



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI)

GRADO EN INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA

ESPECIALIDAD ELÉCTRICA

**LÍNEA DE ALTA TENSIÓN A 220 KV SIMPLE
CIRCUITO DUPLEX CON TRAMO
SUBTERRÁNEO ENTRE LAS
SUBESTACIONES DE “CARBONERO EL
MAYOR” Y “CANTIMPALOS”**

Autor: Fernando Emilio Postigo Marcos

Director: Pablo Mercado Bautista

Madrid

Mayo 2014

Autorizada la entrega del proyecto del alumno:

Fernando Emilio Postigo Marcos



Fdo:

Fecha: 26/5/2014

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

El director de proyecto:

Pablo Mercado Bautista

Fdo:



Fecha: 26/5/2014

Vº Bº del coordinador de proyectos:

Fernando de Cuadra García

Fdo:



Fecha: 26/5/2014



AGRADECIMIENTOS

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

Como no podía ser de otra forma, empezar dando las gracias a mi familia por su esfuerzo y apoyo en todo momento. En primer lugar me gustaría agradecer a mi madre, por toda la ayuda que me ha dado ya que sin ella no sería nada. Ella me ha enseñado a leer, a hacer reglas de tres... a todo. Ella es, ha sido y será el mejor ejemplo en el que inspirar mi vida. A mi hermana, fiel reflejo de mi madre, por su ayuda en el momento más difícil de mi vida y por muchos otros. M-0. Y por último a mi padre por siempre estar ahí. Gracias de corazón.

A mis amigos y compañeros de universidad por aguantar mis nervios y hacerme reír en todo momento, porque sin ellos esto hubiese sido distinto.

A Pablo Mercado, mi director de proyecto, por ayudarme y contestarme a tantos mails cuando estaba completamente perdido.

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

Por último pero no por ello menos importante, me gustaría agradecerle a Dios todo lo que ha hecho por mí.

Gracias a todos.



***LÍNEA DE ALTA TENSIÓN A 220 KV CON SIMPLE CIRCUITO Y DOS
SUBCONDUCTORES INCLUYENDO UN TRAMO SUBTERRÁNEO ENTRE
LAS SUBESTACIONES DE CARBONERO EL MAYOR Y CANTIMPALOS
EN LA PROVINCIA DE SEGOVIA***

Autor: Postigo Marcos, Fernando Emilio

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 Segovia, surge la necesidad de abastecer y garantizar la calidad del servicio de esta. Es por ello por lo que se diseñará una línea de 220 kV en la provincia de Segovia entre las subestaciones ya existentes de Carbonero el Mayor (en el municipio de Carbonero el Mayor) y de Cantimpalos (en el municipio de Cantimpalos) ambas adaptadas a este nivel de tensión.

La presente línea se dividirá en dos partes principales, una aérea de 11.59 kilómetros y otra subterránea de 1.24 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 perteneciente a los municipios de Carbonero el Mayor, Escarabajosa de Cabezas, Tabanera la Luenga y Cantimpalos.

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

Constará con cinco alineaciones de apoyos metálicos en tresbolillo 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 400 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 y teniendo en cuenta una posible repotenciación de la línea. 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-455 (CONDOR) siendo este un conductor típico en líneas de esta categoría. Se ha usado doble 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 7N7. Ambos cables han sido unidos a los apoyos a través de herrajes y además en el caso de los conductores se usarán aisladores U-160BS 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 directamente en posición de tresbolillo. 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 Segovia, arise the need of supplying and ensuring the quality of the service. That is the reason why a 220 kV electric line will be designed in the province of Segovia. It will be located between the substations “Carbonero el Mayor” (in Carbonero el Mayor town) and “Cantimpalos” (in Cantimpalos town) which are adapted to this voltage level.

This line is divided into two main sections, an air section whose length is 11.59 kilometers and an underground section whose length is 1.24 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 in the villages of Carbonero el Mayor, Escarabajosa Cabezas, Tabanera la Luenga and Cantimpalos.

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

It will consist in five 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 400 meters. The height of the towers has been chosen respecting safety distances prescribed by RLEAT and considering a possible upgrading of the line. 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- 455 (CONDOR). It has been used double 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 7N7. 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.

Inasmuch 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 de la memoria

Parte I	Memoria.....	14
Capítulo 1	Introducción	15
1.1	Estudio de los trabajos existentes.....	15
1.2	Motivación del proyecto.....	16
1.3	Objetivos.....	16
1.4	Metodología.....	17
1.5	Recursos	17
Capítulo 2	Descripción General.....	18
2.1	Descripción del trazado de la línea	18
2.2	Coordenadas de los apoyos de la línea.....	21
2.3	Descripción de la instalación	22
2.3.1	Tramo aéreo	22
2.3.1.1	Características generales	22
2.3.1.2	Características de los materiales.....	23
2.3.1.2.1	Conductores.....	23
2.3.1.2.2	Cable de guarda	24
2.3.1.3	Aislamiento	24
2.3.1.4	Herrajes	25
2.3.1.5	Apoyos	25
2.3.1.6	Cimentaciones	25
2.3.1.7	Puestas a tierra.....	25
2.3.1.8	Numeración y señalización.....	26
2.3.1.9	Amortiguadores.....	26
2.3.2	Tramo subterráneo	27
2.3.2.1	Características generales	27
2.3.2.2	Descripción de la instalación.....	27
2.3.2.3	Características de los materiales.....	29



2.3.2.3.1 Conductor	29
2.3.2.3.2 Botellas terminales	29
2.3.2.3.3 Autoválvulas	30
2.3.2.3.4 Conexión de las pantallas de los cables	31
2.3.2.3.5 Empalmes	32
2.3.2.3.6 Disposición de la puesta a tierra	32
2.3.2.3.7 Apoyo paso aéreo-subterráneo	33
Capítulo 3 Cálculos.....	34
3.1 Cálculos eléctricos	34
3.1.1 Cálculos eléctricos del tramo aéreo.....	34
3.1.1.1 Características generales de la instalación.....	34
3.1.1.2 Características del conductor.....	35
3.1.1.3 Densidad máxima de corriente	35
3.1.1.4 Intensidad máxima admisible	36
3.1.1.5 Resistencia.....	36
3.1.1.6 Reactancia	39
3.1.1.7 Capacidad.....	42
3.1.1.8 Susceptancia	43
3.1.1.9 Conductancia	43
3.1.1.10 Modelo equivalente de la línea	45
3.1.1.11 Caída de tensión	46
3.1.1.12 Potencia máxima transportable.....	48
3.1.1.13 Efecto corona.....	49
3.1.1.14 Pérdidas de potencia.....	51
3.1.2 Cálculos eléctricos del tramo subterráneo.....	53
3.1.2.1 Características generales de la instalación.....	53
3.1.2.2 Características del conductor.....	53
3.1.2.3 Resistencia.....	54
3.1.2.4 Reactancia	56
3.1.2.5 Capacidad.....	57
Caída de tensión	58
3.1.2.6 Potencia máxima transportable.....	59
3.1.2.7 Pérdidas de potencia.....	61
3.1.3 Cálculos eléctricos totales de la línea.....	63
3.1.3.1 Potencia máxima transportable.....	63
3.1.3.2 Caída de tensión	64



3.1.3.3 Pérdidas de potencia.....	65
3.2 Cálculos mecánicos.....	66
3.2.1 Cálculo de conductores y cable de tierra.....	66
3.2.1.1 Características de la línea.....	66
3.2.1.2 Características de los conductores y cables de tierra.....	67
3.2.1.3 Acciones a considerar.....	68
3.2.1.3.1 Límites estáticos.....	68
3.2.1.3.2 Límites dinámicos.....	70
3.2.1.3.3 Flecha máxima de conductores y cable de guarda.....	71
3.2.1.3.4 Flecha mínima de conductores y cable de guarda.....	71
3.2.1.3.5 Desviación de cadenas.....	71
3.2.1.4 Tracciones.....	75
3.2.2 Cálculo de apoyos.....	99
3.2.2.1 Esfuerzos verticales.....	99
3.2.2.2 Esfuerzos transversales.....	100
3.2.2.3 Esfuerzos longitudinales.....	102
3.2.3 Selección de apoyos.....	114
3.2.4 Cálculo de Cimentaciones.....	116
3.2.4.1 Comprobación al arranque.....	116
3.2.4.2 Comprobación a la compresión.....	119
3.2.4.3 Comprobación de la adherencia entre anclaje y cimentación.....	120
3.2.4.4 Cimentaciones usadas.....	121
3.3 Puestas a tierra.....	122
3.3.1.1 Elementos de la puesta a tierra.....	123
3.3.1.1.1 Línea de tierra.....	123
3.3.1.1.2 Electrodo de puesta a tierra.....	123
3.3.1.2 Dimensionamiento de la puesta a tierra.....	123
3.3.1.2.1 Dimensionamiento a partir de la Resistencia térmica.....	124
3.3.1.2.2 Dimensionamiento a partir de la seguridad de las personas.....	124
3.3.1.2.3 Dimensionamiento frente a rayos.....	124
3.3.1.3 Resultados.....	124
3.4 Cálculo de aislamiento.....	126
3.4.1 Cálculo eléctrico.....	126
3.4.2 Cálculo mecánico.....	126
3.4.3 Elección del número y tipo de aisladores.....	127
3.4.4 Elección del número y tipo de aisladores.....	128



3.5	Distancias	130
3.5.1	Distancia entre los conductores.....	130
3.5.2	Distancia entre los conductores y partes a tierra	132
3.5.3	Distancias en las cabezas de los apoyos usados	132
3.5.4	Distancia de los conductores al terreno.....	134
3.5.5	Distancia de los conductores a otras líneas	135
3.5.6	Distancia de los conductores a carreteras.....	136
3.5.7	Distancia de los conductores a ríos y canales, navegables o flotables	137
3.6	Herrajes.....	141
3.6.1	Herrajes de amarre para conductores	141
3.6.2	Herrajes de suspensión para conductores.....	141
3.6.3	Herrajes de amarre para cable de guarda.....	142
3.6.4	Herrajes de suspensión para cable de guarda	142
	<i>Futuros desarrollos</i>	<i>143</i>
Parte II	<i>Planos.....</i>	<i>144</i>
Capítulo 1	<i>Planos.....</i>	<i>145</i>
1.1	Localización	145
1.1.1	Planos de localización.....	145
1.1.1.1	Plano localización 1.....	145
1.1.1.2	Plano localización 2.....	145
1.1.1.3	Plano localización subterráneo	145
1.1.2	Plano de perfil	145
1.2	Tramo aéreo.....	146
1.2.1	Apoyos	146
1.2.1.1	Apoyo tipo CONDOR.....	146
1.2.1.2	Apoyo tipo ÍCARO	146
1.2.1.3	Apoyo paso de aéreo a subterráneo	146
1.2.2	Cimentaciones	146
1.2.3	Amortiguación	146
1.2.4	Herrajes	146
1.2.4.1	Herrajes de amarre para conductores.....	146
1.2.4.2	Herrajes de suspensión para conductores.....	146
1.2.4.3	Herrajes de amarre para cable de guarda.....	147
1.2.4.4	Herrajes de suspensión para cable de guarda	147



1.3	Tramo subterráneo.....	147
1.3.1	Canalizaciones	147
Parte III	Pliego de condiciones	162
Capítulo 1	Línea aérea	163
1.1	Objeto y campo de aplicación.....	163
1.2	Ejecución del trabajo	163
1.2.1	Documentación y medios para el desarrollo	163
1.2.2	Cimentaciones	167
1.2.2.1	Cemento	168
1.2.2.2	Agua	168
1.2.2.3	Áridos	168
1.2.2.4	Fabricación	169
1.2.3	Armado de apoyos	171
1.2.4	Protección de las superficies metálicas	172
1.2.5	Izado de apoyos.....	172
1.2.6	Tendido, empalme, tensado y retencionado	172
1.2.6.1	Herramientas	172
1.2.6.2	Método de montaje.....	175
1.2.7	Reposición del terreno.....	183
1.2.8	Numeración de apoyos, avisos de peligro eléctrico	184
1.2.9	Prescripciones medioambientales	184
1.2.10	Puesta a tierra.....	184
1.3	Materiales.....	185
1.3.1	Apoyos	186
1.3.2	Conductores y cables.....	186
1.3.3	Aisladores	186
1.3.4	Herrajes.....	186
1.4	Aseguramiento de calidad de materiales de a.t.....	187
1.4.1	Verificación de suministro por proveedores homologados	187
1.4.2	Ensayos de recepción en fábrica	187
1.4.3	Ensayos de recepción en campo.....	188
1.5	Recepción en obra	188
1.5.1	Calidad de cimentaciones.....	188
1.5.2	Tolerancias de ejecución.....	189



