



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERIA (ICAI)

GRADO EN INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA

**LÍNEA DE ALTA TENSIÓN A 66 KV DOBLE  
CIRCUITO SIMPLEX EN ZONA B CON  
TRAMO SUBTERÁNEO PARA ALIMENTAR  
UNA PLANTA INDUSTRIAL EN LA  
PROVINCIA DE CUENCA**

Autor: Fernando Dolz Vicente

Director: Pablo Mercado Bautista

Madrid  
Julio 2014



**UNIVERSIDAD PONTIFICIA COMILLAS**  
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI)  
INGENIERO INDUSTRIAL

*ÍNDICE DE LA MEMORIA*

---



**UNIVERSIDAD PONTIFICIA COMILLAS**  
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI)  
INGENIERO INDUSTRIAL

*ÍNDICE DE LA MEMORIA*

---

Autorizada la entrega del proyecto del alumno

**Fernando Dolz Vicente**

Autoriza la entrega del proyecto cuya información no es de carácter confidencial

EL DIRECTOR DEL PROYECTO

**Pablo Mercado Bautista**

**Fdo.:**

**Fecha:** / /

Visto bueno del Coordinador de Proyectos

**Fernando de Cuadra**

**Fdo.:**

**Fecha:** / /



## AGRADECIMIENTOS

Me gustaría aprovechar la ocasión para agradecer a todas las personas que me han apoyado durante todo este tiempo.

En primer lugar a mi familia, por su esfuerzo y apoyo en todo momento. Gracias de corazón.

A mis amigos y compañeros de la universidad y de fuera de ella, por hacer más llevadero el esfuerzo y el sufrimiento en horas bajas, y animarme cuando esto parecía no tener fin.

A Pablo Mercado, mi director de proyecto, por ayudarme y guiarme cuando estaba completamente perdido, y por su paciencia infinita cuando tenía que explicarme las cosas.

Gracias.

En definitiva a todas las personas que han hecho posible que haya llegado hasta aquí.



***LINEA DE ALTA TENSIÓN A 66 KV CON DOBLE CIRCUITO Y  
UN SUBCONDUCTOR CON UN TRAMO SUBTERRANEO EN  
EL MUNICIPIO DE PRIEGO, CUENCA, PARA ABASTECER  
UNA PLANTA INDUSTRIAL***

Autor: Dolz Vicente, Fernando

Director: Mercado Bautista, Pablo

**RESUMEN DEL PROYECTO**

La red de transporte y distribución de energía eléctrica será la encargada de unir puntos de generación y consumo. Las líneas eléctricas jugarán un papel fundamental en este proceso ya que serán las encargadas de ello.

Debido a la creciente demanda de energía eléctrica en la zona norte de la provincia de Cuenca, surge la necesidad de abastecer y garantizar la calidad del servicio de esta. Es por ello por lo que se diseñará una línea de 66 kV en la localidad de Priego, provincia de Cuenca, para abastecer de energía una planta industrial.

La presente línea se dividirá en dos partes principales, una aérea de 9.32 kilómetros y otra subterránea de 1.2 kilómetros. Ambas pasarán a ser introducidas a continuación.

Tramo aéreo:

La línea aérea se localizará toda ella en zona B (entre 500 y 1000 metros) transitando únicamente terreno rural .

El trazado se ha realizado respetando las restricciones medioambientales de la zona y de acuerdo con un estudio topográfico del terreno.

Constará con SEIS alineaciones de apoyos metálicos en doble circuito que se han elegido de manera que soporten los esfuerzos reglamentarios. Se ha tratado de que la longitud de los vanos se acerque lo máximo posible a la más económica. (alrededor de 300 metros para este nivel de tensión). La altura de los apoyos se ha elegido de tal manera que respete las distancias de seguridad prescritas por el RLEAT. Los apoyos estarán anclados al terreno a través de cimentaciones preparadas para cada uno de ellos. Por otra parte los apoyos estarán unidos al terreno a través de las puestas a tierra, que los dotaran de la seguridad reglamentaria, diseñadas según lo frecuente que sea la estancia cerca de cada apoyo.



El conductor elegido ha sido un LA-280 (HAWK) siendo este un conductor típico en líneas de esta categoría. Se ha usado un solo subconductor ya que así lo exigía el proyecto. El cable de guarda, encargado de proteger y de las comunicaciones entre extremos de la línea ha sido un OPGW. Ambos cables han sido unidos a los apoyos a través de herrajes y además en el caso de los conductores se usarán aisladores U-70BS y U-100BS especialmente diseñados para soportar los requisitos electromecánicos demandados.

#### Tramo subterráneo:

El tramo subterráneo comenzará en el último apoyo del tramo aéreo para pasar a ir enterrado. El conductor elegido ha sido un XLPE-Cu-2500/220 que permite evacuar la potencia que transporta la línea aérea sin suponer un cuello de botella para esta.

Dadas las dimensiones del tramo subterráneo se ha optado por realizar dos trasposiciones de la posición de los conductores dotando así a la línea de las mismas características eléctricas. También se ha realizado una conexión cross-bonding de las pantallas puesto que es la más adecuada para esta longitud al no inducirse así tensiones en esta.

### **ABSTRACT**

Electric distribution net is in charge of the connection between generation and consumption. Power lines will play a key role in this process and they will be in charge of it.

Due to the necessity of electric energy in the north zone of Cuenca, arise the need of supplying and ensuring the quality of the service. That is the reason why a 66 kV electric line will be designed in the province of Segovia. It will be located in the village of Priego, Cuenca which is adapted to this voltage level. The most important aim of the line is carrying energy to a power plant.

This line is divided into two main sections, an air section whose length is 9,32 kilometers and an underground section whose length is 1.2 kilometers. Both will be presented below.

#### Air Section:

The air section will be located in B Zone (between 500 and 1000 meters) and runs over rural land.



Layout has been designed respecting the environmental constraints in the area, and according to a topographic study.

It will consist in six rows of metal towers which that have been chosen to endure regulatory efforts. With the goal of designing the line as cheap as possible, the length of the spans rounds 300 meters. The height of the towers has been chosen respecting safety distances prescribed by RLEAT. The towers will be fixed to the ground through foundations prepared for each. Moreover towers will be connected to the ground through the grounding according with the position of them.

The conductor chosen has been LA- 280 (HAWK). It has been used simple subconductor because the project demanded it. The earth cable, in charge of the protection and communications between the ends of the line has been a OPGW. Both cables are fixed to the towers through fittings and also in the case of the conductors will be used U- 160BS insulators, specially designed to withstand the electromechanical requirements.

Underground section:

The underground section will start in the last tower of the air section, and it will go directly buried in the ground. The conductor (XLPE-Cu-2500/220) has been chosen to allow evacuate power without being a bottleneck.

In as much as the size of the underground section, two transpositions of the location of the conductors have been made, giving the line the same electrical characteristics in each one. It has also been made a cross -bonding connection of the screens to avoid induced tensions in it.



## Índice

<b>Parte I Memoria .....</b>	<b>16</b>
<b>Capítulo 1 Introducción .....</b>	<b>18</b>
1.1 Estudio de las tecnologías existentes.....	19
1.2 Motivación del proyecto .....	20
1.3 Objetivos .....	20
1.4 Metodología .....	21
1.5 Recursos / herramientas empleadas .....	22
<b>Capítulo 2 Descripción General.....</b>	<b>23</b>
2.1 Descripción del Trazado de la Línea .....	23
2.2 Coordenadas de los apoyos de la línea .....	23
2.3 Descripción de la Instalación.....	25
2.4 Tramo aéreo.....	25
2.4.1.1 Características generales .....	25
2.4.1.2 Características de los materiales.....	26
2.4.1.2.1 Conductores.....	26
2.4.1.3 Cable de tierra .....	27
2.4.1.4 Aislamiento .....	28
2.4.1.5 Herrajes .....	29
2.4.1.6 Apoyos .....	29
2.4.1.7 Cimentaciones .....	29
2.4.1.8 Puesta a tierra .....	30
2.4.1.9 Numeración y señalización.....	30
2.4.1.10 Amortiguadores.....	31
2.5 Tramo Subterráneo.....	31
2.5.1.1 Características generales .....	31
2.5.1.2 Descripción de la instalación.....	32
2.5.1.3 Características de los materiales.....	33



---

2.5.1.3.1 Conductores.....	33
2.5.1.3.2 Empalmes y terminales .....	34
2.5.1.3.3 Puesta a tierra .....	35
2.5.1.3.4 Conexión de las pantallas de los cables.....	35
2.5.1.3.5 Disposición de la puesta a tierra .....	36
2.5.1.3.6 Apoyo paso aéreo-subterráneo .....	37
Botella terminal.....	37
Autoválvulas .....	38
<b>Capítulo 3 Cálculos.....</b>	<b>39</b>
<b>3.1 Cálculos eléctricos.....</b>	<b>39</b>
<b>3.2 Cálculos eléctricos tramo aéreo .....</b>	<b>39</b>
3.2.1.1 Características generales de la instalación.....	39
3.2.1.2 Características del conductor.....	39
3.2.1.3 Densidad máxima de corriente .....	40
3.2.1.4 Intensidad máxima admisible .....	41
3.2.1.5 Resistencia.....	42
3.2.1.6 Reactancia .....	44
3.2.1.7 Capacidad.....	47
3.2.1.8 Conductancia.....	48
3.2.1.9 Susceptancia .....	50
3.2.1.10 Modelo equivalente de la línea.....	51
3.2.1.11 Pérdidas por Efecto Corona.....	53
3.2.1.12 Potencia máxima de transporte.....	56
3.2.1.13 Caída de tensión .....	58
3.2.1.14 Pérdidas de potencia.....	59
<b>3.3 Cálculos eléctricos tramo Subterráneo .....</b>	<b>62</b>
3.3.1.1 Características generales de la instalación.....	62
3.3.1.2 Datos del cable .....	63
3.3.1.3 Resistencia.....	64
3.3.1.4 Reactancia .....	67
3.3.1.5 Capacidad.....	69
3.3.1.6 Caída de tensión .....	69
3.3.1.7 Potencia máxima de transporte.....	71
3.3.1.8 Pérdidas de potencia (W/m) .....	72
<b>3.4 Cálculos Eléctricos totales.....</b>	<b>75</b>

---



---

Partiendo de las longitudes expuestas anteriormente se pueden determinar los siguientes parámetros: .....	75
3.4.1.1 Potencia máxima transportable.....	75
3.4.1.2 Caída de tensión .....	76
3.4.1.3 Pérdidas de potencia.....	77
<b>3.5 Cálculos Mecánicos .....</b>	<b>78</b>
3.5.1 Cálculo mecánico de conductores y cable de tierra.....	78
3.5.1.1 Características de la línea .....	78
3.5.1.2 Características del conductor y del cable de tierra .....	79
3.5.1.3 Acciones a considerar.....	80
3.5.1.3.1 Límites estáticos .....	80
3.5.1.3.2 Límites dinámicos .....	83
3.5.1.3.3 Flecha máxima de conductores y cable de tierra.....	83
3.5.1.3.4 Flecha mínima de conductores y cable de tierra.....	84
3.5.1.3.5 Desviación de cadenas.....	84
3.5.1.3.6 Tracciones .....	88
<b>3.6 Cálculo de apoyos.....</b>	<b>118</b>
3.6.1.1 Esfuerzos verticales.....	118
3.6.1.2 Esfuerzos transversales.....	119
Donde.....	120
3.6.1.3 Esfuerzos longitudinales.....	120
Selección de apoyos.....	129
<b>3.7 Cálculo mecánico de cimentaciones.....</b>	<b>131</b>
3.7.1.1 Comprobación al arranque .....	132
3.7.1.2 Comprobación a la compresión.....	134
3.7.1.3 Comprobación de la adherencia entre cimentación y anclaje.....	135
3.7.1.4 Cimentaciones usadas.....	135
<b>3.8 Puesta a Tierra .....</b>	<b>137</b>
3.8.1.1 Elementos de la puesta a tierra .....	138
3.8.1.1.1 Electrodo de puesta a tierra .....	138
3.8.1.1.2 Línea de tierra.....	138
3.8.1.2 Dimensionamiento de la puesta a tierra.....	138
3.8.1.2.1 Dimensionamiento a partir de la seguridad de personas.....	138
3.8.1.2.2 Dimensionamiento respecto a la resistencia térmica .....	139
3.8.1.2.3 Dimensionamiento respecto a proteger frente a rayos.....	139



---

3.8.1.3 Resultados .....	139
<b>3.9 Cálculo de Aislamiento .....</b>	<b>139</b>
3.9.1.1 Cálculo eléctrico.....	139
3.9.1.2 Cálculo mecánico .....	140
3.9.1.2.1 Cadenas de amarre.....	140
3.9.1.2.2 Cadenas de suspensión .....	141
3.9.1.3 Elección del número y tipo de aisladores .....	141
3.9.1.3.1 Cadenas de amarre.....	142
3.9.1.3.2 Cadenas de suspensión .....	142
3.9.1.4 Elección del número de aisladores .....	142
3.9.1.4.1 Cadenas de amarre.....	142
3.9.1.4.2 Cadenas de suspensión .....	143
<b>3.10 Distancias .....</b>	<b>143</b>
3.10.1.1 Distancia entre los conductores .....	144
3.10.1.2 Distancia entre los conductores y partes a tierra .....	145
3.10.1.3 Distancia entre las cabezas de los apoyos usados.....	145
3.10.1.4 Distancia de los conductores al terreno .....	146
3.10.1.5 Distancia de los conductores a otras líneas. Cruzamientos .....	147
3.10.1.6 Distancia de los conductores a carreteras .....	148
3.10.1.7 Distancia de los conductores a ríos y canales, navegables o flotables.....	149
<b>3.11 Herrajes.....</b>	<b>149</b>
3.11.1.1 Herrajes de amarre para conductores.....	150
3.11.1.2 Herrajes de suspensión para conductores .....	150
3.11.1.3 Herrajes de amarre para cable de tierra .....	150
3.11.1.4 Herrajes de suspensión para cable de tierra.....	150
<b>Parte II Planos .....</b>	<b>151</b>
<b>Capítulo 1 Listado de Planos.....</b>	<b>152</b>
<b>Parte III Pliego de Condiciones.....</b>	<b>175</b>
<b>Capítulo 1 Línea Aérea.....</b>	<b>176</b>
1.1 Objeto y campo de aplicación .....	176
1.2 Ejecución del trabajo .....	176
1.3 Documentación y medios para el desarrollo .....	176

---



---

<b>1.4</b>	<b>Transporte y acopio de materiales.....</b>	<b>177</b>
<b>1.5</b>	<b>Cimentaciones.....</b>	<b>180</b>
1.5.1.1	Cemento .....	181
1.5.1.2	Agua .....	181
1.5.1.3	Áridos.....	181
1.5.1.4	Fabricación.....	182
<b>1.6</b>	<b>Armado de apoyos.....</b>	<b>184</b>
<b>1.7</b>	<b>Protección de las superficies metálicas.....</b>	<b>184</b>
<b>1.8</b>	<b>izado de apoyos.....</b>	<b>185</b>
<b>1.9</b>	<b>Tendido, empalme, tensado y retencionado.....</b>	<b>185</b>
1.9.1.1	Herramientas .....	185
1.9.1.2	Método de montaje.....	188
<b>1.10</b>	<b>Reposición del terreno .....</b>	<b>196</b>
<b>1.11</b>	<b>Numeración de apoyos, avisos de peligro eléctrico .....</b>	<b>196</b>
<b>1.12</b>	<b>Prescripciones medioambientales .....</b>	<b>197</b>
<b>1.13</b>	<b>Puesta a tierra.....</b>	<b>197</b>
<b>1.14</b>	<b>Materiales.....</b>	<b>198</b>
<b>1.15</b>	<b>Apoyos .....</b>	<b>199</b>
<b>1.16</b>	<b>Conductores y cables.....</b>	<b>199</b>
<b>1.17</b>	<b>Aisladores.....</b>	<b>199</b>
<b>1.18</b>	<b>Herrajes.....</b>	<b>199</b>
<b>1.19</b>	<b>Aseguramiento de calidad de materiales de alta tensión .....</b>	<b>200</b>
	Verificación de suministro por proveedores homologados .....	200
	Ensayos de recepción en fábrica .....	200
	Ensayos de recepción en campo.....	201
<b>1.20</b>	<b>Recepción en obra .....</b>	<b>201</b>
	Calidad de las cimentaciones .....	202
	Tolerancias de ejecución.....	202
1.20.1.1	Desplazamientos de apoyos sobre su alineación .....	202

---



---

1.20.1.2 Desplazamientos de un apoyo sobre el perfil longitudinal de la línea, en relación a su situación prevista .....	202
1.20.1.3 Verticalidad en los apoyos.....	202
1.20.1.4 Dimensión de flechas .....	202
1.20.1.5 Estado y colocación de los aisladores y herrajes.....	203
1.20.1.6 Grapas .....	203
1.20.1.7 Distancias a masa y longitudes de puente .....	203
Tolerancias de utilización .....	203
Documentación de la instalación .....	204
<b>Capítulo 2 Línea Subterránea.....</b>	<b>205</b>
<b>2.1 Objeto y campo de aplicación .....</b>	<b>205</b>
<b>2.2 Alcance .....</b>	<b>205</b>
<b>2.3 Ejecución del trabajo.....</b>	<b>206</b>
Características generales .....	206
Replanteo .....	207
Trazado .....	207
Apertura de zanjas.....	208
Canalización.....	209
2.3.1.1 Canalización de cables bajo tubo hormigonado .....	209
2.3.1.2 Paralelismos y cruzamientos .....	211
Transporte y almacenamiento de bobinas de cable.....	212
Tendido de cables.....	213
Tendido de cables de puesta a tierra.....	215
Paso aéreo-subterráneo .....	215
Hormigonado .....	216
Protección mecánica .....	216
Señalización .....	217
Identificación .....	217
Cierre de zanjas.....	218
Reposición de pavimentos .....	219
Ejecución de la puesta a tierra.....	219
<b>2.4 Materiales .....</b>	<b>219</b>
<b>2.5 Recepción de obra.....</b>	<b>220</b>
<b>2.6 Condiciones ambientales .....</b>	<b>221</b>

---



---

Condiciones generales de trabajo.....	221
Atmósfera.....	221
Residuos.....	222
Conservación ambiental.....	222
Finalización de obra y restauración ambiental.....	222
<b>2.7 Condiciones de seguridad.....</b>	<b>223</b>
<b>Parte IV Presupuesto.....</b>	<b>224</b>
<b>Capítulo 1 Mediciones.....</b>	<b>226</b>
1.1 Equipamiento eléctrico tramo aéreo.....	226
1.2 Apoyos.....	226
1.3 Conductores y Cables de tierra.....	227
1.4 CADENAS DE HERRAJES Y DE AISLADORES.....	228
1.5 PUESTAS A TIERRA.....	229
1.6 ACCESORIOS.....	230
1.7 EQUIPAMIENTO ELÉCTRICO TRAMO SUBTERRÁNEO.....	230
1.8 CONDUCTORES.....	230
1.9 TERMINALES, AUTOVÁLVULAS, EMPALMES Y ACCESORIOS....	230
1.10 PUESTA A TIERRA.....	231
1.11 EJECUCIÓN DEL MATERIAL DE OBRA.....	231
1.12 EJECUCIÓN DEL MATERIAL DE OBRA DEL TRAMO AÉREO.....	232
1.13 EJECUCIÓN DEL MATERIAL DE OBRA DEL TRAMO SUBTERRÁNEO.....	233
<b>Capítulo 2 Presupuesto.....</b>	<b>234</b>
2.1 EQUIPAMIENTO ELÉCTRICO TRAMO AÉREO.....	234
2.2 EQUIPAMIENTO ELÉCTRICO TRAMO SUBTERRÁNEO.....	235
2.3 EJECUCIÓN DEL MATERIAL DE OBRA.....	236
<b>Capítulo 3 Resumen.....</b>	<b>237</b>

---



---

<b>Parte V Estudio de Seguridad y Salud.....</b>	<b>238</b>
<b>Capítulo 1 Objeto .....</b>	<b>240</b>
<b>Capítulo 2 Datos de la obra.....</b>	<b>241</b>
2.1 Descripción de los trabajos.....	241
2.2 Actividades principales.....	241
2.3 Situación y climatología.....	242
2.4 Personal previsto .....	242
<b>Capítulo 3 Identificación de riesgos y análisis .....</b>	<b>243</b>
3.1 Instalaciones .....	243
3.2 Profesionales .....	245
3.2.1 Carácter general .....	246
3.2.2 Carácter específico .....	248



# *Parte I MEMORIA*



**UNIVERSIDAD PONTIFICIA COMILLAS**  
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI)  
INGENIERO INDUSTRIAL

Introducción

---



## Capítulo 1

## INTRODUCCIÓN

En este capítulo se hace una introducción de este proyecto. En la sección Descripción general se realizará una breve descripción de la línea, de la traza y de sus características principales. Posteriormente en la sección Cálculos incluiremos los cálculos eléctricos, mecánicos, de puesta a tierra, de aislamiento, las distancias y los herrajes.

La red de transporte y distribución de energía eléctrica es la parte del sistema de suministro eléctrico constituida por los elementos necesarios para llevar hasta los puntos de consumo y a través de grandes distancias la energía eléctrica.

Un elemento fundamental de la red de transporte y distribución de energía eléctrica son las líneas. Una línea de transporte de energía eléctrica o línea de alta tensión es básicamente el medio físico mediante el cual se realiza la transmisión de energía eléctrica a grandes distancias. Por lo tanto, las líneas eléctricas conforman el sistema vascular de la infraestructura eléctrica y en consecuencia, es el elemento básico de conexión entre generación y consumo.

Para situar el contexto del proyecto debemos tener en cuenta la creciente demanda energética en las regiones de la periferia de Madrid, ya no sólo pueblos de la propia provincia sino de provincias vecinas como es el caso de Cuenca, en Castilla la Mancha.

El proyecto que se va a realizar consiste en diseñar una línea de alta tensión, que pasará a formar parte de la red de transporte y distribución de energía eléctrica de España. En concreto, atendiendo a los requisitos del cliente, esta línea se encontrará a una tensión de 66 kV, con una configuración de doble circuito y situada en una zona de una altitud superior a 500 metros (zona B) concretamente a unos 600 metros.



La línea, como parte fundamental del sistema de transporte y distribución ya citado, estará compuesta por un tramo aéreo de algo menos de 10 km de longitud aproximadamente y un tramo subterráneo de más de 1 km de longitud. La finalidad de la línea será la alimentación de una planta industrial que se acaba de poner en funcionamiento en la zona. El objetivo fundamental del proyecto es crear la infraestructura eléctrica necesaria para la atención confiable del servicio garantizando los niveles y estándares de seguridad para las personas, equipos y maquinarias. La línea se ubicará en la provincia de Cuenca, en concreto en las inmediaciones de Priego. Así pues, el punto de inicio del proyecto (y la práctica totalidad del mismo), ha sido la realización de la línea aérea según los requisitos del cliente.

### ***1.1 ESTUDIO DE LAS TECNOLOGÍAS EXISTENTES***

---

El principal problema que se va a solucionar es el abastecimiento energético de una planta industrial con una línea de alta tensión, comunicando dicha planta con una subestación. Las líneas son la infraestructura básica eléctrica y por tanto, el elemento natural que permite conectar el consumo y la generación. Todo el proyecto se realizará de acuerdo a los reglamentos pertinentes, el RLAT, el reglamento de seguridad o la ley de impacto ambiental entre otros.

Las principales partes que constituyen una línea de alta tensión como la de nuestro caso son los apoyos y los cables conductores. Estos conductores pueden estar sometidos a varios tipos de tracciones o esfuerzos, que pueden ser causados por el viento, el hielo (o la combinación de viento más hielo), la temperatura ambiental, la del propio conductor, etc. Por tanto y debido a las diversas combinaciones de estos agentes existen varios tipos de apoyos, entre los que destacan los de suspensión y los de amarre. En las partes del trazado de la línea donde existen ángulos el apoyo que más se emplea, ya que dota de mayor rigidez a la línea, es el amarre. Mientras que para tramos en línea recta se utiliza el otro tipo de apoyo, en suspensión, porque sólo debe soportar el peso del propio conductor.



En cuanto al tramo subterráneo, las líneas de alta tensión que discurren bajo tierra pueden hacerlo bajo varios tipos de canalización: en galerías, en tubos rodeados de hormigón o enterrados directamente en una zanja.

De cara al respeto al medio ambiente y a la sostenibilidad se ha tenido en cuenta al realizar el trazado de la línea que no interfiera con ninguna zona de especial protección para las aves ni con lugares de importancia comunitaria, lo que ha ocasionado numerosos problemas y costes adicionales, debido a que la planta industrial se encuentra próxima al Parque Natural de la Serranía de Cuenca.

## ***1.2 MOTIVACIÓN DEL PROYECTO***

---

Debido al aumento de consumo de energía eléctrica en las inmediaciones de la ciudad de Cuenca, gracias a su proximidad a Madrid y a la reciente construcción del AVE, es necesario mejorar la red de transporte y distribución de energía eléctrica de la zona. En particular, se hace necesario el aumento de transporte en el municipio de Priego, en el que se encuentra la planta industrial que hay que abastecer; dicho abastecimiento es el objetivo de este proyecto. Asimismo se encuentra en este municipio la subestación con la que lo abasteceremos.

La línea discurrirá en su totalidad por la provincia de Cuenca, en concreto por el municipio de Priego, siendo en su mayoría aérea pero contando con un pequeño tramo subterráneo de entrada a la subestación, este tramo se llevará a cabo a través de apoyos paso aéreo-subterráneo (PAS).

## ***1.3 OBJETIVOS***

---

Algunos de los objetivos fundamentales que se pretende llevar a cabo con la construcción y el diseño de la línea de alta tensión son:



- Establecer y justificar todos los datos constructivos que presenta la ejecución de una nueva línea eléctrica con un nivel de tensión de 66kV y una configuración de doble circuito entre las subestación y la planta industrial.
- Conocer los diversos reglamentos y procedimientos administrativos que hay que seguir para llevar a cabo la construcción de una línea de alta tensión en España.
- Fomentar el desarrollo industrial de una zona con tanto potencial como es Castilla la Mancha y más concretamente de Cuenca.
- Promover la sostenibilidad y el respeto al medio ambiente en una gran obra de ingeniería como es la construcción de una línea eléctrica, minimizando el impacto ambiental y las emisiones contaminantes.

#### ***1.4 METODOLOGÍA***

---

---

El proyecto ha sido planificado por semanas. Cada semana me reunía con el director de proyecto con el que he ido comprobado que se cumplan los plazos establecidos. Los puntos a tratar son:

- Elección del trazado de la línea y del número y la posición de los apoyos□
- Planos
- Cálculos eléctricos
- Cálculo mecánico de conductor
- Cálculo mecánico de cimentaciones



- Cálculo mecánico de apoyos
- Puesta a tierra
- Presupuesto
- Pliego de condiciones

### ***1.5 RECURSOS / HERRAMIENTAS EMPLEADAS***

---

---

Los recursos a emplear son, entre otros:

- Documentos ambientales como los LICs y las ZEPAs: En estos documentos se analizan algunos de los elementos que pueden limitar la instalación eléctrica de alta tensión en una zona. Básicamente lo influyente en este documento será un estudio de la fauna y flora del lugar y un estudio socioeconómico; con estos documentos se hace un análisis de impacto y se decide el estudio de la traza.
- Estudio topográfico, necesario para corroborar que las distancias reglamentarias estipuladas de seguridad son cumplidas.
- El Reglamento para Líneas de Alta Tensión.
- Hojas de cálculo de Excel.
- Programas de diseño gráfico como Autocad o GVsig.



## Capítulo 2

## DESCRIPCIÓN GENERAL

### 2.1 DESCRIPCIÓN DEL TRAZADO DE LA LÍNEA

La línea área objeto de este PROYECTO, tiene una longitud en su parte aérea de 9.320 metros. Tiene además un tramo subterráneo con conductor 66KV AL630+H165 Cu, desde la planta industrial que se desea alimentar hasta el apoyo número 30 paso aéreo-subterráneo, de una longitud aproximada de 1.200 metros. Se ha considerado una longitud de 30 metros para la bajada del cable a través de la estructura del apoyo de final de línea.

Tanto la línea de alta tensión como la planta industrial que se va a alimentar se encuentran en la localidad de Priego, provincia de Cuenca, Castilla la Mancha.

Los municipios por los que discurre la línea son Albendea, Priego y San Pedro Parniches.

### 2.2 COORDENADAS DE LOS APOYOS DE LA LÍNEA

Las coordenadas UTM de los apoyos a instalar en la línea en el sistema de referencia ETRS89 son:

Nº APOYO	TIPO	XUTM	YUTM	Z (m)
1	Fin de línea	549.464,74	4.481.109,62	510.805
2	Suspensión	549.922,82	4.481.093,79	529.465
3	Suspensión	550.238,87	4.481.083,94	534.255
4	Suspensión	550.577,01	4.481.072,88	548.94



UNIVERSIDAD PONTIFICIA COMILLAS  
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI)  
INGENIERO INDUSTRIAL

Descripción General

5	<i>Suspensión</i>	550.792,89	4.481.065,82	541.53
6	<i>Amarre</i>	551.097,73	4.481.055,86	548.04
7	<i>Suspensión</i>	551.343,82	4.480.965,01	509.608
8	<i>Suspensión</i>	551.701,67	4.480.930,00	527.515
9	<i>Suspensión</i>	551.913,22	4.480.885,95	530.235
10	<i>Suspensión</i>	551.701,56	4.480.846,79	508.055
11	<i>Suspensión</i>	552.365,50	4.480.791,71	476.735
12	<i>Amarre</i>	552.734,72	4.480.714,79	501.575
13	<i>Suspensión</i>	552.819,15	4.480.647,31	515.255
14	<i>Suspensión</i>	553.092,91	4.480.432,46	508.47
15	<i>Suspensión</i>	553.319,47	4.480.254,66	483.18
16	<i>Suspensión</i>	553.573,56	4.480.055,24	484.675
17	<i>Suspensión</i>	553.848,89	4.479.839,16	489.035
18	<i>Suspensión</i>	554.132,88	4.479.616,29	512.405
19	<i>Suspensión</i>	554.390,12	4.479.414,40	508.95
20	<i>Amarre</i>	554.657,29	4.479.204,72	518.695
21	<i>Suspensión</i>	554.781,51	4.478.937,15	525.735
22	<i>Suspensión</i>	554.909,11	4.478.662,33	520.365
23	<i>Suspensión</i>	555.027,86	4.478.406,55	515.35
24	<i>Suspensión</i>	555.182,43	4.478.078,33	501.345
25	<i>Suspensión</i>	555.358,27	4.477.710,29	504.01
26	<i>Amarre</i>	555.508,29	4.477.370,10	506.02
27	<i>Suspensión</i>	555.895,43	4.477.222,56	509.135
28	<i>Amarre</i>	556.290,69	4.477.070,11	516.515
29	<i>Suspensión</i>	556.610,24	4.477.053,81	525.055
30	<i>Fin de línea</i>	556.909,31	4.477.042,25	510.805



---

## 2.3 DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN

---

Las características que van a definir la instalación son:

### 2.4 TRAMO AÉREO

---

#### 2.4.1.1 Características generales

<i>Sistema</i>	<i>Corriente alterna trifásica</i>
<i>Frecuencia (Hz)</i>	50
<i>Tensión nominal (KV)</i>	66
<i>Tensión más elevada de la red (KV)</i>	72,5
<i>Categoría</i>	2
<i>Potencia máxima de transporte (MVA)</i>	132,89
<i>Nº de circuitos</i>	2
<i>Nº de conductores aéreos por fase</i>	1
<i>Tipo de conductor aéreo</i>	LA-280 (HAWK)
<i>Nº de conductores de cable de tierra</i>	1
<i>Tipo de conductor de cable de tierra</i>	OPGW
<i>Longitud (KM)</i>	9,320
<i>Zona de aplicación</i>	Zona B
<i>Tipo de aislamiento</i>	Aisladores de vidrio
<i>Cimentaciones</i>	Hormigón

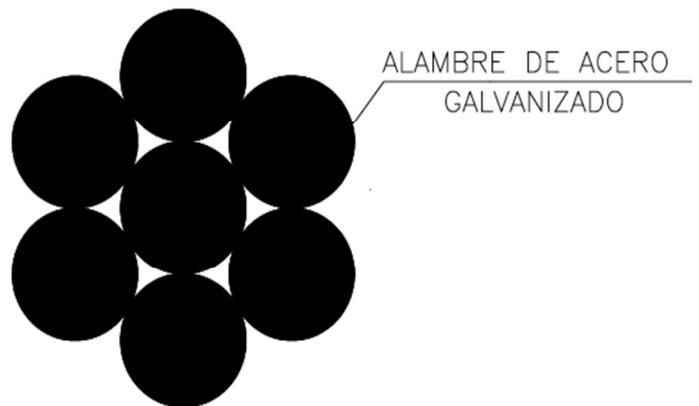


<i>Nº Apoyos alineación</i>	23
<i>Nº Apoyos ángulo</i>	5
<i>Nº Apoyos anclaje</i>	0
<i>Nº Apoyos fin de línea</i>	2

### **2.4.1.2 Características de los materiales**

#### **2.4.1.2.1 Conductores**

El conductor usado para el tramo aéreo será un LA-280 (HAWK). Éste es de aluminio con el alma de acero. Hemos optado por usar este modelo sin AW (galvanizado) ya que la zona de tendido es en su mayoría rural y el conductor no estará expuesto a un peligro alto de corrosión. Sus principales características son:



Tipo.....	LA-280 HAWK
Material.....	Aluminio - Acero
Composición (mm) .....	26 + 7
Diámetro cable completo (mm) .....	21.8
Sección total (mm <sup>2</sup> ) .....	281,1
Peso (daN/m) .....	0,957
Carga de rotura (daN) .....	8.489
Módulo de elasticidad (daN/m <sup>2</sup> m) .....	7.500

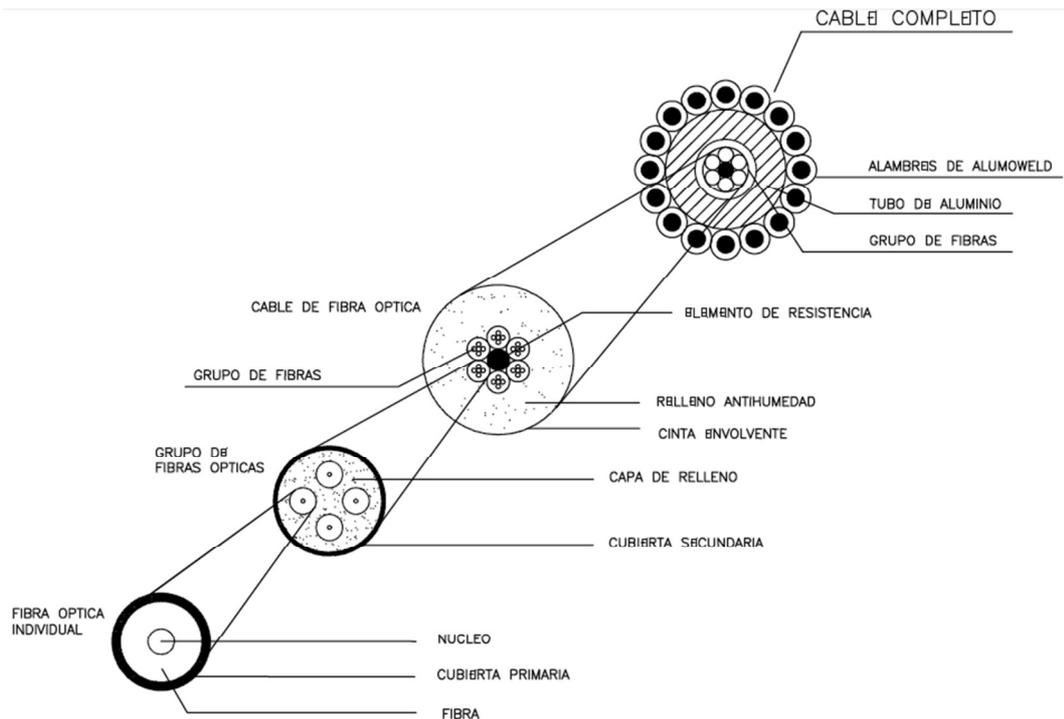


Coefficiente de dilatación lineal ( $^{\circ}\text{C}^{-1}$ ) .....	$18,9 \cdot 10^{-6}$
Resistencia eléctrica a $20^{\circ}\text{C}$ ( $\Omega/\text{Km}$ ) .....	0,1194
Intensidad máxima admisible.....	573

### **2.4.1.3 Cable de tierra**

Tanto para la protección como para la comunicación en la línea se utilizará el siguiente cable de tierra de fibra óptica:

Tipo.....	OPGW
Material.....	Aluminio - AW
Composición (mm) .....	13 + 9,5
Diámetro cable completo (mm) .....	15,0
Sección total ( $\text{mm}^2$ ) .....	120,2
Peso ( $\text{daN/m}$ ) .....	0,476
Carga de rotura ( $\text{daN}$ ) .....	11.320
Módulo de elasticidad ( $\text{daN/m}^2\text{m}$ ) .....	8.100
Coefficiente de dilatación lineal ( $^{\circ}\text{C}^{-1}$ ) .....	$18,9 \cdot 10^{-6}$



#### 2.4.1.4 Aislamiento

Los aisladores son instalados entre el conductor desnudo y las partes del apoyo puestas a tierra teniendo la doble misión de fijar mecánicamente los conductores al apoyo y aislarlos de tierra. Se diseña para soportar la polución y las condiciones climáticas de servicio más desfavorables.

Se utilizan cadenas de aisladores de vidrio templado de tipo caperuza y vástago según normas UNE 21 114 y UNE 21 124. Se ha optado por este tipo de aislador por resultar más económico y por ser una tecnología muy consolidada.

Las cadenas de amarre utilizadas están compuestas por 4 elementos aisladores tipo U-100-BS con grapa de compresión. No obstante, las cadenas de suspensión están compuestas también por 4 elementos aisladores pero serán de tipo U-70-BS.



#### ***2.4.1.5 Herrajes***

Tendrán el objetivo de unir conductores, aislamiento y apoyo. Por otra parte también se encargarán de unir el cable de guarda con el apoyo. Estos serán de hierro forjado en caliente y galvanizado para proteger de los fenómenos corrosivos que se puedan dar.

Todos ellos cumplirán con lo especificado en la norma UNE 21 006. Dependiendo del tipo de apoyo y de la función que se requiera de él, se seleccionará el más adecuado para cada situación.

#### ***2.4.1.6 Apoyos***

Los apoyos elegidos son los que proporciona el fabricante IMEDEXSA, concretamente he utilizado las series HALCÓN REAL y ÁGUILA REAL como referencia y dentro de éstas, se ha seleccionado los apoyos más acorde con las condiciones del terreno, distancias de seguridad según marca la ITC-07, esfuerzos, y pares torsionales a los que se pudieran ver sometidos.

Estos apoyos son metálicos, galvanizados y formados por una celosía de perfiles de distinta longitud. Dispondrán de cuatro patas.

#### ***2.4.1.7 Cimentaciones***

Las cimentaciones serán de hormigón en masa de tipo monobloque o fraccionadas de dimensiones variables dependiendo de los esfuerzos, las funciones que deban cumplir los apoyos y si se encuentran en un cruzamiento, tal y como se ha justificado en el correspondiente apartado.



### ***2.4.1.8 Puesta a tierra***

Se realizara la puesta a tierra de los apoyos a través de electrodos de difusión vertical o con un anillo cerrado alrededor del propio apoyo. Para ello deberemos distinguir si los apoyos van a ser frecuentados o no frecuentados.

