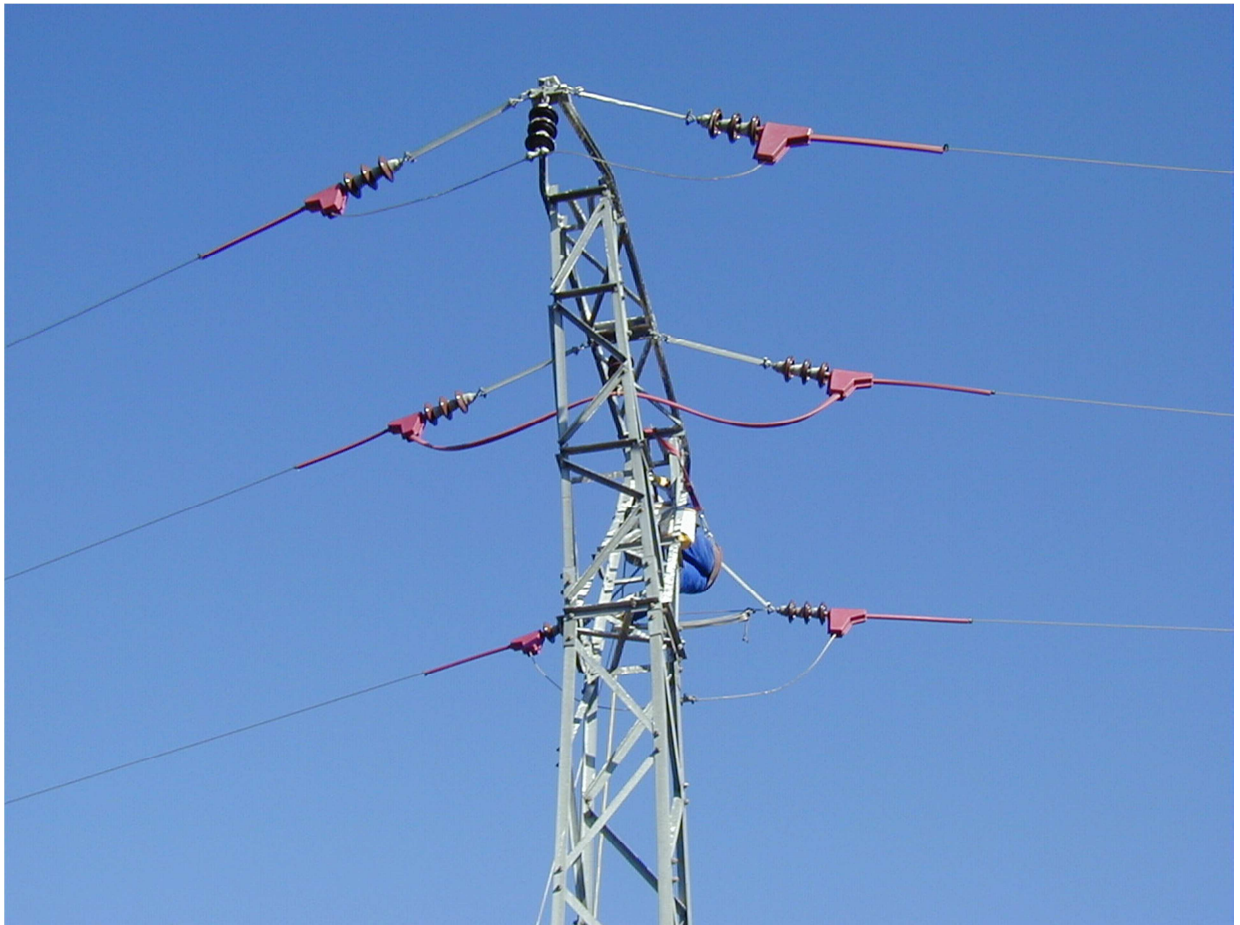
Para los puentes de unión y la interconexión de dispositivos de mando y protecciones utilizará conductor aislado.

De tal manera que la instalación quedará de la siguiente manera:





**Ilustración 26: Detalle de protección antielectrocución en cadenas de amarre**

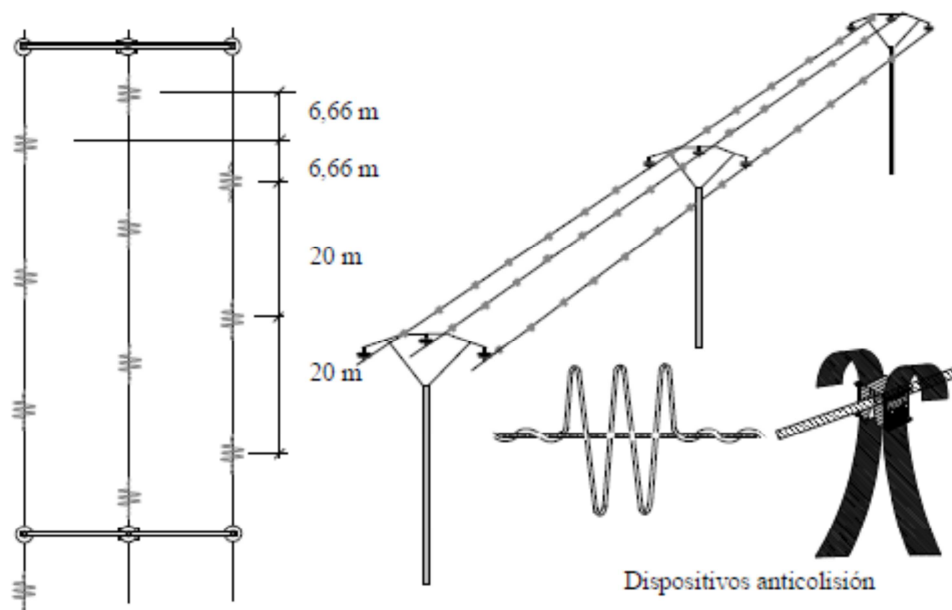


**Ilustración 27: Detalle de protección antielectrocución en cadenas de amarre**

### b Anticolisión.-

Las medidas de anticolisión se realizarán con la colocación de señalizadores visuales (salvapájaros), que se colocan en los cables de tierra, si existen, o en caso contrario en los cables de fase.

Se instalarán salvapájaros, dispositivo externo que se fija a los cables para su visualización a distancia por las aves



**Ilustración 28: Medidas para prevención contra la colisión**

#### Descripción de las instalaciones

No se requerirán de medidas de anticolisión de Aves, ya que la instalación objeto de proyecto no discurre por las zonas especificadas en el punto 4 del Anexo I del D 89/2012.