1.5.2.1	Desplazamientos de apoyos sobre su alineación	189
1.5.2.2	Desplazamientos de un apoyo sobre el perfil longitudinal de la línea, en relación a su situación prevista	189
1.5.2.3	Verticalidad de los apoyos	189
1.5.2.4	Dimensión de flechas	189
1.5.2.5	Estado y colocación de los aisladores y herrajes	190
1.5.2.6	Grapas	190
1.5.2.7	Distancias a masa y longitudes de puente	190
1.5.3	Tolerancias de utilización	190
1.5.4	Documentación de la instalación.....	191
Capítulo 2	<i>Línea subterránea.....</i>	192
2.1	Objeto y campo de aplicación.....	192
2.2	Alcance	192
2.3	Ejecución del trabajo	193
2.3.1	Características generales	193
2.3.2	Replanteo	194
2.3.3	Trazado	194
2.3.4	Apertura de zanjas.....	195
2.3.5	Canalización.....	196
2.3.5.1	Canalización de cables bajo tubo hormigonado	196
2.3.5.2	Paralelismos y cruzamientos	199
2.3.6	Transporte y almacenamiento de bobinas de cables.....	199
2.3.7	Tendido de cables.....	200
2.3.8	Tendido de cable de puesta a tierra	202
2.3.9	Paso aéreo subterráneo.....	203
2.3.10	Hormigonado	203
2.3.11	Protección mecánica.....	203
2.3.12	Señalización	204
2.3.13	Identificación	204
2.3.14	Cierre de zanjas.....	205
2.3.15	Reposición de pavimentos.....	206
2.3.16	Ejecución de la puesta a tierra.....	206
2.4	Materiales.....	207
2.5	Recepción de obra	207



2.6	Condiciones ambientales.....	208
2.6.1	Condiciones generales de trabajo.....	208
2.6.2	Atmosfera.....	209
2.6.3	Residuos.....	209
2.6.4	Conservación ambiental.....	209
2.6.5	Finalización de obra y restauración ambiental.....	210
2.7	Condiciones de seguridad.....	210
<i>Parte IV</i>	<i>Estudio de seguridad y salud.....</i>	<i>212</i>
<i>Capítulo 1</i>	<i>Estudio de seguridad y salud.....</i>	<i>213</i>
1.1	Objeto.....	213
1.2	Metodología.....	213
1.3	Identificación de los riesgos.....	214
1.4	Conclusiones.....	229
<i>Parte V</i>	<i>Presupuesto.....</i>	<i>230</i>
<i>Capítulo 1</i>	<i>Mediciones.....</i>	<i>231</i>
1.1	Equipamiento eléctrico tramo aéreo.....	231
1.1.1	Apoyos.....	231
1.1.2	Conductores y cables de tierra.....	232
1.1.3	Cadenas de Herrajes y de Aisladores.....	232
1.1.4	Puestas a tierra.....	233
1.1.5	Accesorios.....	234
1.2	Equipamiento eléctrico tramo subterráneo.....	234
1.2.1	Conductores.....	234
1.2.2	Terminales, autoválvulas, empalmes y accesorios.....	235
1.2.3	Puesta a tierra.....	235
1.3	Ejecución del material de obra.....	236
1.3.1	Ejecución del material de obra del tramo aéreo.....	236
1.3.2	Ejecución del material de obra del tramo subterráneo.....	236
<i>Capítulo 2</i>	<i>Mediciones.....</i>	<i>237</i>
2.1	Equipamiento eléctrico tramo aéreo.....	237



2.2	Equipamiento eléctrico tramo subterráneo	238
2.3	Ejecución del material de obra.....	238
Capítulo 3	Resumen.....	239



Parte I MEMORIA



Capítulo 1 INTRODUCCIÓN

1.1 ESTUDIO DE LOS TRABAJOS EXISTENTES

La red de transportes de energía eléctrica es la encargada de conectar puntos de generación con elementos de consumo. Un elemento básico para el transporte de la energía serán las líneas de transporte siendo este el objeto de estudio de este proyecto. En el territorio español estas deberán estar proyectadas de acuerdo con el REGLAMENTO DE LINEAS DE ALTA TENSIÓN publicado en el REAL DECRETO del 19 de marzo de 2008.

Estas líneas parten de subestaciones adaptadas al nivel de tensión de estas. Se tratará de elevar la tensión de la línea para que se pueda transportar una mayor potencia reduciendo lo máximo posible las pérdidas.

Las líneas aéreas tendrán unos elementos básicos a partir de los cuales se formará la línea, algunos de ellos son: apoyos, conductores, aisladores, herrajes, cimentaciones, puestas a tierra...

Actualmente los apoyos para líneas de alta tensión pueden ser de distintos materiales, aunque la mayor parte de los instalados son metálicos tanto por motivos económicos como por motivos de resistencia a esfuerzos. Su función será la de sostener a los conductores y proporcionarles una altura suficiente para cumplir con lo expuesto en el RLEAT.

Los conductores serán los encargados del transporte de la energía eléctrica como tal. Los más utilizados son los de aluminio con alma de acero ya que proporcionan una buena resistencia a los esfuerzos y una resistencia eléctrica reducida.

Existirán otros elementos como aisladores, herrajes, puestas a tierra y cimentaciones que permitirán que todo esto sea viable.



1.2 MOTIVACIÓN DEL PROYECTO

Debido a la emergente industrialización de la zona del norte de la provincia de Segovia se deseará que el suministro eléctrico sea lo más fiable posible. Es por ello por lo que surge la necesidad de crear una red de transporte mallada que permita ampliar la capacidad del suministro y la fiabilidad de este.

1.3 OBJETIVOS

El cliente solicita el diseño de una línea cuyo objetivo principal será la unión de las subestaciones de “Carbonero el Mayor” y “Cantimpalos” con el objeto de conseguir un suministro eléctrico más fiable debido al incremento de la demanda en la zona.

Las características fundamentales serán las mostradas a continuación:

- La tensión será de 220kV.
- La configuración usada será de simple circuito.
- Usará dos subconductores (dúplex).
- Dispondrá de un tramo aéreo de aproximadamente 10 km.
- Dispondrá de un tramo subterráneo de aproximadamente 1 km.

Este proyecto contará con los siguientes objetivos secundarios:

- Elección del trazado de la línea partiendo de las características topográficas y medioambientales propias de la zona.
- Selección de la ubicación de los apoyos. Este punto será modificado durante el transcurso del proyecto para ajustarse lo máximo posible a lo óptimo.
- Cálculos eléctricos tanto del tramo aéreo como del subterráneo.
- Cálculos mecánicos del conductor centrados en mayor medida en la parte aérea.



- Cálculo de esfuerzos en apoyos y selección de los mismos.
- Cálculos complementarios como cimentaciones y puestas a tierra.

1.4 METODOLOGÍA

En el inicio del proyecto se establecieron unos plazos con el director de proyecto y unas reuniones semanales para discutir las posibles dificultades que hayan surgido en la realización del proyecto.

1.5 RECURSOS

En primer lugar y como base fundamental del proyecto, este se ha desarrollado enteramente según las prescripciones del REGLAMENTO DE LINEAS DE ALTA TENSIÓN publicado en el REAL DECRETO del 19 de marzo de 2008.

Como referencia a la hora del desarrollo del proyecto también se usó el PROYECTO TIPO DE LÍNEAS DE ALTA TENSIÓN de UNIÓN FENOSA.

Otros recursos que también han sido utilizados son:

- Cartografía y otros recursos geográficos
- Información catastral
- Catálogos de productos como apoyos, herrajes...

Los recursos informáticos utilizados han sido principalmente:

- Autocad para todo tipo de planos.
- gvSIG para gestión de mapas e información topográfica.
- Microsoft Excel para la realización de cálculos.
- Microsoft Word para la redacción del proyecto.



Capítulo 2 DESCRIPCIÓN GENERAL

2.1 DESCRIPCIÓN DEL TRAZADO DE LA LÍNEA

La línea aérea objeto de este proyecto es una línea de 220kV entre dos subestaciones. Ambas estarán localizadas en la provincia de Segovia, la primera de ellas estará localizada en el término municipal de Carbonero el Mayor mientras que la segunda se encontrará en el término municipal de Cantimpalos. La línea objeto de este proyecto atravesará a lo largo de su recorrido fincas pertenecientes a los municipios de Tabanera la Luenga y de Escarabajosa de Cabezas además de los dos previamente nombrados.

A continuación se muestran los cruzamientos existentes a lo largo del trazado de la línea por alineaciones:

Provincia: Segovia

Término municipal: Carbonero el Mayor

<i>ALINEACIÓN</i>	<i>Apoyo inicial</i>	<i>Apoyo final</i>	<i>Ángulo con siguiente alineación [g]</i>	<i>Longitud [m]</i>	<i>Cruzamiento</i>
1	1	2	150	396.05	Autovía CL-601
2	2	3	150	460.04	

Provincia: Segovia



Termino municipal: Carbonero el Mayor

<i>ALINEACIÓN</i>	<i>Apoyo inicial</i>	<i>Apoyo final</i>	<i>Ángulo con siguiente alineación [g]</i>	<i>Longitud [m]</i>	<i>Cruzamiento</i>
3	3	11	0	3330	Línea132kV Carretera Línea220kV Línea45kV

Provincia: Segovia

Termino municipal: Carbonero el Mayor, Tabanera la Lengua desde los 105 metros y Escarabajosa de Cabezas desde los 1899 metros.

<i>ALINEACIÓN</i>	<i>Apoyo inicial</i>	<i>Apoyo final</i>	<i>Ángulo con siguiente alineación [g]</i>	<i>Longitud [m]</i>	<i>Cruzamiento</i>
4	11	20	161	3597.7	Carretera Carretera



Provincia: Segovia

Termino municipal: Escarabajosa de Cabezas y Cantimpalos desde los 1715 metros.

<i>ALINEACIÓN</i>	<i>Apoyo inicial</i>	<i>Apoyo final</i>	<i>Ángulo con siguiente alineación [g]</i>	<i>Longitud [m]</i>	<i>Cruzamiento</i>
5	20	30	0	3806.77	Línea 45kV Carretera



2.2 COORDENADAS DE LOS APOYOS DE LA LÍNEA

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

<i>Apoyo</i>	<i>Tipo</i>	<i>X</i>	<i>Y</i>	<i>Z</i>
1	FL-AM	393647.202	4554662.91	888.212
2	AG-AM	393949.159	4554919.18	876.96185
3	AG-AM	394407.446	4554879.1	880.863
4	AL-SUS	394663.379	4554571.69	886.22925
5	AL-SUS	394893.719	4554295.03	877.39415
6	AL-SUS	395149.653	4553987.62	897.0996
7	AL-SUS	395424.782	4553657.16	890.29845
8	AL-SUS	395719.105	4553303.65	900.05445
9	AL-SUS	395994.234	4552973.19	892.6893
10	AL-SUS	396282.159	4552627.35	890.8865
11	AL-AM	396538.093	4552319.95	888.5649
12	AL-SUS	396794.026	4552012.54	882.86185
13	AL-SUS	397037.163	4551720.51	878.565
14	AL-SUS	397293.097	4551413.1	880.7268
15	AL-SUS	397561.827	4551090.33	880.9638
16	AL-SUS	397817.761	4550782.92	881.4107
17	AL-SUS	398073.694	4550475.52	881.9783
18	AL-SUS	398329.628	4550168.11	882.68925
19	AL-SUS	398585.561	4549860.71	884.0323
20	AG-AM	398840.024	4549555.07	886.12615
21	AL-SUS	399254.524	4549440.66	887.74295
22	AL-SUS	399678.663	4549323.58	889.0484
23	AL-SUS	400064.244	4549217.15	891.043
24	AL-SUS	400440.185	4549113.38	895.7656
25	AL-SUS	400806.487	4549012.28	898.79495
26	AL-SUS	401172.789	4548911.17	900.5612
27	AL-SUS	401539.091	4548810.06	895.69315
28	AL-SUS	401876.474	4548716.93	893.82265
29	AL-SUS	402204.218	4548626.47	895.6559
30	FL-PAS	402509.566	4548542.18	899.666



2.3 DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN

La instalación se caracterizará por las especificaciones mostradas a continuación:

2.3.1 TRAMO AÉREO

2.3.1.1 Características generales

<i>Sistema</i>	<i>Corriente alterna trifásica</i>
Tensión nominal [kV]	220
Tensión más elevada [kV]	245
Frecuencia [Hz]	50
Potencia máxima de transporte [MVA]	614.74
Nº de circuitos	1
Nº de subconductores por fase	2
Tipo de conductor aéreo	LA-455 (CONDOR)
Nº de cables de guarda	1
Tipo de cable de guarda	7N7
Tipo de aisladores	Vidrio
Longitud [m]	11590.55
Zona de aplicación	B
Nº Apoyos Ángulo - Amarre	3
Nº Apoyos Alineación - Amarre	1
Nº Apoyos Alineación - Suspensión	24
Nº Apoyos Fin de línea	2



2.3.1.2 Características de los materiales

2.3.1.2.1 Conductores

El conductor usado para el tramo aéreo será un LA-455 (CONDOR). Este es de aluminio con el alma de acero. Se optó por usar este sin AW (galvanizado) debido a que en la zona de tendido (en su mayoría rural) no estará expuesto a un peligro alto de corrosión.