El apoyo frecuentado se recubrirá con placas aislantes o con obra de fábrica de ladrillo con una altura mínima de 2.5 metros para impedir la posibilidad de escalada. Estas medidas harán que se cumpla el RLEAT en el apartado 2.4.2 en su ITC-07 . Con el objeto de identificar los apoyos en los que se asegurarán los valores admisibles de las tensiones de contacto según muestra el apartado 7.3.4.2 del RAT en la ITC-07 se puede clasificar los apoyos según su localización:

- Apoyos frecuentados: Situados en lugares de público acceso y donde la presencia de personal ajeno a la instalación es frecuente: donde se espera que las personas se queden durante un tiempo considerablemente alto, varias horas del día durante varias semanas, o por un durante corto tiempo pero numerosas veces al día sin incluir lugares con ocupación ocasional como campos de labranza o bosques.
- Apoyos no frecuentados. Serán aquellos localizados en lugares cuyo acceso no sea público o el acceso de personas no sea frecuente.

### ***2.4.1.9 Numeración y señalización.***

Se señalizará, numerará, y marcará el fabricante del apoyo en cada uno de ellos al igual que el año de construcción y su función.

Se colocará una placa que advierta del riesgo eléctrico a una altura de 4 metros según marca el reglamento en el apartado 2.4.7 de la ITC-07, de esta manera no podrá ser retirada pero si se podrá leer desde el suelo.



### **2.4.1.10 Amortiguadores**

Con el objeto de prolongar la vida útil de conductores y herrajes por fenómenos vibratorios de subvano y eólicos se controlará la tracción de los conductores y se instalarán los amortiguadores pertinentes (según dice el reglamento en el apartado 3.2.2 de su ITC-07 se recomendará que la tracción no supere el 24% de la carga de rotura a 15° y que se instalen amortiguadores).

## **2.5 TRAMO SUBTERRÁNEO**

---

### **2.5.1.1 Características generales**

<i>Sistema</i>	<i>Corriente alterna trifásica</i>
<i>Frecuencia (Hz)</i>	50
<i>Tensión nominal (KV)</i>	66
<i>Tensión más elevada de la red (KV)</i>	72,5
<i>Potencia máxima de transporte (MVA)</i>	290,4
<i>Tipo de conductor</i>	Al630 + H165 Cu
<i>Tipo de canalización</i>	Hormigonada bajo tubo
<i>N° de circuitos</i>	2
<i>N° de conductores por fase</i>	1
<i>Longitud (m)</i>	1200
<i>Origen</i>	Apoyo PAS N° 30

---



<i>Tipo de conexión</i>	CROSS BONDED CON TRASPOSICIÓN
-------------------------	----------------------------------

### 2.5.1.2 Descripción de la instalación

Tal y como dicta el RLEAT en la ITC 06 para tensiones superiores a 30 kV el proyectista será el encargado de determinar y justificar las condiciones de la instalación. Dado que este es el caso que nos ocupa así se hará.

<i>Tensión (KV)</i>	<i>Disposición de los conductores</i>	<i>Profundidad de la excavación (mm)</i>	<i>Anchura de la excavación (mm)</i>
66	Tresbolillo	1250	1400

<i>Profundidad de los conductores (mm)</i>	<i>Separación de los conductores (mm)</i>
1150	132,4

El trazado de la línea subterránea comenzará en el apoyo 30 en el que a través de las botellas terminales y la protección de las autoválvulas pasará a ir directamente enterrado.

La canalización estará compuesta por los siguientes estratos en altura decreciente:

- De 0 a 150 mm se repondrá con pavimento, en este caso al discurrir por caminos de arena, se utilizará la propia arena de la excavación.
- De 150 a 800 mm se rellenará la zanja con arena de la propia excavación compactada hasta lograr una compactación mínima de 95% del Proctor Modificado (P.M). A los 350 mm se dispondrá de una cinta señalizadora de la línea de alta tensión.



- De 800 a 1250 mm se rellenará la zanja con arena de la propia excavación. A los 1150 mm se colocará la terna de cables en tresbolillo y sobre esta se sobrepondrá una placa protectora de PVC.

Se realizarán trasposiciones de la situación de cada fase (a los 413m (L/3) y a los 827m (2L/3) del inicio de la línea) para igualar los parámetros eléctricos que verá cada fase. El sistema de conexión de las pantallas como se expondrá a continuación será cross-bonded con trasposición.

### 2.5.1.3 Características de los materiales

#### 2.5.1.3.1 Conductores

Las características del conductor subterráneo a instalar son las siguientes:

TIPO	Aluminio 630
Material de conductor	Aluminio
Material de la pantalla	Cobre
Material del aislamiento	Polietileno Reticulado (XLPE)
Sección del conductor (mm <sup>2</sup> )	630
Sección de la pantalla (mm <sup>2</sup> )	165
Diámetro del conductor (mm)	34,2
Diámetro exterior del cable (mm)	64,0
Peso aproximado (kg/m)	5,500
Radio mínimo de curvatura instalado (mm)	1.300

El conductor llevar. inscrito sobre la cubierta, de forma indeleble y fácilmente



legible, las marcas siguientes:

- nombre del fabricante y/o marca registrada
- designación completa del cable
- año de fabricación (dos últimas cifras)
- indicación de calidad concertada, cuando la tenga
- identificación para la trazabilidad (nº de partida u otro)

La separación entre marcas no será superior a 30 cm.

### ***2.5.1.3.2 Empalmes y terminales***

Los empalmes y terminales de los conductores subterráneos se efectuarán siguiendo métodos que garanticen una perfecta continuidad del conductor y de su aislamiento, utilizando los materiales adecuados y de acuerdo con las instrucciones del fabricante.

Las líneas se tenderán en tramos de la mayor longitud posible, de tal forma que el número de empalmes necesario sea el mínimo.

En los puntos de unión de los distintos tramos de tendido se utilizarán empalmes adecuados a las características de los conductores a unir.

Los empalmes y terminales no deberán disminuir en ningún caso las características eléctricas y mecánicas del cable, debiendo cumplir las siguientes condiciones básicas:

- La conductividad del empalme o terminal deberá ser igual o superior a la de un solo conductor de la misma longitud.
- El aislamiento ha de ser tan efectivo como el aislamiento propio del cable.
- El empalme o terminal debe estar protegido para evitar el deterioro mecánico y la entrada de humedad.



- El empalme o terminal debe resistir los esfuerzos electrodinámicos en caso de cortocircuito, as. como el efecto térmico de la corriente, tanto en régimen normal como en caso de sobrecargas y cortocircuitos.
- Los empalmes y terminales serán premoldeados o preformados y ensayados en fábrica según especificaciones. En el caso de encontrarse con un nivel de tensión de 45, los empalmes y terminales serán preferentemente contráctiles en frío o deslizantes, serán totalmente secos, no admitiéndose ningún tipo de aceite aislante entre el elemento de control de campo y la envolvente exterior.

Para tender los cables en fase posterior, es necesario realizar una serie de calas cada 300 m y en todas las curvas pronunciadas [indicar situación de todas las calas], con objeto de ayudar al arrastre del cable. Una vez tendido el cable y realizados los empalmes, estas calas quedarán tapadas.

#### ***2.5.1.3.3 Puesta a tierra***

En las redes subterráneas de Alta Tensión se conectarán a tierra los siguientes elementos:

- Bastidores de los elementos de protección
- Apoyos y pararrayos autoválvulas, en el paso aéreo-subterráneo.
- Pantallas metálicas de los cables, empalmes y terminales, según el sistema de conexión elegido para cada caso, tal y como se indica en el apartado siguiente.

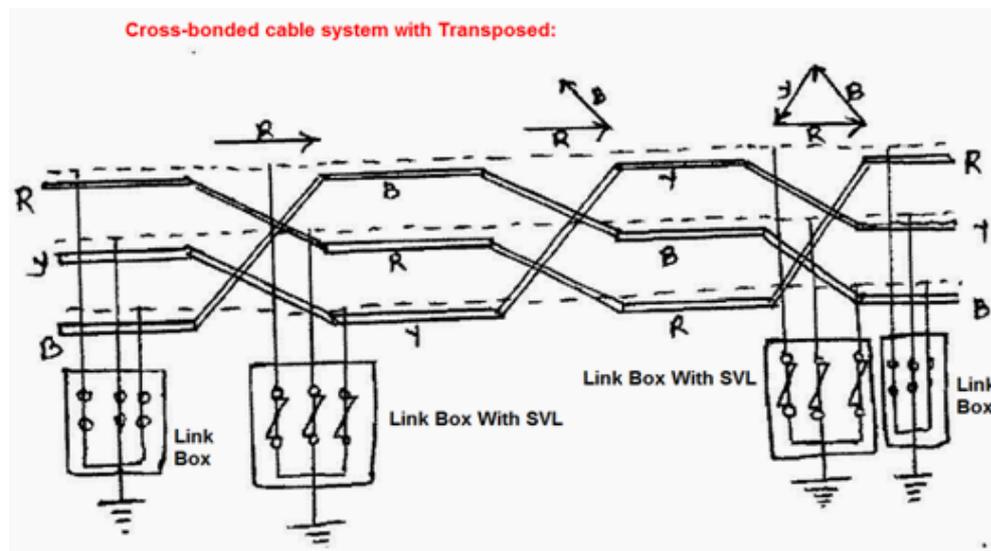
#### ***2.5.1.3.4 Conexión de las pantallas de los cables***

El sistema de conexión a tierra usado será cross-bonded con trasposición dado que es el más recomendado para una longitud de línea superior a 1km como es este caso (1.200 km).

El objetivo de la conexión cross- bonded es neutralizar el voltaje que se induce en

la pantalla de los conductores, eliminando o reduciendo la corriente inducida en la pantalla.

El voltaje en la pantalla se neutralizará completamente (y no circulará corriente por las pantallas) en el caso en que las tres longitudes en las que se divide sean iguales. Es por ello que las cajas de conexión para realizar este sistema se localizarán a los 400m ( $L/3$ ) y a los 800m ( $2L/3$ ) del inicio de la línea. A continuación se mostrará un ejemplo del sistema cross-bonded:



### 2.5.1.3.5 Disposición de la puesta a tierra

Los elementos que forman la puesta a tierra son:

- *Elementos de conexión a tierra de la pantalla:*

Se realizará la conexión entre el inicio y final de línea además de las propias cajas de conexión de las pantallas a tierra. La conexión se realiza con un cable de cobre desnudo de 185 mm<sup>2</sup> de sección.

- *Línea de tierra:*

Une el punto de la instalación que se debe unir a tierra (cajas de conexión e inicio y fin de línea) con el electrodo de puesta a tierra. La conexión se



realiza con un cable de cobre desnudo de 185 mm<sup>2</sup> de sección.

- *Electrodos de puesta a tierra:*

Se realizará mediante dos picas de 2 metros de largo unidas por 4 metros de cable de cobre de 95 mm<sup>2</sup> de sección. Se unirá a la línea de tierra a través de soldadura.

### ***2.5.1.3.6 Apoyo paso aéreo-subterráneo***

En el apoyo de paso aéreo a subterráneo se localizarán las autoválvulas y las botellas terminales. La autoválvula estará conectada al conductor aéreo. Se tratará de que la autoválvula este lo más próxima posible a la botella terminal sin superar nunca los 3 metros.

Los conductores irán grapados al apoyo pero con una distancia suficiente para que no existan desplazamientos debido a esfuerzos causados por fenómenos electromagnéticos.

Las cajas de seccionamiento de pantallas se colocarán a una altura superior a los 4 metros para protegerlas de posibles manipulaciones externas.

La unión entre la puesta a tierra de la autoválvula y la caja de seccionamiento de la puesta a tierra de los conductores subterráneos se realizará en el fuste del apoyo a partir de conductores independientes. Después, este punto de unión se continuará hasta la propia puesta a tierra del apoyo a través de un conductor común.

El cable de puesta a tierra y los conductores subterráneos estarán protegidos desde el suelo hasta una altura de 2.10 metros a través de una envolvente de fábrica de ladrillo enfoscado en la cara exterior. Por otra parte se instalará una bandeja de metal galvanizado desde el final de la protección de ladrillo hasta 2.40 metros.

### ***Botella terminal***

La botella terminal seleccionada debe permitir la unión del tramo aéreo con el subterráneo de una manera eficaz y segura adaptándose al nivel de tensión.



La botella terminal seleccionada será de tensión 72,5 KV y de composite como material aislante. La distancia de fuga será de 3480 mm, y el peso de 190 Kg.

### *Autoválvulas*

Las autoválvulas serán las encargadas de proteger de las sobretensiones que se producen debido a descargas atmosféricas al tramo subterráneo de la línea. Es por ello que se localizará una por fase en el apoyo de paso aéreo a subterráneo. Esta, estará diseñada específicamente para el nivel máximo de tensión de la línea.

Consisten en resistencias variables con la tensión (a mayor tensión menor resistencia) formadas por pastillas de ZnO, que conducirán a tierra la descarga atmosférica en el momento en el que se produzca. La autoválvula seleccionada será:

<i>Máxima tensión del sistema (Um)</i>	<i>Tensión nominal (Ur)</i>	<i>Designación</i>	<i>Distancia de fuga (mm)</i>
72,5 kV rms	45-66 kV rms	XH145	3150



## Capítulo 3

## CÁLCULOS

### 3.1 CÁLCULOS ELÉCTRICOS

### 3.2 CÁLCULOS ELÉCTRICOS TRAMO AÉREO

#### 3.2.1.1 Características generales de la instalación

<i>Característica</i>	<i>Valor</i>
Tensión nominal (kV)	66
Longitud de la línea (km)	9,200
Número de circuitos	2
Número de conductores por fase	1
Frecuencia (Hz)	50
Zona de aplicación	ZONA B

#### 3.2.1.2 Características del conductor

Tipo.....	LA-280 HAWK
Material.....	Aluminio - Acero
Composición (mm) .....	26 + 7
Diámetro cable completo (mm) .....	21.8



---

Sección total aluminio (mm <sup>2</sup> ) .....	241,6
Sección total acero (mm <sup>2</sup> ) .....	39,5
Composición - Aluminio	
Nº de alambres .....	26
Diámetro (mm) .....	3,44
Composición - Acero	
Nº de alambres .....	7
Diámetro (mm) .....	2,68
Diámetro cable completo (mm) .....	8,04
Diámetro núcleo de acero (mm) .....	21,8
Peso (daN/m) .....	0,957
Carga de rotura (daN) .....	8.489
Módulo de elasticidad (daN/m <sup>2</sup> m) .....	7.500
Coefficiente de dilatación lineal (°C <sup>-1</sup> ) .....	18,9 10 <sup>-6</sup>
Resistencia eléctrica a 20°C (Ω/Km) .....	0,1194
Intensidad máxima admisible.....	573

### ***3.2.1.3 Densidad máxima de corriente***

La densidad máxima de corriente para cada conductor en régimen permanente de corriente alterna y frecuencia de 50 Hz se deducir. de las densidades máximas de corriente y los coeficientes de reducción indicados en el Apdo. 4.2.1 de la ITC 07 del RLEAT.

En dicho apartado se indica que, para el cálculo de la densidad de corriente de conductores de aluminio-acero se debe tomar de la tabla, que figura a continuación, el valor de densidad de corriente correspondiente a su sección total, como si se tratase de aluminio. Valor que se multiplicar. por un coeficiente de reducción determinado dependiente de la composición del conductor.



En el presente caso, al tratarse del LA-280, la composición es 26 alambres de aluminio por 7 de acero, por lo que el coeficiente de reducción es 0,937, tal y como indica el RLAT.

Como el conductor seleccionado tiene una sección nominal de 281,1 mm<sup>2</sup>, se aplicará la siguiente fórmula para obtener la densidad de corriente correcta:

$$\sigma_{AL} = \left[ \left( \frac{\sigma_{AL - MENOR} - \sigma_{AL - MAYOR}}{S_{MAYOR} - S_{MENOR}} \right) \times (S_{MAYOR} - S_{MENOR}) \right] + \sigma_{AL - MAYOR}$$

Que sustituyendo en nuestro caso nos da:

$$\sigma_{AL} = \left[ \left( \frac{2,15 - 2,30}{300 - 250} \right) \times (281,1 - 250) \right] + 2,30 = 2,2067 \text{ A/mm}^2$$

Si tenemos en cuenta el coeficiente de reducción ya comentado obtenemos la densidad de corriente correspondiente a nuestro conductor LA-280 HAWK:

$$\sigma_{AL - 280} = 2,2067 \times 0,937 = 2,068 \text{ A/mm}^2$$

### 3.2.1.4 Intensidad máxima admisible

La intensidad máxima admisible por el conductor ser. la que corresponda al producto de la densidad de corriente por la sección, es decir:

$$I_{ADM} = \sigma_{AL - 280} \times s = 2,2067 \times 281,1 = 581,224 \text{ A}$$

Como conclusión agrupamos los resultados obtenidos en una tabla:



---

<i>Conductor</i>	<i>LA-280 HAWK</i>
Densidad máxima de corriente	2,068 A/mm <sup>2</sup>
Intensidad máxima admisible	581,224 A

### 3.2.1.5 Resistencia

La resistencia del conductor por unidad de longitud se calcula para corriente alterna según la siguiente expresión (en función de la temperatura  $\theta$ ):

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

en la que:

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

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

$y_s$ : Factor de efecto pelicular

Como se desprende de las expresiones dadas, en el cálculo de la resistencia en corriente alterna se debe tener en cuenta el valor de la resistencia en corriente continua. El valor de la resistencia en corriente continua en un conductor es inferior al de la corriente alterna debido al efecto pelicular  $y_s$  (skin) y en su caso, el efecto de proximidad  $y_p$ .

El efecto pelicular o skin  $y_s$ , provoca una reducción efectiva de la sección del conductor debido al desplazamiento de corriente hacia la periferia del mismo produciendo un incremento de la resistencia eléctrica en un orden de magnitud, habitualmente no superior al 4%. Además, en un haz de conductores existe el efecto de proximidad creado por la influencia de la corriente de conductores del haz que también provocan una reducción efectiva de la sección. Este efecto no ha sido tenido en cuenta por ser despreciable en líneas áreas.



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

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

Donde:

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

$R'_{20}$  : Resistencia del conductor con corriente continua a la temperatura de  $20^{\circ}\text{C}$  (W/km)

$\alpha_{20}$ : Coeficiente de variación a  $20^{\circ}\text{C}$  de la resistividad en función de la temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ )

$\theta$ : Temperatura de servicio ( $^{\circ}\text{C}$ )

Teniendo en cuenta el valor que proporciona el fabricante del conductor:

$$R'_{20} (\Omega/\text{km}) = 0,1195$$

$$\alpha_{20} (^{\circ}\text{C}^{-1}) = 4,009\text{E-}03$$

El valor del efecto pelicular se calcula como:

$$y_s = \frac{x_s^4}{192 + (0,8 + x_s^4)}$$

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

Con  $f$  como la frecuencia (50 Hz) y  $R'_{\theta}$  la resistencia del conductor con corriente continua a la temperatura  $\theta^{\circ}\text{C}$  (W/km)

Si tenemos en cuenta todo lo anterior se obtienen los siguientes valores (para varias temperaturas) para cada uno de los circuitos de la línea:

---



---

<i>TEMPERATURA</i>	<i>R' (<math>\Omega/Km</math>)</i>	<i>X<sub>S</sub></i>	<i>Y<sub>S</sub></i>	<i>R simple circuito (<math>\Omega/Km</math>)</i>
20	0,1195	0,03248	5,759E-09	0,119500
50	1,34E-01	0,03063	4,589E-09	0,133872
75	1,46E-01	0,02935	3,866E-09	0,145849
85	1,51E-01	0,02888	3,624E-09	0,150639

---

En vista de que nuestro caso es un circuito dúplex (dos circuitos en paralelo) el valor final de la resistencia será de la mitad, lo mostramos a continuación en función de la temperatura:

<i>TEMPERATURA</i>	<i>R doble circuito (<math>\Omega/Km</math>)</i>	<i>R doble circuito (<math>\Omega</math>)</i>
20	0,06418	0,5497
50	0,06695	0,6159
75	0,07293	0,6709
85	0,07888	0,6928

---

### 3.2.1.6 Reactancia

La reactancia de la línea, por unidad de longitud y por fase, para líneas equilibradas se determina mediante la expresión:

$$X = 2\pi fL \left[ \frac{\Omega}{Km} \right]$$

Por tanto puede observarse que el valor de la reactancia depende de la inducción, fuerza electromagnética que se crea en un conductor al ser recorrido por una



corriente alterna senoidal que es proporcional a la velocidad de variación de la corriente. El coeficiente de inducción mutua o L puede calcularse como:

$$L = \left( \frac{1}{2n} + 4,605 \log \frac{DGM}{RMG'} \right) 10^{-4}$$

donde:

DMG: Distancia media geométrica entre conductores (mm).

RMG': Radio equivalente del haz de conductores (mm).

f: Frecuencia de la red (50 Hz).

Para nuestra configuración de doble circuito simplex las distancias y radios medios geométricos tienen las siguientes expresiones:

$$RMG' = e^{-\frac{1}{4}r} [mm] \text{ para simplex, con } n = 1$$

$$DMG = \sqrt[3]{D1 D2 D3} [mm] \text{ para doble circuito}$$

$$D1 = \frac{\sqrt{d12 d1b d13 d1c}}{d1a} [mm]$$

$$D2 = \frac{\sqrt{d21 d2a d23 d2c}}{d2b} [mm]$$

$$D3 = \frac{\sqrt{d31 d3a d33 d3b}}{d3c} [mm]$$

f: Frecuencia de la red (50 Hz).

r: Radio del conductor (mm).

n: Número de subconductores del haz (1 o 2)

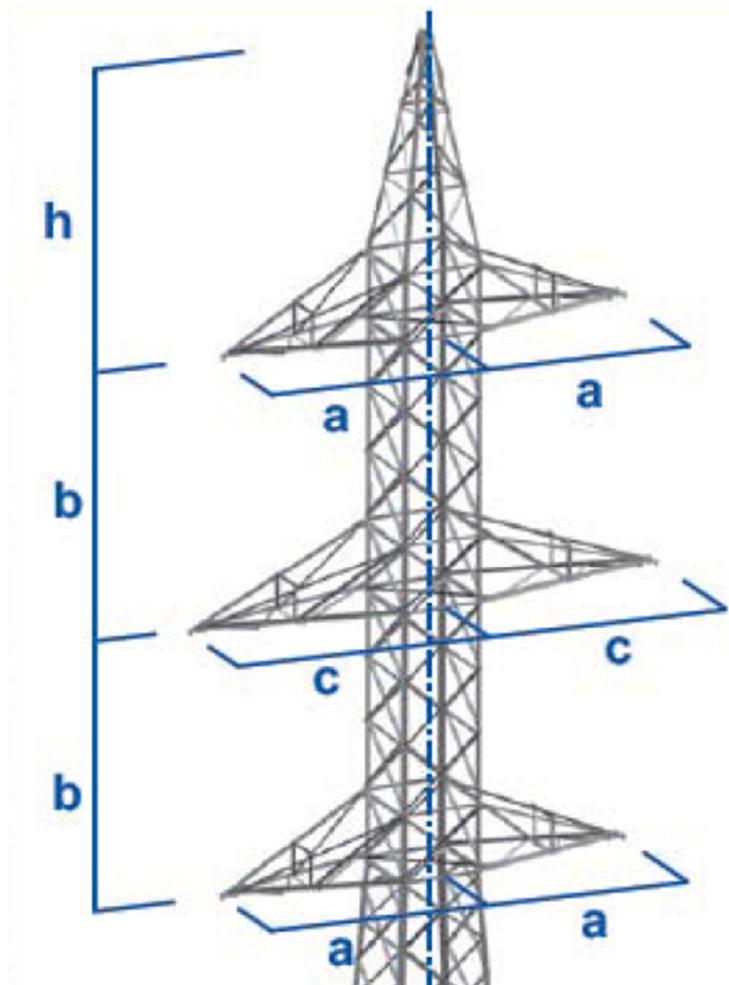
$d_{j,k}$ : Distancia entre el conductor j y el k (mm).

Las dimensiones de las crucetas utilizadas en el presente proyecto son las siguientes:



<i>ARMADOS</i>	<i>DENOMINACIÓN</i>	
Dimensiones	NHR4C	NG4C
a	2,9	2,9
b	4	4
c	3,1	3,1
h	4,3	4,3

Estas cotas quedan representadas como nos muestra el catálogo del fabricante:





<i>CRUCETA</i>	<i>RMG (mm)</i>	<i>D1 (mm)</i>	<i>D2 (mm)</i>	<i>D3 (mm)</i>	<i>DMG (mm)</i>
4C	8,49	6087,922	3193,154	6087,922	4909,675

Por tanto para un circuito se obtienen los valores:

<i>CRUCETA</i>	<i>L (H/Km)</i>	<i>X (Ω/Km)</i>
4C	0,000661	0,20766

Y los valores para doble circuito serán:

<i>CRUCETA</i>	<i>L doble circuito (H/Km)</i>	<i>X doble circuito (Ω/Km)</i>
4C	0,000331	0,10383

### **3.2.1.7 Capacidad**

La capacidad por unidad de longitud la obtenemos como:

$$C_k = \frac{24,2}{\log\left(\frac{DMG}{RMG}\right)} 10^{-9} \left[ \frac{F}{Km} \right]$$

Donde:

DMG = distancia media geométrica entre fases.

RMG = r [mm] para configuración simplex (n=1)

La siguiente tabla muestra la capacidad kilométrica en función de la distancia media geométrica que se obtiene con cada una de las crucetas utilizadas, para un único circuito:



---

<i>CRUCETA</i>	<i>DMG</i>	<i>RMG</i>	<i>C simple circuito (F/Km)</i>
NHR/AGRC4	4909,68	10,9	9,1196E-09

---

Para nuestro doble circuito, los valores de la capacidad serán:

<i>CRUCETA</i>	<i>C doble circuito (F/Km)</i>
NHR/AGRC4	1,8239E-08

### 3.2.1.8 Conductancia

Las pérdidas por conductancia se deben a la corriente que aparece entre los conductores y el apoyo debido a la existencia de un aislamiento imperfecto. Dicha corriente puede ser por la superficie de los aisladores o a través de su masa.

La conductancia de la línea por unidad de longitud y por fase depende de la tensión de la línea, del aislador utilizado, del n. de aisladores por km y del estado de tiempo pidiéndose calcular según la siguiente expresión:

$$G_K = \frac{p}{\frac{U^2}{3}} * 10^{-3} [S/Km]$$

En la que:

$G_K$ : conductancia expresada en Siemens por kilómetro (S/km).

p: pérdida de potencia en cada fase de la línea debida a la conductancia de los aisladores expresada en kW/km.

U: tensión nominal compuesta de la línea expresada en kV.

Se debe tomar como tensión compuesta máxima media de la línea, un 5% superior



a la nominal de la línea, teniendo en cuenta que la tensión de la misma varía desde el extremo emisor al extremo receptor debido a la caída de tensión.

La pérdida de potencia a través de los aisladores varia en función de las condiciones climatológicas. Considerando unas pérdidas de potencia con buen tiempo de 4 W/cadena y de 20 W/cadena con mal tiempos se obtienen los siguientes resultados para un único circuito:

Se calculan con la siguiente expresión:

$$P_1 = \frac{1000}{a_m} w_n \left[ \frac{W}{Km} \right]$$

$a_m$ : Vano medio de la línea (300 m para líneas de 66 kV)

n: n° de circuitos (2)

w: Pérdidas por aislador [W/cadena]

<i>PÉRDIDAS</i>	<i>Wn</i> (W/cadena)	<i>P (W/Km)</i>	<i>G simple circuito</i> (S/Km)
Pérdidas con buen tiempo (W/cadena)	4	13,33	9,1827E-06
Pérdidas con mal tiempo (W/cadena)	20	66,66	4,5914E-05

Para la presente línea, con configuración en doble circuito y simplex:

<i>PÉRDIDAS</i>	<i>G doble circuito</i> (S/Km)
Pérdidas con buen tiempo (W/cadena)	1,8365E-05



---

Pérdidas con mal tiempo (W/cadena)	9,1827E-05
---------------------------------------	------------

---

### 3.2.1.9 Susceptancia

La susceptancia de una línea, por unidad de longitud y por fase, para líneas equilibradas se determinan mediante la siguiente expresión:

$$B_K = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot C_K$$

Donde:

f: frecuencia de la red (50 Hz).

$C_K$ : capacidad por unidad de longitud.

La siguiente tabla muestra la susceptancia por unidad de longitud para un único circuito:

<i>CRUCETA</i>	<i>DMG</i>	<i>RMG</i>	<i>S simple circuito (S/Km)</i>
NHR/AGRC4	4909,68	10,9	2,8650E-06

Por tanto para doble circuito:

<i>CRUCETA</i>	<i>C doble circuito (F/Km)</i>
NHR/AGRC4	5,7312E-06



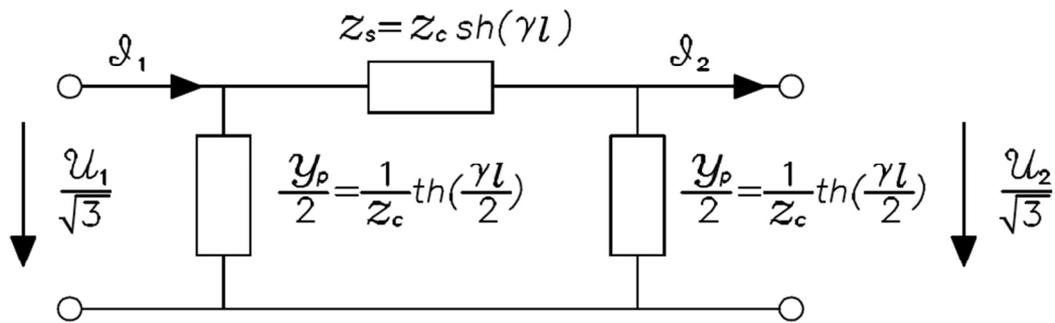
### ***3.2.1.10 Modelo equivalente de la línea***

A partir de la determinación de los parámetros eléctricos de la línea podrán establecerse las ecuaciones en régimen permanente que relacionan la tensión y la corriente en cualquier punto de la línea. Estas ecuaciones se pueden plantear de forma simplificada, a través de diferentes modelos equivalentes dependiendo de la longitud de la línea.

El equivalente serie de la línea, compuesto por la resistencia  $R$  y la reactancia inductiva  $X$ , es válido para líneas cortas (hasta 80 Km). Para aquellas líneas cuya longitud está entre 80 y 300 Km es recomendable usar el equivalente en “ $\pi$ ” o en “ $t$ ” en el cual se considera además el efecto de la capacidad de la línea. Por último, para líneas de gran longitud (por encima de 300 Km) debe establecerse la ecuación de la línea utilizando parámetros distribuidos, que tiene en cuenta la propagación de la onda de tensión y de corrientes a lo largo de la línea, resultando una ecuación en senos y cosenos hiperbólicos.

Para la presente línea, a pesar de tener una longitud inferior a 80 Km se representará el circuito monofásico equivalente en “ $\pi$ ” por ser este más exacto.

Las ecuaciones de parámetros distribuidos de la línea se representarán físicamente mediante el siguiente cuadripolo eléctrico:



Cuyas ecuaciones de parámetros serán:

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

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

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

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

Siendo:

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

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

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

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

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

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

$l$ : Longitud de la línea (km).

La impedancia característica de la línea es  $Z_c = 0,594088526$ .

La constante de propagación de la línea es  $\gamma = 20,19900988$ .



### ***3.2.1.11 Pérdidas por Efecto Corona***

Tal y como se recoge en el apdo. 4.3 de la ITC 07 del RLEAT, la comprobación del comportamiento de los conductores al efecto corona será preceptiva en las líneas de tensión superior a 66 kV. Asimismo, en aquellas líneas de tensión nominal entre 30 kV y 66 kV, ambas inclusive, que puedan estar próximas al límite inferior de dicho efecto, deber. realizarse la citada comprobación, por lo tanto, en la presente línea se ha comprobado.

Cuando el potencial del conductor de la línea es elevado, puede que el aire circundante quede ionizado y que se supere la rigidez dieléctrica de éste, perdiendo su capacidad como aislante y pasando a conducir, por lo que parte de los electrones que circulaban a través de la línea lo harán ahora a través del aire, dando lugar a una corriente de fuga.

Si el gradiente de potencial en la superficie del conductor alcanza este valor crítico se generan pérdidas de energía importantes al producirse una ruptura parcial del dieléctrico que es el aire.

En algunos conductores aéreos, el efecto es visible en la oscuridad, pudiéndose apreciar cómo quedan envueltos por un halo luminoso, azulado, de sección transversal circular, en forma de corona, razón por la cual este fenómeno recibe el nombre de efecto corona.

La tensión para la que el gradiente es igual a la rigidez dieléctrica del aire pero el efecto corona no es aun visible se llama tensión critica disruptiva. Aquella tensión para la cual los efluvios comienzan a ser visibles se llama tensión crítica visual. La tensión disruptiva es de valor menos que la visual. Para los cálculos de pérdida de potencia por efecto corona, se opera siempre con los valores de la disruptiva. Las pérdidas de potencia debidas al efecto corona empiezan a producirse desde el momento en que la tensión crítica disruptiva sea menos que la de la línea.



Por lo tanto, el efecto corona consiste en la pérdida de potencia a través del aire cuando la tensión en la línea supera la tensión crítica disruptiva. La tensión crítica disruptiva que presenta la línea queda definida mediante la fórmula de Peek:

$$U_c = 84 * m_c * \delta * m_t * r * \log\left(\frac{DMG}{r}\right)$$

Donde:

$U_c$ : tensión crítica disruptiva expresada en kV.

$m_c$ : coeficiente de rugosidad del conductor (0,87).

$m_t$ : coeficiente meteorológico (1 para tiempo seco y 0,8 para húmedo).

$r$ : radio del conductor expresado en cm.

DMG: distancia media geométrica entre fases expresada en cm.

$\delta$ : factor de corrección de la densidad del aire.

Y además:

$$r=1,09 \text{ cm}$$

$$DMG=269,49 \text{ cm por ser el caso más desfavorable}$$

El factor de corrección de la densidad del aire  $\delta$  depende de la altura sobre el nivel del mar a la que se encuentra la línea y se expresa de la siguiente manera:

$$\delta = \frac{273 + 25}{76} * \frac{h}{273 + \theta}$$

Donde:

$\theta$ : temperatura expresada en grados centígrados, correspondiente a la altitud del punto que se considere.

$h$ : presión barométrica expresada en centímetros de columna de mercurio.

Para hallar la presión barométrica se recurre a la fórmula de Halley, cuya expresión es la siguiente:

$$\log h = \log 76 - \frac{y}{18336}$$



Para la presente línea, situada en su totalidad en zona B, se ha considerado para los cálculos una altura de 657.72 m sobre el nivel del mar, por ser esta la altura más desfavorable de dicha línea. Esta altura es la correspondiente al apoyo Fin de línea PAS-30.

Operando:

$$\log h = \log 76 - \frac{657,72}{18336}$$

Se obtiene:  $h = 69,98$  cm.

El factor de corrección de la densidad del aire depende también de la temperatura, a continuación se muestra dicho factor en función de la temperatura máxima y mínima que puede haber en esta zona.

Considerando las siguientes temperaturas para la zona en la que se encuentra la línea:

- Temperatura máxima ( $\theta_{\text{máx}}$ ): 35.C
- Temperatura mínima ( $\theta_{\text{mín}}$ ): -15.C

El factor de corrección de la densidad del aire  $\delta$  ser. el siguiente:

$$\delta_{MAX} = \frac{3,921 * 69,98}{273 - 15} = 1,0637$$

$$\delta_{MIN} = \frac{3,921 * 69,98}{273 + 35} = 0,8910$$

Las tensiones críticas disruptivas máxima y mínima para tiempo seco y húmedo serán las que se detallan en la siguiente tabla:

	<i>Uc min. (kV)</i>	<i>Uc max. (kV)</i>
--	---------------------	---------------------



---

Tiempo húmedo	131,49	156,93
Tiempo seco	164,37	196,17

---

Según este resultado y teniendo en cuenta que la tensión más elevada definida por el reglamento de líneas eléctricas es de 72,5 kV, podemos concluir que no habrá efecto corona en ningún caso, ya que  $U < U_c$  siempre.

Ninguna de las tensiones críticas disruptivas de la tabla anterior es más pequeña que la tensión más elevada a la que estará sometida la línea, por lo que no habrá efecto corona y las pérdidas asociadas a este fenómeno serán nulas.

### 3.2.1.12 Potencia máxima de transporte

La potencia máxima que puede transportar la línea vendrá limitada por la intensidad máxima admisible del conductor o por la caída de tensión máxima que se fije y que, en general, no deberá exceder del 5 %.

En la presente línea, queda demostrado que la caída de tensión no excede en ningún caso el 5% por lo que la potencia máxima en este caso no queda limitada por la caída de tensión sino que quedará limitada por la intensidad máxima admisible.

La máxima potencia de transporte de la línea, limitada por la intensidad máxima admisible, se determinará mediante la siguiente expresión:

$$P_{max} = n' * n * \sqrt{3} * U * I_{adm} * \cos\varphi \text{ (MW)}$$

Siendo:

n: Número de circuitos

n': Número de conductores por fase

U: Tensión nominal compuesta de la línea (kV)



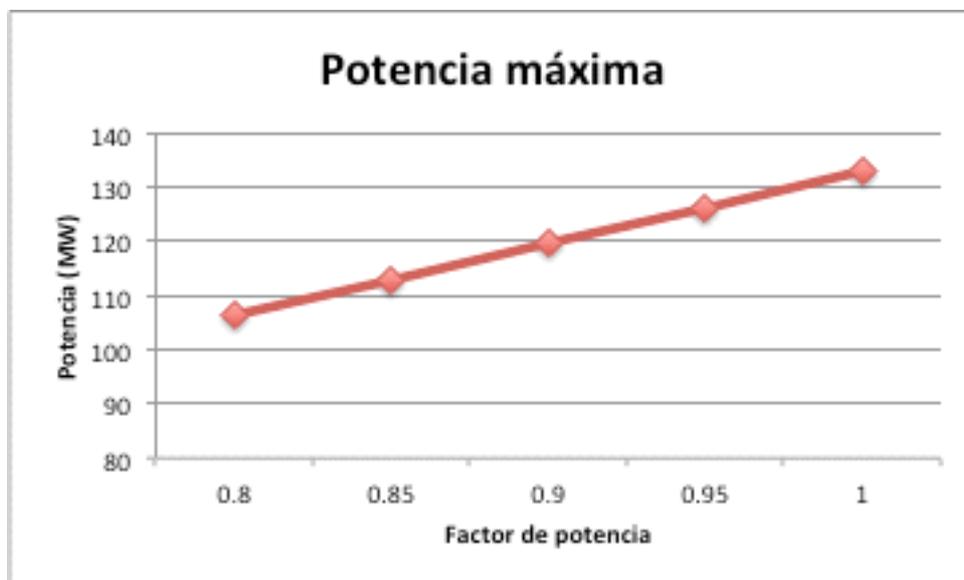
$I_{adm}$ : Intensidad máxima admisible del conductor (kA)

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

Así la potencia máxima en función del factor de potencia se muestra a continuación:

$\cos \varphi$	$P_{max}$ (MW)
0,8	106,3085
0,85	112,9528
0,9	119,5971
0,95	126,2414
1	132,8857

Gráficamente:



Puede observarse cómo entre un factor de potencia de 0,8 y uno de 0,9 hay una variación considerable de potencia máxima, de unos 15 MW, lo que refleja la importancia de tener factores de potencia cuanto más elevados, mejor.