CONDUCTOR SELECCIONADO		
Código o designación		LA-455 (CONDOR)
Sección [mm²]	Aluminio	402.3
	ARL	52.2
	Total	454.5
Nº de hilos	Aluminio	54
	ARL	7
Diámetro de los hilos [mm]	Aluminio	3.08
	ARL	3.08
Diámetro [mm]	Alma	9.24
	Cable	27.7
Masa por unidad de longitud [kg/m]		1.5205
Carga de rotura nominal [kg]		12375
Resistencia eléctrica máxima a 20°C [Ω / km]		0.0719
Módulo de elasticidad final [N / mm²]		70000
Coefficiente de dilatación lineal [1 / K]		0.0000194
Capacidad nominal [A]		880
RMG [mm]		11.217



2.3.1.2.2 Cable de guarda

Tanto para la protección como para la comunicación en la línea se utilizará el siguiente cable de guarda.

CABLE DE GUARDA	
Código o designación	7N7
Sección [mm²]	Alx -
	Acero 73.9
	Total 73.9
Nº de hilos	Alx -
	Acero 7
	Alx -
Diámetro de los hilos [mm]	Acero 3.67
	Alma -
Diámetro [mm]	Cable 11.01
Masa por unidad de longitud [kg/m]	0.4911
Carga de rotura nominal [kg]	8645
Resistencia eléctrica máxima a 20°C [Ω / km]	1.1597
Módulo de elasticidad final [N / mm²]	16170
Coefficiente de dilatación lineal [1 / K]	0.000013

2.3.1.3 Aislamiento

Se usarán aisladores que se colocarán entre puntos en tensión (conductores) y puntos a tierra del apoyo que cumplirán las normas UNE21 114 y UNE 21 124. De esta manera cumplirán con una doble función tanto de aislamiento eléctrico como de sostener los conductores.

Se utilizarán aisladores de vidrio templado de caperuza y vástago (dado que es una tecnología muy fiable y consolidada a lo largo de los años) formando cadenas que se colocarán tanto en apoyos de amarre como de suspensión, solo variando el número que formará la cadena. En este caso se ha optado por usar 12 aisladores para la suspensión y 12 para el amarre del tipo U160BS.



2.3.1.4 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.

2.3.1.5 Apoyos

Para la selección de apoyos, se ha tomado como referencia los catálogos facilitados por el fabricante IMEDEXSA. Se ha utilizado la serie CONDOR e ICARO como referencia y dentro de esta, se ha seleccionado el 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.

2.3.1.6 Cimentaciones

Se han seguido las recomendaciones para cada tipo de apoyo y los esfuerzos a los que éste se verá sometido según el catálogo del fabricante IMEDEXSA.

Las cimentaciones serán de macizos de hormigón independientes para cada una de las cuatro patas.

2.3.1.7 Puestas 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.



El apoyo frecuentado se recubrirá con placas aislantes o con obra de fábrica de ladrillo con una altura mínima de 2.5m 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.

2.3.1.8 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.

2.3.1.9 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 22% de la carga de rotura a 15° y que se instalen amortiguadores).



2.3.2 TRAMO SUBTERRÁNEO

2.3.2.1 Características generales

<i>Sistema</i>	<i>Corriente alterna trifásica</i>
Tensión nominal [kV]	220
Tensión más elevada [kV]	245
Frecuencia [Hz]	50
Potencia máxima de transporte [MVA]	1755
Cable	XLPE-Cu-2500/220
Tipo de canalización	Hormigonada bajo tubo
Nº de circuitos	1
Nº de conductores por fase	1
Longitud [m]	1240
Origen	Apoyo PAS N°30
Final	Subestación "Cantimpalos"
Conexión de las pantallas	Cross- Bonded con transposición

2.3.2.2 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>
220	Tresbolillo	1250	400

<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.



2.3.2.3 Características de los materiales

2.3.2.3.1 Conductor

Designación	XLPE-Cu-2500/220	
Sección del conductor	[mm ²]	2500
Diámetro del conductor	[mm]	62
Espesor del aislamiento	[mm]	23
Diámetro sobre el aislamiento	[mm]	113
Sección de la pantalla	[mm ²]	185
Diámetro exterior del cable	[mm]	132.4
Peso del cable	[kg/m]	33.1
Resistencia	[Ω/km]	0.0072
Inductancia (En tresbolillo)	[mH/km]	0.34
Capacidad	[μF/km]	0.27
Intensidad máxima admisible (Usando cross-bonded)	[A]	1755

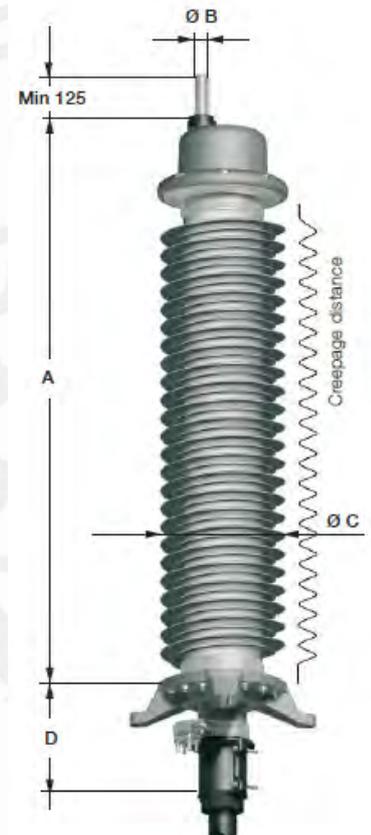
2.3.2.3.2 Botellas terminales

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:

Voltaje [kV]	Aislante	Designación	Distancia de fuga	Peso
			[mm]	[kg]
245	Composite	APECB 2456 P	9360	290

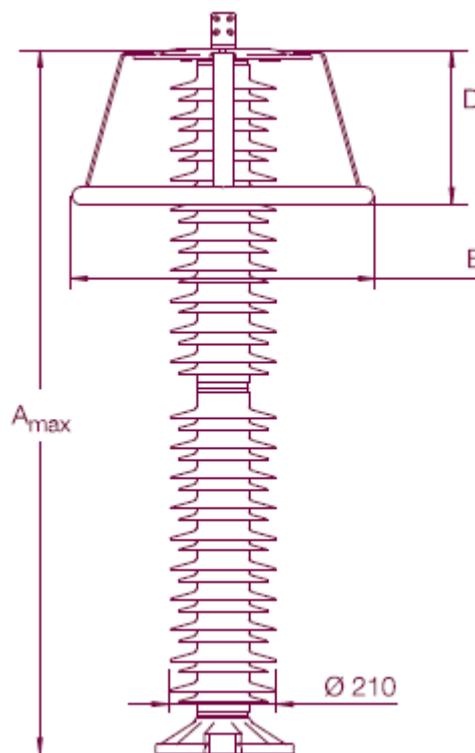
Dimensiones [mm]			
A	B	C	D
3030	40/50/54/60	490	235



2.3.2.3.3 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.



<i>Máxima tensión del sistema</i>	<i>Tensión nominal</i>	<i>Designación</i>	<i>Distancia de fuga</i>
Um [kV rms]	Ur [kV rms]		[mm]
245	180-228	XH245	7250

<i>Aislamiento externo</i>			
Seco 1.2/50µs [kV peak]	Húmedo 50 Hz (60s) [kV rms]	Seco 60 Hz (10s) [kV rms]	Húmedo 250/2500 µs [kV peak]
1156	586	586	924

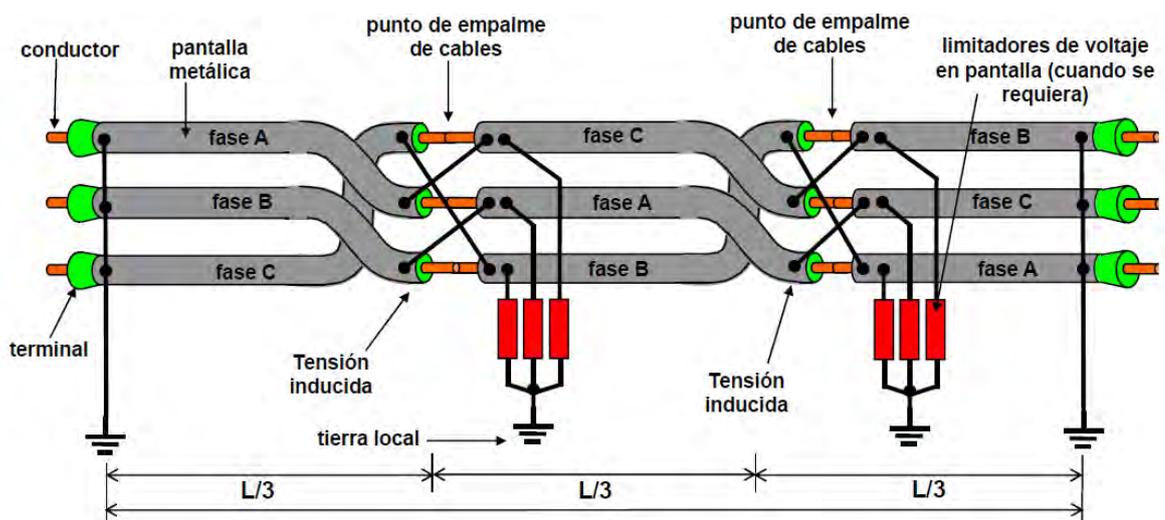
<i>Dimensiones</i>				
Peso [kg]	A max [mm]	B [mm]	C [mm]	D [mm]
73	2105	600	/	300

2.3.2.3.4 Conexión de las pantallas de los cables

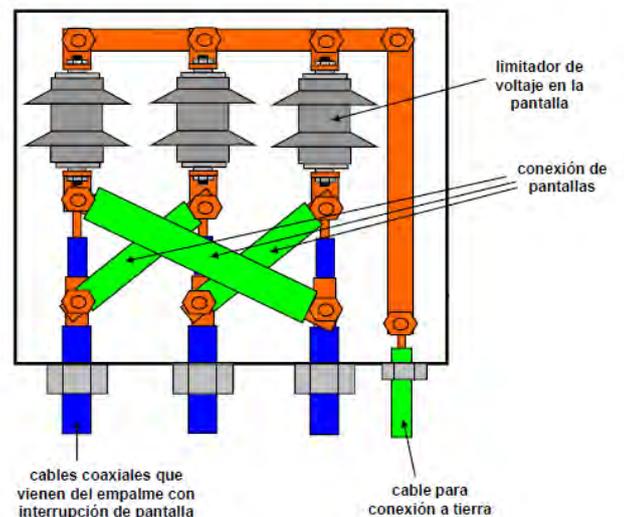
El sistema de conexión a tierra usado será cross-bonded con trasposición dado que es el más recomendado para una longitud de línea superior a 1km como es este caso (1.24 km).

El objetivo del cross-bonding 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 413m ($L/3$) y a los 827m ($2L/3$) del inicio de la línea.