### 3.2.1.13 Caída de tensión

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

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

Siendo:

$$U_2 = U_2 e^{0^\circ} \quad (kV)$$

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

$$I_2 = \frac{P}{\sqrt{3} |U_2| \cos(\varphi)} e^{\varphi^\circ} \quad (kA)$$

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

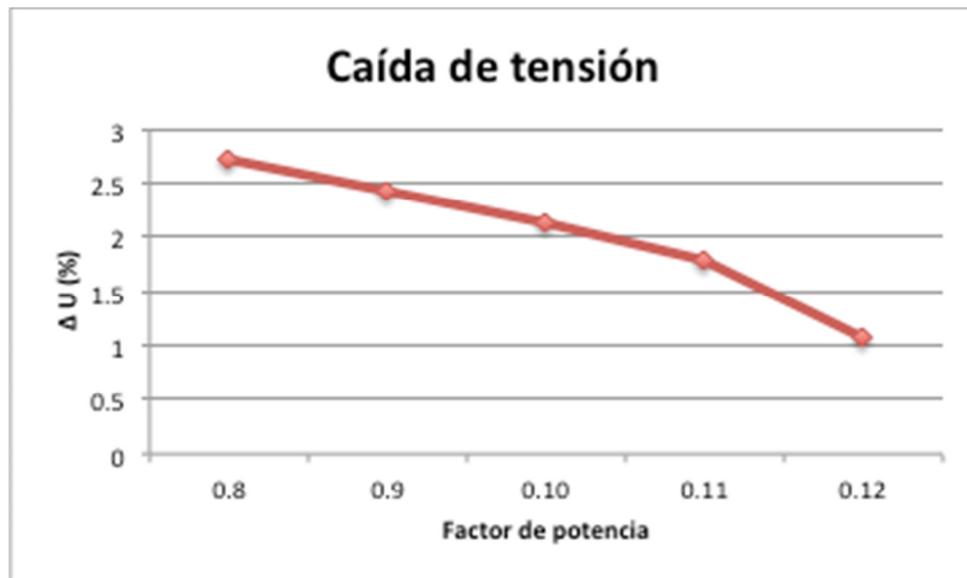
P: potencia máxima activa que transporta la línea (MVA).

Cos  $\varphi$ : factor de potencia de la carga receptora.

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

$\cos \varphi$	$\Delta U$ (%)
0,8	2.715713045
0,85	2.429100392
0,9	2.13111929
0,95	1.788655712
1	1,065424015

Gráficamente:



La caída de tensión en una línea no debe exceder el 5%. En la gráfica anterior, se puede observar que la caída de tensión se mantiene, para distintos factores de carga, por debajo de ese límite recomendado.

### 3.2.1.14 Pérdidas de potencia

Las pérdidas de potencia totales en la línea serán la suma de las pérdidas debidas al efecto corona y las pérdidas debidas al efecto Joule.

Las primeras dependen de condiciones climatológicas, tensión de la línea, altura sobre el nivel del mar, tipo de conductor empleado y configuración de la línea y como ya se ha demostrado en el presente proyecto, serán nulas para el funcionamiento de la línea.

Las segundas dependen de la intensidad de corriente de la línea y del estado de los aisladores y son determinadas a partir de la siguiente expresión:

$$\Delta P = 3 L R I^2$$



Donde:

- L: longitud de la línea expresada en km.
- R: resistencia por fase y por kilómetro.
- I: intensidad de la línea expresada en amperios.

Teniendo en cuenta que:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} U \cos \varphi}$$

Donde:

- P: potencia máxima de transporte expresada en kW.
- U: tensión compuesta expresada en kV.
- Cos  $\varphi$ : factor de potencia.

Se llega a la conclusión de que la pérdida de potencia en tanto por ciento ser. La obtenida a través de la siguiente ecuación:

$$\Delta P(\%) = \frac{P L R}{10 U^2 \cos^2 \varphi}$$

A continuación figura la tabla en la que consta el valor de las perdidas de potencia en función de los diferentes valores que puede tomar el factor de potencia:

<i>Cos <math>\varphi</math></i>	<i><math>\Delta P</math> (MW)</i>
0,8	3,5395
0,85	3,3313
0,9	3,1462

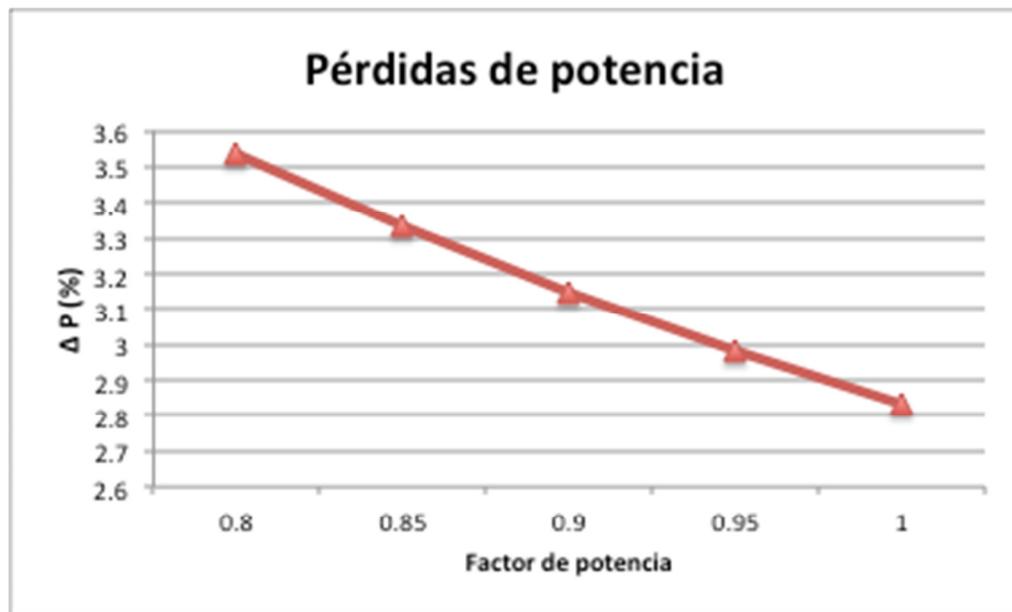


---

0,95	2,9806
1	2,8316

---

Y gráficamente:





---

### 3.3 CÁLCULOS ELÉCTRICOS TRAMO SUBTERRÁNEO

---

#### 3.3.1.1 Características generales de la instalación

<i>Sistema</i>	<i>Corriente alterna trifásica</i>
<i>Frecuencia (Hz)</i>	50
<i>Tensión nominal (KV)</i>	66
<i>Tensión más elevada de la red (KV)</i>	72,5
<i>Potencia máxima de transporte (MVA)</i>	290,4
<i>Tipo de conductor</i>	Al630 + H165 Cu
<i>Tipo de canalización</i>	Hormigonada bajo tubo
<i>N° de circuitos</i>	2
<i>N° de conductores por fase</i>	1
<i>Longitud (m)</i>	1200
<i>Origen</i>	Apoyo PAS N° 30
<i>Tipo de conexión</i>	CROSS BONDED CON TRASPOSICIÓN

Tal y como dicta el RLEAT en la ITC 06 para tensiones superiores a 30 kV el proyectista será el encargado de determinar y justificar las condiciones de la instalación. Dado que este es el caso que nos ocupa así se hará.



<i>Tensión (KV)</i>	<i>Disposición de los conductores</i>	<i>Profundidad de la excavación (mm)</i>	<i>Anchura de la excavación (mm)</i>
66	Tresbolillo	1250	1400

<i>Profundidad de los conductores (mm)</i>	<i>Separación de los conductores (mm)</i>
1150	132,4

El trazado de la línea subterránea comenzará en el apoyo 30 en el que a través de las botellas terminales y la protección de las autoválvulas pasará a ir directamente enterrado.

La canalización estará compuesta por los siguientes estratos en altura decreciente:

- De 0 a 150 mm se repondrá con pavimento, en este caso al discurrir por caminos de arena, se utilizará la propia arena de la excavación.
- De 150 a 800 mm se rellenará la zanja con arena de la propia excavación compactada hasta lograr una compactación mínima de 95% del Proctor Modificado (P.M). A los 350 mm se dispondrá de una cinta señalizadora de la línea de alta tensión.
- De 800 a 1250 mm se rellenará la zanja con arena de la propia excavación. A los 1150 mm se colocará la terna de cables en tresbolillo y sobre esta se sobrepondrá una placa protectora de PVC.

Se realizarán trasposiciones de la situación de cada fase (a los 413m (L/3) y a los 827m (2L/3) del inicio de la línea) para igualar los parámetros eléctricos que verá cada fase. El sistema de conexión de las pantallas como se expondrá a continuación será cross-bonded con trasposición.

### **3.3.1.2 Datos del cable**

Las características del conductor subterráneo a instalar son las siguientes:



<i>TIPO</i>	<i>Aluminio 630</i>
Material de conductor	Aluminio
Material de la pantalla	Cobre
Material del aislamiento	Polietileno Reticulado (XLPE)
Sección del conductor (mm <sup>2</sup> )	630
Sección de la pantalla (mm <sup>2</sup> )	165
Diámetro del conductor (mm)	34,2
Diámetro exterior del cable (mm)	64,0
Peso aproximado (kg/m)	5,500
Radio mínimo de curvatura instalado (mm)	1.300

El conductor llevar. inscrito sobre la cubierta, de forma indeleble y fácilmente legible, las marcas siguientes:

- nombre del fabricante y/o marca registrada
- designación completa del cable
- año de fabricación (dos últimas cifras)
- indicación de calidad concertada, cuando la tenga
- identificación para la trazabilidad (nº de partida u otro)

La separación entre marcas no será superior a 30 cm.

### **3.3.1.3 Resistencia**

La resistencia del conductor por unidad de longitud se calcula para corriente alterna según la siguiente expresión (en función de la temperatura  $\theta$ ):

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



en la que:

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

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

$y_s$ : Factor de efecto pelicular

Como se desprende de las expresiones dadas, en el cálculo de la resistencia en corriente alterna se debe tener en cuenta el valor de la resistencia en corriente continua. El valor de la resistencia en corriente continua en un conductor es inferior al de la corriente alterna debido al efecto pelicular  $y_s$  (skin) y en su caso, el efecto de proximidad  $y_p$ .

El efecto pelicular o skin  $y_s$ , provoca una reducción efectiva de la sección del conductor debido al desplazamiento de corriente hacia la periferia del mismo produciendo un incremento de la resistencia eléctrica en un orden de magnitud, habitualmente no superior al 4%. Además, en un haz de conductores existe el efecto de proximidad creado por la influencia de la corriente de conductores del haz que también provocan una reducción efectiva de la sección. Este efecto no ha sido tenido en cuenta por ser despreciable en líneas áreas.

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

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

Donde:

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

$R'_{20}$ : Resistencia del conductor con corriente continua a la temperatura de  $20^{\circ}\text{C}$  (W/km)



$\alpha_{20}$ : Coeficiente de variación a 20 °C de la resistividad en función de la temperatura (°C)

$\theta$ : Temperatura de servicio (°C)

Teniendo en cuenta que la forma de obtener  $R'_{20}$  varía respecto al tramo aéreo:

$$R'_{20} (\Omega/\text{km}) = \frac{\rho_{AL}}{S} = 0,0448 \Omega/\text{km}$$

Siendo:

$\rho_{AL}$  la resistividad del aluminio, medida en  $\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{km}$ .

S sección del conductor, medida en  $\text{mm}^2$ .

$$\alpha_{20} (\text{°C}^{-1}) = 3,9301\text{E-}03$$

El valor del efecto pelicular se calcula como:

$$y_s = \frac{x_s^4}{192 + (0,8 + x_s^4)}$$

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

Con  $f$  como la frecuencia (50 Hz) y  $R'_\theta$  la resistencia del conductor con corriente continua a la temperatura  $\theta$  °C ( $\Omega/\text{km}$ )

Si tenemos en cuenta todo lo anterior se obtienen los siguientes valores (para varias temperaturas) para cada uno de los circuitos de la línea:

TEMPERATURA	$R' (\Omega/\text{Km})$	$R$ simple circuito ( $\Omega/\text{Km}$ )
90	0.006371556	0.057344
80	0.006172444	0.055552

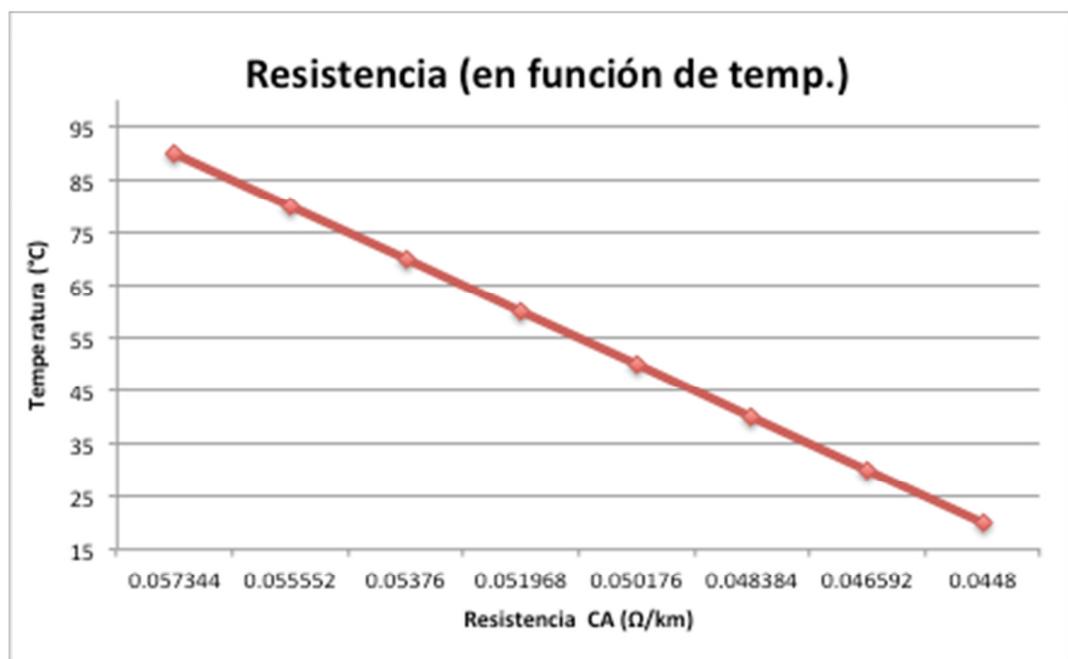


---

70	0.005973333	0.05376
60	0.005774222	0.051968
50	0.005575111	0.050176
40	0.005376	0.048384
30	0.005176889	0.046592

---

Podemos ver cómo varía la resistencia del conductor en función de la temperatura en el siguiente gráfico:



### 3.3.1.4 Reactancia

La reactancia de la línea, por unidad de longitud y por fase, para líneas equilibradas se determina mediante la expresión:

$$X = 2 \pi f L \left[ \frac{\Omega}{\text{Km}} \right]$$



Por tanto puede observarse que el valor de la reactancia depende de la inducción, fuerza electromagnética que se crea en un conductor al ser recorrido por una corriente alterna senoidal que es proporcional a la velocidad de variación de la corriente. El coeficiente de inducción mutua o L puede calcularse como:

$$L = \left( \frac{1}{2} + 2 \log \frac{2 DGM}{d_c} \right) 10^{-4}$$

donde:

DMG: Distancia media geométrica entre conductores (mm).

$$DMG = \sqrt[2]{d_1 d_2 d_3} [mm]$$

$d_c$ : diámetro del conductor.

f: Frecuencia de la red (50 Hz).

Por tanto de las anteriores expresiones podemos extraer:

$$L = \left( \frac{1}{2} + 2 \log \frac{2 DGM}{d_c} \right) 10^{-4} = \left( \frac{1}{2} + 2 \log \frac{2 \cdot 0,16}{30,7 \cdot 10^{-3}} \right) 10^{-4} = 3,214 \cdot 10^{-4} \text{ (H/km)}$$

En consecuencia la reactancia por kilómetro valdrá:

$$X_K = 2 \pi f L = 2 \pi 50 3,214 \cdot 10^{-4} = 0,1037 \left[ \frac{\Omega}{km} \right]$$

Y la reactancia total del tramo subterráneo la obtenemos multiplicando por la longitud, 1,200 kilómetros:

$$X_K = 0,1244 \Omega$$



### 3.3.1.5 Capacidad

La capacidad por unidad de longitud la obtenemos como:

$$C_k = \frac{\varepsilon}{18 \log \left( \frac{2 t_1}{d_c} \right)} \left[ \frac{F}{Km} \right]$$

Donde:

$d_c$ : diámetro del conductor

$\varepsilon$ : permitividad relativa del aislante

$t_1$ : espesor del aislamiento

Los valores del factor de pérdidas de aislamientos y de la permitividad dieléctrica relativa se pueden aproximar según la norma a los valores de referencia:

$$\varepsilon = 2,5$$

$$C_k = \frac{\varepsilon}{18 \log \left( \frac{2 t_1}{d_c} \right)} = \frac{2.5}{18 \log \left( 1 + \frac{2 \cdot 10,76}{28,332} \right)} = 0,247 \cdot 10^{-6} F/Km$$

### 3.3.1.6 Caída de tensión

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

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

Siendo:

$$U_2 = U_2 e^{0^\circ} \quad (kV)$$

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

$$I_2 = \frac{P}{\sqrt{3} |U_2| \cos(\varphi)} e^{\varphi^\circ} \quad (kA)$$



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

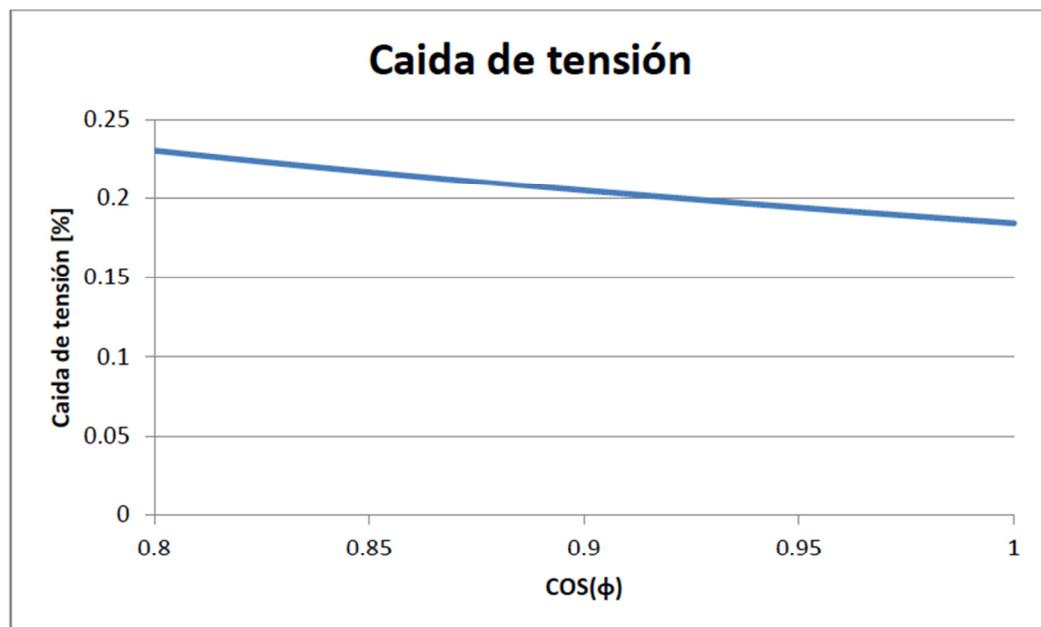
P: potencia máxima activa que transporta la línea (MVA).

Cos  $\varphi$ : factor de potencia de la carga receptora.

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

$\text{Cos } \varphi$	$\Delta U (\%)$
0,8	0,00834
0,85	0,00808
0,9	0,00787
0,95	0,00759
1	0,00711

Gráficamente:





La caída de tensión en una línea subterránea es considerablemente menor que en una línea aérea, como nos muestra el gráfico. Estos valores oscilan entre el 0,05 y el 0,02%, por lo que la caída de tensión es casi despreciable.

### **3.3.1.7 Potencia máxima de transporte**

La potencia máxima que puede transportar la línea vendrá limitada por la intensidad máxima admisible del conductor o por la caída de tensión máxima que se fije y que, en general, no deberá exceder del 5 %.

En la presente línea, queda demostrado que la caída de tensión no excede en ningún caso el 5% por lo que la potencia máxima en este caso no queda limitada por la caída de tensión sino que quedará limitada por la intensidad máxima admisible.

La máxima potencia de transporte de la línea, limitada por la intensidad máxima admisible, se determinará mediante la siguiente expresión:

$$P_{max} = n' * n * \sqrt{3} * U * I_{adm} * \cos\varphi \text{ (MW)}$$

Siendo:

n: Número de circuitos

n': Número de conductores por fase

U: Tensión nominal compuesta de la línea (kV)

I<sub>adm</sub>: Intensidad máxima admisible del conductor (kA)

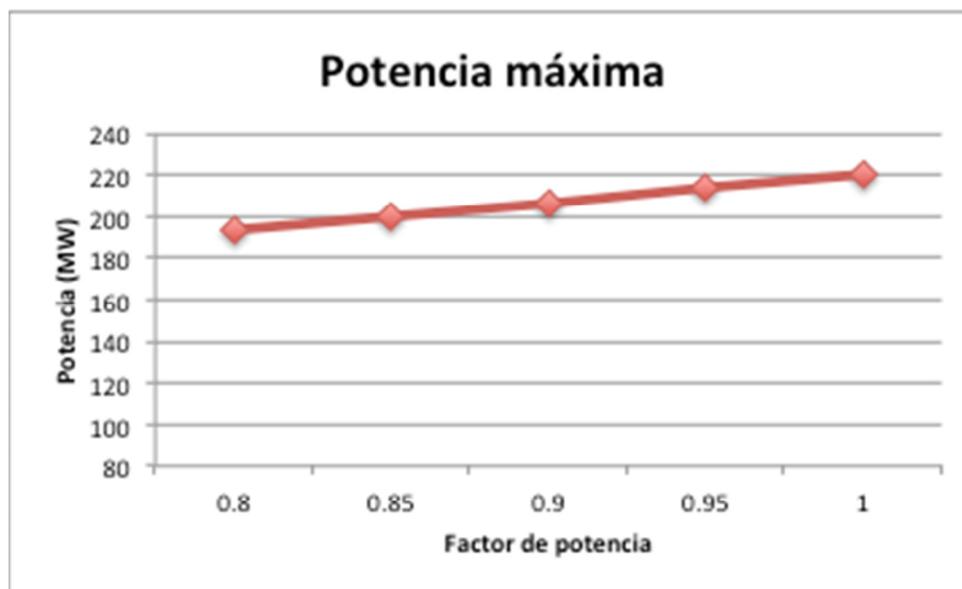
Cos φ: Factor de potencia de la carga receptora

Así la potencia máxima en función del factor de potencia se muestra a continuación:



$\cos \varphi$	$P_{max}$ (MW)
0,8	193.308523
0,85	199.9528057
0,9	206.5970884
0,95	213.2413711
1	219.8856538

Gráficamente:



Puede observarse cómo entre un factor de potencia de 0,8 y uno de 0,9 hay una variación considerable de potencia máxima, de unos 20 MW, lo que refleja la importancia de tener factores de potencia cuanto más elevados, mejor.

### 3.3.1.8 Pérdidas de potencia (W/m)

Las pérdidas de potencia totales en la línea serán la suma de las pérdidas debidas al efecto corona y las pérdidas debidas al efecto Joule.



Las primeras dependen de condiciones climatológicas, tensión de la línea, altura sobre el nivel del mar, tipo de conductor empleado y configuración de la línea y como ya se ha demostrado en el presente proyecto, serán nulas para el funcionamiento de la línea.

Las segundas dependen de la intensidad de corriente de la línea y del estado de los aisladores y son determinadas a partir de la siguiente expresión:

$$\Delta P = 3 L R I^2$$

Donde:

- L: longitud de la línea expresada en km.
- R: resistencia por fase y por kilómetro.
- I: intensidad de la línea expresada en amperios.

Teniendo en cuenta que:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} U \cos \varphi}$$

Donde:

- P: potencia máxima de transporte expresada en kW.
- U: tensión compuesta expresada en kV.
- Cos  $\varphi$ : factor de potencia.

Se llega a la conclusión de que la pérdida de potencia en tanto por ciento ser. La obtenida a través de la siguiente ecuación:

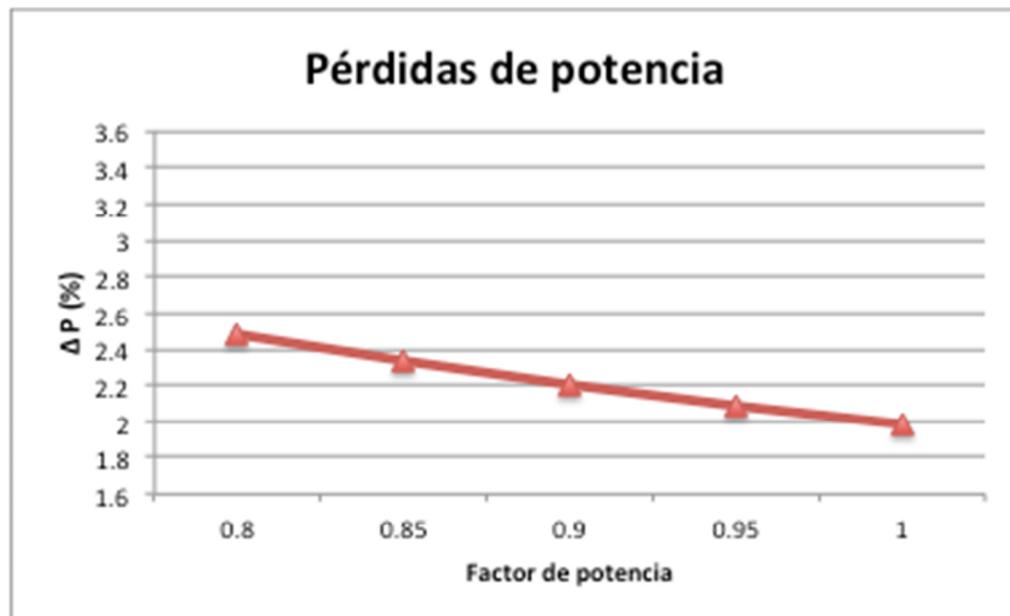
$$\Delta P(\%) = \frac{P L R}{10 U^2 \cos^2 \varphi}$$



A continuación figura la tabla en la que consta el valor de las pérdidas de potencia en función de los diferentes valores que puede tomar el factor de potencia:

$\cos \varphi$	$\Delta P$ (MW)
0,8	3.53948917
0,85	3.33128392
0,9	3.14621259
0,95	2.98062245
1	2.83159133

Y gráficamente:





---

### 3.4 CÁLCULOS ELÉCTRICOS TOTALES

---

Partiendo de las longitudes expuestas anteriormente se pueden determinar los siguientes parámetros:

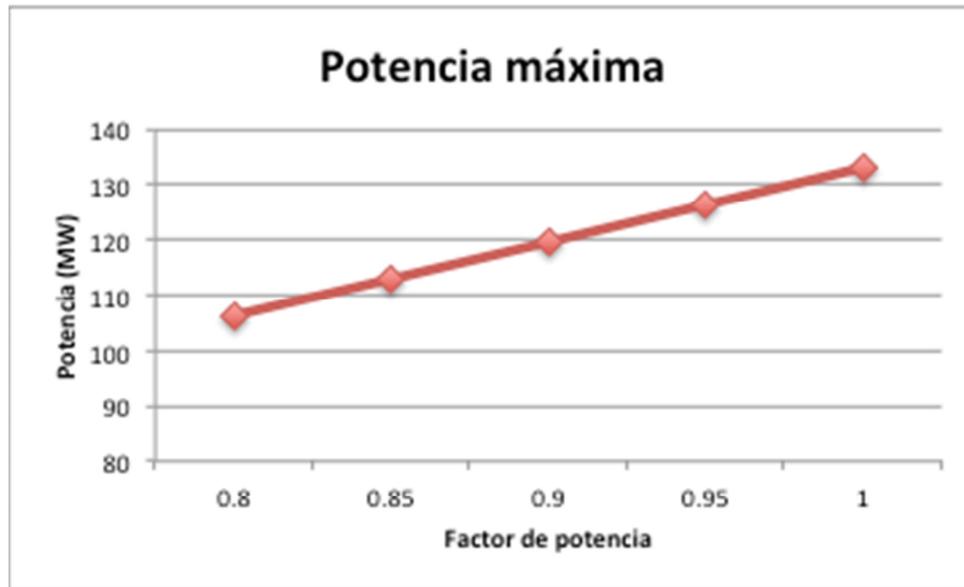
	<i>Aéreo</i>	<i>Subterráneo</i>
Resistencia [ $\Omega/\text{km}$ ]	0,06695	0,06695
Inductancia [ $\text{H}/\text{km}$ ]	0,000661	0,000661
Capacidad [ $\text{F}/\text{km}$ ]	$0,247 \cdot 10^{-6}$	$0,247 \cdot 10^{-6}$

#### 3.4.1.1 Potencia máxima transportable

La potencia máxima transportable total será:

<i>Cos <math>\varphi</math></i>	<i>P<sub>max</sub> (MW)</i>
0,8	106,3085
0,85	112,9528
0,9	119,5971
0,95	126,2414
1	132,8857

Gráficamente:

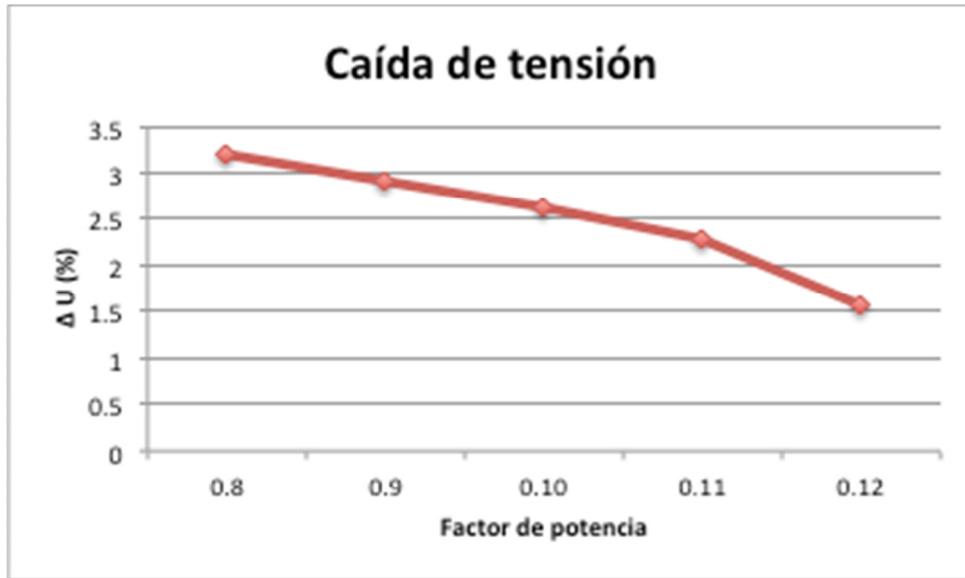


### 3.4.1.2 Caída de tensión

La caída de tensión total en la línea según el factor de potencia será:

$\cos \varphi$	$\Delta U$ (%)
0,8	3.22421
0,85	2.91430
0,9	2.60122
0,95	2.23005
1	1.45112

Gráficamente:

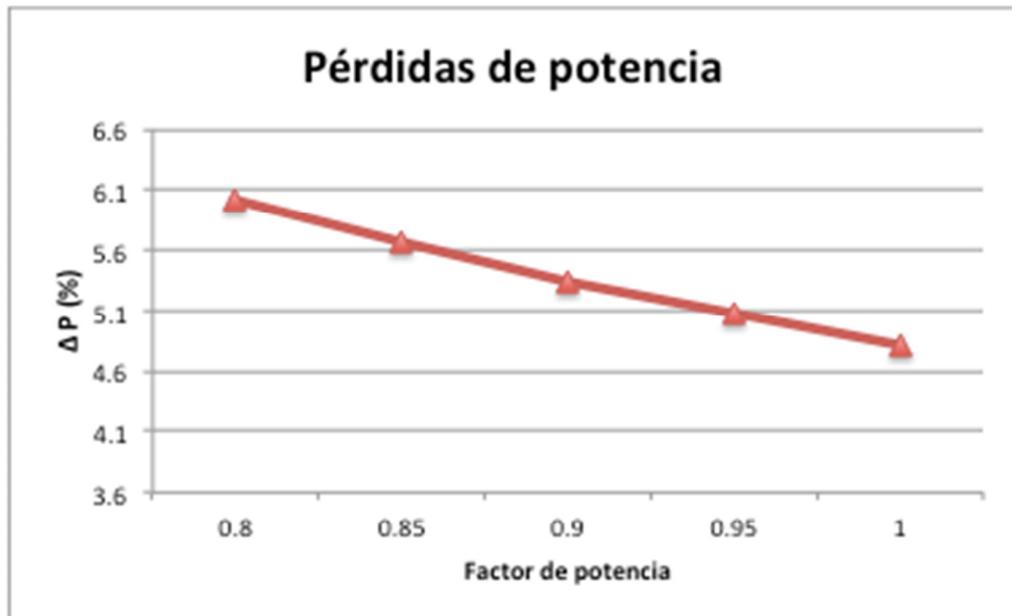


### 3.4.1.3 Pérdidas de potencia

Las pérdidas totales de la línea serán:

$\cos \varphi$	$P_{perd}$ (MW)
0,8	6.014656
0,85	5.660853
0,9	5.346361
0,95	5.0649738
1	4.811725

Y gráficamente



### 3.5 CÁLCULOS MECÁNICOS

#### 3.5.1 Cálculo mecánico de conductores y cable de tierra

En este apartado se incluirá todo lo relativo a esfuerzos que sufrirán los conductores, cable de tierra y en las condiciones en las que se producirán .

##### 3.5.1.1 Características de la línea

Las principales características de la línea son:

<i>Sistema</i>	<i>Corriente alterna trifásica</i>
Tensión nominal [kV]	66
Tensión más elevada [kV]	72,5
Nº de circuitos	2
Nº de subconductores por fase	1



---

Longitud [m]	9.320
Zona de aplicación	ZONA B
Velocidad máxima del viento [km/h]	120
Categoría	2ª CATEGORIA

---

### 3.5.1.2 Características del conductor y del cable de tierra

Las principales características del conductor elegido son:

Tipo.....	LA-280 HAWK
Material.....	Aluminio - Acero
Composición (mm) .....	26 + 7
Diámetro cable completo (mm) .....	21.8
Sección total (mm <sup>2</sup> ) .....	281,1
Peso (daN/m) .....	0,957
Carga de rotura (daN) .....	8.489
Módulo de elasticidad (daN/m <sup>2</sup> m) .....	7.500
Coefficiente de dilatación lineal (°C <sup>-1</sup> ) .....	18,9 10 <sup>-6</sup>
Resistencia eléctrica a 20°C (Ω/Km) .....	0,1194
Intensidad máxima admisible.....	573

Las principales características del cable de guarda elegido son:

Tipo.....	OPGW
Material.....	Aluminio - AW
Composición (mm) .....	13 + 9,5
Diámetro cable completo (mm) .....	15,0



Sección total (mm <sup>2</sup> ) .....	120,2
Peso (daN/m) .....	0,476
Carga de rotura (daN) .....	11.320
Módulo de elasticidad (daN/m <sup>2</sup> m) .....	8.100
Coefficiente de dilatación lineal (°C <sup>-1</sup> ) .....	18,9 10 <sup>-6</sup>

### **3.5.1.3 Acciones a considerar**

El estudio mecánico de los conductores y del cable de tierra se realizará según las prescripciones del apartado 3.2 de la ITC-07 del RLEAT partiendo de las hipótesis que se muestran a continuación. Estas se han dividido en dos grandes grupos (límite estático y límite dinámico) según su origen, aunque también se estudiarán otras hipótesis que ayudarán a estudiar la flecha máxima.

#### **3.5.1.3.1 Límites estáticos**

Tal y como prescribe la ITC-07 del RLEAT la tracción máxima a la que se le puede someter a un conductor no será superior a la carga de rotura del conductor entre un factor seguridad que no será menor de 2.5 (En este caso se ha tomado como factor de seguridad 3,5).

<i>Cable</i>	<i>Carga de rotura [daN]</i>	<i>Coefficiente de seguridad</i>	<i>Tensión máxima [daN]</i>
LA-280	8.489	3,5	2426
OPGW	11.340	3,5	3240

Dado que la línea discurre por zona B (entre 500 y 1000 metros) y la tensión de la línea el RLEAT obliga a considerar tres hipótesis: sobrecarga de viento, sobrecarga de hielo y sobrecarga de hielo más viento.

<i>Hipótesis</i>	<i>Temperatura</i>	<i>Sobrecarga</i>



---

Tracción máxima viento	-10	Viento a 120 km/h
Tracción máxima hielo	-15	Hielo
Tracción máxima hielo más viento	-15	Hielo y viento a 60 km/h

---

A continuación se explicarán las sobrecargas más detenidamente:

### SOBRECARGA DE VIENTO

Siguiendo el apartado 3.1.2 de la ITC-07 del RLEAT, la sobrecarga de viento en un cable dependerá del diámetro del conductor y de la velocidad del viento.

En el caso del conductor, como el diámetro es mayor a 16mm el cálculo de la presión de viento se realizara con la siguiente expresión:

$$q = 50 * \left(\frac{v_v}{120}\right)^2$$

Para el caso del cable de tierra, como su diámetro es menor de 16 mm se utiliza una expresión diferente para el cálculo de la presión de viento:

$$q = 60 * \left(\frac{v_v}{120}\right)^2$$

Donde:

q: Presión del viento [daN/m<sup>2</sup>]

v<sub>v</sub>: Velocidad del viento [km/h].

El viento será 120 km/h para la hipótesis de viento ya que nos encontramos en la segunda categoría y de 60km/h para la hipótesis de hielo más viento.

Para calcular la sobrecarga de viento se seguirá la siguiente expresión:

$$p_v = q * \frac{d}{1000}$$



Donde:

$p_v$ : Sobrecarga de viento [daN/m]

$q$ : Presión del viento [daN/m<sup>2</sup>]

$d$ : Diámetro del cable (incluyendo diámetro de hielo si lo hubiese) [mm]

Se compondrá con el resto de sobrecargas existentes verticales como el peso propio del cable y el hielo en el caso de que la hipótesis así lo requiera con la siguiente expresión:

$$p_{TOT} = \sqrt{p_{viento} + p_{vertical}} \quad [daN/m]$$

### SOBRECARGA DE HIELO

Siguiendo el apartado 3.1.3 de la ITC-07 del RLEAT y tomando como base que nos encontramos en una zona B, la expresión para calcular la sobrecarga de hielo tanto en conductores como en cables de tierra será la siguiente:

$$p_h = 0.18 \sqrt{d}$$

Siendo:

$p_h$ : Sobrecarga de hielo del cable [daN/m]

$d$ : Diámetro del cable [mm]

Para contar con la sobrecarga vertical total del cable se deberá tener en cuenta el peso del propio cable:

$$p_{vertical} = p_v + p_{cable} \quad [daN/m]$$

En el caso de que se quiera obtener el espesor del manguito de hielo (ya que es necesario calcularlo para la hipótesis de viento) se tomará 750 kg/m<sup>3</sup> como densidad del hielo del manguito y se procederá a una resta de volúmenes.

Se podrán ver los resultados de estos cálculos en las tablas del final de este apartado.



### ***3.5.1.3.2 Límites dinámicos***

Los límites dinámicos tendrán como objetivo el estudio de los fenómenos vibratorios. Es por ello que surja la hipótesis de EDS que se formulará para 15 °C y sin sobrecarga de ningún tipo. El porcentaje de la tensión que se tenga en esta hipótesis será importante marcando el efecto de fenómenos vibratorios en la línea. En este caso se ha optado por que los conductores no superen el 24% de tracción en dichas condiciones y el 23.5% para los cables de guarda.

Se podrán ver los resultados de estos cálculos en las tablas del final de este apartado.

### ***3.5.1.3.3 Flecha máxima de conductores y cable de tierra***

Partiendo del apartado 3.2.3 de la ITC-07 del RLEAT se estudiarán tres hipótesis de flecha máxima según el origen del fenómeno.

#### **HIPOTESIS DE VIENTO**

Se contará con el mismo peso aparente que en la hipótesis de tracción máxima de viento y sin ninguna sobrecarga adicional, pero en este caso la temperatura será de 15°C.

#### **HIPOTESIS DE HIELO**

Al igual que en la hipótesis de viento, se contará con el mismo peso aparente que en la hipótesis de tracción máxima de hielo y sin ninguna sobrecarga adicional, pero la temperatura considerada será de 0°C.

#### **HIPOTESIS DE TEMPERATURA**

En este caso no se contará con ninguna sobrecarga. Según el apartado 3.2.3 del RLEAT se contará con una temperatura mínima de 50°C pero en el caso que nos ocupa tomaremos como temperatura máxima de la explotación 85°C dado que suele ser la temperatura máxima de explotación de las redes de transporte.

Se podrán ver los resultados de estos cálculos en las tablas del final de este apartado.



#### ***3.5.1.3.4 Flecha mínima de conductores y cable de tierra***

En este caso se contará con una hipótesis que no tendrá ningún tipo de sobrecarga y que la temperatura será la mínima que contemple la zona de estudio de la línea, en este caso serán  $-15^{\circ}\text{C}$  ya que se localiza en zona B.

Se podrán ver los resultados de estos cálculos en las tablas del final de este apartado.

#### ***3.5.1.3.5 Desviación de cadenas***

Se contará con una presión de viento igual a la mitad de la de flecha máxima producida por el viento y a la temperatura de la hipótesis de tracción máxima de viento ( $-10^{\circ}\text{C}$  en nuestro caso).

A continuación se mostrarán las tablas de resultantes.



# TABLAS DE RESULTANTES



### RESULTANTES PARA LAS DIFERENTES HIPÓTESIS DEL CONDUCTOR LA-280

TABLA DE RESULTANTES DEL CONDUCTOR									
Hipótesis	Temperatura (°C)	Sobrecarga hielo		Sobrecarga viento				Peso conductor (N/m)	Resultante (N/m)
		Espesor manguito (mm)	Peso hielo (N/m)	Velocidad viento (m/s)	Presión viento (N/m <sup>2</sup> )	Diámetro incluido manguito (mm)	Sobrecarga viento (N/m)		
Tracción máxima viento	-10	0.00	0.00	120	500.00	21.80	10.90	9.76	14.63238
Tracción máxima hielo	-15	10.91	8.40	0	0.00	43.61	0.00	9.76	18.16628
Tracción máxima hielo + viento	-15	10.91	8.40	60	125.00	43.61	5.45	9.76	18.96662
EDS	15	0.00	0.00	0	0.00	21.80	0.00	9.76	9.76200
Flecha máxima temperatura 1	50	0.00	0.00	0	0.00	21.80	0.00	9.76	9.76200
Flecha máxima temperatura 2	85	0.00	0.00	0	0.00	21.80	0.00	9.76	9.76200
Flecha máxima viento	15	0.00	0.00	120	500.00	21.80	10.90	9.76	14.63238
Flecha máxima hielo	0	10.91	8.40	0	0.00	43.61	0.00	9.76	18.16628
Flecha mínima	-15	0.00	0.00	0	0.00	21.80	0.00	9.76	9.76200
Desviación de cadenas	-5	0.00	0.00	85	250.87	21.80	5.47	9.76	11.18954
Control de vibraciones	-5	0.00	0.00	0	0.00	21.80	0.00	9.76	9.76200



### RESULTANTES PARA LAS DIFERENTES HIPÓTESIS DEL CABLE DE TIERRA OPGW

CABLE DE TIERRA OPGW									
Hipótesis	Temperatura (°C)	Sobrecarga hielo		Sobrecarga viento				Peso conductor (N/m)	Resultante (N/m)
		Espesor manguito (mm)	Peso hielo (N/m)	Velocidad viento (m/s)	Presión viento (N/m <sup>2</sup> )	Diámetro incluido manguito (mm)	Sobrecarga viento (N/m)		
Tracción máxima viento	-10	0.00	0.00	120	600.00	15.00	9.00	4.76	10.18124
Tracción máxima hielo	-15	11.26	6.97	0	0.00	37.53	0.00	4.76	11.73137
Tracción máxima hielo + viento	-15	11.26	6.97	60	150.00	37.53	5.63	4.76	13.01216
EDS	15	0.00	0.00	0	0.00	15.00	0.00	4.76	4.76000
Flecha máxima temperatura 1	50	0.00	0.00	0	0.00	15.00	0.00	4.76	4.76000
Flecha máxima temperatura 2	85	0.00	0.00	0	0.00	15.00	0.00	4.76	4.76000
Flecha máxima viento	15	0.00	0.00	120	600.00	15.00	9.00	4.76	10.18124
Flecha máxima hielo	0	11.26	6.97	0	0.00	37.53	0.00	4.76	11.73137
Flecha mínima	-15	0.00	0.00	0	0.00	15.00	0.00	4.76	4.76000
Desviación de cadenas	-5	0.00	0.00	85	301.04	15.00	4.52	4.76	6.56113
Control de vibraciones	-5	0.00	0.00	0	0.00	15.00	0.00	4.76	4.76000



### 3.5.1.3.6 Tracciones

El primer paso a la hora de realizar los cálculos de las tracciones es partir del concepto de vano regulador, para ello es necesario partir del término “cantón”. Un cantón será el conjunto de vanos que están fijados a los apoyos en sus extremos mediante grapas de amarre mientras que los intermedios lo estarán mediante suspensiones.

En el caso en que el cálculo de las tensiones y flechas se hiciese de modo independiente para cada uno de los vanos del tramo, en función de las diferentes longitudes de los vanos, habría que tensar de manera distinta en vanos contiguos, pero como los cables cuelgan de cadenas de aisladores de suspensión, las diferencias de tensión quedarían automáticamente anuladas por las inclinaciones que en sentido longitudinal tomarían dichas cadenas.

El vano regulador se calculará con la siguiente expresión:

$$a_r = \frac{\sum \frac{b_i^3}{a_i^2}}{\sum \frac{b_i^2}{a_i}} \sqrt{\frac{\sum a_i^3}{\sum \frac{b_i^2}{a_i}}}$$

Siendo:

a: Longitud del vano [m]

b: Distancia real entre los puntos de sujeción del conductor [m]

Una vez calculado el vano regulador se ha calculado la tracción en el punto medio del vano con la siguiente expresión:

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

Siendo:



T<sub>B</sub>: Tracción máxima que se va a dar en el cable [daN]

p: Resultante del cable en la condición considerada [daN/m]

d: Desnivel vertical entre puntos de sujeción [m]

b: Distancia real entre los puntos de sujeción del conductor [m]

La tracción en el punto medio y la tracción horizontal de un vano desnivelado vendrán relacionados según la siguiente expresión:

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

Siendo:

T<sub>mo</sub>: Tracción horizontal [daN]

T<sub>m</sub>: Tracción en el punto medio del vano [daN]

a: Longitud del vano [m]

b: Distancia real entre los puntos de sujeción del conductor [m]

La tracción horizontal máxima elegida será la menor de las tracciones horizontales anteriores. Una vez que elegida se calculará la tracción por unidad de superficie a través de la siguiente expresión:

$$t = \frac{T_{mo \min} \Gamma}{S} \left[ \frac{daN}{mm^2} \right]$$

$$\Gamma = \frac{\sum \frac{b_i^3}{a_i^2}}{\sum \frac{b_i}{a_i}}$$

Siendo:

S: Superficie del conductor [mm<sup>2</sup>]

T<sub>mo min</sub>: Tracción horizontal mínima [daN]



a: Longitud del vano [m]

b: Distancia real entre los puntos de sujeción del conductor [m]

Para calcular las tracciones en las diferentes condiciones de equilibrio en una serie, debemos aplicar la ecuación de cambio de condiciones a una longitud de vano igual al vano regulador. Esta ecuación de cambio de condiciones vendrá definida por la siguiente expresión:

$$L_2 - L_1 = L * \alpha * (\theta_2 - \theta_1) + L * t_2 - t_1 * E * S$$

Siendo:

L: Longitud del arco de la catenaria del vano [m]

L<sub>1</sub>, L<sub>2</sub>: Longitud del cable a la temperatura inicial y final [m]

θ<sub>1</sub>, θ<sub>2</sub>: Temperatura inicial y final [°C]

t<sub>1</sub> y t<sub>2</sub>: Tensión del cable [daN/mm<sup>2</sup>]

α: Coeficiente de dilatación lineal del cable [°C<sup>-1</sup>]

E: Modulo de elasticidad del cable [daN/mm<sup>2</sup>]

S: Sección del cable [mm<sup>2</sup>]

a: Longitud del vano [m]

ω: Peso del cable [daN/mm<sup>2</sup>]

De esta ecuación obtenemos:

$$t_2^2 * [t_2 + A] = B$$

Siendo:

$$A = \alpha * E * (\theta_2 - \theta_1) + k$$

$$K = \frac{a_2 E m_1^2 \omega^2}{24 t_1^2} - t_1$$



$$B = \frac{a_2 E m_2^2 \omega^2}{24}$$

Donde 'm' es el coeficiente de sobrecarga, que viene definido por

$$m = \frac{p_{AP}}{p}$$

Siendo:

$p_{ap}$ : Peso aparente [kg/m]

$p$ : Peso propio del conductor [daN/m]

$E$ : Módulo de elasticidad del conductor [daN/m]

$\alpha$ : Coeficiente de dilatación lineal del cable [°C<sup>-1</sup>]

$\omega$ : Peso del cable [daN/mm<sup>2</sup>]

$a$ : Longitud del vano [m]

En los cinco cantones de este proyecto se ha partido de la hipótesis más desfavorable (hielo más viento en este caso) como condición inicial en la ecuación de cambio de condiciones, a partir de esta se han realizado el resto de hipótesis.

La flecha del conductor se calculará con la siguiente expresión:

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

Siendo:

$p$ : Peso propio del conductor [daN/m]

$T$ : Tracción [daN]

$a$ : Longitud del vano [m]

$b$ : Distancia real entre los puntos de sujeción del conductor [m]

A continuación se muestran las tablas del cálculo de las tracciones en cada cantón para el conductor y el cable de guarda.

Tras las tablas de tracciones por cantones se encuentran las tablas de tendido que muestran las tracciones y flecha a emplear para las distintas condiciones de temperatura en el momento del tendido. Estas están calculadas sin sobrecarga.



# TABLAS DE TRACCIONES POR CANTONES



*CONDUCTOR LA 280*

*Apoyo inicial: 1*

*CANTÓN 1*

*Apoyo final: 6*

*VANO REGULADOR: 355,37 m*

CONDUCTOR LA-280									
Hipótesis	Temperatura (°C)	Resultante (N/m)	Tracción (N)	Tracción (%)	Ecuación cambio condiciones	Coficiente de seguridad	Parámetro (m)	Flecha (m)	Longitud (m)
Tracción máxima viento	-10.00	14.63	20207.69	23.80	-0.00707	4.20	1381.02	11.43	356.35
Tracción máxima hielo	-15.00	18.17	21953.32	25.86	-0.00707	3.87	1208.46	13.06	356.65
Tracción máxima hielo + viento	-15.00	18.97	22339.47	26.32	-0.00707	3.80	1177.83	13.40	356.72
EDS	15.00	9.76	17724.67	20.88	-0.00707	4.79	1815.68	8.69	355.94
Flecha máxima temperatura 1	50.00	9.76	17625.78	20.76	-0.00707	4.82	1805.55	8.74	355.94
Flecha máxima temperatura 2	85.00	9.76	17527.34	20.65	-0.00707	4.84	1795.47	8.79	355.95
Flecha máxima viento	15.00	14.63	20145.65	23.73	-0.00707	4.21	1376.79	11.47	356.36
Flecha máxima hielo	0.00	18.17	21918.59	25.82	-0.00707	3.87	1206.55	13.08	356.65
Flecha mínima	-15.00	9.76	17809.79	20.98	-0.00707	4.77	1824.40	8.65	355.93
Desviación de cadenas	-5.00	11.19	18482.55	21.77	-0.00707	4.59	1651.77	9.56	356.06
Control de vibraciones	-5.00	9.76	17781.38	20.95	-0.00707	4.77	1821.49	8.67	355.93

La fila destacada en azul es la hipótesis inicial (más desfavorable) , en este caso es la tracción máxima de hielo más viento.



*CONDUCTOR LA 280*

*Apoyo inicial: 6*

*CANTÓN 2*

*Apoyo final: 12*

*VANO REGULADOR: 298,57 m*

CONDUCTOR LA-280									
Hipótesis	Temperatura (°C)	Resultante (N/m)	Tracción (N)	Tracción (%)	Ecuación cambio condiciones	Coefficiente de seguridad	Parámetro (m)	Flecha (m)	Longitud (m)
Tracción máxima viento	-10.00	14.63	20981.68	24.72	-0.00840	4.05	1433.92	7.77	299.11
Tracción máxima hielo	-15.00	18.17	22336.27	26.31	-0.00840	3.80	1229.55	9.06	299.30
Tracción máxima hielo + viento	-15.00	18.97	22637.33	26.67	-0.00840	3.75	1193.54	9.34	299.35
EDS	15.00	9.76	19157.10	22.57	-0.00840	4.43	1962.42	5.68	298.86
Flecha máxima temperatura 1	50.00	9.76	19044.75	22.43	-0.00840	4.46	1950.91	5.71	298.86
Flecha máxima temperatura 2	85.00	9.76	18932.75	22.30	-0.00840	4.48	1939.43	5.75	298.86
Flecha máxima viento	15.00	14.63	20910.09	24.63	-0.00840	4.06	1429.03	7.80	299.11
Flecha máxima hielo	0.00	18.17	22296.22	26.26	-0.00840	3.81	1227.34	9.08	299.30
Flecha mínima	-15.00	9.76	19253.66	22.68	-0.00840	4.41	1972.31	5.65	298.85
Desviación de cadenas	-5.00	11.19	19712.46	23.22	-0.00840	4.31	1761.69	6.33	298.93
Control de vibraciones	-5.00	9.76	19221.45	22.64	-0.00840	4.42	1969.01	5.66	298.85

La fila destacada en azul es la hipótesis inicial (más desfavorable) , en este caso es la tracción máxima de hielo más viento.



CONDUCTOR LA 280

Apoyo inicial: 12

CANTÓN 3

Apoyo final: 20

VANO REGULADOR: 328,88 m

CONDUCTOR LA-280									
Hipótesis	Temperatura (°C)	Resultante (N/m)	Tracción (N)	Tracción (%)	Ecuacion cambio condiciones	Coefficiente de seguridad	Parámetro (m)	Flecha (m)	Longitud (m)
Tracción máxima viento	-10.00	14.63	21750.62	25.62	-0.00854	3.90	1486.47	9.10	329.55
Tracción máxima hielo	-15.00	18.17	23247.55	27.39	-0.00855	3.65	1279.71	10.57	329.79
Tracción máxima hielo + viento	-15.00	18.97	23580.56	27.78	-0.00855	3.60	1243.27	10.87	329.84
EDS	15.00	9.76	19740.10	23.25	-0.00855	4.30	2022.14	6.69	329.25
Flecha máxima temperatura 1	50.00	9.76	19627.06	23.12	-0.00854	4.33	2010.56	6.72	329.25
Flecha máxima temperatura 2	85.00	9.76	19517.00	22.99	-0.00854	4.35	1999.28	6.76	329.25
Flecha máxima viento	15.00	14.63	21680.65	25.54	-0.00854	3.92	1481.69	9.13	329.56
Flecha máxima hielo	0.00	18.17	23204.04	27.33	-0.00855	3.66	1277.31	10.59	329.79
Flecha mínima	-15.00	9.76	19832.41	23.36	-0.00854	4.28	2031.59	6.66	329.24
Desviación de cadenas	-5.00	11.19	20357.68	23.98	-0.00855	4.17	1819.35	7.43	329.33
Control de vibraciones	-5.00	9.76	19800.74	23.33	-0.00854	4.29	2028.35	6.67	329.24

La fila destacada en azul es la hipótesis inicial (más desfavorable), en este caso es la tracción máxima de hielo más viento.



CONDUCTOR LA 280

*Apoyo inicial: 20*

CANTÓN 4

*Apoyo final: 26*

VANO REGULADOR: 308,26 m

CONDUCTOR LA-280									
Hipótesis	Temperatura (°C)	Resultante (N/m)	Tracción (N)	Tracción (%)	Ecuación cambio condiciones	Coefficiente de seguridad	Parámetro (m)	Flecha (m)	Longitud (m)
Tracción máxima viento	-10.00	14.63	20566.10	24.23	-0.00800	4.13	1405.52	8.45	308.88
Tracción máxima hielo	-15.00	18.17	22008.75	25.93	-0.00800	3.86	1211.52	9.80	309.09
Tracción máxima hielo + viento	-15.00	18.97	22339.47	26.32	-0.00800	3.80	1177.83	10.08	309.14
EDS	15.00	9.76	18595.59	21.91	-0.00800	4.57	1904.90	6.24	308.60
Flecha máxima temperatura 1	50.00	9.76	18486.41	21.78	-0.00800	4.59	1893.71	6.27	308.60
Flecha máxima temperatura 2	85.00	9.76	18377.55	21.65	-0.00800	4.62	1882.56	6.31	308.61
Flecha máxima viento	15.00	14.63	20496.88	24.15	-0.00800	4.14	1400.79	8.48	308.89
Flecha máxima hielo	0.00	18.17	21970.08	25.88	-0.00800	3.86	1209.39	9.82	309.10
Flecha mínima	-15.00	9.76	18689.56	22.02	-0.00800	4.54	1914.52	6.20	308.60
Desviación de cadenas	-5.00	11.19	19196.39	22.61	-0.00800	4.42	1715.57	6.92	308.68
Control de vibraciones	-5.00	9.76	18660.19	21.98	-0.00800	4.55	1911.51	6.21	308.60

La fila destacada en azul es la hipótesis inicial (más desfavorable) , en este caso es la tracción máxima de hielo más viento.



*CONDUCTOR LA 280*

*Apoyo inicial: 26*

*CANTÓN 5*

*Apoyo final: 28*

*VANO REGULADOR: 418,35 m*

CONDUCTOR LA-280									
Hipótesis	Temperatura (°C)	Resultante (N/m)	Tracción (N)	Tracción (%)	Ecuación cambio condiciones	Coficiente de seguridad	Parámetro (m)	Flecha (m)	Longitud (m)
Tracción máxima viento	-10.00	16.32	21091.80	24.85	-0.00589	4.02	1292.29	16.93	420.18
Tracción máxima hielo	-15.00	18.17	23133.04	27.25	-0.00675	3.67	1273.40	17.18	420.23
Tracción máxima hielo + viento	-15.00	19.31	23580.56	27.78	-0.00657	3.60	1221.27	17.91	420.39
EDS	15.00	9.76	18126.24	21.35	-0.00675	4.68	1856.82	11.78	419.23
Flecha máxima temperatura 1	50.00	9.76	18034.63	21.24	-0.00675	4.71	1847.43	11.84	419.24
Flecha máxima temperatura 2	85.00	9.76	17943.47	21.14	-0.00675	4.73	1838.09	11.90	419.25
Flecha máxima viento	15.00	16.32	21034.23	24.78	-0.00589	4.04	1288.76	16.98	420.19
Flecha máxima hielo	0.00	18.17	23100.70	27.21	-0.00675	3.67	1271.63	17.20	420.24
Flecha mínima	-15.00	9.76	18205.13	21.45	-0.00675	4.66	1864.90	11.73	419.23
Desviación de cadenas	-5.00	11.76	19038.11	22.43	-0.00648	4.46	1618.49	13.52	419.51
Control de vibraciones	-5.00	9.76	18178.80	21.41	-0.00675	4.67	1862.20	11.75	419.23

La fila destacada en azul es la hipótesis inicial (más desfavorable), en este caso es la tracción máxima de hielo más viento.



*CONDUCTOR LA 280*

*Apoyo inicial: 28*

*CANTÓN 6*

*Apoyo final: 30*

*VANO REGULADOR: 361,98 m*

CONDUCTOR LA-280									
Hipótesis	Temperatura (°C)	Resultante (N/m)	Tracción (N)	Tracción (%)	Ecuación cambio condiciones	Coefficiente de seguridad	Parámetro (m)	Flecha (m)	Longitud (m)
Tracción máxima viento	-10.00	16.32	22229.66	26.19	-0.00787	3.82	1362.01	12.03	363.05
Tracción máxima hielo	-15.00	18.17	23879.79	28.13	-0.00845	3.55	1314.51	12.46	363.12
Tracción máxima hielo + viento	-15.00	19.31	24254.29	28.57	-0.00833	3.50	1256.16	13.04	363.23
EDS	15.00	9.76	19959.36	23.51	-0.00845	4.25	2044.60	8.01	362.45
Flecha máxima temperatura 1	50.00	9.76	19852.37	23.39	-0.00845	4.28	2033.64	8.05	362.46
Flecha máxima temperatura 2	85.00	9.76	19745.89	23.26	-0.00845	4.30	2022.73	8.10	362.46
Flecha máxima viento	15.00	16.32	22162.18	26.11	-0.00787	3.83	1357.87	12.06	363.05
Flecha máxima hielo	0.00	18.17	23842.09	28.09	-0.00845	3.56	1312.44	12.48	363.13
Flecha mínima	-15.00	9.76	20051.10	23.62	-0.00845	4.23	2054.00	7.97	362.45
Desviación de cadenas	-5.00	11.76	20648.99	24.32	-0.00828	4.11	1755.43	9.33	362.62
Control de vibraciones	-5.00	9.76	20020.44	23.58	-0.00845	4.24	2050.85	7.99	362.45

La fila destacada en azul es la hipótesis inicial (más desfavorable) , en este caso es la tracción máxima de hielo más viento.



CONDUCTOR OPGW

Apoyo inicial: 1

CANTÓN 1

Apoyo final: 6

VANO REGULADOR: 355,37 m

CABLE DE TIERRA OPGW									
Hipótesis	Temperatura (°C)	Resultante (N/m)	Tracción (N)	Tracción (%)	Ecuación cambio condiciones	Coefficiente de seguridad	Parámetro (m)	Flecha (m)	Longitud (m)
Tracción máxima viento	-10.00	10.18	20283.92	23.89	-0.01956	4.19	1992.28	7.92	355.84
Tracción máxima hielo	-15.00	11.73	20718.05	24.41	-0.01956	4.10	1766.04	8.94	355.97
Tracción máxima hielo + viento	-15.00	13.01	21034.48	24.78	-0.01956	4.04	1616.53	9.77	356.09
EDS	15.00	4.76	18889.18	22.25	-0.01956	4.49	3968.31	3.98	355.49
Flecha máxima temperatura 1	50.00	4.76	18296.50	21.55	-0.01956	4.64	3843.80	4.11	355.50
Flecha máxima temperatura 2	85.00	4.76	17705.60	20.86	-0.01956	4.79	3719.66	4.24	355.51
Flecha máxima viento	15.00	10.18	19896.07	23.44	-0.01956	4.27	1954.19	8.08	355.86
Flecha máxima hielo	0.00	11.73	20491.26	24.14	-0.01956	4.14	1746.71	9.04	355.98
Flecha mínima	-15.00	4.76	19398.58	22.85	-0.01956	4.38	4075.33	3.87	355.48
Desviación de cadenas	-5.00	6.56	19491.04	22.96	-0.01956	4.36	2970.68	5.31	355.58
Control de vibraciones	-5.00	4.76	19228.64	22.65	-0.01956	4.41	4039.63	3.91	355.48

La fila destacada en azul es la hipótesis inicial (más desfavorable), en este caso es la tracción máxima de hielo más viento.



CONDUCTOR OPGW

Apoyo inicial: 6

CANTÓN 2

Apoyo final: 12

VANO REGULADOR: 298,57 m

CABLE DE TIERRA OPGW									
Hipótesis	Temperatura (°C)	Resultante (N/m)	Tracción (N)	Tracción (%)	Ecuación cambio condiciones	Coficiente de seguridad	Parámetro (m)	Flecha (m)	Longitud (m)
Tracción máxima viento	-10.00	10.18	19728.15	23.24	-0.01932	4.30	1937.70	5.75	298.86
Tracción máxima hielo	-15.00	11.73	20069.14	23.64	-0.01930	4.23	1710.72	6.51	298.95
Tracción máxima hielo + viento	-15.00	13.01	20333.33	23.95	-0.01932	4.17	1562.64	7.13	299.02
EDS	15.00	4.76	18573.11	21.88	-0.01932	4.57	3901.91	2.86	298.64
Flecha máxima temperatura 1	50.00	4.76	17975.66	21.18	-0.01932	4.72	3776.40	2.95	298.65
Flecha máxima temperatura 2	85.00	4.76	17379.82	20.47	-0.01932	4.88	3651.22	3.05	298.65
Flecha máxima viento	15.00	10.18	19329.68	22.77	-0.01932	4.39	1898.56	5.87	298.88
Flecha máxima hielo	0.00	11.73	19850.41	23.38	-0.01932	4.28	1692.08	6.59	298.96
Flecha mínima	-15.00	4.76	19086.35	22.48	-0.01932	4.45	4009.74	2.78	298.64
Desviación de cadenas	-5.00	6.56	19110.17	22.51	-0.01932	4.44	2912.63	3.83	298.70
Control de vibraciones	-5.00	4.76	18915.16	22.28	-0.01932	4.49	3973.77	2.80	298.64

La fila destacada en azul es la hipótesis inicial (más desfavorable) , en este caso es la tracción máxima de hielo más viento.



CONDUCTOR OPGW

Apoyo inicial: 12

CANTÓN 3

Apoyo final: 20

VANO REGULADOR: 328,88 m

CABLE DE TIERRA OPGW									
Hipótesis	Temperatura (°C)	Resultante (N/m)	Tracción (N)	Tracción (%)	Ecuación cambio condiciones	Coefficiente de seguridad	Parámetro (m)	Flecha (m)	Longitud (m)
Tracción máxima viento	-10.00	10.18	19633.56	23.13	-0.01900	4.32	1928.41	7.01	329.28
Tracción máxima hielo	-15.00	11.73	20022.76	23.59	-0.01898	4.24	1706.77	7.92	329.39
Tracción máxima hielo + viento	-15.00	13.01	20333.33	23.95	-0.01900	4.17	1562.64	8.65	329.49
EDS	15.00	4.76	18322.70	21.58	-0.01900	4.63	3849.31	3.51	328.98
Flecha máxima temperatura 1	50.00	4.76	17729.29	20.89	-0.01900	4.79	3724.64	3.63	328.99
Flecha máxima temperatura 2	85.00	4.76	17137.91	20.19	-0.01900	4.95	3600.40	3.76	329.00
Flecha máxima viento	15.00	10.18	19243.23	22.67	-0.01900	4.41	1890.07	7.15	329.30
Flecha máxima hielo	0.00	11.73	19814.37	23.34	-0.01900	4.28	1689.01	8.00	329.40
Flecha mínima	-15.00	4.76	18832.77	22.18	-0.01900	4.51	3956.46	3.42	328.98
Desviación de cadenas	-5.00	6.56	18902.71	22.27	-0.01900	4.49	2881.01	4.69	329.06
Control de vibraciones	-5.00	4.76	18662.60	21.98	-0.01900	4.55	3920.72	3.45	328.98

La fila destacada en azul es la hipótesis inicial (más desfavorable), en este caso es la tracción máxima de hielo más viento.



CONDUCTOR OPGW

Apoyo inicial: 20

CANTÓN 4

Apoyo final: 26

VANO REGULADOR: 308,26 m

CABLE DE TIERRA OPGW									
Hipótesis	Temperatura (°C)	Resultante (N/m)	Tracción (N)	Tracción (%)	Ecuacion cambio condiciones	Coefficiente de seguridad	Parámetro (m)	Flecha (m)	Longitud (m)
Tracción máxima viento	-10.00	10.18	19697.62	23.20	-0.01922	4.31	1934.70	6.14	308.59
Tracción máxima hielo	-15.00	11.73	20054.18	23.62	-0.01920	4.23	1709.45	6.95	308.68
Tracción máxima hielo + viento	-15.00	13.01	20333.33	23.95	-0.01922	4.17	1562.64	7.60	308.76
EDS	15.00	4.76	18494.39	21.79	-0.01922	4.59	3885.38	3.06	308.34
Flecha máxima temperatura 1	50.00	4.76	17898.16	21.08	-0.01922	4.74	3760.12	3.16	308.35
Flecha máxima temperatura 2	85.00	4.76	17303.69	20.38	-0.01922	4.91	3635.23	3.27	308.36
Flecha máxima viento	15.00	10.18	19301.71	22.74	-0.01922	4.40	1895.81	6.27	308.60
Flecha máxima hielo	0.00	11.73	19838.21	23.37	-0.01922	4.28	1691.04	7.02	308.69
Flecha mínima	-15.00	4.76	19006.68	22.39	-0.01922	4.47	3993.00	2.97	308.34
Desviación de cadenas	-5.00	6.56	19044.56	22.43	-0.01922	4.46	2902.63	4.09	308.41
Control de vibraciones	-5.00	4.76	18835.80	22.19	-0.01922	4.51	3957.10	3.00	308.34

La fila destacada en azul es la hipótesis inicial (más desfavorable) , en este caso es la tracción máxima de hielo más viento.



CONDUCTOR OPGW

Apoyo inicial: 26

CANTÓN 5

Apoyo final: 28

VANO REGULADOR: 418,35 m

CABLE DE TIERRA OPGW									
Hipótesis	Temperatura (°C)	Resultante (N/m)	Tracción (N)	Tracción (%)	Ecuación cambio condiciones	Coefficiente de seguridad	Parámetro (m)	Flecha (m)	Longitud (m)
Tracción máxima viento	-10.00	10.18	19314.00	22.75	-0.01785	4.40	1897.02	11.53	419.20
Tracción máxima hielo	-15.00	11.73	19898.92	23.44	-0.01786	4.27	1696.21	12.90	419.41
Tracción máxima hielo + viento	-15.00	13.01	20333.33	23.95	-0.01786	4.17	1562.64	14.00	419.60
EDS	15.00	4.76	17452.28	20.56	-0.01786	4.86	3666.44	5.97	418.58
Flecha máxima temperatura 1	50.00	4.76	16875.16	19.88	-0.01786	5.03	3545.20	6.17	418.59
Flecha máxima temperatura 2	85.00	4.76	16301.72	19.20	-0.01786	5.21	3424.73	6.39	418.61
Flecha máxima viento	15.00	10.18	18951.16	22.32	-0.01785	4.48	1861.38	11.75	419.23
Flecha máxima hielo	0.00	11.73	19688.54	23.19	-0.01786	4.31	1678.28	13.04	419.43
Flecha mínima	-15.00	4.76	17949.56	21.14	-0.01786	4.73	3770.92	5.80	418.56
Desviación de cadenas	-5.00	6.56	18191.99	21.43	-0.01786	4.67	2772.69	7.89	418.75
Control de vibraciones	-5.00	4.76	17783.55	20.95	-0.01786	4.77	3736.04	5.86	418.57

La fila destacada en azul es la hipótesis inicial (más desfavorable), en este caso es la tracción máxima de hielo más viento.



CONDUCTOR OPGW

Apoyo inicial: 28

CANTÓN 6

Apoyo final: 30

VANO REGULADOR: 361,98 m

CABLE DE TIERRA OPGW									
Hipótesis	Temperatura (°C)	Resultante (N/m)	Tracción (N)	Tracción (%)	Ecuacion cambio condiciones	Coefficiente de seguridad	Parámetro (m)	Flecha (m)	Longitud (m)
Tracción máxima viento	-10.00	10.18	19519.74	22.99	-0.01861	4.35	1917.23	8.54	362.52
Tracción máxima hielo	-15.00	11.73	19990.87	23.55	-0.01861	4.25	1704.05	9.61	362.66
Tracción máxima hielo + viento	-15.00	13.01	20333.33	23.95	-0.01861	4.17	1562.64	10.48	362.79
EDS	15.00	4.76	18020.58	21.23	-0.01861	4.71	3785.84	4.33	362.12
Flecha máxima temperatura 1	50.00	4.76	17432.38	20.54	-0.01861	4.87	3662.26	4.47	362.13
Flecha máxima temperatura 2	85.00	4.76	16846.74	19.85	-0.01861	5.04	3539.23	4.63	362.14
Flecha máxima viento	15.00	10.18	19139.04	22.55	-0.01861	4.44	1879.83	8.71	362.54
Flecha máxima hielo	0.00	11.73	19768.93	23.29	-0.01861	4.29	1685.13	9.72	362.68
Flecha mínima	-15.00	4.76	18526.57	21.82	-0.01861	4.58	3892.14	4.21	362.11
Desviación de cadenas	-5.00	6.56	18653.89	21.97	-0.01861	4.55	2843.09	5.76	362.22
Control de vibraciones	-5.00	4.76	18357.73	21.63	-0.01861	4.62	3856.67	4.25	362.11

La fila destacada en azul es la hipótesis inicial (más desfavorable) , en este caso es la tracción máxima de hielo más viento.