Las cajas de conexión de pantallas tendrán limitadores de tensión y conexión a tierra como muestra la imagen.



2.3.2.3.5 Empalmes

Los empalmes que se dan cada tercio de longitud deben:

- Tener una conductividad igual o superior a la de un conductor de la misma longitud.
- El aislamiento debe ser tan efectivo como el aislamiento del propio cable.
- Debe estar protegido para evitar la entrada de humedad.
- Soportar los esfuerzos dinámicos que se puedan dar.

El empalme utilizado debe permitir la trasposición de la pantalla, es por ello que el empalme seleccionado es:

Designación	A	B	Peso
	[mm]	[mm]	[kg]
JX-B 245 P	2730	355	170-200



2.3.2.3.6 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 mm² 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 mm² 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 mm² de sección. Se unirá a la línea de tierra a través de soldadura.

2.3.2.3.7 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.



Capítulo 3 CÁLCULOS

3.1 CÁLCULOS ELÉCTRICOS

3.1.1 CÁLCULOS ELÉCTRICOS DEL TRAMO AÉREO

3.1.1.1 Características generales de la instalación

<i>Característica</i>	<i>Valor</i>
Tensión nominal [kV]	220
Frecuencia [Hz]	50
Longitud [m]	11590.55
Nº de circuitos	1
Nº de subconductores por fase	2
Nº de cables de guarda	1
Zona de aplicación	B



3.1.1.2 Características del conductor

CONDUCTOR SELECCIONADO		
Código o designación		LA-455 (CONDOR)
Sección [mm²]	Aluminio	402.3
	ARL	52.2
	Total	454.5
Nº de hilos	Aluminio	54
	ARL	7
Diámetro de los hilos [mm]	Aluminio	3.08
	ARL	3.08
Diámetro [mm]	Alma	9.24
	Cable	27.7
Masa por unidad de longitud [kg/m]		1.5205
Carga de rotura nominal [kg]		12375
Resistencia eléctrica máxima a 20°C [Ω / km]		0.0719
Módulo de elasticidad final [N / mm²]		70000
Coefficiente de dilatación lineal [1 / K]		0.0000194
Capacidad nominal [A]		880
RMG [mm]		11.217

3.1.1.3 Densidad máxima de corriente

Se calculará la densidad máxima de corriente alterna nominal a 50 Hz a partir de lo especificado en el apartado 4.2.1 de la ITC-07 del RLEAT.

Para el cálculo se partirá de las características propias del conductor elegido (LA-455). Según la tabla 11 de dicha ITC se puede afirmar que:

$$\sigma_{Al} = \left[\left(\frac{\sigma_{Al\ menor} - \sigma_{Al\ mayor}}{S_{mayor} - S_{menor}} \right) * (S_{real} - S_{menor}) \right] + \sigma_{Al\ mayor}$$



Sustituyendo para el caso que nos ocupa:

$$\sigma_{Al} = \left[\left(\frac{1.8 - 1.95}{500 - 400} \right) * (454.5 - 400) \right] + 1.95 = 1.8682 \text{ A/mm}^2$$

Se aplicará al valor obtenido el factor de reducción (0.95) que marca la ITC-07 (4.2.1) para cables de aluminio-acero de composición 54+7.

$$\sigma_{Al} = 1.8682 * 0.95 = 1.7748 \text{ A/mm}^2$$

Por lo que la densidad de corriente máxima será 1.7748 A/mm²

3.1.1.4 Intensidad máxima admisible

En el caso del LA-455 la intensidad máxima admisible se calculará como el producto de la densidad de corriente máxima y la sección del conductor:

$$I_{adm} = \sigma_{Al} * S_{conductor} = 1.7748 * 454.5 = 806.65 \text{ A}$$

3.1.1.5 Resistencia

La resistencia que presentan los conductores es la principal causa de pérdida de potencia en el transporte eléctrico. La resistencia por kilómetro de los conductores a la temperatura θ vendrá dada por la siguiente expresión:

$$R_{\theta} = R_{\theta'} * (1 + \gamma_S)$$



Siendo:

R_{θ} : Resistencia del conductor con corriente alterna a θ °C [Ω/km]

R_{θ}' : Resistencia del conductor con corriente continua a θ °C [Ω/km]

y_s : Factor de efecto pelicular

Para determinar la resistencia del conductor con corriente continua a θ °C partiremos de la expresión:

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

Siendo:

R_{θ}' : Resistencia del conductor con corriente continua a θ °C [Ω/km]

R_{20}' : Resistencia del conductor con corriente continua a 20 °C [Ω/km]

α_{20} : Coeficiente de variación de la resistividad a 20° [1/K]

θ : Temperatura de servicio [°C]

En el caso que nos ocupa estos son los valores que toman R_{20}' y α_{20} :

R_{20}'	α_{20}
0.0719	0.00403

El efecto pelicular se determinará a partir de las fórmulas de Kelvin:

$$X_S^2 = \frac{8 * \pi * f * 10^{-7}}{R_{\theta}'}$$
$$y_s = \frac{X_S^4}{192 + (0.8 * X_S^4)}$$



Siendo:

R_{θ} : Resistencia del conductor con corriente continua a θ °C [Ω/km]

f: Frecuencia del sistema [50 Hz]

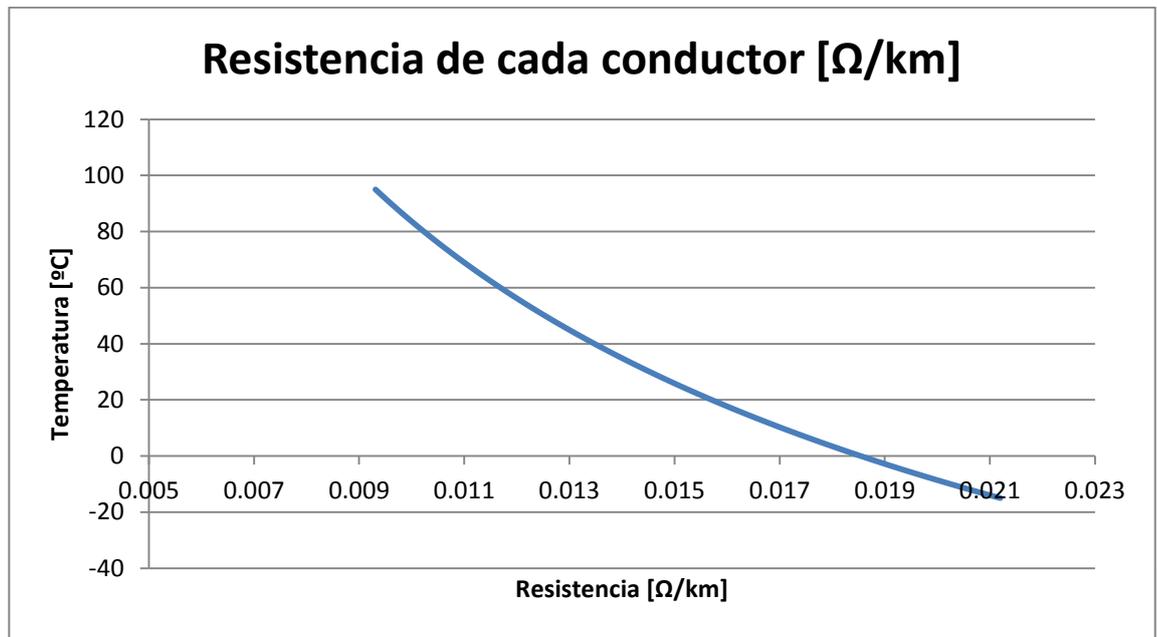
Aplicando lo mostrado anteriormente se pueden calcular los siguientes valores de la resistencia real de los conductores.

Temperatura [°C]	Resistencia en corriente continua [Ω/km]	Factor x_s^2 efecto pelicular	Factor y_s efecto pelicular	Resistencia [Ω/km] (contando efecto pelicular)	Resistencia por fase [Ω/km] (contando efecto pelicular)
20	0.0719	1.74775669	0.0157097	0.07302953	0.03651476
30	0.07479757	1.68005065	0.01453	0.07588438	0.03794219
40	0.07769514	1.61739468	0.01347791	0.07874231	0.03937115
50	0.08059271	1.55924408	0.01253573	0.081603	0.0408015
60	0.08349028	1.50512977	0.01168871	0.08446617	0.04223309
70	0.08638785	1.4546456	0.01092448	0.08733159	0.0436658
80	0.08928542	1.40743815	0.01023264	0.09019905	0.04509952
85	0.090734205	1.38496509	0.00991104	0.09163348	0.04581674
90	0.09218299	1.36319842	0.00960433	0.09306835	0.04653417
95	0.093631775	1.34210535	0.00931161	0.09450364	0.04725182

Cabe destacar que la resistencia en cada fase será la mitad al contar con dos subconductores por fase (doble sección).



Estos mismos resultados se pueden mostrar de forma gráfica para un mayor rango de temperaturas:



3.1.1.6 Reactancia

La reactancia de una línea es un parámetro que cuantifica el efecto que se produce en un conductor recorrido por una corriente alterna y sinusoidal en el que se crea una fuerza electromagnética proporcional a la velocidad de la variación de la corriente.

$$X = 2 * \pi * f * L$$

Siendo

f: Frecuencia del sistema [50 Hz]

L: Coeficiente de autoinducción [H]



El coeficiente de autoinducción se puede definir con la siguiente expresión:

$$L = \frac{1}{m} * \left(\frac{\mu}{2 * n} + 4.605 * \log \left(\frac{DMG}{r_{eq}} \right) \right) * 10^{-4} \text{ [H/km]}$$

Siendo:

μ : Permeabilidad magnética del conductor [H/m]

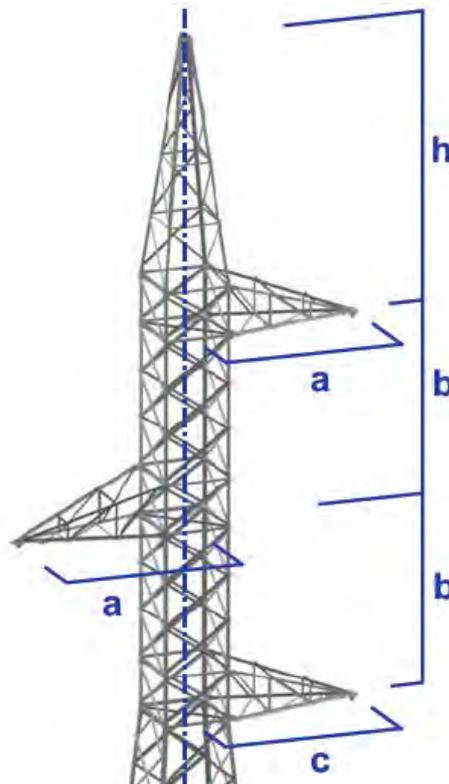
m: Número de circuitos

n: Número de conductores por fase

DMG: Distancia media geométrica entre ejes de fases [mm]

r_{eq} : Radio equivalente del conductor [mm]

Para el cálculo de la DMG se deberá partir de la geometría de la cabeza del apoyo más usada (también se usa una cabeza de la gama ICARO pero en ocasiones muy puntuales), en este caso una S4C:





Cuyas dimensiones están recogidas en la siguiente tabla:

<i>Designación</i>	<i>Longitud [m]</i>
a	4.1
b	4.4
c	4.3
h	5.9

Por los que el DMG entre las fases A, B, C, será:

$$DMG = \sqrt[3]{D_{AB}D_{AC}D_{BC}} = 9.1923m$$

El Req se definirá para este caso cómo:

$$R_{eq} = \sqrt{r' * d} = \sqrt{11.217 * 400} = 66.98 \text{ mm}$$

Siendo:

r': Radio equivalente del conductor [mm]

d: Separación entre subconductores [mm]

En el caso que nos ocupa:

$$L = \frac{1}{1} * \left(\frac{1}{2 * 2} + 4.605 * \log \left(\frac{9192.36}{66.98} \right) \right) * 10^{-4} = 0.00229 \text{ [H/km]}$$