# TABLAS DE TENDIDO



CONDUCTOR LA-280

Apoyo inicial: 1

CANTÓN 1

Apoyo final: 6

VANO REGULADOR: 355,37 m

		Temperatura [°C]																	
		5		10		15		20		25		30		35		40		45	
Vano [m]	Vano regulador [m]	T	F	T	F	T	F	T	F	T	F	T	F	T	F	T	F	T	F
459.24	355.37	24018.37	10.71	24009.88	10.72	24009.88	10.72	23984.01	10.73	23969.15	10.74	23954.22	10.74	23939.25	10.75	23924.28	10.76	23924.28	10.76
317.62	355.37	24018.37	5.13	24009.88	5.13	24009.88	5.13	23984.01	5.13	23969.15	5.14	23954.22	5.14	23939.25	5.14	23924.28	5.15	23924.28	5.15
338.32	355.37	24018.37	6.30	24009.88	5.82	24009.88	5.82	23984.01	5.82	23969.15	5.83	23954.22	5.83	23939.25	5.83	23924.28	5.84	23924.28	5.84
308.54	355.37	24018.37	5.24	24009.88	4.84	24009.88	4.84	23984.01	4.84	23969.15	4.85	23954.22	4.85	23939.25	4.85	23924.28	4.86	23924.28	4.86
216.54	355.37	24018.37	2.58	24009.88	2.38	24009.88	2.38	23984.01	2.39	23969.15	2.39	23954.22	2.39	23939.25	2.39	23924.28	2.39	23924.28	2.39

"F" es la flecha en [m], "T" es la tracción expresada en [daN]



*CONDUCTOR LA-280*

*Apoyo inicial: 6*

*CANTÓN 2*

*Apoyo final: 12*

*VANO REGULADOR: 298,57 m*

Vano [m]	Vano regulador [m]	Temperatura [°C]																	
		5		10		15		20		25		30		35		40		45	
		T	F	T	F	T	F	T	F	T	F	T	F	T	F	T	F	T	F
302.68	298.57	25819.00	4.33	25768.59	4.34	25768.59	4.34	25750.55	4.34	25732.73	4.34	25714.92	4.35	25697.11	4.35	25679.30	4.35	25661.79	4.36
315.10	298.57	25819.00	4.68	25768.59	4.68	25768.59	4.68	25750.55	4.69	25732.73	4.69	25714.92	4.71	25697.11	4.71	25679.30	4.72	25661.79	4.72
215.88	298.57	25819.00	2.20	25768.59	2.20	25768.59	2.20	25750.55	2.20	25732.73	2.20	25714.92	2.21	25697.11	2.21	25679.30	2.21	25661.79	2.22
192.30	298.57	25819.00	1.74	25768.59	1.74	25768.59	1.74	25750.55	1.75	25732.73	1.75	25714.92	1.75	25697.11	1.76	25679.30	1.76	25661.79	1.76
270.22	298.57	25819.00	3.44	25768.59	3.44	25768.59	3.44	25750.55	3.45	25732.73	3.45	25714.92	3.46	25697.11	3.47	25679.30	3.47	25661.79	3.47
375.96	298.57	25819.00	6.66	25768.59	6.66	25768.59	6.67	25750.55	6.67	25732.73	6.68	25714.92	6.71	25697.11	6.71	25679.30	6.72	25661.79	6.72

"F" es la flecha en [m], "T" es la tracción expresada en [daN]



CONDUCTOR LA-280

Apoyo inicial: 12

CANTÓN 3

Apoyo final: 20

VANO REGULADOR: 328,88 m

Vano [m]	Vano regulador [m]	Temperatura [°C]																	
		5		10		15		20		25		30		35		40		45	
		T	F	T	F	T	F	T	F	T	F	T	F	T	F	T	F	T	F
110.16	328.88	27878.01	0.53	27839.58	0.53	27839.58	0.53	27820.36	0.53	27801.14	0.53	27781.67	0.53	27762.46	0.53	27743.24	0.53	27724.02	0.53
347.78	328.88	27878.01	5.29	27839.58	5.30	27839.58	5.30	27820.36	5.31	27801.14	5.31	27781.67	5.31	27762.46	5.32	27743.24	5.32	27724.02	5.32
287.68	328.88	27878.01	3.88	27839.58	3.88	27839.58	3.89	27820.36	3.89	27801.14	3.89	27781.67	3.89	27762.46	3.90	27743.24	3.90	27724.02	3.90
322.78	328.88	27878.01	4.89	27839.58	4.89	27839.58	4.89	27820.36	4.90	27801.14	4.90	27781.67	4.90	27762.46	4.91	27743.24	4.91	27724.02	4.91
350.00	328.88	27878.01	5.74	27839.58	5.75	27839.58	5.75	27820.36	5.76	27801.14	5.76	27781.67	5.76	27762.46	5.77	27743.24	5.77	27724.02	5.78
360.92	328.88	27878.01	6.11	27839.58	6.11	27839.58	6.12	27820.36	6.12	27801.14	6.12	27781.67	6.13	27762.46	6.13	27743.24	6.14	27724.02	6.14
326.86	328.88	27878.01	5.01	27839.58	5.01	27839.58	5.02	27820.36	5.02	27801.14	5.02	27781.67	5.03	27762.46	5.03	27743.24	5.03	27724.02	5.04
338.46	328.88	27878.01	5.53	27839.58	5.53	27839.58	5.54	27820.36	5.54	27801.14	5.55	27781.67	5.55	27762.46	5.55	27743.24	5.56	27724.02	5.56

"F" es la flecha en [m], "T" es la tracción expresada en [daN]



*CONDUCTOR LA-280*

*Apoyo inicial: 20*

*CANTÓN 4*

*Apoyo final: 26*

*VANO REGULADOR: 308,26 m*

		Temperatura [°C]																	
		5		10		15		20		25		30		35		40		45	
Vano [m]	Vano regulador [m]	T	F	T	F	T	F	T	F	T	F	T	F	T	F	T	F	T	F
295.66	308.26	25920.34	4.12	25884.49	4.12	25884.49	4.12	25866.57	4.12	25848.65	4.13	25830.74	4.13	25812.83	4.13	25794.92	4.14	25777.02	4.14
302.76	308.26	25920.34	4.32	25884.49	4.32	25884.49	4.32	25866.57	4.32	25848.65	4.33	25830.74	4.33	25812.83	4.33	25794.92	4.34	25777.02	4.34
282.62	308.26	25920.34	3.76	25884.49	3.76	25884.49	3.77	25866.57	3.77	25848.65	3.77	25830.74	3.77	25812.83	3.78	25794.92	3.78	25777.02	3.78
226.22	308.26	25920.34	2.41	25884.49	2.41	25884.49	2.41	25866.57	2.41	25848.65	2.42	25830.74	2.42	25812.83	2.42	25794.92	2.42	25777.02	2.42
367.66	308.26	25920.34	6.36	25884.49	6.37	25884.49	6.37	25866.57	6.38	25848.65	6.38	25830.74	6.39	25812.83	6.39	25794.92	6.39	25777.02	6.40
321.64	308.26	25920.34	4.87	25884.49	4.87	25884.49	4.88	25866.57	4.88	25848.65	4.88	25830.74	4.89	25812.83	4.89	25794.92	4.89	25777.02	4.90

"F" es la flecha en [m], "T" es la tracción expresada en [daN]



CONDUCTOR LA-280

*Apoyo inicial: 26*

CANTÓN 5

*Apoyo final: 28*

VANO REGULADOR: 418,35 m

		Temperatura [°C]																	
		5		10		15		20		25		30		35		40		45	
		T	F	T	F	T	F	T	F	T	F	T	F	T	F	T	F		
Vano [m]	Vano regulador [m]																		
413.90	418.35	24051.28	8.69	24018.99	8.70	24018.99	8.70	24002.85	8.71	23986.72	8.72	23970.60	8.72	23954.48	8.73	23938.36	8.73	23922.25	8.74
422.66	418.35	24051.28	9.06	24018.99	9.07	24018.99	9.08	24002.85	9.08	23986.72	9.09	23970.60	9.09	23954.48	9.10	23938.36	9.11	23922.25	9.11

"F" es la flecha en [m], "T" es la tracción expresada en [daN]



*CONDUCTOR LA-280*

*Apoyo inicial: 28*

*CANTÓN 6*

*Apoyo final: 30*

*VANO REGULADOR: 361,98 m*

		Temperatura [°C]																	
		5		10		15		20		25		30		35		40		45	
Vano [m]	Vano regulador [m]	T	F	T	F	T	F	T	F	T	F	T	F	T	F	T	F	T	F
320.06	361.98	25550.53	4.89	25515.26	4.90	25515.26	4.90	25497.64	4.90	25480.01	4.91	25462.39	4.91	25444.78	4.91	25427.16	4.92	25409.55	4.92
392.84	361.98	25550.53	7.72	25515.26	7.73	25515.26	7.73	25497.64	7.74	25480.01	7.74	25462.39	7.75	25444.78	7.75	25427.16	7.76	25409.55	7.76

"F" es la flecha en [m], "T" es la tracción expresada en [daN]



CONDUCTOR OPGW

Apoyo inicial: 1

CANTÓN 1

Apoyo final: 6

VANO REGULADOR: 355,37 m

		Temperatura [°C]																	
		5		10		15		20		25		30		35		40		45	
Vano [m]	Vano regulador [m]	T	F	T	F	T	F	T	F	T	F	T	F	T	F	T	F	T	F
459.24	355.37	25399.01	3.62	25380.31	3.62	25361.61	3.62	25342.90	3.62	25324.20	3.63	25305.50	3.63	25286.81	3.63	25268.11	3.63	25249.42	3.64
317.62	355.37	25399.01	1.66	25380.31	1.66	25361.61	1.66	25342.90	1.66	25324.20	1.66	25305.50	1.66	25286.81	1.66	25268.11	1.66	25249.42	1.66
338.32	355.37	25399.01	1.60	25380.31	1.60	25361.61	1.60	25342.90	1.60	25324.20	1.60	25305.50	1.60	25286.81	1.60	25268.11	1.60	25249.42	1.60
308.54	355.37	25399.01	2.19	25380.31	2.19	25361.61	2.19	25342.90	2.19	25324.20	2.19	25305.50	2.19	25286.81	2.19	25268.11	2.19	25249.42	2.19
216.54	355.37	25399.01	1.03	25380.31	1.03	25361.61	1.03	25342.90	1.04	25324.20	1.04	25305.50	1.04	25286.81	1.05	25268.11	1.05	25249.42	1.05

"F" es la flecha en [m], "T" es la tracción expresada en [daN]



CONDUCTOR OPGW

Apoyo inicial: 6

CANTÓN 2

Apoyo final: 12

VANO REGULADOR: 298,57 m

Vano [m]	Vano regulador [m]	Temperatura [°C]																	
		5		10		15		20		25		30		35		40		45	
		T	F	T	F	T	F	T	F	T	F	T	F	T	F	T	F	T	F
302.68	298.57	27145.74	2.01	27058.86	2.01	26971.98	2.02	26885.11	2.03	26798.25	2.03	26711.40	2.04	26624.55	2.05	26537.71	2.05	26450.88	2.06
315.10	298.57	27145.74	2.18	27058.86	2.18	26971.98	2.19	26885.11	2.20	26798.25	2.20	26711.40	2.21	26624.55	2.22	26537.71	2.23	26450.88	2.23
215.88	298.57	27145.74	1.02	27058.86	1.02	26971.98	1.03	26885.11	1.03	26798.25	1.03	26711.40	1.04	26624.55	1.04	26537.71	1.04	26450.88	1.05
192.30	298.57	27145.74	0.81	27058.86	0.81	26971.98	0.82	26885.11	0.82	26798.25	0.82	26711.40	0.82	26624.55	0.83	26537.71	0.83	26450.88	0.83
270.22	298.57	27145.74	1.60	27058.86	1.61	26971.98	1.61	26885.11	1.62	26798.25	1.62	26711.40	1.63	26624.55	1.63	26537.71	1.64	26450.88	1.64
375.96	298.57	27145.74	3.10	27058.86	3.11	26971.98	3.12	26885.11	3.13	26798.25	3.14	26711.40	3.15	26624.55	3.16	26537.71	3.17	26450.88	3.18

"F" es la flecha en [m], "T" es la tracción expresada en [daN]



CONDUCTOR OPGW

Apoyo inicial: 12

CANTÓN 3

Apoyo final: 20

VANO REGULADOR: 328,88 m

Vano [m]	Vano regulador [m]	Temperatura [°C]																	
		5		10		15		20		25		30		35		40		45	
		T	F	T	F	T	F	T	F	T	F	T	F	T	F	T	F	T	F
110.16	328.88	26891.56	1.26	26804.92	1.26	26718.30	1.26	26631.68	1.26	26545.07	1.26	26458.48	1.26	26371.89	1.26	26285.31	1.27	26198.75	1.27
347.78	328.88	26891.56	2.68	26804.92	2.68	26718.30	2.69	26631.68	2.70	26545.07	2.71	26458.48	2.72	26371.89	2.73	26285.31	2.74	26198.75	2.75
287.68	328.88	26891.56	1.83	26804.92	1.84	26718.30	1.84	26631.68	1.85	26545.07	1.86	26458.48	1.86	26371.89	1.87	26285.31	1.87	26198.75	1.88
322.78	328.88	26891.56	2.31	26804.92	2.31	26718.30	2.32	26631.68	2.33	26545.07	2.34	26458.48	2.34	26371.89	2.35	26285.31	2.36	26198.75	2.37
350.00	328.88	26891.56	2.71	26804.92	2.72	26718.30	2.73	26631.68	2.74	26545.07	2.75	26458.48	2.75	26371.89	2.76	26285.31	2.77	26198.75	2.78
360.92	328.88	26891.56	2.88	26804.92	2.89	26718.30	2.90	26631.68	2.91	26545.07	2.92	26458.48	2.93	26371.89	2.94	26285.31	2.95	26198.75	2.96
326.86	328.88	26891.56	2.36	26804.92	2.37	26718.30	2.38	26631.68	2.39	26545.07	2.39	26458.48	2.40	26371.89	2.41	26285.31	2.42	26198.75	2.43
338.46	328.88	26891.56	2.53	26804.92	2.54	26718.30	2.55	26631.68	2.56	26545.07	2.57	26458.48	2.58	26371.89	2.58	26285.31	2.59	26198.75	2.60

"F" es la flecha en [m], "T" es la tracción expresada en [daN]



*CONDUCTOR OPGW*

*Apoyo inicial: 20*

*CANTÓN 4*

*Apoyo final: 26*

*VANO REGULADOR: 308,26 m*

		Temperatura [°C]																	
		5		10		15		20		25		30		35		40		45	
Vano [m]	Vano regulador [m]	T	F	T	F	T	F	T	F	T	F	T	F	T	F	T	F	T	F
295.66	308.26	27181.53	1.91	27094.61	1.92	27007.69	1.93	26920.78	1.93	26833.88	1.94	26746.98	1.94	26660.09	1.95	26573.21	1.96	26486.33	1.96
302.76	308.26	27181.53	2.01	27094.61	2.01	27007.69	2.02	26920.78	2.03	26833.88	2.03	26746.98	2.04	26660.09	2.05	26573.21	2.05	26486.33	2.06
282.62	308.26	27181.53	1.75	27094.61	1.75	27007.69	1.76	26920.78	1.77	26833.88	1.77	26746.98	1.78	26660.09	1.78	26573.21	1.79	26486.33	1.79
226.22	308.26	27181.53	1.12	27094.61	1.12	27007.69	1.13	26920.78	1.13	26833.88	1.13	26746.98	1.14	26660.09	1.14	26573.21	1.15	26486.33	1.15
367.66	308.26	27181.53	2.96	27094.61	2.97	27007.69	2.98	26920.78	2.99	26833.88	3.00	26746.98	3.01	26660.09	3.02	26573.21	3.03	26486.33	3.04
321.64	308.26	27181.53	2.26	27094.61	2.27	27007.69	2.28	26920.78	2.29	26833.88	2.29	26746.98	2.30	26660.09	2.31	26573.21	2.32	26486.33	2.32

"F" es la flecha en [m], "T" es la tracción expresada en [daN]



*CONDUCTOR OPGW*

*Apoyo inicial: 26*

*CANTÓN 5*

*Apoyo final: 28*

*VANO REGULADOR: 418,35 m*

		Temperatura [°C]																	
		5		10		15		20		25		30		35		40		45	
Vano [m]	Vano regulador [m]	T	F	T	F	T	F	T	F	T	F	T	F	T	F	T	F	T	F
413.90	418.35	26459.44	3.85	26373.28	3.86	26287.13	3.88	26201.00	3.89	26114.88	3.90	26028.77	3.92	25942.68	3.93	25856.60	3.94	25770.54	3.96
422.66	418.35	26459.44	4.02	26373.28	4.03	26287.13	4.04	26201.00	4.06	26114.88	4.07	26028.77	4.08	25942.68	4.10	25856.60	4.11	25770.54	4.12

"F" es la flecha en [m], "T" es la tracción expresada en [daN]



*CONDUCTOR OPGW*

*Apoyo inicial: 28*

*CANTÓN 6*

*Apoyo final: 30*

*VANO REGULADOR: 361,98 m*

		Temperatura [°C]																	
		5		10		15		20		25		30		35		40		45	
		T	F	T	F	T	F	T	F	T	F	T	F	T	F	T	F		
Vano [m]	Vano regulador [m]																		
320.06	361.98	27051.89	2.25	26965.09	2.26	26878.30	2.27	26791.52	2.28	26704.75	2.28	26617.99	2.29	26531.23	2.30	26444.48	2.30	26357.75	2.31
392.84	361.98	27051.89	3.39	26965.09	3.41	26878.30	3.42	26791.52	3.43	26704.75	3.44	26617.99	3.45	26531.23	3.46	26444.48	3.47	26357.75	3.48

"F" es la flecha en [m], "T" es la tracción expresada en [daN]



---

### 3.6 CÁLCULO DE APOYOS

---

A partir del apartado 3.5.3 de la ITC 07 del RLEAT se realizarán los cálculos mecánicos de los apoyos de manera individual contando con las cuatro hipótesis reglamentarias marcadas para este nivel de tensión.

Estos incluirán los esfuerzos que realiza cada conductor y cable de guarda en la cabeza y cúpula del apoyo en la dirección vertical longitudinal y transversal.

Se tendrán en cuenta las hipótesis mostradas a continuación:

- Hipótesis normales:  
Viento y hielo
- Hipótesis anormales:  
Desequilibrio de tracciones y rotura de conductores.

#### 3.6.1.1 Esfuerzos verticales

Se regirán por la siguiente expresión:

$$Fv = n * RV * VP [daN]$$

Siendo:

n: Número de subconductores

RV: Resultante vertical de los conductores [daN/m]

VP: Vano de peso [m]

Este vano de peso se verá definido por la siguiente expresión:

$$VP = \frac{a_1 + a_2}{2} * \frac{\max(T1, T2)}{R} * \left( \frac{H_{actual} - H_1}{a_1} + \frac{H_{actual} - H_2}{a_2} \right) [m]$$



Siendo:

$a_i$ : Longitud del vano (1 anterior, 2 posterior) [m]

$T_i$ : Tracción de los cables (1 anterior, 2 posterior) [daN]

$R$ : Resultante [daN/m]

$H_i$ : Altura del apoyo (1 anterior, 2 posterior) [m]

Los parámetros vendrán definidos según las hipótesis y el tipo de apoyo tomando para las hipótesis de desequilibrio de tracciones y de rotura de conductores las sobrecargas propias de la hipótesis de hielo más viento.

En el caso de que nos encontremos estudiando un apoyo de fin de línea se considerará en la hipótesis de desequilibrio de tracciones una carga nula.

### 3.6.1.2 Esfuerzos transversales

Se regirán por la siguiente expresión en el estudio de hipótesis normales:

$$F_t = VV * p_v * d_c * n + 2 * \max(T_1, T_2) * n * \sen \frac{\alpha}{2} \text{ [daN]}$$

Siendo:

$n$ : Número de subconductores

$p_v$ : Presión de viento [daN/m<sup>2</sup>]

$d_c$ : Diámetro del conductor [m]

$T_i$ : Tracción de los cables (1 anterior, 2 posterior) [daN]

$\alpha$ : Ángulo de la traza

$VV$ : Vano de viento [m]

Este vano de viento se verá definido por la siguiente expresión:

$$VV = \frac{a_1 + a_2}{2} \text{ [m]}$$



Los parámetros de las expresiones anteriores vendrán definidos según las hipótesis y el tipo de apoyo. Para las hipótesis de desequilibrio de tracciones y de rotura de conductores las tracciones serán las propias de la hipótesis de hielo más viento y se regirán por las siguientes expresiones.

Hipótesis	Desequilibrio de tracciones	Rotura de conductores
Esfuerzo	$n * (2 - \%deseq) * T_h * \text{sen} \frac{\alpha}{2}$	$(2n - 1) * T_h * \text{sen} \frac{\alpha}{2}$

Donde

%	% desequilibrio
Suspensión	0,15
Amarre	0,25

En el caso de que nos encontremos estudiando un apoyo de fin de línea se considerará en la hipótesis de desequilibrio de tracciones y de rotura de conductores una carga nula.

### 3.6.1.3 Esfuerzos longitudinales

Los esfuerzos longitudinales en el caso de las hipótesis normales serán nulos para los apoyos de amarre y suspensión (no en apoyos de fin de línea), no obstante en el caso de estudio de hipótesis anormales y de apoyos de fin de línea se realizara un estudio específico.

En el caso de apoyos de alineación y ángulo (no en fin de línea) el cálculo de este tipo de esfuerzos se calculara de la siguiente manera:



---

Hipótesis	Desequilibrio de tracciones	Rotura de conductores
Esfuerzo	$n * (\%deseq) * T_h * \cos \frac{\alpha}{2}$	$T_h * \cos \frac{\alpha}{2}$

---

Sabiendo que

%	% desequilibrio
Suspensión	0,15
Amarre	0,25

En el caso de apoyos de fin de línea se calcularán los esfuerzos de la siguiente manera:

$$Fl=n*T [daN]$$

Siendo:

n: Número de subconductores

Ti: Tracción de los cables [daN]

Se deberá tener en cuenta que la tracción dependerá de la hipótesis siendo la más desfavorable (hielo más viento) en el caso de las hipótesis anormales.



# ESFUERZOS EN PUNTA DE CRUCETA



Esfuerzos en punta de cruceta del conductor LA-280

CONDUCTOR						
Apoyo	Tipo	Carga	1ª Hipótesis (viento)	2ª Hipótesis (hielo)	3ª Hipótesis (desequilibrio de tracciones)	4ª Hipótesis (rotura de conductores)
1	Final de línea	Vertical	946.21	1495.67	0.00	1463.51
		Transversal	607.92	0.00	0.00	0.00
		Longitudinal	3048.31	3245.62	0.00	8084.76
2	Suspensión	Vertical	882.77	882.77	1468.42	1468.42
		Transversal	1211.50	0.00	0.00	0.00
		Longitudinal	0.00	0.00	1348.57	4161.90
3	Suspensión	Vertical	1134.05	1134.05	1447.73	1447.73
		Transversal	1191.62	0.00	0.00	0.00
		Longitudinal	0.00	0.00	1212.71	4042.38
4	Suspensión	Vertical	1176.12	1176.12	1394.33	1394.33
		Transversal	1175.13	0.00	0.00	0.00
		Longitudinal	0.00	0.00	1212.71	4042.38
5	Suspensión	Vertical	717.56	717.56	1443.30	1443.30
		Transversal	953.90	0.00	0.00	0.00
		Longitudinal	0.00	0.00	1212.71	4042.38
6	Amarre en ángulo	Vertical	1878.20	1937.86	1762.30	1762.30
		Transversal	2263.99	1409.27	1233.11	704.63
		Longitudinal	0.00	0.00	2013.50	8054.00
7	Suspensión	Vertical	264.60	264.60	512.18	512.18
		Transversal	1122.30	0.00	0.00	0.00
		Longitudinal	0.00	0.00	1212.71	4042.38
8	Suspensión	Vertical	928.22	928.22	1365.95	1365.95
		Transversal	964.61	0.00	0.00	0.00
		Longitudinal	0.00	0.00	1212.71	4042.38
9	Suspensión	Vertical	1101.71	1101.71	1490.95	1490.95
		Transversal	741.53	0.00	0.00	0.00
		Longitudinal	0.00	0.00	1212.71	4042.38
10	Suspensión	Vertical	1046.11	1046.11	1695.68	1695.68
		Transversal	840.24	0.00	0.00	0.00
		Longitudinal	0.00	0.00	1212.71	4042.38



Esfuerzos en punta de cruceta del conductor LA-280

CONDUCTOR						
Apoyo	Tipo	Carga	1ª Hipótesis (viento)	2ª Hipótesis (hielo)	3ª Hipótesis (desequilibrio de tracciones)	4ª Hipótesis (rotura de conductores)
11	Suspensión	Vertical	421.99	421.99	775.95	775.95
		Transversal	1173.89	0.00	0.00	0.00
		Longitudinal	0.00	0.00	1212.71	4042.38
12	Amarre en ángulo	Vertical	787.77	768.07	829.05	829.05
		Transversal	3201.97	3637.35	3182.68	1818.68
		Longitudinal	0.00	0.00	1969.39	7877.55
13	Suspensión	Vertical	1755.05	1755.05	2838.96	2838.96
		Transversal	831.92	0.00	0.00	0.00
		Longitudinal	0.00	0.00	1212.71	4042.38
14	Suspensión	Vertical	1667.00	1667.00	2767.73	2767.73
		Transversal	1154.42	0.00	0.00	0.00
		Longitudinal	0.00	0.00	1212.71	4042.38
15	Suspensión	Vertical	820.74	820.74	1390.85	1390.85
		Transversal	1109.00	0.00	0.00	0.00
		Longitudinal	0.00	0.00	1212.71	4042.38
16	Suspensión	Vertical	1346.18	1346.18	1964.45	1964.45
		Transversal	1222.22	0.00	0.00	0.00
		Longitudinal	0.00	0.00	1212.71	4042.38
17	Suspensión	Vertical	1185.64	1185.64	1989.41	1989.41
		Transversal	1291.50	0.00	0.00	0.00
		Longitudinal	0.00	0.00	1212.71	4042.12
18	Suspensión	Vertical	1486.77	1486.77	1982.09	1982.09
		Transversal	1249.47	0.00	0.00	0.00
		Longitudinal	0.00	0.00	1213.98	4302.92
19	Suspensión	Vertical	1176.18	1176.18	1986.90	1986.90
		Transversal	1208.66	0.00	0.00	0.00
		Longitudinal	0.00	0.00	1202.71	4012.38
20	Amarre en ángulo	Vertical	1347.49	1349.18	1343.95	1343.95
		Transversal	3689.56	3374.70	3302.86	1887.35
		Longitudinal	0.00	0.00	1965.34	7861.38



Esfuerzos en punta de cruceta del conductor LA-280

CONDUCTOR						
Apoyo	Tipo	Carga	1ª Hipótesis (viento)	2ª Hipótesis (hielo)	3ª Hipótesis (desequilibrio de tracciones)	4ª Hipótesis (rotura de conductores)
21	Suspensión	Vertical	1473.69	1473.69	1938.48	1938.48
		Transversal	1087.13	0.00	0.00	0.00
		Longitudinal	0.00	0.00	1212.71	4042.38
22	Suspensión	Vertical	1143.19	1143.19	1863.16	1863.16
		Transversal	1063.44	0.00	0.00	0.00
		Longitudinal	0.00	0.00	1212.71	4042.38
23	Suspensión	Vertical	941.13	941.13	1288.41	1288.41
		Transversal	924.39	0.00	0.00	0.00
		Longitudinal	0.00	0.00	1212.71	4042.38
24	Suspensión	Vertical	908.54	908.54	1429.71	1429.71
		Transversal	1078.88	0.00	0.00	0.00
		Longitudinal	0.00	0.00	1212.71	4042.38
25	Suspensión	Vertical	1117.26	1117.26	1885.82	2385.82
		Transversal	1252.23	0.00	0.00	0.00
		Longitudinal	0.00	0.00	1212.71	4042.38
26	Amarre en ángulo	Vertical	1416.94	1417.48	1416.43	1416.43
		Transversal	3647.50	3274.70	3002.86	1887.35
		Longitudinal	0.00	0.00	1965.34	5861.38
27	Suspensión	Vertical	1117.07	1117.07	1785.82	1785.82
		Transversal	1252.23	0.00	0.00	0.00
		Longitudinal	0.00	0.00	1212.71	4042.38
28	Suspensión	Vertical	1417.03	1417.48	1416.43	1416.43
		Transversal	3570.98	2529.47	2213.29	1264.74
		Longitudinal	0.00	0.00	1996.31	7985.23
29	Suspensión	Vertical	1417.17	1417.17	1985.82	1985.82
		Transversal	1252.23	0.00	0.00	0.00
		Longitudinal	0.00	0.00	1212.71	4042.38
30	Final de línea	Vertical	946.21	1492.67	0.00	1462.51
		Transversal	667.92	0.00	0.00	0.00
		Longitudinal	3348.31	4045.62	0.00	1684.76



Esfuerzos en punta de cruceta del cable de tierra OPGW

CABLE DE TIERRA						
Apoyo	Tipo	Carga	1ª Hipótesis (viento)	2ª Hipótesis (hielo)	3ª Hipótesis (desequilibrio de tracciones)	4ª Hipótesis (rotura de conductores)
1	Final de línea	Vertical	725.54	730.19	0.00	716.92
		Transversal	588.86	0.00	0.00	0.00
		Longitudinal	2331.62	2683.30	0.00	1549.52
2	Suspensión	Vertical	324.63	1160.67	1146.82	1146.82
		Transversal	1163.40	0.00	0.00	0.00
		Longitudinal	0.00	0.00	871.43	2904.76
3	Suspensión	Vertical	451.41	1277.90	1274.61	1274.61
		Transversal	983.91	0.00	0.00	0.00
		Longitudinal	0.00	0.00	871.43	2904.76
4	Suspensión	Vertical	677.34	1203.11	1210.93	1210.93
		Transversal	970.29	0.00	0.00	0.00
		Longitudinal	0.00	0.00	871.43	2904.76
5	Suspensión	Vertical	284.88	844.14	837.87	837.87
		Transversal	787.62	0.00	0.00	0.00
		Longitudinal	0.00	0.00	871.43	2904.76
6	Amarre en	Vertical	836.18	763.39	763.39	763.39
		Transversal	1708.19	1012.67	886.08	506.33
		Longitudinal	0.00	0.00	1446.85	5787.42
7	Suspensión	Vertical	208.84	190.16	170.49	170.49
		Transversal	926.67	0.00	0.00	0.00
		Longitudinal	0.00	0.00	871.43	2904.76
8	Suspensión	Vertical	558.91	1474.13	1479.35	1479.35
		Transversal	796.47	0.00	0.00	0.00
		Longitudinal	0.00	0.00	871.43	2904.76
9	Suspensión	Vertical	649.34	1426.50	1438.84	1438.84
		Transversal	612.27	0.00	0.00	0.00
		Longitudinal	0.00	0.00	871.43	2094.76
10	Suspensión	Vertical	368.37	1018.02	1018.07	1018.07
		Transversal	693.78	0.00	0.00	0.00
		Longitudinal	0.00	0.00	871.43	2904.76



Esfuerzos en punta de cruceta del cable de tierra OPGW

CABLE DE TIERRA						
Apoyo	Tipo	Carga	1ª Hipótesis (viento)	2ª Hipótesis (hielo)	3ª Hipótesis (desequilibrio de tracciones)	4ª Hipótesis (rotura de conductores)
11	Suspensión	Vertical	49.64	378.10	360.55	360.55
		Transversal	969.27	0.00	0.00	0.00
		Longitudinal	0.00	0.00	871.43	2904.76
12	Amarre en ángulo	Vertical	237.76	263.58	263.58	263.58
		Transversal	2178.26	2013.72	2287.00	1306.86
		Longitudinal	0.00	0.00	1415.16	5660.63
13	Suspensión	Vertical	725.03	1823.39	1839.53	1839.53
		Transversal	686.91	0.00	0.00	0.00
		Longitudinal	0.00	0.00	871.43	2904.76
14	Suspensión	Vertical	676.32	1783.92	1791.60	1791.60
		Transversal	953.19	0.00	0.00	0.00
		Longitudinal	0.00	0.00	871.43	2904.76
15	Suspensión	Vertical	251.33	812.15	801.75	801.75
		Transversal	915.69	0.00	0.00	0.00
		Longitudinal	0.00	0.00	871.43	2904.76
16	Suspensión	Vertical	514.04	1431.53	1430.65	1430.65
		Transversal	1009.17	0.00	0.00	0.00
		Longitudinal	0.00	0.00	871.43	2904.76
17	Suspensión	Vertical	432.35	1261.86	1255.99	1255.99
		Transversal	966.38	0.00	0.00	0.00
		Longitudinal	0.00	0.00	871.43	2904.76
18	Suspensión	Vertical	735.25	1538.15	1546.60	1546.60
		Transversal	1031.67	0.00	0.00	0.00
		Longitudinal	0.00	0.00	871.43	2904.76
19	Suspensión	Vertical	428.73	1235.49	1231.07	1231.07
		Transversal	997.98	0.00	0.00	0.00
		Longitudinal	0.00	0.00	871.43	2904.76
20	Amarre en ángulo	Vertical	515.75	513.53	513.53	513.53
		Transversal	2892.74	2712.41	2373.36	1356.21
		Longitudinal	0.00	0.00	1412.25	5649.01



Esfuerzos en punta de cruceta del cable de tierra OPGW

CABLE DE TIERRA						
Apoyo	Tipo	Carga	1ª Hipótesis (viento)	2ª Hipótesis (hielo)	3ª Hipótesis (desequilibrio de tracciones)	4ª Hipótesis (rotura de conductores)
21	Suspensión	Vertical	580.13	1550.12	1554.34	1554.34
		Transversal	897.63	0.00	0.00	0.00
		Longitudinal	0.00	0.00	871.43	2904.76
22	Suspensión	Vertical	464.42	1284.40	1284.40	1284.40
		Transversal	878.07	0.00	0.00	0.00
		Longitudinal	0.00	0.00	871.43	2904.76
23	Suspensión	Vertical	515.70	1368.51	1372.99	1372.99
		Transversal	763.26	0.00	0.00	0.00
		Longitudinal	0.00	0.00	871.43	2904.76
24	Suspensión	Vertical	295.74	908.25	901.23	901.23
		Transversal	890.82	0.00	0.00	0.00
		Longitudinal	0.00	0.00	871.43	2904.76
25	Suspensión	Vertical	549.38	1518.06	1518.16	1518.16
		Transversal	1030.95	0.00	0.00	0.00
		Longitudinal	0.00	0.00	871.43	2904.76
26	Amarre en ángulo	Vertical	549.39	548.94	548.94	548.94
		Transversal	3175.51	2712.41	2373.36	1356.21
		Longitudinal	0.00	0.00	1412.25	5649.01
27	Suspensión	Vertical	549.28	1518.00	1518.16	1518.16
		Transversal	1033.95	0.00	0.00	0.00
		Longitudinal	0.00	0.00	871.43	2904.76
28	Suspensión	Vertical	549.33	548.94	548.94	548.94
		Transversal	2697.74	1817.62	1590.42	908.81
		Longitudinal	0.00	0.00	1434.50	5738.00
29	Suspensión	Vertical	549.33	1518.03	1518.16	1518.16
		Transversal	1033.95	0.00	0.00	0.00
		Longitudinal	0.00	0.00	871.43	2904.76
30	Final de línea	Vertical	594.69	595.84	0.00	593.44
		Transversal	551.49	0.00	0.00	0.00
		Longitudinal	2108.11	2493.52	0.00	2809.52



---

## SELECCIÓN DE APOYOS

---

La selección de apoyos se ha calculado a partir de los esfuerzos en punta de cruceta calculados en el apartado anterior y del método propuesto por el propio fabricante.

El método dividirá en dos partes principalmente, dimensionamiento según esfuerzos y según el par torsor:

### ***SEGÚN ESFUERZOS***

1. A partir de los esfuerzos de fase y de cúpula se calcula:

$$C = \frac{\text{Esfuerzo de fase}}{\text{Esfuerzo de cúpula}}$$

2. Con el valor C calculado para cada hipótesis y para cada apoyo (según las distintas dimensiones del fuste y cabeza) se obtendrá gráficamente un coeficiente “e”.

3. Con el coeficiente “e” obtenido se calculará el esfuerzo a tener en cuenta.

$$\text{Esfuerzo} = \frac{6 * \text{Esfuerzo de fase} + \text{Esfuerzo de cúpula}}{e}$$

4. Se buscará en el catálogo un apoyo que cumpla con lo exigido en cuanto a esfuerzo.

### ***SEGÚN EL PAR TORSOR***

Según el apartado 3.1.4 de la ITC 07 del RLEAT, al encontrarnos en una línea de más de 66 kV en tresbolillo se deberá estudiar el dimensionamiento por par torsor.

Este será el proceso seguido:



1. Se calcula el par torsor para cada apoyo como:

$$\text{Par torsor} = \text{Fuerza} * \text{Longitud de la cruceta}$$

2. Se calcula el esfuerzo total aplicado, siendo  $F_i$  las fuerzas aplicadas sobre las crucetas y cúpula de apoyo (tanto longitudinales como transversales):

$$F_T = \sum F_i$$

3. Se calcula el equivalente centrado en cabeza teniendo en cuenta la posible reducción de esfuerzo del apoyo si existe el cable de tierra.

4. Se introduce el par torsor y el esfuerzo útil en una gráfica proporcionada por el fabricante. Si el punto obtenido se encuentra en el interior de la curva, este será válido. Si se encuentra fuera, habría que elegir un apoyo superior.

Estos son los apoyos elegidos finalmente:

Nº APOYO	DESIGNACIÓN	TIPO	ALTURA DEL FUSTE [m]	PESO [kg]	CABEZA
1	CO-33000-15-NS4C	CÓNDOR	15	33000	NS4C
2	AGR-9000-25-NG4C	ÁGUILA REAL	25	9000	NG4C
3	CO-12000-27-NS4C	CÓNDOR	27	12000	NS4C
4	CO-9000-27-NS4C	CÓNDOR	27	9000	NS4C
5	AGR-9000-20-NS4C	ÁGUILA REAL	20	9000	NG4C
6	CO-18000-21-NS4C	CÓNDOR	21	18000	NG4C
7	AGR-12000-27-NG4C	ÁGUILA REAL	27	12000	NG4C
8	AGR-9000-20-NG4C	ÁGUILA REAL	20	9000	NG4C
9	CO-9000-27-NS4C	CÓNDOR	27	9000	NG4C
10	CO-9000-15-NS4C	CÓNDOR	15	9000	NG4C
11	AGR-12000-25-NG4C	ÁGUILA REAL	25	12000	NG4C



---

12	CO-33000-15-NS4C	CÓNDOR	15	33000	NG4C
13	CO-9000-21-NS4C	CÓNDOR	21	9000	NG4C
14	CO-9000-15-NS4C	CÓNDOR	15	9000	NG4C
15	AGR-9000-16-NG4C	ÁGUILA REAL	16	9000	NG4C
16	CO-12000-27-NS4C	CÓNDOR	27	12000	NG4C
17	CO-12000-15-NS4C	CÓNDOR	15	12000	NG4C
18	CO-12000-21-NS4C	CÓNDOR	21	12000	NG4C
19	CO-12000-21-NS4C	CÓNDOR	21	12000	NG4C
20	CO-33000-27-NS4C	CÓNDOR	27	33000	NG4C
21	CO-9000-15-NS4C	CÓNDOR	15	9000	NG4C
22	CO-9000-15-NS4C	CÓNDOR	15	9000	NG4C
23	AGR-9000-16-NG4C	ÁGUILA REAL	16	9000	NG4C
24	AGR-9000-20-NG4C	ÁGUILA REAL	20	9000	NG4C
25	CO-12000-15-NS4C	CÓNDOR	15	12000	NG4C
26	CO-33000-21-NS4C	CÓNDOR	21	33000	NG4C
27	CO-12000-21-NS4C	CÓNDOR	21	12000	NG4C
28	CO-33000-21-NS4C	CÓNDOR	21	33000	NG4C
29	CO-12000-21-NS4C	CÓNDOR	21	12000	NG4C
30	CO-33000-27-NS4C	CÓNDOR	27	33000	NG4C

---

### ***3.7 CÁLCULO MECÁNICO DE CIMENTACIONES***

---

Las cimentaciones utilizadas en este proyecto serán fraccionadas y de hormigón en todos los apoyos.

Según el apartado 3.6.1 de la ITC 07 del RLEAT las cimentaciones deberán un coeficiente de seguridad mínimo de 1.5 para hipótesis normales y de 1.2 para hipótesis normales. El coeficiente de seguridad será la relación entre el momento estabilizador mínimo respecto la arista con mayor carga de la cimentación y el momento de vuelco máximo causado por acciones externas.



---

Se realizarán cálculos de estas al arranque y a la compresión.

### 3.7.1.1 Comprobación al arranque

Según el apartado 3.6.2 de la ITC 07 del RLEAT se tendrán en cuenta el siguiente conjunto de fuerzas que se opondrán al arranque del apoyo:

- Peso del macizo de hormigón
- Un cuarto del peso del apoyo
- Peso de las tierras que arrastradas

Por lo que el esfuerzo estabilizador que tratará de contrarrestar la carga de arranque  $P_e$  vendrá definido a partir de la siguiente expresión:

$$P_e = P_h + \frac{P_a}{4} + P_\beta \quad [daN]$$

Siendo:

$P_h$ : Peso del hormigón [daN]

$P_a$ : Peso del apoyo [daN]

$P_\beta$ : Peso de las tierras arrancadas [daN]

Para calcular el peso del hormigón ( $P_h$ ) y partiendo de que se utilizará como cimentación básica macizos de hormigón de forma prismática y de base cuadrada se podrá calcular a partir de la siguiente expresión:

$$P_h = \delta a^2 h \quad [daN]$$

Siendo:

a: Lado de la cimentación [m]

h: Profundidad de la cimentación [m]

$\delta$ : Peso específico del hormigón [daN/m<sup>3</sup>]



Para calcular el peso tierras arrancadas ( $P_\beta$ ) se tomará el peso del volumen de una pirámide truncada invertida de tierra descontando el volumen de hormigón y el de interferencia de tierras.

$$P_\beta = \delta_T * \left( \frac{h}{3} * (b_1 + b_2 + \sqrt{b_1 b_2}) - a^2 * h - V_{interf} \right)$$

$$b_1 = a^2$$

$$b_2 = (a + 2 * h * \tan \beta)^2$$

Siendo:

a: Lado de la base de la cimentación [m]

$b_1$ : Área de la base inferior de la pirámide truncada [m<sup>2</sup>]

$b_2$ : Área de la base superior de la pirámide truncada [m<sup>2</sup>]

h: Profundidad de la cimentación [m]

$V_{interf}$ : Volumen de interferencia de las tierras [m<sup>3</sup>]

$\delta_T$ : Peso específico del terreno [daN/m<sup>3</sup>]

$\beta$ : Ángulo de arranque del terreno [°]

Por su parte el volumen de interferencia se calcula como:

$$V_{interf} = (0,5 * t * b * (L - 2b)) + (0,66 * t * b^2)$$

$$b = 0.5 * (L - D)$$

$$L = a + 2 * h * \tan \beta$$

Siendo:

a: Lado de la base de la cimentación [m]

h: Profundidad de la cimentación [m]

D: Distancia entre ejes de macizos [m]

t: Altura del prisma triangular [m]

$\beta$ : Ángulo de arranque del terreno [°]



A partir del esfuerzo estabilizador calculado, se calculará si el coeficiente de seguridad se ajusta a lo prescrito con anterioridad. El coeficiente de seguridad se calcula con la siguiente expresión:

$$C_s = \frac{P_e}{P_{arr}}$$

### 3.7.1.2 Comprobación a la compresión

El apartado 3.6.3 de la ITC 07 del RLEAT expone que las cargas de compresión transmitidas por la cimentación al terreno y que se deberán tener en cuenta son:

- Peso del macizo de hormigón
- Un cuarto del peso del apoyo
- Peso de las tierras que actúan sobre la solera de la cimentación

Las tensiones transmitidas al terreno deberán ser menores que las admisibles del mismo. Las transmitidas al terreno se podrán calcular con la siguiente expresión:

$$\sigma_C = \frac{C + \frac{P_a + P_h}{4}}{S} \quad [daN/cm^2]$$

Siendo:

$P_h$ : Peso del hormigón [daN]

$P_a$ : Peso del apoyo [daN]

C: Compresión máxima del montaje [daN]

S: Superficie de la base del macizo [cm<sup>2</sup>]

Los datos del terreno supuestos para el desarrollo de los cálculos corresponden a un terreno arenoso, grueso y no coherente, cuyas especificaciones son:

Carga admisible [daN/cm <sup>2</sup> ]	B [°]
3	22



### 3.7.1.3 Comprobación de la adherencia entre cimentación y anclaje

Se demostrará que la mayor carga que el anclaje transmite a la cimentación, es absorbida en su mitad por la adherencia cimentación-anclaje. La otra mitad será absorbida a través de los casquillos de anclaje por la cortadura de los tornillos de unión. Se deberá cumplir un factor de seguridad mínimo de 1.5 a según marca la siguiente expresión:

$$A * \sigma_{\text{acero-hormigón}} \geq 1.5 * C2$$

Siendo:

A: Área embebida en el hormigón [cm<sup>2</sup>]

$\sigma_{\text{acero-hormigón}}$ : Adherencia acero-hormigón [daN/cm<sup>2</sup>]

C: Compresión máxima por montante [daN]

Se comprueban a cortadura los tornillos de las zapatas-anclaje con la siguiente expresión:

$$A * C_{\text{tornillo}} \geq 1.5 * C2$$

Donde:

n: Número de tornillos

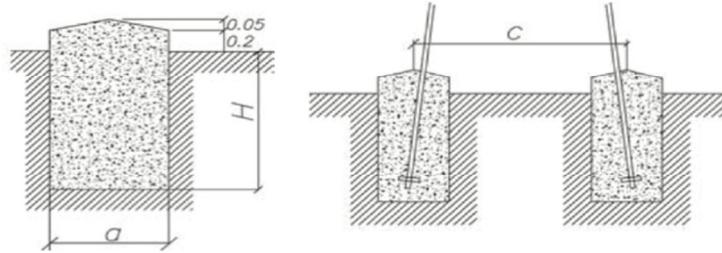
$C_{\text{tornillo}}$  : Carga crítica a cortadura simple de los tornillos [daN]

C: Compresión máxima por montante [daN]

La información necesaria para realizar esta comprobación debe ser proporcionada por el fabricante de los apoyos; si no es así, se le pedirá.

### 3.7.1.4 Cimentaciones usadas

Para los cálculos se ha determinado el terreno como TERRENO MEDIO NORMAL, con  $\alpha=30^\circ$ , y  $\sigma=3$  kg/cm<sup>2</sup>. Las dimensiones mostradas en las cimentaciones corresponden a las dimensiones mostradas en el siguiente gráfico:



		a(m)	c(m)	H(m)	V(m <sup>3</sup> )
1	CO-33000-15-NS4C	2	4,32	3.7	14.8
2	AGR-9000-25-NG4C	1.25	4.72	2.8	4.38
3	CO-12000-27-NS4C	1.35	6.4	2.9	5.29
4	CO-9000-27-NS4C	1.2	6.4	2.5	3.6
5	AGR-9000-20-NS4C	1.2	4.11	2.8	4.03
6	CO-18000-21-NS4C	1.55	5.35	3.2	7.69
7	AGR-12000-25-NG4C	1.4	4.72	3	5.88
8	AGR-9000-20-NG4C	1.2	4.11	2.8	4.03
9	CO-9000-27-NS4C	1.2	6.4	2.5	3.6
10	CO-9000-15-NS4C	1.1	4.32	2.45	2.96
11	AGR-12000-25-NG4C	1.4	4.72	3	5.88
12	CO-33000-15-NS4C	2	4,32	3.7	14.8
13	CO-9000-21-NS4C	1.15	5.35	2.55	3.37
14	CO-9000-15-NS4C	1.1	4.32	2.45	2.96
15	AGR-9000-16-NG4C	1.4	3.5	3	5.88
16	CO-12000-27-NS4C	1.35	6.4	2.9	5.29
17	CO-12000-15-NS4C	1.25	4.32	2.75	4.3
18	CO-12000-21-NS4C	1.3	5.35	2.8	4.73
19	CO-12000-21-NS4C	1.3	5.35	2.8	4.73
20	CO-33000-27-NS4C	2.1	6.4	3.8	16.76
21	CO-9000-15-NS4C	1.1	4.32	2.45	2.96
22	CO-9000-15-NS4C	1.1	4.32	2.45	2.96
23	AGR-9000-16-NG4C	1.15	3.5	2.8	3.7
24	AGR-9000-20-NG4C	1.2	4.11	2.8	4.03
25	CO-12000-15-NS4C	1.25	4.32	2.75	4.3
26	CO-33000-21-NS4C	2.05	5,35	3,75	15.76
27	CO-12000-21-NS4C	1.3	5.35	2.8	4.73
28	CO-33000-21-NS4C	2.05	5,35	3,75	15.76
29	CO-12000-21-NS4C	1.3	5.35	2.8	4.73
30	CO-33000-27-NS4C	2.1	6.4	3.8	16.76



### ***3.8 PUESTA A TIERRA***

---

---

De acuerdo con el apartado 7.3.4.2 de la ITC 07 del RLEAT, los apoyos se podrán clasificar en dos grandes grupos según su ubicación:

- *Apoyos frecuentados*: Situados en lugares de público acceso y donde la presencia de personal ajeno a la instalación es frecuente: donde se espera que las personas se queden durante un tiempo considerablemente alto, varias horas del día durante varias semanas, o por un durante corto tiempo pero numerosas veces al día sin incluir lugares con ocupación ocasional como campos de labranza o bosques.
  
- *Apoyos no frecuentados*. Serán aquellos localizados en lugares cuyo acceso no sea público o el acceso de personas no sea frecuente.

Dependiendo de la clasificación del apoyo, este deberá cumplir con distintos requisitos; el electrodo utilizado en cada caso variará en función de la ubicación del apoyo.

*Apoyos frecuentados*:

- Cumplir la tensión de contacto admisible
- Actuación del sistema de puesta a tierra
- Dimensionamiento ante efectos de rayo

- *Apoyos no frecuentados*

- Actuación correcta de las protecciones.



### ***3.8.1.1 Elementos de la puesta a tierra***

#### ***3.8.1.1.1 Electrodo de puesta a tierra***

En el caso de los apoyos no frecuentados la puesta a tierra consistirá en 2 picas de difusión vertical de 28 mm de diámetro y 2 metros de longitud.

En el caso de apoyos frecuentados se empleará un anillo de difusión de cobre desnudo de 100 mm<sup>2</sup> de sección y 4 picas de difusión vertical de 28 mm de diámetro y 2 metros de longitud.

#### ***3.8.1.1.2 Línea de tierra***

El objetivo de la línea de tierra será el de unir el apoyo metálico con la puesta a tierra enterrada. El conductor utilizado según lo dictado por la ITC 07 del RLEAT deberá poder soportar la corriente de defecto en su totalidad.

Se ha optado por el uso de un doble conductor de acero galvanizado de 50 mm<sup>2</sup>, haciendo un total de 4 conductores formando dos líneas de tierra, cada una de estas se localizará en lados opuestos del apoyo.

#### ***3.8.1.2 Dimensionamiento de la puesta a tierra***

Partiendo del apartado 7.1 de la ITC 07 del RLEAT la puesta a tierra deberá soportar:

- Garantizar la seguridad de las personas debido a las tensiones que puedan suceder en el sistema de puesta a tierra durante una posible falta a tierra.
- Proteger a propiedades y equipos de los distintos daños que puedan sufrir garantizando la fiabilidad del equipo.
- Esfuerzos mecánicos y corrosión.
- La corriente de falta más elevada que pueda existir.

##### ***3.8.1.2.1 Dimensionamiento a partir de la seguridad de personas***

En el momento de la falta se pueden poner en tensión ciertas partes de la instalación. Es por ello por lo que la puesta a tierra deberá dimensionarse de tal manera que evite todo riesgo a personas y animales. Según el apartado 7.3.6. de la ITC 07, este criterio solo es necesario en apoyos frecuentados.



El RLEAT determina que el sistema de puesta a tierra será válido en el caso en que si la tensión de puesta a tierra sea menor que el doble de la tensión de contacto admisible de la instalación.

#### ***3.8.1.2.2 Dimensionamiento respecto a la resistencia térmica***

Según lo dictado por el reglamento la línea de tierra debe soportar la totalidad de la corriente de falta, sin embargo el anillo difusor tendrá que soportar la mitad de esta.

#### ***3.8.1.2.3 Dimensionamiento respecto a proteger frente a rayos***

Serán dimensionados de este modo los apoyos frecuentados de la línea. Es por ello que se dimensionará el Sistema de puesta a tierra de tal manera que proteja a la instalación y a las distintas propiedades de las descargas atmosféricas que puedan darse.

#### ***3.8.1.3 Resultados***

Tras el estudio realizado y basándonos en la localización del apoyo, se pueden considerar todos los apoyos no frecuentados salvo los de inicio y final de línea, el apoyo 1 y el apoyo 30. Para los apoyos FRECUENTADOS el electrodo será un anillo cerrado y 4 picas; mientras que para los apoyos NO FRECUENTADOS el electrodo será una doble pica.

### ***3.9 CÁLCULO DE AISLAMIENTO***

---

#### ***3.9.1.1 Cálculo eléctrico***

El aislamiento de las cadenas de aisladores utilizados en las líneas aéreas viene definido por la línea de fuga total de la cadena. En el caso del presente proyecto, los aisladores que se utilizarán son de vidrio.



El nivel de contaminación correspondiente con la zona por la que transcurre la línea es ligero, es decir, de nivel I, tal y como se recoge en la norma UNE 21-062-80. El trazado de la línea discurre por una zona con una baja densidad de industrias y viviendas sometidas frecuentemente a lluvias y vientos considerables. Además, la línea pasará por parcelas dedicadas a la agricultura y ganadería.

De acuerdo al apartado 4.4. de la ITC-LAT 07 del RLAT, la línea de fuga mínima requerida para una zona con nivel de contaminación ligero es de 16 mm/KV.

La línea de fuga total de los aisladores se calcula como el producto entre la tensión más elevada de fase y la longitud de la línea de fuga mínima establecida en el paso anterior, es decir:

$$L_{fuga} = U_{max} * I_{min} = 72,5 \text{ kV} * 16 \frac{\text{mm}}{\text{kV}} = 1160 \text{ mm}$$

### **3.9.1.2 Cálculo mecánico**

#### **3.9.1.2.1 Cadenas de amarre**

Según el apartado 3.4. de la ITC-LAT 07 del RLAT el coeficiente de seguridad mecánico a la rotura del aislador no será nunca inferior a 3, es decir, la carga máxima que debe soportar el aislador será su carga de rotura dividida entre 3. A su vez deberá ser mayor que la carga de rotura del conductor, que, en el caso del presente proyecto, es el denominado LA-280.

La carga de rotura del conductor es de 8489 daN, aplicándole un coeficiente de seguridad de 2,5 el tense máximo del conductor será de 3395,6 daN.

Por lo tanto:

$$\frac{Q_{r_{aislador}}}{3} > 3395,6 \text{ daN}$$



$$Qr_{aislador} > 10186,8 \text{ daN}$$

### 3.9.1.2 Cadenas de suspensión

Además, las cadenas de suspensión han de soportar el peso del propio conductor. Para ello, se considera la hipótesis más desfavorable, es decir, se dimensionan para resistir el peso del hielo sumado al del propio conductor considerando el vano más largo de la línea.

El peso del hielo en la zona B en la que se encuentra la línea viene dado por la siguiente expresión:

$$P_n = 0,18 \sqrt{d}$$

Y como este peso va sumado al del propio conductor, el peso que realmente han de soportar será:

<i>Peso del hielo (Kg/m)</i>	0,84
<i>Peso del conductor (Kg/m)</i>	0,957
<i>Peso total por unidad de longitud (Kg/m)</i>	1,7974
<i>Vano más largo (m)</i>	418
<i>Peso total (Kg)</i>	639,22
<i>Peso con coeficiente de seguridad (Kg)</i>	198,26

### 3.9.1.3 Elección del número y tipo de aisladores

Atendiendo a los cálculos eléctricos y mecánicos, el aislador elegido será de vidrio y cuyas características son las siguientes:



### 3.9.1.3.1 Cadenas de amarre

MODELO	U-100-BS
Paso nominal (mm)	127
Diámetro nominal (mm)	315
Línea de fuga (mm)	255
Carga de rotura (daN)	10000
Peso (kg)	3,75
Acoplamiento (UNE 21 009)	16

### 3.9.1.3.2 Cadenas de suspensión

MODELO	U-70-BS
Paso nominal (mm)	127
Diámetro nominal (mm)	320
Línea de fuga (mm)	255
Carga de rotura (daN)	7000
Peso (kg)	3,40
Acoplamiento (UNE 21 009)	16

### 3.9.1.4 Elección del número de aisladores

El número de aisladores puede determinarse a partir de la siguiente expresión:

$$N^{\circ} \text{ aisladores} = \frac{\text{línea de fuga total}}{\text{línea de fuga de cada aislador}}$$

#### 3.9.1.4.1 Cadenas de amarre

$$N^{\circ} \text{ aisladores} = \frac{1160}{315} = 3,69 \rightarrow 4 \text{ aisladores}$$



Por lo tanto la longitud de la cadena de aisladores será:

$$Long. = 127 \times 4 = 508 \text{ mm}$$

### 3.9.1.4.2 Cadenas de suspensión

$$N^{\circ} \text{ aisladores} = \frac{1160}{320} = 3,63 \rightarrow 4 \text{ aisladores}$$

Por lo tanto la longitud de la cadena de aisladores será:

$$Long. = 127 \times 4 = 508 \text{ mm}$$

Para el tipo y número de aisladores elegidos de cada tipo, los valores para la coordinación de aislamiento son:

	<i>U-70-BS</i>	<i>U-100-BS</i>
Tensión soportada a frecuencia industrial en seco	165	165
Tensión soportada a frecuencia industrial bajo lluvia	105	105
Tensión soportada a impulso tipo rayo	260	260

## 3.10 DISTANCIAS

El RLEAT en su apartado 5 de la ITC-07 contempla las distancias mínimas en cruzamientos y paralelismos. Para evitar descargas el RLEAT considera tres tipos de distancias:

Del: Distancia de aislamiento en el aire mínima especificada, para prevenir una descarga disruptiva entre conductores de fase y objetos a potencial de



tierra en sobretensiones de frente rápido o lento. Del puede ser tanto interna, cuando se considera una distancias del conductor a la estructura de la torre, como externas, cuando se considera una distancia del conductor a un obstáculo.

$D_{pp}$ : Distancia de aislamiento en el aire mínima especificada, para prevenir una descarga disruptiva entre conductores de fase durante sobretensiones de frente rápido o lento. Es una distancia interna.

$a_{som}$ : Valor mínimo de la distancia de descarga de la cadena de aisladores, definida como la distancia más corta en línea recta entre las partes en tensión y las partes puestas a tierra.

Los valores indicados por el RLEAT para este nivel de tensión son:

Tensión más elevada de la red $U_s$ (kV)	$D_{el}$ (m)	$D_{pp}$ (m)
72,5	0,70	0,80

### 3.10.1.1 Distancia entre los conductores

Como se describe en el apartado 5.4.1 del RLEAT la distancia debe ser suficiente para evitar cortocircuitos entre fases de un mismo circuito y de otros distintos. La separación mínima vendrá definida por la siguiente expresión:

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

Con:

D: Separación entre conductores de fase [m]

K: Coeficiente que depende de la oscilación de los conductores con el viento

K': Coeficiente que depende de la tensión de nominal de la línea (0.75 para segunda categoría)



F: Flecha máxima [m]

L: Longitud de la cadena de suspensión [m] (0,509)

D<sub>pp</sub>: Distancia mínima aérea especificada [m]

Para hallar el coeficiente K se debe calcular la desviación de la cadena de aisladores. Para ello se ha seguido la siguiente expresión:

$$\text{Desviación de la cadena } [^\circ] = \text{arctog}\left(\frac{p_v}{p_c}\right)$$

Con:

p<sub>v</sub>: Resultante producida por la presión del viento a 120km/h [kg/m]

p<sub>c</sub>: Peso del conductor [kg/m]

$$\text{Desviación de la cadena } [^\circ] = \text{arctog}\left(\frac{1.253}{1.46}\right) = 38.21^\circ$$

Este resultado se corresponde con una k de 0.65 según la tabla 16 de ITC-07.

La flecha máxima que presentará la línea será de 15.54 metros.

$$D = 0,65\sqrt{15,54 + 0,509} + 0,75 * 0,8 = 3,39 \text{ m}$$

### **3.10.1.2 Distancia entre los conductores y partes a tierra**

La distancia de los conductores a elementos a tierra será como mínimo Del (0.7 m), si suponemos una desviación de la cadena producida por la acción del viento a 120km/h.

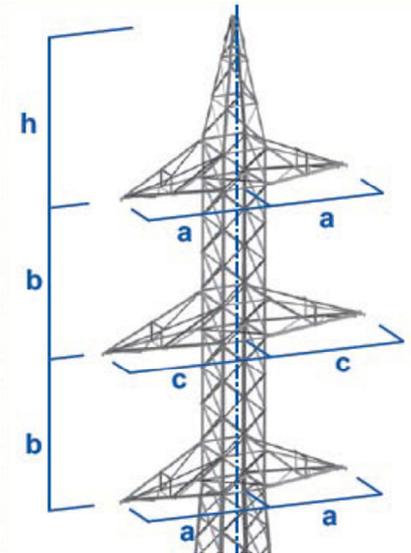
### **3.10.1.3 Distancia entre las cabezas de los apoyos usados**

Da la casualidad que las cabezas escogidas para los apoyos Águila Real y Halcón Real (los dos tipos de cabezas utilizadas en nuestro proyecto) coinciden en sus medidas. Por tanto, solamente debemos comprobar las distancias en una cabeza.



Las cabezas elegidas tienen la referencia NHR/NG 4C, y unas distancias que se indican a continuación:

$h$ (m)	4,3
$a$ (m)	2,9
$b$ (m)	4
$c$ (m)	3,1



La mínima distancia por tanto es de 4m, superior a la mínima distancia entre conductores. Podemos asegurar que se va a cumplir el reglamento.

La distancia a masa de las partes en tensión deberá ser mayor que Del (0.7 m), es por ello por lo que se estudiará la distancia a los apoyos tanto vertical como horizontal suponiendo una desviación en la cadena de  $38,21^\circ$ .

Contando con que la cadena de suspensión (incluidos herrajes) mide 0,509 metros y que los subconductores están separados 0.4m (0.2m de la línea central) el conductor más cercano al apoyo cuando se produzca una sobrecarga de viento de 120 km/h ( $38,21^\circ$  de inclinación) estará a una distancia vertical de 1.41 metros del apoyo y 1.07 metros de distancia horizontal desplazado respecto a la vertical de la cadena sin viento.

Por tanto, como estas distancias son menores que la mínima distancia a masa, también podemos concluir que se cumple el reglamento.

#### **3.10.1.4 Distancia de los conductores al terreno**

El apartado 5.5 de la ITC-07 del RLEAT establece las distancias mínimas que se deberán cumplir en este aspecto. La distancia establecida entre el terreno y los conductores vendrá definida por la siguiente ecuación:

$$Dadd + Del = 5.3 + Del$$

Y como Del son 0,7 m



$$D_{add} + D_{el} = 5.3 + 0,7 = 6 \text{ m}$$

Que además coincide con la mínima distancia al terreno permitida. En nuestro caso para facilitar el trazado y aumentar la seguridad, la distancia mínima que vamos a dejar entre los conductores y el terreno es de 7 metros. Además esta distancia es ampliamente superada por la real, estando el conductor más próximo al terreno en la hipótesis más desfavorable a una distancia de 7,83 metros (apoyo 17).

### **3.10.1.5 Distancia de los conductores a otras líneas. Cruzamientos**

El apartado 5.5 de la ITC-07 del RLEAT establece las distancias mínimas que se deberán cumplir en los cruzamientos de este tipo. La distancia que se debe guardar vendrá dada por la siguiente expresión:

$$D_{add} + D_{pp} = 1.5 + D_{el} \text{ [m]}$$

La suma de esas distancias mínimas debe ser para nuestra línea de 66 kV de al menos 3 metros.  $D_{add} + D_{pp} = 1.5 + 0,7 = 2,2 \text{ [m]}$  Ya que la distancia es menor, tomaremos 3 metros.

Los conductores de la línea inferior del cruzamiento se considerarán con la máxima desviación en hipótesis de flecha máxima de viento. La distancia mínima vertical entre los conductores de fase de cada línea será en las condiciones más desfavorables, esto es, flecha máxima en la línea de más altura y flecha mínima en la de menos altura. Esta distancia no será inferior a

$$D_{add} + D_{pp} = 2.5 + 0,8 = 3,3 \text{ [m]}$$

Por último la distancia mínima vertical entre los conductores de fase de la línea superior y el cable de tierra de la línea inferior no debe ser inferior a

$$D_{add} + D_{el} = 2.5 + 0,7 = 3,2 \text{ [m]}$$



Las líneas que producen cruzamientos a lo largo de nuestra traza son:

<i>Cruzam.</i>	<i>Tipo de línea (kV)</i>	<i>Apoyo anterior</i>	<i>Apoyo posterior</i>	<i>Long. del vano (m)</i>	<i>Dist. al apoyo más próximo (m)</i>	<i>Dist. a fase (m)</i>	<i>Dist. a cable tierra (m)</i>
1	45	2	3	459,24	139,73	4,23	5,39
2	45	10	11	270,22	84,66	6,88	8,28
3	220	16	17	350	194,23	5,87	7,09
4	400	22	23	282,66	133,67	9,30	12,32
5	400	24	25	376,56	201,98	7,36	9,62

Las mínimas distancias son las superiores a las del reglamento.

### ***3.10.1.6 Distancia de los conductores a carreteras***

El apartado 5.5 de la ITC-07 del RLEAT establece las distancias mínimas que se deberán cumplir en este aspecto.

En el cruzamiento de carreteras se guardará una distancia vertical a la rasante de la carretera igual a:

$$D_{add} + D_{el} = 6,3 + 0,7 = 7$$

La distancia adicional será de 6,3 metros en el caso de líneas de segunda categoría como la que estamos proyectando, por lo que la distancia mínima vertical será de 7 metros, coincidiendo así con la mínima permitida.

Respecto a la distancia horizontal en la Red de Carreteras del Estado se establecerá un mínimo de 50 metros para autopistas y autovías y un mínimo de 25 metros para el resto carreteras desde la arista exterior de la calzada a la hora de localizar un apoyo. También se deberá tener en cuenta que la distancia del apoyo más cercano a la calzada será de al menos 1.5 veces la altura de este, en nuestro caso como mínimo será de 22,5 metros.



Al discurrir en una zona montañosa y de vegetación abundante no aparecen cruzamientos con carreteras principales, pero sí con dos carreteras comarcales, la CM 2023 y la CM 2108. También tienen lugar varios cruzamientos con caminos forestales o sendas, como se mostrará posteriormente en los planos. Además la distancia mínima al terreno que hemos dejado basta para cumplir la normativa.

### ***3.10.1.7 Distancia de los conductores a ríos y canales, navegables o flotables***

El apartado 5.5 de la ITC-07 del RLEAT establece las distancias mínimas que se deberán cumplir en este caso. Partiendo de que ninguno de los ríos ni arroyos que discurren por las proximidades de la línea son navegables en condiciones normales (el gálibo será nulo) se establecerá la distancia vertical mínima que se deberá guardar.

$$G + D_{add} + D_{el} = 0 + 2,3 + 0,7 = 3 \text{ [m]}$$

Como se puede observar se ha aplicado la distancia adicional reglamentaria por líneas de segunda categoría (2,3 metros). Destacamos que con guardar la distancia mínima proyectada al terreno (7 metros) ya se estaría cumpliendo la restricción estudiada.

## ***3.11 HERRAJES***

---

La elección de los herrajes se ha realizado de tal manera que la carga de rotura de los elementos sea superior a la carga de rotura de los aisladores, con coeficientes de seguridad de 3 y teniendo en cuenta las dimensiones de todos los elementos para su montaje. El fabricante que se ha elegido es ARRUTI.

En el caso de la presente línea, la carga de rotura del conductor es 84,89kN; y el cable se va a tender con un coeficiente de seguridad de 3. Lo que significa que la



máxima tracción esperada será de 28,30kN. Si se aplica el coeficiente de seguridad de 3.5, resulta una tracción mínima necesaria en la cadena de 99,05kN.

Para el cable de guarda, la carga de rotura es 11,32kN; el cable se va a tender con un coeficiente de seguridad de 3. De modo que la máxima tracción será 3,77kN. Si se aplica un coeficiente de seguridad de 3,5 se han de buscar herrajes cuya carga de rotura sea superior a 13,21kN.

Para información más detallada sobre las características de los herrajes se puede acudir al documento de planos de este proyecto, donde viene la información necesaria de cada uno de ellos.

#### ***3.11.1.1 Herrajes de amarre para conductores***

La información necesaria se muestra en el documento de planos del presente proyecto.

#### ***3.11.1.2 Herrajes de suspensión para conductores***

La información necesaria se muestra en el documento de planos del presente proyecto.

#### ***3.11.1.3 Herrajes de amarre para cable de tierra***

La información necesaria se muestra en el documento de planos del presente proyecto.

#### ***3.11.1.4 Herrajes de suspensión para cable de tierra***

La información necesaria se muestra en el documento de planos del presente proyecto.



## *Parte II PLANOS*



## Capítulo 1

## LISTADO DE PLANOS

H

<i>PLANO</i>	<i>NÚMERO DE PLANO</i>	<i>NÚMERO DE HOJAS</i>
SITUACIÓN	1	1
PLANTA Y PERFIL	2	9
APOYOS	3	2
CADENAS DE AMARRE Y SUSPENSIÓN DEL CONDUCTOR	4	2
CIMENTACIONES	5	1
AISLADORES	6	1
CADENAS DE AMARRE Y SUSPENSIÓN DEL CABLE DE TIERRA	7	2
CANALIZACIONES	8	1
APOYO PASO AÉREO – SUBTERRÁNEO	9	1
TRAMO SUBTERRÁNEO EN DETALLE	10	1



**UNIVERSIDAD PONTIFICIA COMILLAS**  
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI)  
INGENIERO INDUSTRIAL

Listado de Planos

---



## 2..1 PERFIL



## 2.2 PERFIL



### 2.3 PERFIL



## 2.4 PERFIL



## 2.5 PERFIL



## 2.6 PERFIL



## 2.7 PERFIL



## 2.8 PERFIL



## 2.9 PERFIL



### 3.1 APOYO HR



### 3.2 APOYO AR



#### 4.1 CADENA AMARRE CONDUCT



## 4.2 CADENA SUSPENS CONDUCT



5. AISLADOR



6.1 AMARRE GUARDA



6.2 SUSPENS GUARDA



7. CANALIZACION



8. PAS



9. TRAMO SUBTERR DETALLE



10. CIMENTACIONES



**UNIVERSIDAD PONTIFICIA COMILLAS**  
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI)  
INGENIERO INDUSTRIAL

Listado de Planos

---



***Parte III PLIEGO DE  
CONDICIONES***



## Capítulo 1

## LÍNEA AÉREA

### ***1.1 OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN***

---

---

El presente Pliego de Condiciones determina las condiciones mínimas aceptables para la ejecución de las obra de la línea eléctrica de 220 kV entre las subestaciones de Carbonero el Mayor y Cantimpalos en Segovia.

Estas obras contemplan la obra civil, el suministro y montaje de los materiales necesarios en la construcción de dichas líneas, así como la puesta en servicio de las mismas.

### ***1.2 EJECUCIÓN DEL TRABAJO***

---

---

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

### ***1.3 DOCUMENTACIÓN Y MEDIOS PARA EL DESARROLLO***

---

---

El contratista deberá poseer como mínimo la siguiente documentación para el montaje de la línea:

- Plano de situación a escala 1:50.000 o 1:25.000.
- Plano de emplazamiento a escala 1:10.000
- Plano de perfil longitudinal y planta de la línea a escalas verticales 1:500 y horizontales 1:2.000, en los que figuren la distribución de apoyos, catenaria de conductores, cables de tierra y cables de fibra óptica para la hipótesis de máxima flecha, límites de parcelas, límites de provincias y términos municipales, servicios que existan en una franja de 50 m de anchura a cada lado



del eje de la línea, tales como carreteras, ferrocarriles, cursos de agua, líneas eléctricas o de telecomunicación, etc.

- En dicho perfil se indicarán las longitudes de los vanos, tipo, numeración y cotas de emplazamiento de los apoyos, ángulos del trazado y numeración de las parcelas afectadas.
- Planos de los apoyos y esfuerzos admisibles en montaje.
- Planos de formación de cadenas en sus composiciones de suspensión y amarre.
- Planos de cimentaciones y comprobación de la adherencia de las mismas.
- Tablas de tendido para el tensado de los conductores, cables de tierra y cables de fibra óptica, de 5 en 5 grados centígrados, para los vanos reguladores y de comprobación que se fijen.
- Relación de bobinas de conductor con indicación de la longitud contenida en cada una de ellas.
- Especificaciones técnicas de materiales facilitadas por UNION FENOSA
- distribución
- Curvas de utilización de los diferentes apoyos suministradas por el fabricante.
- Estudio de amortiguamiento realizado por el fabricante.

Por otra parte el contratista vendrá obligado a exponer en su oferta, las herramientas que piensa utilizar en la construcción y el método de tendido a seguir, y hará mención de la que crea deba ser facilitada por UNION FENOSA distribución.

#### ***1.4 TRANSPORTE Y ACOPIO DE MATERIALES***

---

---

Los materiales que suministre GAS NATURAL FENOSA distribución quedarán situados en uno o varios almacenes o fábricas, cuyo emplazamiento y contenido de materiales serán proporcionados al contratista.

Los materiales serán entregados al contratista en perfecto estado de conservación. Las



entregas podrán ser totales o parciales, según convenga.

Para retirarlos de estos almacenes, el contratista deberá proveerse del correspondiente vale de GAS NATURAL FENOSA distribución. El representante del contratista que se haga cargo del material acreditará ser persona autorizada por él, entregándosele un resguardo en el que se indicará la clase de material entregado, fecha, etc., quedando una copia firmada por dicho representante en el almacén.

El contratista, a partir de la entrega de los materiales y medios auxiliares en el almacén de la empresa suministradora del material, tendrá a su cuenta y riesgo los gastos de carga, transporte, vigilancia y almacenamiento posterior.

La propiedad de los materiales entregados al contratista seguirá siendo de GAS NATURAL FENOSA distribución, y aquél lo recibirá con carácter de depósito.

Al hacerse cargo del material, el contratista comprobará el estado del mismo, siendo a partir de este momento responsable de todos los defectos que sufra. Si descubriese el contratista algún defecto en el material retirado, deberá presentar inmediatamente la reclamación por escrito para que sea comprobado por GAS NATURAL FENOSA distribución.

GAS NATURAL FENOSA distribución exigirá del contratista una póliza de seguros contra robo, avería en transporte y montaje del material entregado en compañía aseguradora de reconocida solvencia.

El contratista queda obligado a colocar en los almacenes de GAS NATURAL FENOSA distribución las bobinas vacías para su devolución a fábrica. Del mismo modo, estará obligado a colocar por su cuenta en los citados almacenes todo el material sobrante.

Cuando el contratista sea el que suministre los materiales, cuidará de su carga y transporte desde su adquisición hasta la descarga en obra. Estos transportes serán por cuenta del contratista, siendo responsable de cuantas incidencias ocurran a los



mismos hasta la recepción definitiva de la obra.

El contratista cuidará de que la carga, transporte y descarga de los materiales se efectúe sin que sufran golpes, roces o daños que puedan deteriorarlos.

El transporte se hará en condiciones tales que los puntos de apoyo de los postes con la caja del vehículo queden bien promediados respecto a la longitud de los mismos.

En la carga y descarga de los camiones se evitará toda clase de golpes o cualquier otra causa que pueda producir el agrietamiento o deformación de los mismos.

En el depósito en obra se colocarán los postes con una separación de estos con el suelo y entre ellos (en el caso de unos encima de otros) con objeto de poder introducir los estobos. Esto supondrá situar un mínimo de tres puntos de apoyo, los cuales serán tacos de madera y todos ellos de igual tamaño; por ninguna razón se utilizarán piedras para este fin.

Los apoyos no serán arrastrados ni golpeados. Se transportarán con vehículos especiales o elementos apropiados desde el almacén, hasta el pie del apoyo.

Se tendrá especial cuidado con los apoyos metálicos, ya que un golpe puede torcer o romper cualquiera de los angulares que lo componen, dificultando su armado o haciendo desprenderse la capa de galvanizado. Los estobos a utilizar serán los adecuados para no producir daños en los apoyos.

El contratista tomará nota de los materiales recibidos, dando cuenta al director de obra de las anomalías que se produzcan. Cuando se transporten apoyos despiezados es conveniente que sus elementos vayan numerados, en especial las diagonales. Por ninguna causa los elementos que componen el apoyo se utilizarán como palanca o arriostamiento.



Los aisladores no se podrán apilar en sus embalajes en más de seis cajas superpuestas, su transporte se hará siempre bien embalados y con el debido cuidado.

Las bobinas se descargarán con grúa, o con muelle de descarga, pero nunca dejándolas caer desde el camión. En caso de rodarse las bobinas se hará siempre en sentido contrario al del arrollamiento del cable.

### ***1.5 CIMENTACIONES***

---

Antes de realizar las cimentaciones el contratista realizará el replanteo y estaquillado de los apoyos comprobando que los planos de planta y perfil del proyecto se ajustan a la realidad existente en el momento de realizar la línea indicando cualquier divergencia existente a la dirección de obra.

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

Las cimentaciones se realizarán de acuerdo a los planos de cimentaciones del PROYECTO LÍNEA DE ALTA TENSIÓN A 66 KV PARA LA ALIMENTACION DE UNA PLANTA INDUSTRIAL EN LA PROVINCIA DE CUENCA y conforme a la "Instrucción de Hormigón Estructural (EHE 08)", empleándose un hormigón HM 25 / B / 20 /IIa. Esta definición, se corresponde con un hormigón en masa (HM) y estructural, lo que determina una resistencia característica mínima de 25 N/mm<sup>2</sup> según la EHE 08. La consistencia será blanda (B) y el tamaño máximo de árido empleado será de 20. Con referencia a la clase general de exposición, se especifica una de tipo IIa, correspondiente a humedades altas.



Los materiales empleados en la elaboración del hormigón en masa serán los siguientes:

#### ***1.5.1.1 Cemento***

Los cementos utilizados en la elaboración del hormigón deberán ajustarse a lo establecido en el Art. 26º de la EHE 08.

#### ***1.5.1.2 Agua***

Se podrá utilizar, tanto para el amasado como para el curado del hormigón en obra, todas las aguas sancionadas como aceptables por la práctica.

Cuando no se posean antecedentes de su utilización, o en caso de duda, deberán analizarse las aguas y, salvo justificación especial de que no alteren perjudicialmente las propiedades exigibles al hormigón, deberán rechazarse las que no cumplan algunas de las condiciones establecidas en el Art. 27º de la EHE 08.

#### ***1.5.1.3 Áridos***

La naturaleza de los áridos y su preparación serán tales que permitan garantizar la adecuada resistencia y durabilidad del hormigón.

Como áridos para la fabricación de hormigones pueden emplearse arena y gravas existentes en yacimientos naturales, rocas machacadas o escorias siderúrgicas apropiadas, así como otros productos cuyo empleo se encuentren sancionados por la práctica o resulte aconsejable como consecuencia de estudios realizados en laboratorio. En todo caso cumplirán las condiciones del Art. 28º de la EHE 08. Se prohíbe el empleo de áridos que contengan sulfuros oxidables.

En caso de empleo de escorias siderúrgicas como árido, se comprobará previamente que son estables, es decir, que no contienen silicatos inestables ni compuestos ferrosos.



Los áridos deberán llegar a obra manteniendo las características granulométricas de cada una de sus fracciones (arena y grava).

El tamaño del árido, las condiciones físico químicas, las condiciones físico mecánicas, la granulometría y coeficiente de forma se ajustarán a lo establecido en el Art. 28º de la EHE 08.

#### ***1.5.1.4 Fabricación***

La fabricación del hormigón se realizará según lo establecido en el Art. 71º de la EHE 08.

La dosificación de los materiales que constituyen el hormigón se realizará en peso y de tal modo que la resistencia del hormigón se ajuste a la indicada en los planos de cimentaciones del presente Proyecto Tipo.

Cuando el hormigón no sea fabricado en central, el amasado se realizará con un periodo de batido, a la velocidad de régimen, no inferior a 90 s.

El fabricante de hormigón deberá documentar debidamente la dosificación empleada, que deberá ser aceptada expresamente por el director de obra.

En la obra existirá, a disposición del director de obra, un libro custodiado por el fabricante de hormigón que contendrá la dosificación nominal a emplear en la obra así como cualquier corrección realizada durante el proceso mediante la correspondiente justificación.

En este libro figurará la relación de proveedores de materias primas para la elaboración del hormigón, la descripción de los equipos empleados, y la referencia al documento de calibrado de la balanza para la dosificación del cemento. Así mismo figurará el registro del número de amasadas empleadas en



cada lote y las fechas de hormigonado, con los resultados de los ensayos de resistencia del hormigón realizados.

El control de la resistencia característica del hormigón se realizará según lo establecido en el Art. 86° de la EHE 08.

En los casos en que el contratista pueda justificar, por experiencias anteriores, que con los materiales, dosificación y proceso de ejecución previstos es posible conseguir un hormigón que posea las condiciones exigibles, podrá prescindir de los citados ensayos previos.

La temperatura de la masa del hormigón, en el momento de verterla en el molde o encofrado, no será inferior a 5 °C.

Se prohibirá verter el hormigón sobre elementos (armaduras, encofrados, etc.) cuya temperatura sea inferior a 0 °C.

En general, se suspenderá el hormigonado siempre que se prevea que dentro de las cuarenta y ocho horas siguientes puede descender la temperatura ambiente por debajo de los cero grados centígrados.

No se hormigonará a temperaturas superiores a 40 °C o con vientos excesivos.

Durante el fraguado y primer periodo de endurecimiento del hormigón, deberá asegurarse el mantenimiento de la humedad del mismo mediante un adecuado curado según lo establecido en el Art. 71° de la EHE 08.

Para los apoyos metálicos de celosía, los macizos de cimentación, tanto monobloque como fraccionados, quedarán 30 cm sobre el nivel del suelo. La parte superior de este macizo estará terminada en forma de punta de diamante, con una pendiente de un 10% como mínimo como vierte aguas.



Se tendrá la precaución de dejar los tubos de polietileno corrugado indicados en los planos de puesta a tierra de los apoyos. Estos tubos deberán salir en la parte superior de la cimentación, junto a las tomas de puesta a tierra previstas en el apoyo.

### ***1.6 ARMADO DE APOYOS***

---

---

El armado de los apoyos de celosía se realizará teniendo presente la concordancia de diagonales y presillas. Cada uno de los elementos metálicos del apoyo será ensamblado y fijado por medio de tornillos.

Si en el curso del montaje aparecen dificultades de ensambladura o defectos sobre algunas piezas que necesitan su sustitución o su modificación, el contratista lo notificará al director de obra.

No se empleará ningún elemento metálico doblado, torcido, etc. Sólo podrán enderezarse previo consentimiento del director de obra.

Después de su izado y antes del tendido de los conductores se apretarán los tornillos dando a las tuercas la presión correcta. El tornillo deberá sobresalir de la tuerca por lo menos tres pasos de rosca, los cuales se granetearán para evitar que puedan aflojarse.

### ***1.7 PROTECCIÓN DE LAS SUPERFICIES METÁLICAS***

---

---

Todos los elementos de acero deberán estar galvanizados en caliente, según norma UNE EN ISO 1461 contemplada como de obligado cumplimiento en la ITC 02 del RLEAT.



Todos los tornillos y sus accesorios deberán estar galvanizados en caliente según norma UNE 37 507 considerada de obligado cumplimiento según la ITC 02 del RLEAT.

### ***1.8 IZADO DE APOYOS***

---

La operación de izado de los apoyos debe realizarse de tal forma que ningún elemento sea solicitado excesivamente. En cualquier caso, los esfuerzos deben ser inferiores al límite elástico del material.