Por lo que para la reactancia por kilómetro de la línea será:

$$X = 2 * \pi * f * L = 2 * \pi * 50 * 0.00229 = 0.7129 \text{ [\Omega/km]}$$



Por lo que se puede concluir que la reactancia total será de:

$$X = 2 * \pi * f * L = 2 * \pi * 50 * 0.00229 * 11.59 = 8.34 \Omega$$

3.1.1.7 Capacidad

La capacidad de una línea es un parámetro que se produce debido a la diferencia de potencial entre los conductores, y viene dada por la siguiente expresión:

$$C = \frac{24.2}{\log\left(\frac{DMG}{RMG}\right)} * 10^{-9} \quad [F/km]$$

Siendo para la misma cruceta S4C para la que se ha hecho el estudio de la reactancia:

DMG: Distancia media geométrica entre ejes de fases [mm]

RMG: Radio equivalente del haz entre subconductores [mm]

Por lo que en el caso que nos ocupa la capacidad será:

$$C = \frac{24.2}{\log\left(\frac{9192.36}{66.98}\right)} * 10^{-9} = 4.9163 \quad [nF/km]$$

$$C = 4.9163 * 11.59 = 56.98 \quad [nF]$$



3.1.1.8 Susceptancia

La susceptancia de una línea se define según la siguiente expresión:

$$B = 2 * \pi * f * C \text{ [S/km]}$$

Siendo:

f: Frecuencia del sistema [50 Hz]

C: Capacidad de la línea [F/km]

Por lo que en el caso que nos ocupa y con los datos calculados anteriormente:

$$B = 2 * \pi * 50 * 4.9163 * 10^{-9} = 1.5445 \text{ [\mu S/km]}$$

Por lo que para la longitud total de la línea:

$$B = 1.5445 * 11.54 = 17.82 \text{ [\mu S]}$$

3.1.1.9 Conductancia

La conductancia es un parámetro que refleja la imperfección del aislamiento entre zonas en tensión y zonas a masa. La siguiente expresión muestra cómo se puede obtener este parámetro por fase:

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

Siendo:

G: Conductancia [S/km]

U: Tensión del sistema [kV]



P1: Pérdida de potencia por fase debida a la conductancia de los aisladores
[kW/km]

Estas pérdidas P1 se podrán calcular a través de la siguiente expresión:

$$P_1 = \frac{1000 * w * n}{a_m} \quad [W/km]$$

Siendo:

am: Vano medio de la línea (para 220Kv aproximadamente 400 m) [m]

w: Pérdidas por aislador [W]

Ambiente seco:(3-5) W por plato

Ambiente húmedo:(8-20) W por plato

n: Número de aisladores

Para este caso implica unas pérdidas de:

$$P_1 = \frac{1000 * 5 * 11}{400} = 137.5 \quad [W/km]$$

Y un total en toda la línea aérea de:

$$P_1 = 137.5 * 11.54 = 1586.75 \quad [W]$$

Por lo que la conductancia será:

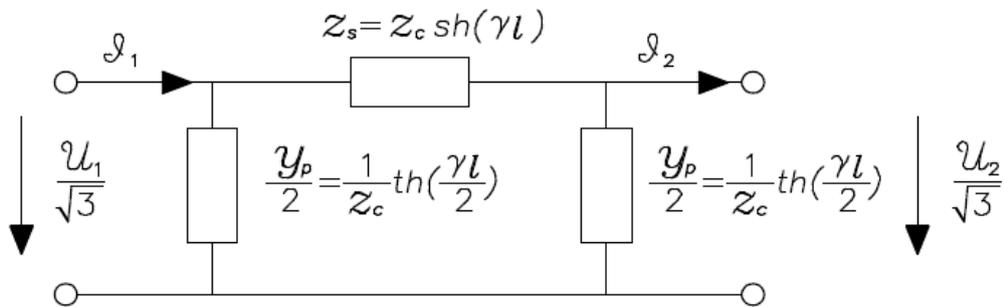
$$G = \frac{137.5}{220^2/3} * 10^{-3} = 8.522 * 10^{-6} \quad [S/km]$$



3.1.1.10 Modelo equivalente de la línea

Para poder controlar el comportamiento de la línea en distintas situaciones, es de utilidad tener un modelo que refleje la instalación.

Dado que es una línea corta (menor que 80km) es perfectamente válido un modelo serie de esta, sin embargo para una mayor precisión se optará por un esquema en π como el que se muestra a continuación:



A partir del cuadripolo anterior se pueden definir las siguientes ecuaciones para definir el comportamiento de este:

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

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

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

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



Siendo:

Z_c : Impedancia característica de la línea [Ω].

$$\text{Definida por: } Z_c = \sqrt{\frac{R+Xj}{G+Bj}}$$

γ : Constante de propagación [1/km]

$$\text{Definida por: } \gamma = \sqrt{(R+Xj)(G+Bj)}$$

3.1.1.11 Caída de tensión

Partiendo del equivalente en π antes mostrado se puede definir la caída de tensión entre el principio y el fin de la línea a partir de la siguiente expresión:

$$\Delta U = \frac{|U_1| - |U_2|}{|U_2|} * 100 \quad [\%]$$

Siendo:

U_2 : La tensión nominal de la línea [kV]

U_1 : Viene dado por la expresión:

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

Siendo a su vez:

$$I_2 = \frac{P}{\sqrt{3} * |U_2| \cos(\varphi)} // \varphi$$

P: Potencia máxima que transportará la línea [MW]

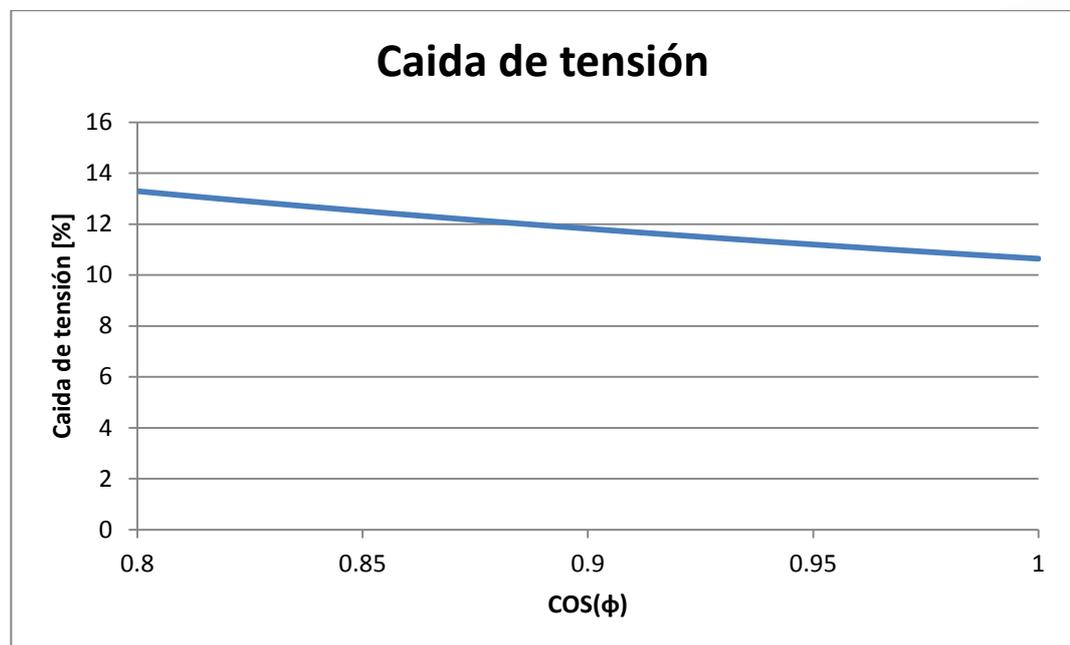
Cos φ : Factor de potencia de la carga receptora



Los resultados que se obtienen para esta línea son:

COS(ϕ)	Caída de tensión [%]
0.8	13.29293868
0.85	12.5134653
0.9	11.82060008
0.95	11.20066804
1	10.6427292

O en forma gráfica:





3.1.1.12 Potencia máxima transportable

La potencia máxima de transporte se puede ver limitada o por un límite de caída de tensión que se imponga a la línea o por el límite de corriente admisible de los conductores. En este caso se ha optado por limitar por corriente debido a que la tensión se podrá regular con las tomas de los transformadores.

La potencia máxima de la línea vendrá definida por la siguiente expresión:

$$P_{max} = n * \sqrt{3} * U * I_{adm} * \cos(\varphi) \quad [MW]$$

Siendo:

n: Número de subconductores

U: Tensión del sistema [kV]

I_{adm} : Intensidad máxima admisible del conductor [kA]

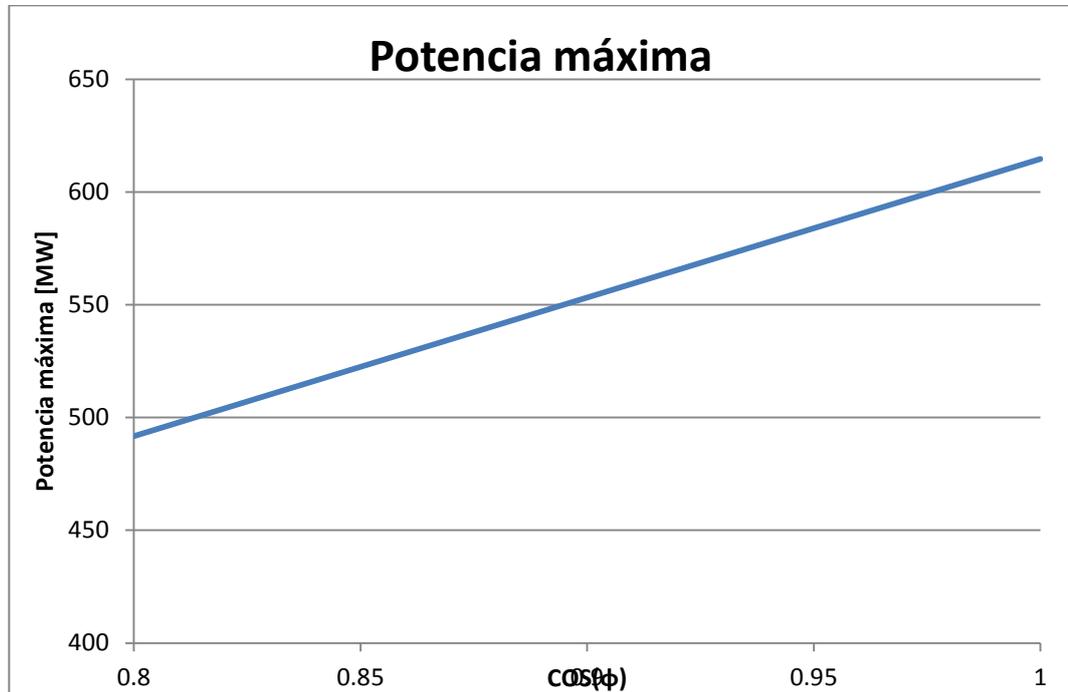
$\cos(\varphi)$: Factor de potencia de la carga

Siendo entonces la máxima potencia de transporte según el $\cos(\varphi)$:

$COS(\phi)$	Potencia Máxima [MW]
0.8	491.7389238
0.85	522.4726065
0.9	553.2062892
0.95	583.939972
1	614.6736547



Expresándolo de manera gráfica:



3.1.1.13 Efecto corona

El efecto corona es un suceso que ocurre cuando se rompe la rigidez dieléctrica del aire ionizándose. Cuando el gradiente de tensión en la superficie del conductor es suficientemente grande se puede producir este efecto, llegando a producir un halo de luz alrededor de los conductores que conlleva una pérdida notable de potencia.

La tensión a la que empieza a producirse el efecto corona se denomina tensión crítica disruptiva pero aun no es perceptible a simple vista hasta que se alcanza la tensión crítica visual (cuyo valor es más elevado que la disruptiva).

La tensión crítica disruptiva quedará definida con la fórmula de Peek:

$$U_C = n * 84 * m_c * \delta * m_t * r * \log\left(\frac{DMG}{r_{eq}}\right) \quad [kV]$$



Siendo:

n: Número de subconductores

U_c : Tensión crítica disruptiva expresada en kV

m_c : Coeficiente de rugosidad del conductor (0.87)

m_t : Coeficiente ambiental (0.8 húmedo y 1 para seco)

r: Radio individual del conductor [cm]

DMG: Distancia media geométrica entre fases [cm]

r_{eq} : Radio equivalente [cm]

δ : Factor de corrección de la densidad del aire

Para obtener el factor de corrección de la densidad del aire nos valdremos de las siguientes expresiones:

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

Siendo:

h: Presión barométrica [cm/mmHg]

θ : Temperatura [°C]

Para calcular la presión barométrica se partirá de la fórmula de Halley:

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

Siendo:

y: Altura sobre el nivel del mar [m]

Con todo lo anterior se calcula que el coeficiente de corrección debido a la densidad del aire resulta 68.2 cm/mmHg.



Finalmente se puede concluir que para los datos expuestos:

TENSIÓN CRÍTICA DISRUPTIVA U_c [kV]	
Seco	394.9023209
Húmedo	315.9218567

Como estos valores son superiores a la máxima tensión que puede haber en el sistema (245kV) no se producirá efecto corona.

3.1.1.14 Pérdidas de potencia

Las pérdidas de una línea vendrán fijadas por las pérdidas por efecto Joule y por las producidas por efecto corona (ya se ha demostrado que en este caso estas no se producirán).

Las primeras se calcularán con las siguientes expresiones:

$$\Delta P = 3 * R * L * I^2 \quad [MW]$$

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

Siendo:

L: Longitud de la línea [km]

R: Resistencia [Ω /km]

I: Intensidad de la línea [kA]

U: Tensión del sistema [kV]

P: Potencia máxima [MVA]

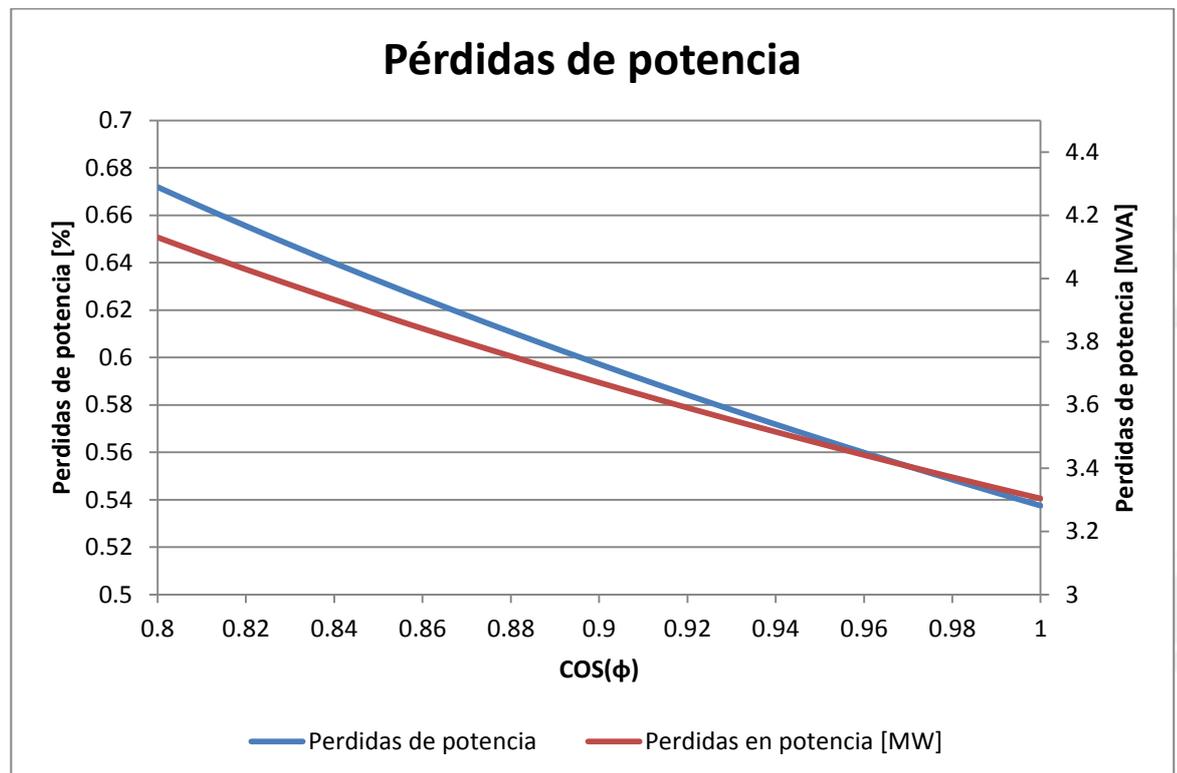
Cos(φ): Factor de potencia



Los resultados obtenidos son:

$\cos(\varphi)$	Pérdidas de potencia [%]	Pérdidas de potencia [MW]
0.8	0.67183277	4.129579039
0.85	0.632313195	3.886662625
0.9	0.597184684	3.670736923
0.95	0.565753911	3.477540243
1	0.537466216	3.303663231

O de forma gráfica:





3.1.2 CÁLCULOS ELÉCTRICOS DEL TRAMO SUBTERRÁNEO

3.1.2.1 Características generales de la instalación

<i>Característica</i>	<i>Valor</i>
Tensión nominal [kV]	220
Frecuencia [Hz]	50
Longitud [m]	1240
Nº de circuitos	1
Conexión de las pantallas	Cross- Bonded con transposición

3.1.2.2 Características del conductor

<i>Designación</i>	<i>XLPE-Cu-2500/220</i>	
Sección del conductor	[mm ²]	2500
Diámetro del conductor	[mm]	62
Espesor del aislamiento	[mm]	23
Diámetro sobre el aislamiento	[mm]	113
Sección de la pantalla	[mm ²]	185
Diámetro exterior del cable	[mm]	132.4
Peso del cable	[kg/m]	33.1
Resistencia	[Ω/km]	0.0072
Inductancia (En tresbolillo)	[mH/km]	0.34
Capacidad	[μF/km]	0.27
Intensidad máxima admisible (Usando cross-bonded)	[A]	1755



3.1.2.3 Resistencia

La resistencia que presentan los conductores es la principal causa de pérdida de potencia en el transporte eléctrico. La resistencia por kilómetro de los conductores a la temperatura θ vendrá dada por la siguiente expresión:

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

Siendo:

R_{θ} : Resistencia del conductor con corriente alterna a θ °C [Ω /km]

R'_{θ} : Resistencia del conductor con corriente continua a θ °C [Ω /km]

y_s : Factor de efecto pelicular

Para determinar la resistencia del conductor con corriente continua a θ °C partiremos de la expresión:

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

Siendo:

R_{θ} : Resistencia del conductor con corriente continua a θ °C [Ω /km]

R'_{20} : Resistencia del conductor con corriente continua a 20 °C [Ω /km]

α_{20} : Coeficiente de variación de la resistividad a 20°C [1/K]

θ : Temperatura de servicio [°C]

En el caso que nos ocupa estos son los valores que toman R'_{20} y α_{20} :

R'_{20}	α_{20}
0.0072	0.00393



El efecto pelicular se determinará a partir de las fórmulas de Kelvin:

$$X_S^2 = \frac{8 * \pi * f * 10^{-7}}{R_{\theta'}}$$

$$y_S = \frac{X_S^4}{192 + (0.8 * X_S^4)}$$

Siendo:

$R_{\theta'}$: Resistencia del conductor con corriente continua a θ °C [Ω/km]

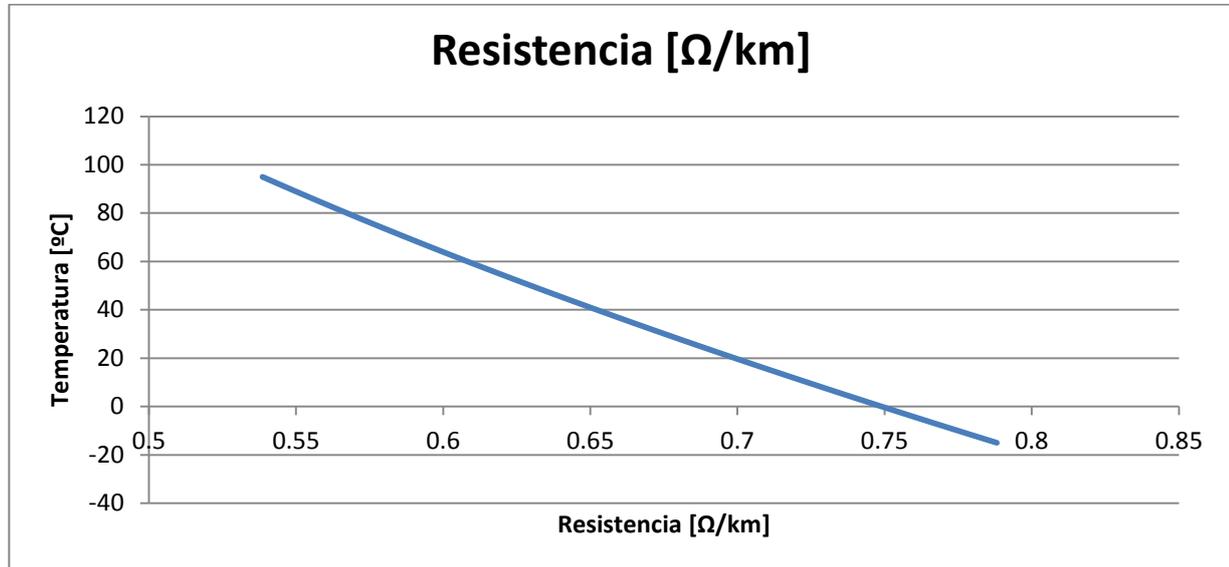
f: Frecuencia del sistema [50 Hz]

Aplicando lo mostrado anteriormente se pueden calcular los siguientes valores de la resistencia real de los conductores.

<i>Temperatura [°C]</i>	<i>Resistencia en corriente continua [Ω/km]</i>	<i>Factor x_S^2 efecto pelicular</i>	<i>Factor y_S efecto pelicular</i>	<i>Resistencia [Ω/km] (contando efecto pelicular)</i>	<i>Resistencia por fase [Ω/km] (contando efecto pelicular)</i>
20	0.0072	0.012233913	17.45329252	0.699154601	20
30	0.00748296	0.012536235	16.79331523	0.675304351	30
40	0.00776592	0.012830841	16.18143197	0.652198404	40
50	0.00804888	0.013118451	15.61257046	0.629847982	50
60	0.00833184	0.013399744	15.08234749	0.60825748	60
70	0.0086148	0.013675353	14.58695572	0.587425507	70
80	0.00889776	0.013945867	14.12307212	0.567345824	80
85	0.00903924	0.014079385	13.9020212	0.557585026	85
90	0.00918072	0.01421183	13.68778333	0.548008189	90
95	0.0093222	0.014343263	13.48004829	0.538613527	95



La resistencia del conductor expresada de forma gráfica se muestra a continuación:



3.1.2.4 Reactancia

La reactancia de una línea es un parámetro que cuantifica el efecto que se produce en un conductor recorrido por una corriente alterna y sinusoidal en el que se crea una fuerza electromagnética proporcional a la velocidad de la variación de la corriente.

$$X = 2 * \pi * f * L$$

Siendo

f: Frecuencia del sistema [50 Hz]

L: Coeficiente de autoinducción [H]

Según marca el fabricante del conductor, el coeficiente de autoinducción vendrá determinado por la siguiente expresión:

$$L = 0.05 + 0.2 * \ln\left(\frac{K * S}{R_c}\right) \quad \left[\frac{mH}{km}\right]$$



Siendo:

K: Coeficiente de formación (1 para tresbolillo)

S: Distancia entre centros de conductores (132.4 mm)

Rc: Radio del conductor [mm]

El resultado será de 0.34 mH/km por lo que para la reactancia por kilómetro de la línea será:

$$X = 2 * \pi * f * L = 2 * \pi * 50 * 0.00229 = 0.1068 [\Omega/km]$$

3.1.2.5 Capacidad

La capacidad de una línea es un parámetro que se produce debido a la diferencia de potencial entre los conductores, y viene dada por la siguiente expresión marcada por el fabricante:

$$C = \frac{\epsilon_r}{18 * \ln\left(\frac{r_0}{r_1}\right)} \left[\frac{\mu F}{km}\right]$$

Siendo:

ϵ_r : Permitividad magnética (en el caso del XLPE es 2.5) [$\mu F/km$]

r_0 : Radio externo del aislamiento [mm]

r_1 : Radio del conductor incluyendo pantalla [mm]

El resultado será de 0.27 $\mu F/km$.