Por tratarse de postes pesados, se recomienda sean izados con pluma o grúa, evitando que el aparejo dañe las aristas o montantes del poste.

La nivelación de los apoyos metálicos de celosía se realizará mediante la perfecta colocación de la base del apoyo con plantillas.

### ***1.9 TENDIDO, EMPALME, TENSADO Y RETENCIONADO***

---

#### ***1.9.1.1 Herramientas***

El contratista deberá aportar todas las herramientas necesarias, que estarán suficientemente dimensionadas en previsión de roturas y accidentes, como son poleas, cables pilotos, máquinas de empalmar, andamios, etc., y demás herramientas utilizadas en este tipo de trabajo, salvo que sean suministradas por GAS NATURAL FENOSA distribución por mutuo acuerdo.

GAS NATURAL FENOSA distribución se reserva el derecho de rechazar en cualquier momento aquellas herramientas que, por no estar en condiciones, no sean adecuadas para efectuar el trabajo a que están destinadas.



### Máquina de frenado del conductor

Dispondrá esta máquina de dos tambores en serie con canaladuras para permitir el enrollamiento en espiral del conductor.

Dichos tambores serán de aluminio, plástico, neopreno o cualquier otro material que será previamente aprobado por el director de obra.

La relación de diámetros entre tambores y conductor será fijada por el director de obra.

La máquina de frenado mantendrá constante la tensión durante el tendido limitando la tensión máxima y la velocidad de salida del cable.

La bobina se frenará con el exclusivo fin de que no siga girando por su propia inercia, por variaciones de velocidad en la máquina de frenado.

Nunca debe rebasar valores que provoquen daños en el cable por el incrustamiento en las capas inferiores.

### Poleas de tendido del conductor y cable de tierra

Para tender el conductor de aluminio acero, las gargantas de las poleas serán de aluminio, plástico o neopreno.

El diámetro de la polea estará comprendido entre 25 y 30 veces el diámetro del conductor.

Las poleas para el cable de acero podrán ser de acero, madera, plástico o neopreno, y siempre de un material de igual o menor dureza que el cable o el conductor.

La superficie de la garganta de las poleas será lisa y exenta de porosidades y rugosidades. No se permitirá el empleo de poleas que por el uso presenten erosiones o canaladuras provocadas por el paso de las cuerdas o cables piloto.



La forma de la garganta tendrá una curvatura en su fondo comprendida entre el diámetro del conductor o cable de tierra como mínimo y el diámetro de los empalmes provisionales y giratorios utilizados en el tendido. Las paredes laterales estarán inclinadas formando un ángulo entre sí comprendido entre 20° y 60° para evitar enganches. Los bordes deberán de ser biselados con el mismo fin.

No se emplearán jamás poleas que se hayan utilizado para tendidos de conductores de cobre.

Las poleas estarán montadas sobre cojinetes de bolas o rodillos, pero nunca con cojinete de fricción, de tal forma que permitan una fácil rodadura.

Se colgarán directamente de la cadena de aisladores de suspensión.

#### Máquinas de empalmar

El contratista aportará las máquinas de empalmar requeridas, efectuándose revisiones periódicas de las dimensiones finales del manguito y efectuando ensayos dimensionales de los empalmes realizados para comprobar que las hileras y matrices están dentro de las tolerancias exigidas. Las matrices y las mordazas serán suministradas por el contratista.

#### Mordazas

Utilizará el contratista mordazas adecuadas para efectuar la tracción del conductor, cable de tierra o cable de fibra óptica que no dañen el aluminio del conductor, el galvanizado del cable de acero, el alumoweld del cable de fibra óptica OPGW o la cubierta del cable de fibra óptica autosoportado cuando se aplique una tracción igual a la que determine la ecuación de cambio de condiciones a 0° C sin manguito de hielo ni viento.



Se utilizará preferentemente mordazas del tipo preformado, en el caso de utilizarse mordazas con par de apriete éste deberá de ser uniforme, y si es de estribos, el par de apriete de los tornillos debe efectuarse de forma que no se produzca un desequilibrio.

#### Máquina de tracción

Podrá utilizarse como tal el cabestrante o cualquier otro tipo de máquina de tracción que el director de obra estime oportuno, en función del conductor y de la longitud del tramo a tender.

#### Dinamómetros

Será preciso utilizar dispositivos para medir la tracción del cable durante el tendido en los extremos del tramo, es decir, en la máquina de freno y en la máquina de tracción.

El dinamómetro situado en la máquina de tracción ha de ser de máxima y mínima con dispositivo de parada automática cuando se produzca una elevación anormal en la tracción de tendido.

#### Giratorios

Se colocarán dispositivos de libre giro con cojinete axiales de bolas o rodillos entre conductor y cable piloto para evitar que pase el giro de un cable a otro.

### ***1.9.1.2 Método de montaje***

#### Tendido

Las operaciones de tendido no serán emprendidas hasta que hayan transcurrido 28 días desde la finalización de la cimentación de los apoyos, salvo indicación en contra del director de obra.

El tendido del conductor debe realizarse entre amarres salvo situaciones excepcionales, donde caso de no poder ser así, se deberá justificar de manera



detallada.

Antes de comenzar el tendido, los apoyos estarán totalmente terminados, así como los tornillos apretados, graneteados y las peanas terminadas.

Se ocupará el contratista del estudio del tendido y elección de los emplazamientos del equipo y del orden de entrega de bobinas para conseguir que los empalmes queden situados, una vez tensado el conductor, según se indica en el apdo. 2.1.6 de la ITC 07 del RLEAT.

Las bobinas han de ser tendidas sin cortar el cable y sin que se produzcan sobrantes.

Si en algún caso una o varias bobinas deben ser cortadas, por exigirlo así las condiciones del tramo tendido, el contratista lo someterá a la consideración del director de obra sin cuya aprobación no podrá hacerlo.

El cable se tendrá siempre en bobina y se sacará de éstas mediante el giro de las mismas.

Durante el despliegue es preciso evitar el retorcido del conductor con la consiguiente formación de cocas, que reducen extraordinariamente las características mecánicas de los mismos.

El conductor será revisado cuidadosamente en toda su longitud, con objeto de comprobar que no existe ningún hilo roto en la superficie ni abultamiento anormal que hicieran presumir alguna rotura interna. En el caso de existir algún defecto, el contratista deberá comunicarlo al director de obra quien decidirá lo que procede hacer.

La tracción de tendido de los conductores será, como máximo, la indicada en las tablas de tensado definitivo de conductores que corresponda a la temperatura



existente en el conductor.

La tracción mínima será aquella que permita hacer circular los conductores sin rozar con los obstáculos naturales, tales como tierra, que al contener ésta sales, se depositarían en el conductor, produciendo efectos químicos que pudieran deteriorar el mismo.

El anclaje de las máquinas de tracción y freno deberá realizarse mediante el suficiente número de puntos que aseguren su inmovilidad, aún en el caso de lluvia imprevista, no debiéndose nunca anclar estas máquinas a árboles u otros obstáculos naturales.

La longitud del tramo a tender vendrá limitada por la resistencia de las poleas al avance del conductor sobre ellas. En principio puede considerarse un máximo de veinte poleas por conductor y por tramo; pero en el caso de existir poleas muy cargadas, ha de disminuir dicho número con el fin de no dañar el conductor.

Durante el tendido se tomarán todas las precauciones posibles, tales como arriostramiento, para evitar las deformaciones o fatigas anormales de crucetas, apoyos y cimentaciones. En particular en los apoyos de ángulo y de anclaje.

El contratista será responsable de las averías que se produzcan por la no observación de estas prescripciones.

### Empalmes

El tendido del conductor se efectuará uniendo los extremos de bobinas con empalmes flexibles, que se sustituirán por definitivos, una vez que el conductor ocupe su posición final en la línea. En ningún caso se autoriza el paso por una sola polea de los empalmes definitivos.



Los empalmes se realizarán en cualquier caso cumpliendo lo indicado en el apdo. 2.1.6 de la ITC 07 del RLEAT como se redacta a continuación.

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.

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.

Queda prohibida la ejecución de empalmes en conductores por la soldadura de los mismos.

Con carácter general los empalmes no se realizarán en los vanos sino en los puentes flojos entre las cadenas de amarre. En cualquier caso, se prohíbe colocar 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.

Cuando se trate de la unión de conductores de distinta sección o naturaleza, es preciso que dicha unión se efectúe en el puente de conexión de las cadenas de amarre.

Las piezas de empalme y conexión serán de diseño y naturaleza tal que eviten los efectos electrolíticos, si éstos fueran de temer, y deberán tomarse las precauciones necesarias para que las superficies en contacto no sufran oxidación.



El corte del cable se hará utilizando sierra y nunca con tijera o cizalla. La preparación del extremo se efectuará cortando el aluminio con sierra o máquinas de corte circular, pero cuidando de no dañar jamás el galvanizado del alma de acero y evitando que se aflojen los hilos mediante ligaduras de alambre adecuadas.

El método de efectuar el empalme se ajustará a las normas correspondientes facilitadas por el fabricante de dichos empalmes.

Una vez tendido el conductor, será necesario mantener su tracción con el fin de que nunca lleguen a tocar tierra.

Durante la sustitución de empalmes provisionales por definitivos, la maniobra se realizará de forma que el resto de conductores tenga la tracción necesaria para que no lleguen a tocar tierra.

### Tensado

El anclaje a tierra para efectuar el tensado se hará desde un punto lo más alejado posible y como mínimo a una distancia horizontal del apoyo doble de su altura, equivalente a un ángulo de  $150^\circ$  entre las tangentes de entrada y salida del cable en las poleas.

Se colocarán tensores de cable de acero provisionales, entre la punta de los brazos y el cuerpo del apoyo como refuerzo, en los apoyos desde los que se efectúe el tensado.

Las poleas serán en dicho apoyo de diámetro adecuado, para que el alma del conductor no dañe el aluminio.



Aunque los apoyos de anclaje están calculados para resistir la sollicitación de una fase en el extremo de una cruceta, si las demás sollicitaciones de las restantes fases están compensadas, se colocarán los tirantes previstos para compensar la sollicitación de la fase del lado opuesto de la cruceta en que se efectúa la maniobra de engrapado.

Todas las maniobras se harán con movimientos suaves y nunca se someterán a los cables a sacudidas.

#### Regulación de conductores

La longitud total de la línea se dividirá en cantones.

En cada cantón el director de obra fijará los vanos en que ha de ser medida la flecha.

Estos vanos pueden ser de "regulación", o sea, aquellos en los que se mide la flecha ajustándola a lo establecido en la tabla de tendido, o de "comprobación" que señalarán los errores motivados por la imperfección del sistema empleado en el reglaje, especialmente por lo que se refiere a los rozamientos habidos en las poleas.

Según sea la longitud del cantón, el perfil del terreno y la mayor o menor uniformidad de los vanos, podrán establecerse los siguientes casos:

- Un vano de regulación.
- Un vano de regulación y un vano de comprobación.
- Un vano de regulación y dos vanos de comprobación.
- Dos vanos de regulación y tres vanos de comprobación.



Se entregará al contratista una tabla de montaje con las flechas para los vanos de regulación y comprobación de cada serie en la situación de engrapado, deducidas de las características del perfil en función de la temperatura del conductor, que deberá de ser medida con un termómetro cuya sensibilidad será de 1 °C como mínimo, introducido en una muestra de cable del conductor utilizado y expuesto a una altura próxima a los 10 m, durante un periodo mínimo de tres horas.

En aquellos cantones en que, por razón del perfil del terreno, los apoyos se hallen enclavados a niveles muy diferentes (terreno montañoso), el contratista deberá conseguir mantener constante la tensión horizontal del conductor en las grapas de alineación para la temperatura más frecuente del año y, por tanto, la verticalidad en las cadenas de aisladores de suspensión, no admitiéndose que las mencionadas grapas se desplacen en sentido de la línea, un valor superior al 1% de la longitud de la cadena de aisladores de suspensión.

Los errores admitidos en las flechas vienen indicados en el apdo. 5 del presente Pliego de Condiciones.

Después del tensado y regulación de los conductores, se mantendrán éstos sobre poleas durante 24 horas como mínimo, para que puedan adquirir una posición estable.

#### Retensionado

En apoyos de amarre, se cuidará que en la maniobra de engrapados no se produzcan esfuerzos superiores a los admitidos por dichos apoyos, y en caso necesario el contratista colocará tensores y vientos para contrarrestar los esfuerzos anormales.

El método de efectuar la colocación de grapas se ajustará a las normas correspondientes facilitadas por el fabricante de dichas grapas.



En apoyos de suspensión, la suspensión de los conductores durante la colocación de la grapa en la cadena de aisladores se hará por medio de estobos de cuerda o de nylon para evitar daños al conductor.

En el caso de que sea preciso correr la grapa sobre el conductor para conseguir el aplomado de las cadenas de aisladores, este desplazamiento nunca se hará a golpes: se suspenderá el conductor, se aflojará la grapa y se correrá a mano donde sea necesario.

#### Colocación de separadores, amortiguadores y contrapesos

Se entregará al contratista una relación con las distancias para colocación de dichas piezas en todos los vanos de la línea tanto en los conductores como en el cable de tierra.

La colocación de estos elementos deberá efectuarse antes de que transcurran quince días después de la regulación de los conductores.

El método de efectuar la colocación de separadores se ajustará a las normas correspondientes facilitadas por el fabricante de dichos herrajes.

La colocación de amortiguadores y el número de los mismos, será el indicado en el correspondiente estudio de amortiguamiento que deberá presentar el fabricante que los suministre.

#### Protección y cruzamientos

Las protecciones en ferrocarriles, carreteras, caminos, veredas, líneas eléctricas, telefónicas, telegráficas, etc., serán por cuenta del contratista.

En aquellos cruzamientos en los que el proyectista considere que son de especial relevancia y en los que pudiera ser razonable aumentar los coeficientes de



seguridad reglamentarios, se instalarán cadenas con doble aislamiento por conductor.

En los cruzamientos con vías públicas o en lugares transitados, se colocarán protecciones adecuadas, y se situará a cada lado del cruzamiento una señal indicadora de peligro.

En los cruzamientos de líneas eléctricas de cualquier tensión, o en los trabajos a efectuar en las proximidades de dispositivos con tensión, se tomarán todas las precauciones conocidas (corte de tensión, puesta a tierra, etc.) para evitar accidentes, siendo únicamente responsable el contratista de lo que pueda suceder, aunque se halle presente en la obra alguno de los técnicos o vigilantes de GAS NATURAL FENOSA distribución.

Los cruzamientos se efectuarán preferentemente sin tensión en la línea cruzada, para lo que deberá solicitar el contratista los descargos correspondientes con veinte días de antelación a GAS NATURAL FENOSA distribución.

### ***1.10 REPOSICIÓN DEL TERRENO***

---

Las tierras sobrantes, así como los restos del hormigonado, deberán ser extendidos si el propietario del terreno lo autoriza o retirados a vertedero, en caso contrario, todo lo cual será a cargo del contratista.

Todos los daños serán por cuenta del contratista, salvo aquellos aceptados por el director de obra.

### ***1.11 NUMERACIÓN DE APOYOS, AVISOS DE PELIGRO ELÉCTRICO***

---

Se numerarán los apoyos con pintura negra, ajustándose dicha numeración a la

---



indicada por el director de obra. Las cifras serán legibles desde el suelo.

La placa de señalización de "riesgo eléctrico" se colocará en el apoyo a una altura suficiente para que no se pueda quitar desde el suelo (aprox. 4 m).

Se señalará la instalación con el lema corporativo de GAS NATURAL FENOSA distribución en los cruces con vías de comunicación.

### ***1.12 PRESCRIPCIONES MEDIOAMBIENTALES***

---

Caso que aplique a la línea la colocación de salvapájaros, y que estos vayan ubicados en el cable de fibra óptica autosoportado, se tendrá sumo cuidado en la colocación de los citados elementos, evitando que el cable soporte elevados pesos y esfuerzos mecánicos que puedan dañarlo. Por ello, se recurrirá a su colocación mediante alguna metodología que evite que sea un operario en un carro que circula sobre el cable quien los situé en el mismo, y caso de emplear algún método similar al citado, se consultara previamente al fabricante sobre su viabilidad. Una opción, sería colocar los salva pájaros con una pluma desde el suelo siempre que fuese posible.

### ***1.13 PUESTA A TIERRA***

---

Los apoyos de la línea deberán conectarse a tierra de un modo eficaz, de acuerdo con lo establecido en el apdo. 5.7 del Documento Memoria y los planos de puesta a tierra del Documento Planos.

Una vez finalizadas las instalaciones de puesta a tierra el contratista procederá a la medición de la tensión de contacto aplicada mediante un método por inyección de corriente en los apoyos donde la determinación de ese valor sea exigida (apoyos



frecuentados), según se indica en el apdo. 7.3.4.6 de la ITC 07 del RLEAT.

Cuando no sea posible cumplir las tensiones de contacto, se instalarán medidas adicionales de seguridad y se medirán las tensiones de paso.

En los apoyos no frecuentados, en el supuesto de que el valor de la resistencia de puesta a tierra sea superior a  $20 \Omega$  se realizará una mejora de la puesta a tierra hasta alcanzar en lo posible dicho valor.

La medición de la resistencia de puesta a tierra del apoyo se determinará eliminando el efecto de los cables de tierra.

#### ***1.14 MATERIALES***

---

Todos los materiales empleados en la obra serán de primera calidad y cumplirán los requisitos que exige el siguiente Pliego de Condiciones. El director de obra se reserva el derecho de rechazar aquellos materiales que no ofrezcan suficientes garantías.

Los materiales empleados en la instalación serán entregados por el contratista siempre que no se especifique lo contrario en el pliego de condiciones particulares.

No se podrán emplear materiales que no hayan sido aceptados previamente por el director de obra.

No se aceptara en ningún caso el uso de Policloruro de vinilo (PVC).

Se realizarán cuantos ensayos y análisis indique el director de obra, aunque no estén indicados en este Pliego de Condiciones.



### ***1.15 APOYOS***

---

---

Los apoyos utilizados en el presente Proyecto se ajustarán a las especificaciones técnicas de materiales de GAS NATURAL FENOSA distribución.

En caso de ser necesario emplear antiescalo de material aislante con objeto de conseguir el cumplimiento reglamentario de la tensión de contacto, los taladros necesarios en el apoyo serán realizados en fábrica previo galvanizado en caliente, y se considerará en el cálculo estructural del apoyo.

### ***1.16 CONDUCTORES Y CABLES***

---

---

Los conductores Al Ac y cables de acero para la puesta a tierra utilizados en el presente Proyecto se ajustarán a las especificaciones técnicas de materiales de GAS NATURAL FENOSA distribución.

### ***1.17 AISLADORES***

---

---

Los aisladores de vidrio y las crucetas aislantes utilizados en el presente Proyecto se ajustarán a las especificaciones técnicas de materiales de GAS NATURAL FENOSA distribución.

### ***1.18 HERRAJES***

---

---

Los herrajes utilizados en el presente Proyecto se ajustarán a las especificaciones técnicas de materiales de GAS NATURAL FENOSA distribución.



---

### ***1.19 ASEGURAMIENTO DE CALIDAD DE MATERIALES DE ALTA TENSIÓN***

---

Al objeto de garantizar la calidad de los materiales de alta tensión de las instalaciones de GAS NATURAL FENOSA distribución, ésta establecerá de forma coordinada con el contratista, un proceso de aseguramiento de calidad en la fabricación y recepción técnica de los mismos.

El proceso de aseguramiento de la calidad estará formado por los siguientes aspectos:

- Verificación que los materiales de A.T. cumplen especificación de GAS NATURAL FENOSA distribución y son suministrados por proveedores homologados por ella.
- Ensayos de recepción en fábrica.
- Ensayos de recepción en campo.

### **VERIFICACIÓN DE SUMINISTRO POR PROVEEDORES HOMOLOGADOS**

---

De cara a garantizar la calidad de los suministradores de materiales de A.T., GAS NATURAL FENOSA distribución tiene establecido un proceso de homologación de proveedores, basado en el cumplimiento de requerimientos formales y la superación de auditorías e inspecciones de calidad.

GAS NATURAL FENOSA distribución indicará al contratista los proveedores homologados para los distintos materiales de A.T.

### **ENSAYOS DE RECEPCIÓN EN FÁBRICA**

---

Con carácter general, los ensayos de recepción en fábrica serán los recomendados por la normativa vigente y deberán ser aprobados explícitamente por GAS



NATURAL FENOSA distribución.

Para todos los materiales de A.T., GAS NATURAL FENOSA distribución recibirá los protocolos de los ensayos de recepción en fábrica realizados sobre los mismos.

### **ENSAYOS DE RECEPCIÓN EN CAMPO**

---

Con carácter general, los ensayos de recepción en campo serán realizados conforme a lo establecido en el Procedimiento de Pruebas y Puesta en Servicio de Líneas de GAS NATURAL FENOSA distribución y con su presencia.

Para todos los materiales de A.T., GAS NATURAL FENOSA distribución recibirá los protocolos de los ensayos de recepción en campo realizados sobre los mismos.

### ***1.20 RECEPCIÓN EN OBRA***

---

Durante la obra y una vez finalizada la misma, el director de obra verificará que los trabajos realizados estén de acuerdo con las especificaciones de este pliego de condiciones generales y de los pliegos de condiciones particulares.

Una vez finalizadas las instalaciones, el contratista deberá solicitar la oportuna recepción global de la obra.

El director de obra contestará por escrito al contratista, comunicando su conformidad a la instalación o condicionando su recepción a la modificación de los detalles que estime susceptibles de mejora.



## CALIDAD DE LAS CIMENTACIONES

---

El director de obra verificará que las dimensiones de las cimentaciones y las características mecánicas del terreno se ajustan a las establecidas en el proyecto.

Asimismo podrá encargar la ejecución de los ensayos de resistencia característica del hormigón utilizado en la cimentación tal y como lo establecen el Art. 86° de la EHE 08. El contratista tomará a su cargo las obras ejecutadas con hormigón que hayan resultado de insuficiente calidad.

## TOLERANCIAS DE EJECUCIÓN

---

### ***1.20.1.1 Desplazamientos de apoyos sobre su alineación***

Si  $D$  representa la distancia, expresada en metros, entre ejes de un apoyo y el de ángulo más próximo, la desviación en alineación de dicho apoyo y la alineación real, debe ser inferior a  $(D/100) + 10$ , expresada en centímetros.

### ***1.20.1.2 Desplazamientos de un apoyo sobre el perfil longitudinal de la línea, en relación a su situación prevista***

No debe suponer aumento en la altura del apoyo. Las distancias de los conductores respecto al terreno deben permanecer como mínimo iguales a las previstas en el Proyecto Específico.

### ***1.20.1.3 Verticalidad en los apoyos***

En los apoyos de alineación se admitirá una tolerancia en la verticalidad del 0,2 % sobre la altura del mismo.

### ***1.20.1.4 Dimensión de flechas***

Los errores máximos admitidos en las flechas, cualquiera que sea la disposición de los conductores y el número de circuitos sobre el apoyo, en la regulación de



conductores, serán de:

- +/- 3% En el conductor que se regula.
- +/- 3% Entre dos conductores situados en un plano vertical.
- +/- 6% Entre dos conductores situados en un plano horizontal.

La medición de flechas se realizará según norma UNE 21 101.

Cuando se utilice conductor en haz dúplex se comprobará también que la diferencia entre las flechas de un haz de los dos subconductores no excederá del diámetro del conductor.

#### ***1.20.1.5 Estado y colocación de los aisladores y herrajes***

Se comprobará que el montaje de cadenas de aisladores, crucetas aislantes y herrajes, son correctos y conforme a los planos de montaje.

No se admitirá una desviación horizontal de las cadenas de aisladores de suspensión superior al 1% de la longitud de la cadena ni un giro superior a 2° en las crucetas aislantes giratorias.

#### ***1.20.1.6 Grapas***

Se comprobará que las grapas y demás accesorios han sido instalados de forma correcta.

#### ***1.20.1.7 Distancias a masa y longitudes de puente***

Se comprobará que las distancias fase tierra son mayores que las mínimas establecidas en el apdo. 5.4.2 de la ITC 07 del RLEAT.

### **TOLERANCIAS DE UTILIZACIÓN**

---

El contratista será responsable de todos los materiales entregados, debiendo



sustituirlos por su cuenta si las pérdidas o inutilizaciones superan las tolerancias que se fijan a continuación:

- En el caso de aisladores no suministrados por el contratista, la tolerancia admitida de elementos estropeados es del 1,5%.
- La cantidad de conductor se obtiene multiplicando el peso del metro de conductor por la suma de las distancias reales medidas entre los ejes de los pies de apoyos, aumentadas en un 5%, cualquiera que sea la naturaleza del conductor, con objeto de tener así en cuenta las flechas, puentes, etc.

### **DOCUMENTACIÓN DE LA INSTALACIÓN**

---

Una vez finalizada y puesta en servicio la línea eléctrica el director de obra entregará a GAS NATURAL FENOSA distribución la siguiente documentación:

- Proyecto actualizado con todas las modificaciones realizadas.
- Permisos y autorizaciones administrativas.
- Certificado de final de obra.
- Certificado de puesta en servicio.
- Ensayos de medición de tierras.
- Medida de la tensión de contacto o paso, en los apoyos frecuentados.
- Ensayos de resistencia característica del hormigón de las cimentaciones.
- Ensayo de recepción de los materiales utilizados.
- Accesos realizados para el montaje y mantenimiento de la línea



## Capítulo 2

## LÍNEA SUBTERRÁNEA

### ***2.1 OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN***

---

Este Pliego de Condiciones determina las condiciones mínimas aceptables para la ejecución de las obras de instalación de redes subterráneas de 220 kV, para GAS NATURAL FENOSA distribución.

Este Pliego de Condiciones se refiere al suministro e instalación de los materiales necesarios en el montaje de dichas líneas subterráneas de Alta Tensión.

### ***2.2 ALCANCE***

---

Los trabajos a realizar se dividen en trabajos de obra civil y trabajos de tendido. Serán trabajos de tendido aquellos relativos al tendido de cables de potencia, conexión eléctrica de los mismos, de sus accesorios y cualquier otro trabajo que complete las conexiones eléctricas de la instalación.

Los trabajos correspondientes a obra civil comprenderán todas las acciones restantes, como apertura, excavación, relleno, compactado y reposición de zanjas. Todas las obras correspondientes a trabajos de obra civil en redes subterráneas de 45, 66, 132 y 220 kV serán responsabilidad de GAS NATURAL FENOSA distribución.

En particular, en líneas de 45 y 66 kV, los trabajos de tendido se llevarán a cabo por GAS NATURAL FENOSA distribución.



### **2.3 EJECUCIÓN DEL TRABAJO**

---

---

Corresponde al Contratista la responsabilidad en la ejecución de los trabajos que deberán realizarse conforme a las reglas del arte.

#### **CARACTERÍSTICAS GENERALES**

---

Toda obra a realizar estará sometida a la obtención previa de las licencias correspondientes y demás autorizaciones municipales o, en su caso, a la autorización para reparación de avería y posterior obtención de licencia, así como al pago de las correspondientes exacciones fiscales, según la normativa aplicable en cada supuesto.

En todo el trazado y durante la ejecución de los trabajos prevalecerá el orden y limpieza. Al finalizar la jornada de trabajo se retirarán todas las herramientas, materiales y maquinaria.

En pasos de vehículos o de personas se dispondrán planchas de chapa de hierro debidamente señalizadas. El espesor de estas chapas no será inferior a 20 mm y se dispondrán barandillas y los elementos de seguridad oportunos.

Si los trabajos propios de las obras significaran la obstrucción de desagües, se construirán unos provisionales, manteniéndose limpios en todo momento.

En caso de encontrarse bocas de riego, hidrantes o similares se respetará un radio de 3 m alrededor de estos elementos.

Todos los servicios descubiertos permanecerán identificados. Si durante los trabajos se produjeran averías en canalizaciones o servicios ajenos se repararán con carácter urgente, para luego proceder a su reparación definitiva.



El acopio de materiales se realizará de forma segura en un lugar adecuado a su almacenaje.

El contratista aportará toda la herramienta y útiles necesarios para la ejecución de los trabajos. Las herramientas y útiles estarán suficientemente dimensionados para el trabajo que se vaya a desarrollar y cumplirán con la legislación vigente oportuna en materia de seguridad.

### **REPLANTEO**

---

Todos los trabajos realizarán en conformidad a los planos y coordenadas entregados previamente a su ejecución.

Se comprobarán siempre los servicios y elementos afectados, tanto si están previstos inicialmente como si surgen a posteriori. Para ello se realizarán los estudios y calas sean oportunas.

### **TRAZADO**

---

Las canalizaciones, salvo casos de fuerza mayor, se ejecutarán en terrenos de dominio público, bajo aceras o calzadas, evitando ángulos pronunciados. El trazado será lo más rectilíneo posible, paralelo en toda su longitud a bordillos o fachadas de los edificios principales.

Antes de comenzar los trabajos, se marcarán en el pavimento las zonas donde se abrirán las zanjas, marcando tanto su anchura como su longitud y las zonas donde se contendrá el. Si ha habido posibilidad de conocer las acometidas de otros servicios a las fincas construidas, se indicarán sus situaciones con el fin de tomar las precauciones debidas.

Antes de proceder a la apertura de las zanjas se abrirán calas de reconocimiento



para confirmar o rectificar el trazado previsto.

Se estudiará la señalización de acuerdo con las normas municipales y se determinarán las protecciones precisas tanto de la zanja como de los pasos que sean necesarios para los accesos a los portales, comercios, garajes, etc.

Se procurará causar los mínimos daños posibles en la propiedad, ajustándose a los compromisos adquiridos con el propietario antes de la ejecución de las obras.

En entornos rurales se mantendrán cerradas las propiedades atravesadas, en caso de posibilidad de presencia de ganado.

En instalaciones entubadas se respetarán los radios de curvatura mínimos precisos dependiendo del diámetro exterior del tubo, de tal forma que en instalaciones bajo tubo de diámetro exterior 160 mm se respetará un radio de curvatura mínimo de 8 m, en instalaciones bajo tubo de diámetro exterior 200 mm se respetará un radio de curvatura mínimo de 10 m y en instalaciones bajo tubo de diámetro exterior 250 mm se respetará un radio de curvatura mínimo de 12,5 m.

### **APERTURA DE ZANJAS**

---

La excavación la realizará una empresa especializada, que trabaje con los planos de trazado suministrados por la Compañía.

Las zanjas se harán verticales hasta la profundidad escogida, colocándose entibaciones en los casos que la naturaleza del terreno lo haga preciso.

Se procurará dejar un paso de 500 mm entre la zanja y las tierras extraídas o cualquier otro objeto, con el fin de facilitar la circulación del personal de la obra y evitar la caída de tierras en la zanja. La tierra excavada y el pavimento, deben depositarse por separado. La planta de la zanja debe limpiarse de piedras agudas,



que podrían dañar las cubiertas exteriores de los cables.

Las tierras extraídas se apilarán de forma adecuada para su posterior uso, en caso de que las autoridades lo permitan, o para su posterior evacuación a vertedero autorizado. Se prestará especial atención para no mezclarla con agentes contaminantes que pudieran dañar el medio ambiente o impedir su posible reutilización.

## CANALIZACIÓN

---

### *2.3.1.1 Canalización de cables bajo tubo hormigonado*

El empleo de este tipo de canalización será prioritario en los casos siguientes:

- Cruces o tendidos a lo largo de vías públicas, privadas o paso de carruajes (tubos hormigonados en todo el recorrido).
- Cruzamientos, paralelismos y casos especiales, cuando los reglamentos oficiales, ordenanzas vigentes o acuerdos con otras empresas lo exijan.
- Sectores urbanos, donde existan dificultades para la apertura de zanjas de la longitud necesaria para permitir el tendido del cable a cielo abierto.
- Cuando sea necesario dejar prevista la canalización para realizar el tendido del cable en el futuro.

En este tipo de canalización se instalará un cable por tubo. Los tubos serán independientes entre sí y se ajustarán a lo indicado en la edición vigente de la Especificación de Materiales "Tuberías plásticas corrugadas de doble pared para líneas subterráneas" de GAS NATURAL FENOSA distribución, siendo sus principales características:

- Tubo de polietileno de alta densidad o polipropileno, de doble pared, lisa la interna y corrugada la externa.



- Diámetro exterior de 160 mm.
- Tramos de 6 m de longitud, con uniones entre tubos mediante manguitos con junta de estanqueidad.

La disposición de los tubos, que será siempre al tresbolillo, vendrá obligada por el empleo de separadores, situados cada 3 m (dos por tramo de tubo). Las características de los separadores de tubos de potencia serán las impuestas por la edición vigente de la Especificación de Materiales GAS NATURAL FENOSA distribución "Separadores de tuberías plásticas corrugadas para líneas subterráneas".

Los separadores serán de tipo plástico, compuestos a partir material libre de halógenos y proporcionarán suficiente rigidez mecánica para soportar los esfuerzos electrodinámicos tanto en el momento de instalación como en servicio. La forma del separador obligará al formado del tresbolillo de los tubos, introduciendo una separación entre los tubos de 40 mm para tubos de diámetros exteriores de 160 y 200 mm y de 70 mm para diámetros exteriores de 250 mm.

En caso de separadores de tubos de 250 mm de diámetro exterior, dispondrán en el mismo cuerpo de habitáculos para los tubos de cables equipotenciales y testigo de hormigonado para el encofrado. En caso de separador de tubos de menor diámetro no serán obligatorios estos dos requisitos, pero dispondrán de piezas conectoras para la correcta fijación de los tubos para el conductor equipotencial.

Se respetará un radio de 100 mm alrededor de los tubos, sin que se ubique ningún otro elemento, para lo que se realizarán las etapas necesarias en las fases de hormigonado respetando las canalizaciones descritas en el documento PLANOS.

El encofrado de hormigón ocupará toda la anchura de la canalización. La altura del encofrado será de 783 mm para tubos de diámetros exterior de 160 mm, 858 mm para tubos de diámetro exterior 200 mm y 977 mm para tubos de diámetro



exterior 250 mm.

Para el encofrado de hormigón se utilizará en todo caso hormigón en masa HM 20/B/20 (ver apartado 3.11) según la norma EHE 08. Las clases general y específica de exposición se especificarán en caso necesario en función de la agresividad prevista del terreno para cada proyecto específico.

A continuación se rellenará toda la zanja con tierra procedente de la misma excavación, si esta reúne las condiciones exigidas por las normas, reglamentos y ordenanzas municipales correspondientes, o bien con tierra de aportación en caso contrario. Se compactará esta tierra en tongadas de 30 cm, hasta lograr una compactación, como mínimo, al 95% del Proctor Modificado (P.M.).

Con objeto de efectuar una señalización de los cables enterrados, se colocará una cinta señalizadora por terna (el material, dimensiones, color, etc. de la cinta de señalización será el indicado en la edición vigente de la Especificación de Materiales GAS NATURAL FENOSA distribución "Cinta de polietileno para señalización subterránea de cables enterrados", a una profundidad aproximada de 150 mm bajo el pavimento a reponer y situada sobre el eje vertical de cada terna.

### ***2.3.1.2 Paralelismos y cruzamientos***

Cuando en el trazado de la línea aparezca algún tipo de paralelismo o cruzamiento con cualquier otro elemento de los contemplados en el Documento Memoria, se respetará en todo momento lo indicado en la citada Memoria.

Caso de plantearse distintas alternativas para resolver estos paralelismos o cruzamientos, será el Director de Obra quien decida que alternativa adoptar, en base a razones técnicas, económicas y de seguridad.



## **TRANSPORTE Y ALMACENAMIENTO DE BOBINAS DE CABLE**

---

Previamente al traslado, será estudiado el emplazamiento de destino. El transporte de la bobinas se realizará siempre sobre vehículo, manipulándose mediante grúa.

La carga y descarga, sobre camiones o remolques apropiados, se hará siempre mediante una barra adecuada que pase por el orificio central de la bobina.

Las bobinas de cable se transportarán siempre de pie y nunca tumbadas sobre una de las tapas.

Si la bobina se transporta con duelas, se deben proteger convenientemente para que un deterioro de las mismas no afecte al cable.

Cuando se coloquen las bobinas en cualquier tipo de transportador, éstas deberán quedar en línea, en contacto una con otra, y bloqueadas firmemente en los extremos y a lo largo de sus tapas.

El bloqueo de las bobinas se debe hacer con tacos de madera lo suficientemente largos y resistentes, con un largo total que cubra completamente el ancho de la bobina y puedan apoyarse los perfiles de las dos tapas. Las caras del taco tienen que ser uniformes para que las duelas no se puedan romper dañando entonces el cable.

El almacenamiento de bobinas se realizará sobre firme adecuado, en un lugar donde no pueda acumularse agua. En lugares húmedos se aconseja la separación de las bobinas. No se permitirá el apilamiento de bobinas.



Cuando deba almacenarse una bobina de la que se ha utilizado una parte del cable que contenía, han de taponarse los extremos de los cables, utilizando capuchones retráctiles.

## **TENDIDO DE CABLES**

---

Antes de iniciar la instalación del cable hay que limpiar el interior del tubo, asegurar que no haya cantos vivos, aristas y que los tubos estén sin taponamientos. Con este fin se procederá a mandrilar los tubos de la instalación según los diámetros interiores de los mismos. Para el tendido la bobina estará siempre elevada y sujeta por gatos mecánicos y una barra, de dimensiones y resistencia apropiada al peso de la bobina.

La base de los gatos será suficientemente amplia para que garantice la estabilidad de la bobina durante su rotación. Esta operación se deberá realizar obligatoriamente en presencia del director de obra.

Después del mandrilado se procederá a tapar el tubo para evitar la entrada de cuerpos extraños y se levantará acta de esta actividad.

Los cables deben ser siempre desenrollados y puestos en su sitio con el mayor cuidado, evitando que sufran torsión, hagan bucles, etc., y teniendo siempre en cuenta que el radio de curvatura del cable debe ser superior a 20 veces su diámetro durante su tendido, y un radio de curvatura una vez instalado de 10 (D+d), siendo D el diámetro exterior del cable y del diámetro del conductor.

Cuando los cables se tiendan a mano, los operarios estarán distribuidos de una manera uniforme a lo largo de la zanja, estarán comunicados y en disposición de detener el proceso de tendido en cualquier momento. A medida que vaya extrayendo el cable de la bobina, se hará inspección visual de cualquier deterioro del cable.



También se puede tender mediante cabrestantes, tirando del extremo del cable al que se le habrá adaptado una cabeza apropiada y con un esfuerzo de tracción por milímetro cuadrado de conductor que no debe pasar del indicado por el fabricante del mismo.

El tendido se hará obligatoriamente a través de rodillos que puedan girar libremente, y contruidos de forma que no dañen el cable. La superficie de los rodillos será lisa, libre de rebabas o cualquier deformación que pudiera dañar el cable. Los rodillos se montarán sobre rodamientos convenientemente lubricados, para lo que se dispondrán los equipos de engrase convenientes. El diámetro del rodillo será, como mínimo, de 2/3 partes el diámetro del conductor.

Solo de manera excepcional se autorizará desenrollar el cable fuera de la zanja, siempre bajo vigilancia del Director de Obra.

Cuando la temperatura ambiente sea inferior a cero grados centígrados no se permitirá hacer el tendido del cable, debido a la rigidez que toma el aislamiento. El cable puede calentarse antes de su tendido almacenando las bobinas durante varios días en un local caliente o exponiéndolos a los efectos de elementos calefactores o corrientes de aire caliente situados a una distancia adecuada. Las bobinas han de girarse a cortos intervalos de tiempo, durante el precalentamiento. El cable ha de calentarse también en la zona interior del núcleo. Durante el transporte se debe usar una lona para cubrir el cable. El trabajo del tendido se ha de planear cuidadosamente y llevar a cabo con rapidez, para que el cable no se vuelva a enfriar demasiado.