Caída de tensión

Partiendo del equivalente en π se puede definir la caída de tensión entre el principio y el fin de la línea a partir de la siguiente expresión:

Siendo:

$$\Delta U = \frac{|U_1| - |U_2|}{|U_2|} * 100 \quad [\%]$$

U_2 : La tensión nominal de la línea [kV]

U_1 : Viene dado por la expresión:

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

Siendo a su vez:

$$I_2 = \frac{P}{\sqrt{3} * |U_2| \cos(\varphi)} // \varphi$$

P: Potencia máxima que transportará la línea [MW]

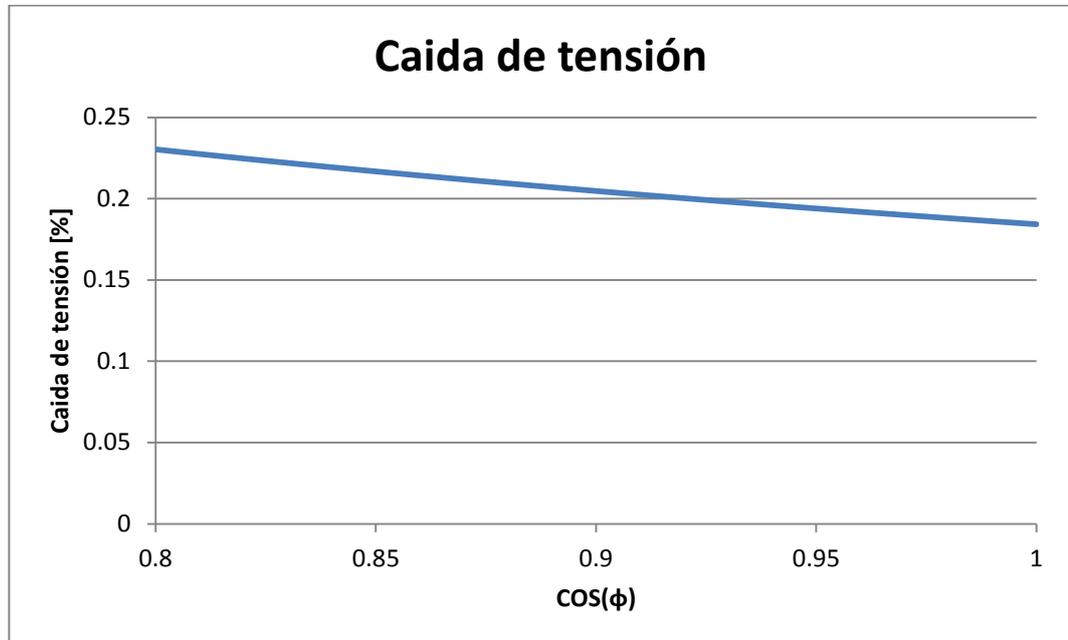
Cosp: Factor de potencia de la carga receptora

Los resultados que se obtienen para esta línea son:

$\cos(\varphi)$	Caída de tensión [%]
0.8	0.230324806
0.85	0.216780499
0.9	0.204741115
0.95	0.193969034
1	0.184274162



O en forma gráfica:



3.1.2.6 Potencia máxima transportable

La potencia máxima de la línea vendrá definida por la siguiente expresión:

$$P_{max} = \sqrt{3} * U * I_{adm} * \cos(\varphi) \quad [MW]$$

Siendo:

U: Tensión del sistema [kV]

I_{adm}: Intensidad máxima admisible del conductor [kA]

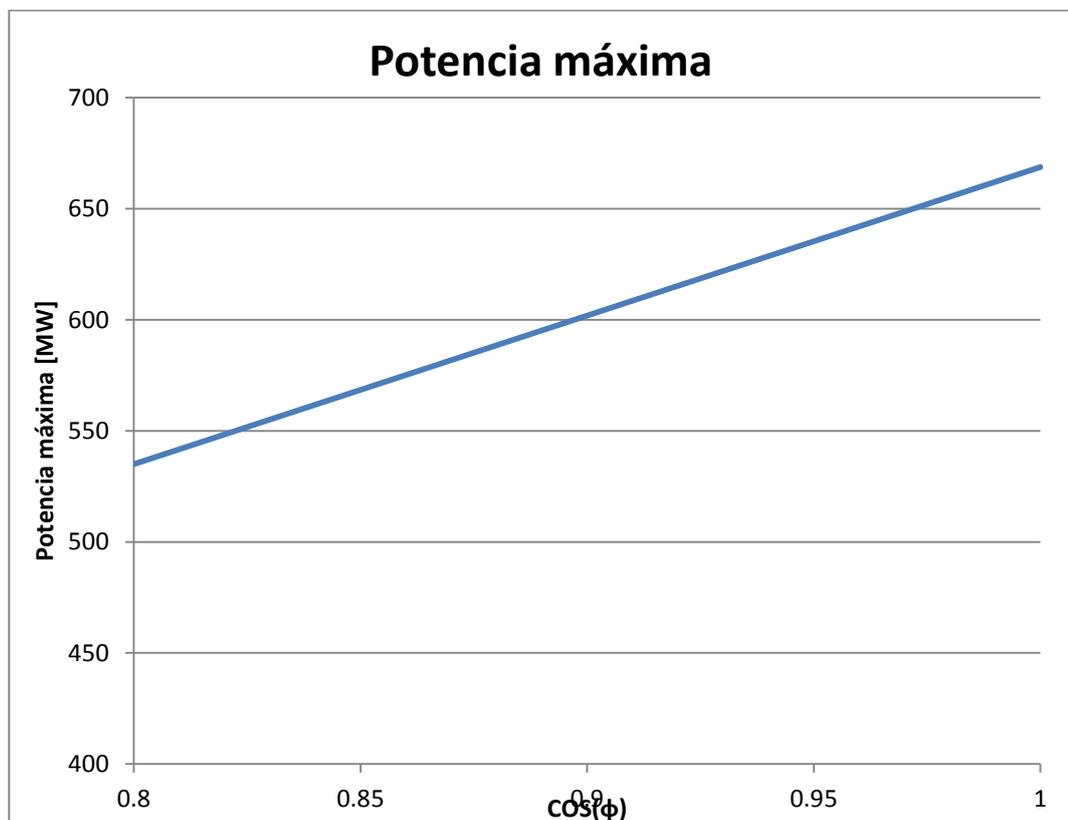
cos(φ): Factor de potencia de la carga

Siendo entonces la máxima potencia de transporte según el cos(φ):



$\text{COS}(\phi)$	Potencia Máxima [MW]
0.8	534.9958534
0.85	568.4330943
0.9	601.8703351
0.95	635.307576
1	668.7448168

Expresándolo de manera gráfica:



Como se puede ver el tramo subterráneo no supondrá un cuello de botella para la corriente puesto que la intensidad admisible será superior que la del tramo aéreo.



3.1.2.7 Pérdidas de potencia

Las pérdidas de una línea vendrán fijadas por las pérdidas por efecto Joule.

Se calcularán con las siguientes expresiones:

$$\Delta P = 3 * R * L * I^2 \quad [MW]$$

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

Siendo:

L: Longitud de la línea [km]

R: Resistencia [Ω /km]

I: Intensidad de la línea [kA]

U: Tensión del sistema [kV]

P: Potencia máxima [MVA]

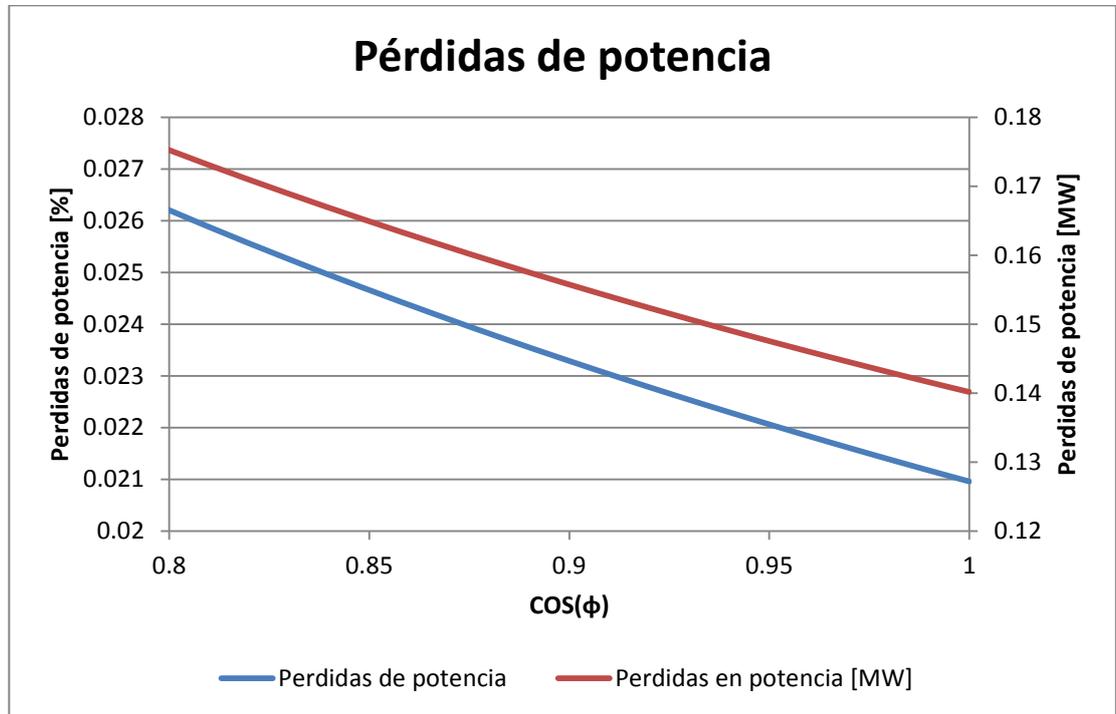
Cos(φ): Factor de potencia

Los resultados obtenidos son:

COS(φ)	Pérdidas de potencia [%]	Pérdidas de potencia [MW]
0.8	0.026200656	0.175215526
0.85	0.024659441	0.16490873
0.9	0.023289472	0.155747134
0.95	0.02206371	0.147549917
1	0.020960524	0.140172421



O de forma gráfica:





3.1.3 CÁLCULOS ELÉCTRICOS TOTALES DE LA LÍNEA

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

	<i>Aéreo</i>	<i>Subterráneo</i>
Resistencia [Ω /km]	0.036514764	0.699
Inductancia [H/km]	0.002291434	0.00344
Capacidad [F/km]	4.91702E-09	0.27E-06

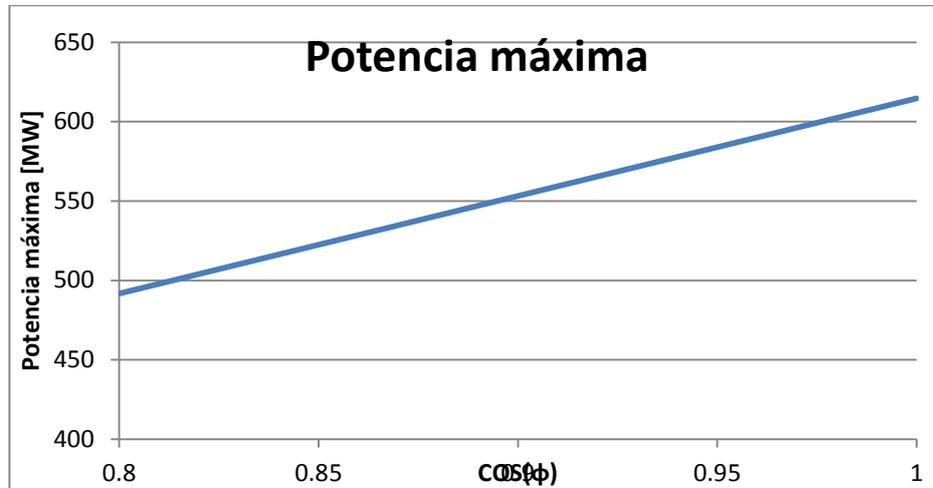
<i>Parámetro</i>	<i>Valor [Ω]</i>
Resistencia	0.468484421
Reactancia	9.235999696
Susceptancia	50457.01744

3.1.3.1 Potencia máxima transportable

Vendrá dada por la corriente máxima del tramo aéreo por lo que será:

<i>COS(ϕ)</i>	<i>Potencia Máxima [MW]</i>
0.8	491.7389238
0.85	522.4726065
0.9	553.2062892
0.95	583.939972
1	614.6736547