Si con motivo de las obras de canalización aparecieran instalaciones de otros servicios; se tomarán todas las precauciones para no dañarlas, dejándolas al terminar los trabajos en las mismas condiciones en que se encontraban primitivamente.

Si involuntariamente se causara alguna avería en dichos servicios, se avisará con



toda urgencia al Director de Obra y a la Empresa correspondiente con el fin de que procedan a su reparación. El encargado de la obra por parte del Contratista deberá conocer la dirección de los servicios públicos así como su número de teléfono para comunicarse en caso de necesidad.

Si las pendientes son muy pronunciadas y el terreno es rocoso e impermeable, se corre el riesgo de que la zanja de canalización sirva de drenaje originando un arrastre de la arena que sirve de lecho a los cables. En este caso se deberá entubar la canalización, asegurándola con hormigón en el tramo afectado. Nunca se pasará más de un cable por un mismo tubo.

Una vez tendido el cable, los tubos se tapan de forma que el cable quede en la parte superior del tubo.

En instalaciones bajo tubo, se tendrá especial cuidado en la boca del tubo para no producir rayaduras en la cubierta del cable. Se colocará un rodillo a la entrada del tubo o, en su defecto, se utilizarán boquillas protectoras.

### **TENDIDO DE CABLES DE PUESTA A TIERRA**

---

La sección de cada cable de tierra no será en ningún caso inferior a la sección de la pantalla y, en cualquier caso, soportará una intensidad de cortocircuito admisible en régimen no adiabático superior a la soportada por la pantalla.

Para el mandrilado del tubo utilizado para el tendido de los conductores equipotenciales, se emplearán medios mecánicos y no manuales, como máquina de tiro con limitador de esfuerzo. El mandril será suministrado por el contratista.

### **PASO AÉREO-SUBTERRÁNEO**

---

En el paso aéreo a subterráneo aplicará lo indicado en documento Memoria.

---



## **HORMIGONADO**

---

El hormigonado se realizarán de acuerdo a los planos de canalizaciones del Documento Planos y conforme al artículo 52º "Elementos estructurales de hormigón en masa" de la norma EHE 08, empleándose un hormigón HM 20/B/20.

Esta definición, se corresponde con un hormigón en masa (HM) no estructural, lo que determina una resistencia característica mínima de 20 N/mm<sup>2</sup> según la EHE 08. La consistencia será blanda (B) y el tamaño máximo de árido empleado será de 20. Con referencia a las clases general y específica de exposición, se especificarán en caso necesario en función de la agresividad prevista del terreno para cada proyecto específico.

Antes de realizar las cimentaciones el contratista realizará el replanteo y estaquillado de los apoyos comprobando que los planos de planta y perfil del proyecto se ajustan a la realidad existente en el momento de realizar la línea indicando cualquier divergencia existente a la dirección de obra.

## **PROTECCIÓN MECÁNICA**

---

Las líneas eléctricas subterráneas deben estar protegidas contra posibles averías producidas por hundimiento de tierras, por contacto con cuerpos duros y por choque de herramientas metálicas.

En instalaciones enterradas bajo tubo, el tubo actuará como protección mecánica. Estos tendrán características según las requeridas por la Especificación de Materiales GAS NATURAL FENOSA distribución "Tuberías plásticas corrugadas de doble pared para líneas subterráneas".

Para ello se colocará una placa de polietileno de alta densidad o polipropileno



según la edición vigente de la Especificación de Materiales de GAS NATURAL FENOSA distribución "Placa de Polietileno para protección de cables enterrados". Los elementos de protección tendrán una adecuada resistencia mecánica, con una resistencia a la compresión de 450 N y un impacto de energía de 40 J.

## **SEÑALIZACIÓN**

---

Todo cable o conjunto de cables debe estar señalado por una cinta de atención de acuerdo con la especificación de materiales de GAS NATURAL FENOSA distribución, colocada a una distancia mínima de 100 mm del suelo y a una distancia mínima de 300 mm de la parte superior del cable. Cuando los cables o conjuntos de cables de categorías de tensión diferentes estén superpuestos, debe colocarse dicha cinta encima de cada uno de ellos.

## **IDENTIFICACIÓN**

---

Los cables deberán llevar grabado de forma indeleble y fácilmente legible, como mínimo, los datos siguientes:

- Nombre del fabricante
- Referencia de fabricación del cable
- Designación completa del cable
- Dos últimas cifras del año de fabricación
- Código UF
- Orden o lote de fabricación

La separación máxima entre dos marcas consecutivas será de un metro. En el marcado del cable deberán indicarse convenientemente las propiedades de comportamiento al fuego y obturación del conductor cuando proceda. En el marcado del cable deberán indicarse convenientemente las propiedades de comportamiento al fuego y obturación del conductor cuando proceda.



## **CIERRE DE ZANJAS**

---

Para efectuar el cierre de zanjas, se rellenarán estas con tierra procedente de la misma excavación, si esta reúne las condiciones exigidas por las normas, reglamentos y ordenanzas municipales correspondientes, o bien con tierra de aportación en caso contrario.

Se compactará esta tierra en tongadas de 30 cm, empleando un rodillo vibratorio compactador manual hasta lograr una compactación, como mínimo, al 95% del Proctor Modificado (P.M.).

En el caso de canalización bajo tubo sin hormigonar, las dos primeras tongadas se pasarán con el rodillo sin vibrar, vibrándose el resto.

Se procurará que las primeras capas de tierra por encima de los elementos de protección (tubos o placas de polietileno) estén exentas de piedras o cascotes, para continuar posteriormente sin tanta escrupulosidad. De cualquier forma debe tenerse en cuenta que una abundancia de pequeñas piedras o cascotes puede elevar la resistividad térmica del terreno y disminuir con ello la posibilidad de transporte de energía del cable.

El Contratista será responsable de los hundimientos que se produzcan por la deficiente realización de esta operación y, por lo tanto, serán de su cuenta las posteriores reparaciones que tengan que ejecutarse.

La carga y transporte a vertederos de las tierras sobrantes está incluida en la misma unidad de obra que el cierre de las zanjas con objeto de que el apisonado sea lo mejor posible.

A fin de lograr una buena compactación, no se realizará el cierre de la zanja en las



24 horas posteriores al hormigonado de las mismas ni se emplearán tierras excesivamente húmedas.

### **REPOSICIÓN DE PAVIMENTOS**

---

Los pavimentos serán repuestos de acuerdo con las normas y disposiciones dictadas por el propietario de los mismos o el organismo afectado. La reposición de capas asfálticas tendrá un espesor mínimo de 70 mm, salvo indicación expresa del organismo afectado.

### **EJECUCIÓN DE LA PUESTA A TIERRA**

---

Las pantallas de los cables deben ser puestas a tierra según el esquema de conexión que se vaya a utilizar.

Los electrodos de puesta a tierra están constituidos, bien por picas de acero cobre, bien por conductores de cobre desnudo enterrados horizontalmente, o bien por combinación de ambos.

En las terminaciones de las subestaciones, se empleará el electrodo de puesta a tierra propio de la subestación.

Las uniones de todos los elementos enterrados se realizarán mediante soldadura aluminotérmica.

## ***2.4 MATERIALES***

---

Todos los materiales empleados en la obra serán de primera calidad y cumplirán los requisitos que exige el presente Proyecto Tipo. El Director de Obra se reserva el derecho de rechazar aquellos materiales que no ofrezcan suficientes garantías.



Los materiales empleados en la instalación serán suministrados por el contratista, siempre que no se especifique lo contrario en el Pliego de Condiciones particulares.

No se podrán emplear materiales que no hayan sido aceptados previamente por el director de obra.

Se realizarán cuantos ensayos y análisis indique el director de obra, aunque no estén indicados en este Pliego de Condiciones.

## ***2.5 RECEPCIÓN DE OBRA***

---

Durante la obra o una vez finalizada la misma, el Director de Obra podrá verificar que los trabajos realizados están de acuerdo con las especificaciones de este Pliego de Condiciones Técnicas y de los Pliegos de condiciones particulares. Esta verificación se realizará por cuenta del Contratista.

Una vez finalizadas las instalaciones, el Contratista deberá solicitar la oportuna recepción global de la obra.

En la recepción de la instalación se incluirá la medición de la resistencia de las tomas de tierra y las pruebas de aislamiento pertinentes. Así, una vez que la instalación ha sido concluida, es necesario comprobar que el tendido del cable y el montaje de los accesorios (empalmes, terminales, etc.) se ha realizado correctamente, para lo cual serán de aplicación los ensayos especificados al efecto en las normas correspondientes y según se establece en la ITC LAT 05.



El Director de Obra contestará por escrito al Contratista, comunicando su conformidad a la instalación o condicionando su recepción a la modificación de los detalles que estime susceptibles de mejora.

## **2.6 CONDICIONES AMBIENTALES**

---

La ejecución de los trabajos deberá cumplir los siguientes requisitos medioambientales.

### **CONDICIONES GENERALES DE TRABAJO**

---

Se cumplirá con la normativa ambiental vigente para el ejercicio de la actividad, así como con los requisitos internos de las instalaciones de UNIÓN FENOSA distribución en lo referente a protección ambiental. Así mismo, en caso de existir, se cumplirán los requisitos ambientales establecidos en los Estudios de Impacto Ambiental, Declaraciones de Impacto Ambiental, Planes de Vigilancia Ambiental, o resoluciones emitidas por la Administración Ambiental.

### **ATMÓSFERA**

---

Para minimizar la dispersión de material por el viento, se adoptarán las siguientes medidas:

- Acopio y almacenamiento de materiales en lugares protegidos.
- Reducción del área y tiempo de exposición de los materiales almacenados al máximo posible.
- Humedecer los materiales expuestos al arrastre del viento y las vías no pavimentadas.
- Priorizar el acondicionamiento de suelo desnudo.
- La carga y transporte de materiales se realizará cubriendo las cajas de los



vehículos y adaptando la velocidad del transporte al tipo de vía.

## **RESIDUOS**

---

Como primera medida se aplicará una política de NO GENERACIÓN DE RESIDUOS y su manejo incluirá los siguientes pasos: reducir, reutilizar y reciclar.

Conservar las zonas de obras limpias, higiénicas y sin acumulaciones de desechos o basuras, y depositar los residuos generados en los contenedores destinados y habilitados a tal fin.

La gestión y el transporte de los residuos se realizará de acuerdo con la normativa específica para cada uno de ellos, según su tipología.

## **CONSERVACIÓN AMBIENTAL**

---

Se acotarán las operaciones de desbroce y retirada de la cubierta vegetal a las necesidades de la obra.

Se acopiará y reservará la cubierta vegetal para su reposición una vez finalizada la obra.

Se utilizarán los accesos existentes para el transporte de material, equipo y maquinaria que se emplee durante la ejecución de la obra.

## **FINALIZACIÓN DE OBRA Y RESTAURACIÓN AMBIENTAL**

---

Retirada de los materiales sobrantes, estructuras temporales y equipos empleados durante la ejecución de la obra, restaurando las zonas que hayan sido compactadas o alteradas.



## ***2.7 CONDICIONES DE SEGURIDAD***

---

---

Serán de aplicación todas las normas y reglamentación legal sobre Prevención de Riesgos Laborales referidas a su última edición.

Será de obligado cumplimiento el Estudio de Seguridad y Salud o, en su defecto, el Estudio Básico de Seguridad y Salud, cuando las condiciones permitan éste último.

El Contratista estará obligado a elaborar y hacer cumplir el Plan de Seguridad de la ejecución de la obra acorde con la normativa vigente según RD 1627/97 y todas las actualizaciones que le afectan.

Se adoptarán las medidas de protección necesarias para las personas que trabajen o transiten por la zona de obras.

Todas las grúas que se utilicen dispondrán de limitadores de carga.

Como primera medida a tomar, se procurará ejecutar las obras con orden y limpieza, y se mantendrán en buen estado los accesos.



# *Parte IV PRESUPUESTO*



**UNIVERSIDAD PONTIFICIA COMILLAS**  
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI)  
INGENIERO INDUSTRIAL

Línea Subterránea

---



## Capítulo 1

## MEDICIONES

### *1.1 EQUIPAMIENTO ELÉCTRICO TRAMO AÉREO*

### *1.2 APOYOS*

<b>DENOMINACIÓN</b>	<b>REFERENCIA</b>	<b>MEDICIÓN</b>
<b>APOYO METÁLICO</b>	AGR-9000-25-NG4C	1
ACOPIO Y TRANSPORTE DE LOS MATERIALES		
MONTAJE, IZADO DE APOYO Y MARCADO DE NUMERACIÓN		
<b>APOYO METÁLICO</b>	AGR-9000-20-NG4C	3
ACOPIO Y TRANSPORTE DE LOS MATERIALES		
MONTAJE, IZADO DE APOYO Y MARCADO DE NUMERACIÓN		
<b>APOYO METÁLICO</b>	AGR-9000-16-NG4C	2
ACOPIO Y TRANSPORTE DE LOS MATERIALES		
MONTAJE, IZADO DE APOYO Y MARCADO DE NUMERACIÓN		
<b>APOYO METÁLICO</b>	AGR-12000-25-NG4C	2
ACOPIO Y TRANSPORTE DE LOS MATERIALES		
MONTAJE, IZADO DE APOYO Y MARCADO DE NUMERACIÓN		
<b>APOYO METÁLICO</b>	CO-9000-27-NS4C	2
ACOPIO Y TRANSPORTE DE LOS MATERIALES		
MONTAJE, IZADO DE APOYO Y MARCADO DE NUMERACIÓN		
<b>APOYO METÁLICO</b>	CO-9000-15-NS4C	4
ACOPIO Y TRANSPORTE DE LOS MATERIALES		
MONTAJE, IZADO DE APOYO Y MARCADO DE NUMERACIÓN		
<b>APOYO METÁLICO</b>	CO-9000-21-NS4C	1
ACOPIO Y TRANSPORTE DE LOS MATERIALES		
MONTAJE, IZADO DE APOYO Y MARCADO DE NUMERACIÓN		
<b>APOYO METÁLICO</b>	CO-12000-27-NS4C	2
ACOPIO Y TRANSPORTE DE LOS MATERIALES		



MONTAJE, IZADO DE APOYO Y MARCADO DE NUMERACIÓN		
<b>APOYO METÁLICO</b>	CO-12000-15-NS4C	2
ACOPIO Y TRANSPORTE DE LOS MATERIALES		
MONTAJE, IZADO DE APOYO Y MARCADO DE NUMERACIÓN		
<b>APOYO METÁLICO</b>	CO-12000-21-NS4C	4
ACOPIO Y TRANSPORTE DE LOS MATERIALES		
MONTAJE, IZADO DE APOYO Y MARCADO DE NUMERACIÓN		
<b>APOYO METÁLICO</b>	CO-18000-21-NS4C	1
ACOPIO Y TRANSPORTE DE LOS MATERIALES		
MONTAJE, IZADO DE APOYO Y MARCADO DE NUMERACIÓN		
<b>APOYO METÁLICO</b>	CO-33000-15-NS4C	2
ACOPIO Y TRANSPORTE DE LOS MATERIALES		
MONTAJE, IZADO DE APOYO Y MARCADO DE NUMERACIÓN		
<b>APOYO METÁLICO</b>	CO-33000-21-NS4C	2
ACOPIO Y TRANSPORTE DE LOS MATERIALES		
MONTAJE, IZADO DE APOYO Y MARCADO DE NUMERACIÓN		
<b>APOYO METÁLICO</b>	CO-33000-27-NS4C	2
ACOPIO Y TRANSPORTE DE LOS MATERIALES		
MONTAJE, IZADO DE APOYO Y MARCADO DE NUMERACIÓN		
<b>SEÑAL TRIANGULAR DE RIESGO ELÉCTRICO</b>	GT-21	30
ACOPIO Y TRANSPORTE		
MONTAJE		

### ***1.3 CONDUCTORES Y CABLES DE TIERRA***

<b>DENOMINACIÓN</b>	<b>REFERENCIA</b>	<b>MEDICIÓN</b>
<b>M. TENDIDO LÍNEA TRIFÁSICA AT</b>	LA-280 (HAWK)	37500
ACOPIO Y TRANSPORTE DE LOS MATERIALES		
1 METRO DE TENSADO, TENDIDO Y RETENCIONADO		
<b>M. TENDIDO CABLE DE GUARDA</b>	OPGW	12500
ACOPIO Y TRANSPORTE DE LOS MATERIALES		
1 METRO DE TENSADO, TENDIDO Y RETENCIONADO		



### 1.4 CADENAS DE HERRAJES Y DE AISLADORES

DENOMINACIÓN	REFERENCIA	MEDICIÓN
<b>CADENA DE AMARRE PARA CONDUCTORES</b>		<b>21</b>
GRILLETE RECTO	GN-36	2
ESLABÓN	ES-36	1
YUGO TRIANGULAR	Y-20/400-36	1
HORQUILLA DE BOLA PARALELA	HBP-20/21	2
RÓTULA HORQUILLA	RH-20-AE	2
YUGO SEPARADOR	YL-3	1
TENSOR DE CORREDERA	T-2	2
GRILLETE RECTO	GN-20	2
GRAPA DE AMARRE A COMPRESIÓN	GA-4T	2
DESCARGADOR SUPERIOR	DI-37 / 11	1
RAQUETA	R-37 / 22	1
AISLADORES	U-160 BS	12
ACOPIO Y TRANSPORTE DE MATERIALES		
MONTAJE DEL CONJUNTO		
<b>CADENA DE SUSPENSIÓN PARA CONDUCTORES</b>		<b>69</b>
GRAPA DE SUSPENSIÓN ARMADA	GAS-7 / 28	2
HORQUILLA REVIRADA	HR-16 / E	2
YUGO TRIANGULAR	Y-16/400-22	1
RÓTULA HORQUILLA	RH-20-AE	1
ANILLA BOLA DE PROTECCIÓN	AB-20-P	1
GRILLETE RECTO	GN-16T	1
DESCARGADOR SUPERIOR	DI-37 / 11	1
RAQUETA	R-37 / 22	1
AISLADORES	U-160 BS	12
ACOPIO Y TRANSPORTE DE MATERIALES		
MONTAJE DEL CONJUNTO		
<b>CADENA DE AMARRE PARA CABLE DE GUARDA</b>		<b>7</b>
GRILLETE RECTO	GN-16	12
ESLABÓN REVIRADO	ESR-16	2
TENSOR DE CORREDERA	T-1	2



HORQUILLA GUARDACABOS	G-16	1
RETENCIÓN PREFORMADA PARA OPGW	RAAW-108-112	1
ACOPIO Y TRANSPORTE DE MATERIALES		
MONTAJE DEL CONJUNTO		
<b>CADENA DE SUSPENSIÓN PARA CONDUCTORES</b>		<b>23</b>
GRAPA DE SUSPENSIÓN ARMADA	GAS-1/11-AW	1
HORQUILLA REVIRADA	HR-16 / E	1
GRILLETE RECTO	GN-16T	1
CONEXIÓN DE PUESTA A TIERRA	GCPSAL-8/14	1
CONEXIÓN DE PUESTA A TIERRA	GCSAL-8/14	1
ACOPIO Y TRANSPORTE DE MATERIALES		
MONTAJE DEL CONJUNTO		

### ***1.5 PUESTAS A TIERRA***

<b>DENOMINACIÓN</b>	<b>REFERENCIA</b>	<b>MEDICIÓN</b>
<b>PUESTA A TIERRA DE APOYOS FRECUENTADOS</b>		<b>2</b>
GRAPA DE CONEXIÓN A CABLE DE ACERO GALVANIZADO	GC-AC	1
CABLE DE ACERO GALVANIZADO 50MM2	ES-36	45
TUBO DE PVC CORRUGADO D36MM PARA PAT	TC-PVC-D36	1
<b>CONEXIÓN DE PICA Y ANILLO A ESTRIBO</b>		<b>5</b>
PICA P.T AC-CU 200X28D LISA	P-2L-D28	4
ANILLO AC-CU S100 LISO	AN-S100	1
ACOPIO Y TRANSPORTE DE MATERIALES		
MONTAJE DEL CONJUNTO		
<b>PUESTA A TIERRA DE APOYOS NO FRECUENTADOS</b>		<b>28</b>
GRAPA DE CONEXIÓN A CABLE DE ACERO GALVANIZADO	GC-AC	1
CABLE DE ACERO GALVANIZADO 50MM2	ES-36	45
TUBO DE PVC CORRUGADO D36MM PARA PAT	TC-PVC-D36	1
CONEXIÓN DE PICA Y ANILLO A ESTRIBO	CON-E	2
PICA P.T AC-CU 200X28D LISA	P-2L-D28	2
ACOPIO Y TRANSPORTE DE MATERIALES		
MONTAJE DEL CONJUNTO		



### **1.6 ACCESORIOS**

<b>DENOMINACIÓN</b>	<b>REFERENCIA</b>	<b>MEDICIÓN</b>
<b>AMORTIGUADORES</b>		<b>10</b>
AMORTIGUADOR STOCKBRIDGE	A-SB-LA455	5
AMORTIGUADOR STOCKBRIDGE	A-SB-7N7	5
TRANSPORTE DE MATERIALES		
MONTAJE DEL CONJUNTO		

### **1.7 EQUIPAMIENTO ELÉCTRICO TRAMO SUBTERRÁNEO**

### **1.8 CONDUCTORES**

<b>DENOMINACIÓN</b>	<b>REFERENCIA</b>	<b>MEDICIÓN</b>
<b>M. TENDIDO LÍNEA TRIFÁSICA</b>	XLPE-Cu- 2500/220	<b>3720</b>
ACOPIO Y TRANSPORTE DE LOS MATERIALES		
1 METRO DE TENSADO, TENDIDO Y RETENCIONADO		

### **1.9 TERMINALES, AUTOVÁLVULAS, EMPALMES Y ACCESORIOS**

<b>DENOMINACIÓN</b>	<b>REFERENCIA</b>	<b>MEDICIÓN</b>
<b>AUTOVÁLVULA</b>		<b>3</b>
AUTOVÁLVULA XH DE ZNO	XH245	3
ACOPIO Y TRANSPORTE DE MATERIALES		
MONTAJE DEL CONJUNTO		
<b>BOTELLA TERMINAL</b>		<b>3</b>



---

BOTELLA TERMINAL DE COMPOSITE	APECB 2456 P	3
ACOPIO Y TRANSPORTE DE MATERIALES		
MONTAJE DEL CONJUNTO		
<b>EMPALME CON EXTRACCIÓN DE PANTALLA</b>		<b>6</b>
EMPALME CON EXTRACCIÓN DE PANTALLA	JX-B 245 P	6
ACOPIO Y TRANSPORTE DE MATERIALES		
MONTAJE DEL CONJUNTO		
<b>CONJUNTO DE PIEZAS NECESARIAS PARA LA CONEXIÓN</b>		<b>3</b>
ACOPIO Y TRANSPORTE DE MATERIALES		
MONTAJE DEL CONJUNTO		

### ***1.10 PUESTA A TIERRA***

---

<b><i>DENOMINACIÓN</i></b>	<b><i>REFERENCIA</i></b>	<b><i>MEDICIÓN</i></b>
<b>CAJA DE PUESTA A TIERRA</b>		<b>2</b>
ACOPIO Y TRANSPORTE DE MATERIALES		
MONTAJE DEL CONJUNTO		
<b>CAJA DE PUESTA A TIERRA CON LIMITADORES DE TENSIÓN</b>		<b>2</b>
ACOPIO Y TRANSPORTE DE MATERIALES		
MONTAJE DEL CONJUNTO		
<b>M. CABLE DE CONEXIÓN RZ1 0.6/1KV 1X185 CU</b>		<b>20</b>
M. CABLE DE CONEXIÓN RZ1 0.6/1KV 1X185 CU	RZ1	20
ACOPIO Y TRANSPORTE DE MATERIALES		
MONTAJE DEL CONJUNTO		

### ***1.11 EJECUCIÓN DEL MATERIAL DE OBRA***

---



---

## ***1.12 EJECUCIÓN DEL MATERIAL DE OBRA DEL TRAMO AÉREO***

---

<b><i>DENOMINACIÓN</i></b>	<b><i>REFERENCIA</i></b>	<b><i>MEDICIÓN</i></b>
<b>M3 EXCAVACIÓN CIMENTACIÓN APOYO EN TERRENO MEDIO</b>		<b>243</b>
EXCAVACIÓN EN TERRENO MEDIO		
RETIRADA DE ESCOMBROS		
<b>M3 DE HORMIGONADO H-200 PARA CIMENTACIÓN DE APOYO</b>		<b>243</b>
ACOPIO Y TRANSPORTE DE MATERIALES		
MONTAJE DEL CONJUNTO		
<b>REALIZACIÓN DE MURO DE LADRILLO PARA EL PAS</b>		
ACOPIO Y TRANSPORTE DE MATERIALES		
MONTAJE DEL CONJUNTO		



---

### ***1.13 EJECUCIÓN DEL MATERIAL DE OBRA DEL TRAMO SUBTERRÁNEO***

---

<b>M. ZANJA (1250*400) EN TIERRA</b>	<b>1240</b>
APERTURA, TAPADO Y COMPACTADO DE ZANJA EN TIPO DE TERRENO Y DIMENSIONES INDICADOS CON MATERIAL DE APORTACION ADECUADO PARA CONSEGUIR PROCTOR MODIFICADO MIN 95%, TRANSPORTE DE SOBANTES A APERTURA, TAPADO Y COMPACTADO DE ZANJA EN TIPO DE TERRENO Y DIMENSIONES INDICADOS CON MATERIAL DE APORTACION ADECUADO PARA CONSEGUIR PROCTOR MODIFICADO MIN 95%, TRANSPORTE DE SOBANTES AVERTEDERO AUTORIZADO INCLUIDAS TASAS	
<b>M. CANALIZACIÓN</b>	<b>1240</b>
ACOPIO Y TRANSPORTE DE MATERIALES SUMINISTRO VERTIDO Y COMPACTADO DE ARENA COLOCACION Y ENSAMBLAJE DE PLACAS PROTECCION PVC COLOCACION DE CINTA SEÑALIZACION COLOCACION Y ENSAMBLAJE DE TUBOS EQUIPOTENCIALES INCLUYENDO SOPORTES Y ENHEBRADO DE CUERDAS DE NYLON	



## Capítulo 2 PRESUPUESTO

### 2.1 EQUIPAMIENTO ELÉCTRICO TRAMO AÉREO

DESCRIPCIÓN	UDS.	UNITARIO [€]	TOTAL [€]
<b>APOYOS</b>			
APOYO METÁLICO AGR-9000-16-NG4C	2	21067	42134
APOYO METÁLICO AGR-9000-20-NG4C	3	24982.5	74947.5
APOYO METÁLICO AGR-9000-25-NG4C	1	27469.5	27469.5
APOYO METÁLICO AGR-12000-25-NG4C	2	30657	61314
APOYO METÁLICO CO-9000-15-NS4C	4	33542	134168
APOYO METÁLICO CO-9000-21-NS4C	1	37018.5	37018.5
APOYO METÁLICO CO-9000-27-NS4C	2	21067	42134
APOYO METÁLICO CO-12000-15-NS4C	2	24982.5	49965
APOYO METÁLICO CO-12000-21-NS4C	4	27469.5	109878
APOYO METÁLICO CO-12000-27-NS4C	2	30657	61314
APOYO METÁLICO CO-18000-21-NS4C	1	33542	33542
APOYO METÁLICO CO-33000-15-NS4C	2	37018.5	74037
APOYO METÁLICO CO-33000-21-NS4C	2	33542	67084
APOYO METÁLICO CO-33000-27-NS4C	2	37018.5	74037
SEÑAL TRIANGULAR DE RIESGO ELÉCTRICO GT-21	30	1.85	55.5
<b>CONDUCTORES Y CABLE DE TIERRA</b>			
M. TENDIDO LÍNEA TRIFÁSICA AT LA-280 (HAWK)	6000 0	10.76	6546000
M. TENDIDO CABLE DE GUARDA OPGW	1200 0	4.93	59160
<b>CADENAS DE HERRAJES Y DE AISLADORES</b>			
CADENA DE AMARRE PARA CONDUCTORES	21	276.87	5814.27
CADENA DE SUSPENSIÓN PARA CONDUCTORES	69	270.27	18648.63



CADENA DE AMARRE PARA CABLE DE GUARDA	7	72.76	509.32
CADENA DE AMARRE PARA CABLE DE GUARDA	23	50.82	1168.86
<b>PUESTAS A TIERRA</b>			
PUESTA A TIERRA DE APOYOS FRECUENTADOS	2	173.83	347.66
PUESTA A TIERRA DE APOYOS NO FRECUENTADOS	28	85.2	2385.6
<b>ACCESORIOS</b>			
AMORTIGUADORES	10	28.8	288
<b>TOTAL DEL EQUIPAMIENTO DEL TRAMO AÉREO</b>			1790946.52

## 2.2 EQUIPAMIENTO ELÉCTRICO TRAMO SUBTERRÁNEO

DESCRIPCIÓN	UDS.	UNITARIO [€]	TOTAL [€]
<b>CONDUCTORES</b>			
M. TENDIDO LÍNEA TRIFÁSICA	3510	403	1493109
<b>TERMINALES, AUTOVÁLVULAS, EMPALMES Y ACCESORIOS</b>			
AUTOVÁLVULA	3	6320.21	18790.63
BOTELLA TERMINAL	3	14925.23	46475.69
EMPALME CON EXTRACCIÓN DE PANTALLA	6	7212.4	43274.4
CONJUNTO DE PIEZAS NECESARIAS PARA LA CONEXIÓN	1	1211.12	1211.12
<b>PUESTA A TIERRA</b>			
CAJA DE PUESTA A TIERRA CON LIMITADORES DE TENSIÓN	2	3527.36	7054.72
CAJA DE PUESTA A TIERRA	2	1401.23	2802.46
M. CABLE DE CONEXIÓN RZ1 0.6/1KV 1X185 CU	120	16.79	2014.8
<b>TOTAL DEL EQUIPAMIENTO DEL TRAMO SUBTERRÁNEO</b>			1627643.82



---

### **2.3 EJECUCIÓN DEL MATERIAL DE OBRA**

---

DESCRIPCIÓN	UDS.	UNITARIO [€]	TOTAL [€]
<b>TRAMO AÉREO</b>			
M3 EXCAVACIÓN CIMENTACIÓN APOYO TERRENO MEDIO	241	119.86	28886.26
M3 HORMIGONADO H-200 CIMENTACIÓN DE APOYO	241	225.54	54355.14
REALIZACIÓN DE MURO DE LADRILLO PARA EL PAS	1	140	140
<b>TRAMO SUBTERRANEO</b>			
M. ZANJA (1250*400) EN TIERRA	1265	60.93	77076.45
M. CANALIZACIÓN	1265	2.73	3326.95
TOTAL DE MATERIAL DE EJECUCIÓN DE OBRA			163764.8



## Capítulo 3 RESUMEN

RESUMEN DEL PRESUESTO	
TOTAL DEL EQUIPAMIENTO DEL TRAMO AÉREO	2470664.52
TOTAL DEL EQUIPAMIENTO DEL TRAMO SUBTERRÁNEO	1656830.82
TOTAL DE MATERIAL DE EJECUCIÓN DE OBRA	160987.6
<b>TOTAL [€]</b>	<b>4288482.94</b>

*El presupuesto final asciende a la cantidad de **CUATRO MILLONES DOSCIENTOS OCHENTA Y OCHO MIL CUATROCIENTOS OCHENTA Y DOS EUROS CON NOVENTA Y CUATRO CÉNTIMOS** (4288482.94 €).*



*Parte V ESTUDIO DE  
SEGURIDAD Y SALUD*



**UNIVERSIDAD PONTIFICIA COMILLAS**  
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI)  
INGENIERO INDUSTRIAL

Resumen

---



## **Capítulo 1    OBJETO**

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

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



## Capítulo 2 DATOS DE LA OBRA

### *2.1 DESCRIPCIÓN DE LOS TRABAJOS*

---

---

La línea comienza en la subestación inicial y llega hasta el apoyo 1 a través de un tramo subterráneo de XXX metro de longitud. Desde el apoyo 1 a la planta industrial, la línea discurre por tramo aéreo de XXX metros de longitud a través de 30 apoyos. Discurre en su totalidad por el municipio de Priego, Cuenca.

### *2.2 ACTIVIDADES PRINCIPALES*

---

---

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

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



### ***2.3 SITUACIÓN Y CLIMATOLOGÍA***

---

---

La línea discurre por el término municipal de Priego, en la provincia de Cuenca.

La climatología de la zona es de tipo continental, con inviernos muy fríos y veranos muy calurosos.

### ***2.4 PERSONAL PREVISTO***

---

Se prevé que el máximo número de personas durante la realización de las obras, no excederá a treinta personas.



## Capítulo 3 IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS Y ANÁLISIS

### 3.1 INSTALACIONES

---

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

Riesgos:

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

Medidas preventivas

- Orden y limpieza.
- Señalización de la zona e trabajo.
- Utilización de los pasos y vías existentes.
- Iluminación adecuada de la zona.
- Uso de calzado adecuado.
- Extremar las precauciones con hielo, agua o nieve.
- Trabajar en una superficie lo más uniforme y lisa posible, y suficientemente amplia.



- Para zanjas de 2 o más metros de profundidad se colocarán barandillas con rodapiés, listón intermedio y listón superior a una altura mínima de 90cm.
- Para zanjas con una profundidad inferior a 2 metros se colocarán vallas, se señalizarán los huecos o se taparán de forma efectiva.
- Se utilizará una línea de vida y el arnés anticaídas.
- No se utilizará maquinaria diseñada solo para elevación de cargas para transportar o elevar personal.
- Se usarán escaleras y andamios.
- Entibación o ataluzado de zanjas de profundidad superior a 1,3 metros o en terreno poco estable. Para zanjas de profundidad superior a 1,3 metros se mantendrá un trabajador fuera de la zanja.
- Mantener las distancias de la mitad de la profundidad de la zanja entre zanjas y acopio cercano o vallado. Esta distancia será igual a la profundidad de la zanja en caso de que el terreno sea arenoso.
- En la medida de lo posible, se evitará que los trabajadores realicen trabajos en el interior de las zanjas.
- Se comprobará el estado de las entibaciones y del terreno antes de cada jornada y después de una copiosa lluvia.
- Se señalizará la zona de acopio.
- Los trabajos que conlleven un riesgo de incendio se procederán.
- Deberá haber un plan de emergencia y evacuación en los centros que lo precisen
- El personal estará formado en los procedimientos de trabajo así como en los planes de emergencia y evacuación.
- Se evitara el contacto de las sustancias combustibles con fuentes de calor intempestivas: fumar, recalentamientos de máquinas, instalaciones eléctricas inapropiadas, operaciones de fuego abierto descontroladas, superficies calientes, trabajos de soldadura, chispas de origen mecánico o debidas a electricidad estática.
- Se ventilaran los vapores inflamables.



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

### ***3.2 PROFESIONALES***

---

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

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



### ***3.2.1 CARÁCTER GENERAL***

---

---

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

Riesgos generales:

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



– Exposición a factores atmosféricos extremos

Medidas preventivas:

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



- Se protegerá a los trabajadores contra las inclemencias atmosféricas que puedan comprometer su seguridad y su salud.

### ***3.2.2 CARÁCTER ESPECÍFICO***

---

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

#### ***NORMAS GENERALES DE SEÑALIZACIÓN***

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

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

- Caída desde altura de objetos.
- Zonas donde se realicen maniobras con cargas suspendidas hasta que se encuentren totalmente apoyadas.
- Caídas de personas sobre plataformas, forjados, etc. en las que además se montarán barandillas resistentes en todo el perímetro o bordes.
- Caídas de personas dentro de huecos, etc. para lo que se protegerán con barandillas o tapas de suficiente resistencia.
- Aquellos huecos que se destapen para introducción de equipos, etc., que se mantendrán perfectamente controlados y señalizados durante la maniobra, reponiéndose las correspondientes protecciones nada más finalizar éstas.

#### **Productos inflamables**

- En las zonas de ubicación se dispondrá de al menos un extintor portátil de polvo



polivalente.

– Es obligatoria la delimitación y el acondicionamiento de las zonas de almacenamiento y depósito de los distintos materiales, en particular si se trata de materias o sustancias peligrosas.

Vías y salidas de emergencia

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

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

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

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

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

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

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

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



Equipos de Protección Individual y Colectiva:

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

### **Señalización en Entorno Urbano:**

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

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

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

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

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

Se colocarán balizas luminosas de señalización por la noche.

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

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

*Equipos de Protección Individual y Colectiva:*



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

### **Señalización en Entorno No Urbano**

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

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

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

Las excavaciones no se quedarán nunca sin proteger o señalizar.

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

#### *Equipos de Protección Individual y Colectiva:*

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

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



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

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

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

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

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

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

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

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

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



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

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

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

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

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

1,5 julios en el caso de luz intermitente.

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

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

Equipos de Protección Individual y Colectiva:

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



## TRABAJOS CON RIESGO ELÉCTRICO

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

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

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

#### Disposiciones generales

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

#### A.1 Supresión de la tensión.

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

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

Hasta que no se hayan completado las cinco etapas no podrá autorizarse el inicio del trabajo sin tensión y se considerará en tensión la parte de la instalación



afectada. Sin embargo, para establecer la señalización de seguridad indicada en la quinta etapa podrá considerarse

que la instalación está sin tensión si se han completado las cuatro etapas anteriores y no pueden invadirse zonas de peligro de elementos próximos en tensión.

#### A.2 Reposición de la tensión.

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

El proceso de reposición de la tensión comprenderá:

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

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

#### Disposiciones particulares

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

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

En los trabajos en líneas aéreas desnudas y conductores desnudos de alta tensión se deben colocar las puestas a tierra y en cortocircuito a ambos lados de la zona de trabajo, y en cada uno de los conductores que entran en esta zona; al menos uno



de los equipos o dispositivos de puesta a tierra y en cortocircuito debe ser visible desde la zona de trabajo.

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

### 3.3 Primeros auxilios y asistencia sanitaria

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

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

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

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

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

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

### 3.4 Responsables de seguridad en obra



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

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

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

### 3.5 Reuniones de seguridad en obra

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

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



### 3.6 Botiquín

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

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

### 3.7 Formación a los trabajadores

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

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

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

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

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

El empresario garantizará la formación y organizará, en su caso, sesiones de



entrenamiento, para la correcta utilización de los Equipos de Protección Individual, especialmente cuando se requieran la utilización simultánea de varios equipos que por su especial complejidad así lo haga necesaria.

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

### 3.8 Paralización de los trabajos

Cuando el Coordinador de Seguridad y Salud o cualquier otra persona integrada en la Dirección Facultativa compruebe que la inobservancia de la normativa sobre prevención de riesgos laborales implica, a su juicio, un riesgo grave e inminente para la seguridad y salud de los trabajadores podrá ordenar la paralización inmediata de tales trabajos o tareas, dejando constancia en el Libro de Incidencias.

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

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

### 3.9 Libro de incidencias

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



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

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

Efectuada una anotación en el libro de incidencias, el técnico que haya aprobado el Plan de Seguridad y Salud, estará obligado a remitir, en el plazo de veinticuatro horas, una copia a la Inspección de Trabajo y Seguridad Social de la Provincia en la que se realiza la obra.

Igualmente deberá notificar las anotaciones en el libro al contratista afectado y a los representantes de los trabajadores de éste.