O gráficamente:

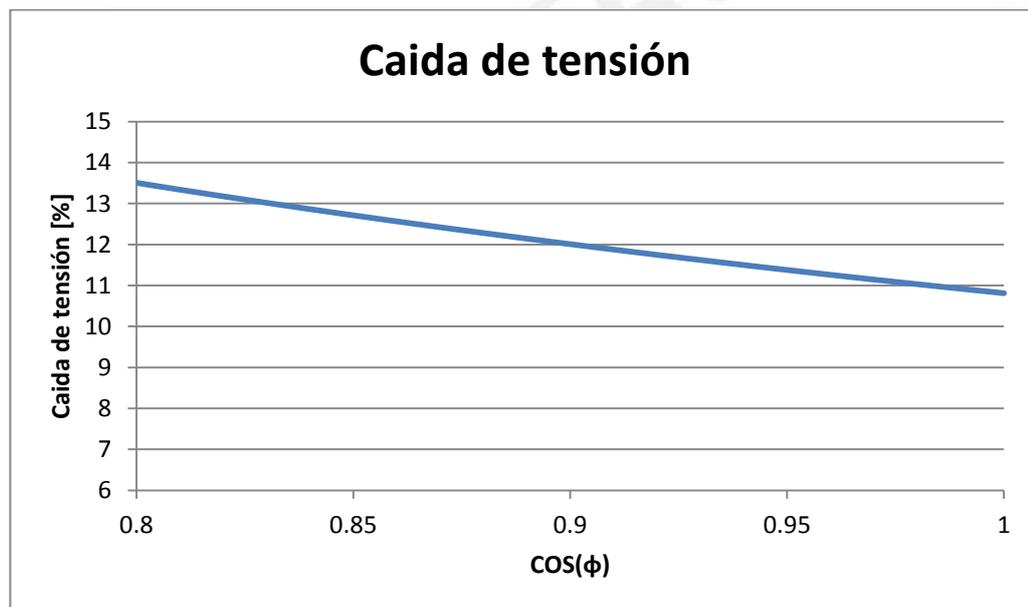


3.1.3.2 Caída de tensión

Tendrá los siguientes valores:

$\cos(\phi)$	Caída de tensión [%]
0.8	13.50464643
0.85	12.71272387
0.9	12.0087927
0.95	11.37895955
1	10.81210972

O gráficamente:



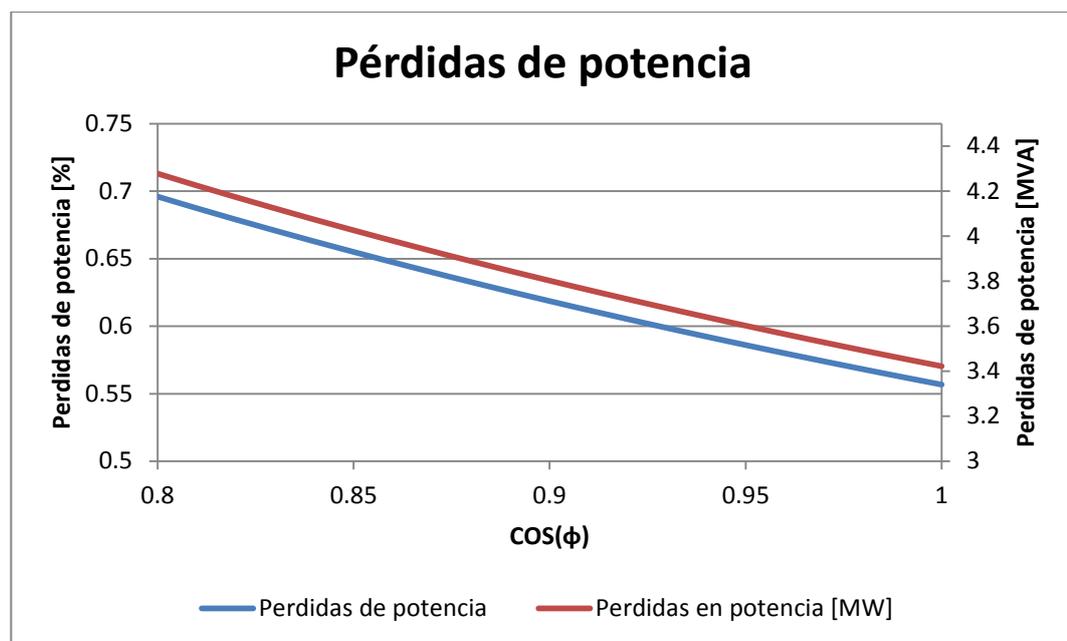


3.1.3.3 Pérdidas de potencia

Las pérdidas de potencia totales en la línea serán:

$\cos(\varphi)$	Pérdidas de potencia [%]	Pérdidas de potencia [MVA]
0.8	0.695914979	4.277606035
0.85	0.654978804	4.025982151
0.9	0.618591092	3.802316476
0.95	0.586033667	3.602194556
1	0.556731983	3.422084828

O gráficamente:





3.2 CÁLCULOS MECÁNICOS

3.2.1 CÁLCULO 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.

3.2.1.1 Características de la línea

A continuación se exponen las características más relevantes de la línea:

<i>Sistema</i>	<i>Corriente alterna trifásica</i>
Tensión nominal [kV]	220
Tensión más elevada [kV]	245
Nº de circuitos	1
Nº de subconductores por fase	2
Longitud [m]	11590.55
Zona de aplicación	B
Velocidad máxima del viento [km/h]	140
Categoría	Especial



3.2.1.2 Características de los conductores y cables de tierra

A continuación se exponen las características mecánicas del conductor elegido:

CONDUCTOR SELECCIONADO		
Código o designación		LA-455 (CONDOR)
Sección [mm²]	Aluminio	402.3
	ARL	52.2
	Total	454.5
Nº de hilos	Aluminio	54
	ARL	7
Diámetro de los hilos [mm]	Aluminio	3.08
	ARL	3.08
Diámetro [mm]	Alma	9.24
	Cable	27.7
Masa por unidad de longitud [kg/m]		1.5205
Carga de rotura nominal [kg]		12375
Módulo de elasticidad final [N / mm²]		70000
Coefficiente de dilatación lineal [1 / K]		0.0000194

A continuación se exponen las características mecánicas del cable de guarda elegido:

CABLE DE GUARDA		
Código o designación		7N7
Sección [mm²]	Alx	-
	Acero	73.9
	Total	73.9
Nº de hilos	Alx	-
	Acero	7
Diámetro de los hilos [mm]	Alx	-
	Acero	3.67
Diámetro [mm]	Alma	-
	Cable	11.01
Masa por unidad de longitud [kg/m]		0.4911
Carga de rotura nominal [kg]		8645
Resistencia eléctrica máxima a 20°C [Ω / km]		1.1597
Módulo de elasticidad final [N / mm²]		16170
Coefficiente de dilatación lineal [1 / K]		0.000013



3.2.1.3 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.

3.2.1.3.1 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 2.75).

<i>Cable</i>	<i>Carga rotura [daN]</i>	<i>Coefficiente seguridad</i>	<i>Tensión máxima [daN]</i>
LA-455	12375	2.75	4500
7N7	8645	2.75	3143.63636

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 [°C]</i>	<i>Sobrecarga</i>
Tracción máxima viento	-10	Viento a 140km/h
Tracción máxima hielo	-15	Hielo
Tracción máxima hielo más viento	-15	Hielo y viento a 60km/h

A continuación se explicarán estas sobrecargas una por una:



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:

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

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

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

Siendo:

q: Presión del viento [daN/m²]

v_v: Velocidad del viento [km/h].

El viento será 140 km/h para la hipótesis de viento ya que nos encontramos en categoría especial y de 60km/h para la hipótesis de hielo más viento.

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

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

Siendo:

p_v: Sobrecarga de viento [daN/m]

q: Presión del viento [daN/m²]

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:

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



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^3 como densidad del hielo del manguito y se procederá a una resta de volúmenes.

NOTA: Se pueden ver los resultados de estos cálculos en las tablas del final de este apartado.

3.2.1.3.2 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 22% de tracción en dichas condiciones y el 23.5% para los cables de guarda.

NOTA: Se pueden ver los resultados de estos cálculos en las tablas del final de este apartado.



3.2.1.3.3 Flecha máxima de conductores y cable de guarda

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.

NOTA: Se pueden ver los resultados de estos cálculos en las tablas del final de este apartado.

3.2.1.3.4 Flecha mínima de conductores y cable de guarda

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°C ya que se localiza en zona B.

NOTA: Se pueden ver los resultados de estos cálculos en las tablas del final de este apartado.

3.2.1.3.5 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°C en nuestro caso).



TABLAS DE RESULTANTES



RESULTANTES EN LAS DISTINTAS HIPÓTESIS ESTUDIADAS PARA EL CONDUCTOR LA-455

Hipótesis	Temperatura [C°]	Sobrecarga hielo			Sobrecarga viento			Peso conductor [kg/m]	Resultante [kg/m]
		Espesor manguito [mm]	Densidad del hielo [kg/m ³]	Peso hielo [kg/m]	Presión del viento [kg/m ²]	Diámetro incluido manguito [mm]	Sobrecarga viento [kg/m]		
Tracción máxima viento	-10	0	750	0	68.05555556	27.7	1.88513889	1.5205	2.4219143
Tracción máxima hielo	-15	10.51990182	750	0.94735421	0	48.7398036	0	1.5205	2.46785421
Tracción máxima hielo más viento	-15	10.51990182	750	0.94735421	12.5	48.7398036	0.60924755	1.5205	2.54194551
EDS	15	0	750	0	0	27.7	0	1.5205	1.5205
Flecha máxima temperatura	85	0	750	0	0	27.7	0	1.5205	1.5205
Flecha máxima viento	15	0	750	0	50	27.7	1.385	1.5205	2.05673169
Flecha máxima hielo	0	10.51990182	750	0.94735421	0	48.7398036	0	1.5205	2.46785421
Flecha mínima	-15	0	750	0	0	27.7	0	1.5205	1.5205
Desviación de cadenas	-10	0	750	0	25	27.7	0.6925	1.5205	1.67077123
Fenómenos vibratorios	15	0	750	0	0	27.7	0	1.5205	1.5205



RESULTANTES EN LAS DISTINTAS HIPÓTESIS ESTUDIADAS PARA EL CABLE DE GUARDA 7N7

Hipótesis	Temperatura [C°]	Sobrecarga hielo			Sobrecarga viento			Peso conductor [kg/m]	Resultante [kg/m]
		Espesor manguito [mm]	Densidad del hielo [kg/m ³]	Peso hielo [kg/m]	Presión del viento [kg/m ²]	Diámetro incluido manguito [mm]	Sobrecarga viento [kg/m]		
Tracción máxima viento	-10	0	750	0	81.66666667	11	0.898333333	0.491	1.0237
Tracción máxima hielo	-15	11.341065	750	0.596992462	0	33.68213	0	0.491	1.08799
Tracción máxima hielo más viento	-15	11.341065	750	0.596992462	15	33.68213	0.50523195	0.491	1.1995
EDS	15	0	750	0	0	11	0	0.491	0.491
Flecha máxima temperatura	85	0	750	0	0	11	0	0.491	0.491
Flecha máxima viento	15	0	750	0	60	11	0.66	0.491	0.82260
Flecha máxima hielo	0	11.341065	750	0.596992462	0	33.68213	0	0.491	1.0879
Flecha mínima	-15	0	750	0	0	11	0	0.491	0.491
Desviación de cadenas	-10	0	750	0	30	11	0.33	0.491	0.591591
Fenómenos vibratorios	15	0	750	0	0	11	0	0.491	0.491



3.2.1.4 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:

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

Siendo:

T_B: 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_{mo}: Tracción horizontal [daN]

T_m: 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:

$$t = \frac{T_{mo \min} \Gamma}{S} \quad \left[\frac{\text{daN}}{\text{mm}^2} \right]$$
$$\Gamma = \frac{\sum \frac{b_i^3}{a_i^2}}{\sum \frac{b_i^2}{a_i}}$$

Siendo:

S: Superficie del conductor [mm²]

T_{mo min}: 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:

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

Siendo:

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

L₁, L₂: Longitud del cable a la temperatura inicial y final [m]

θ₁, θ₂: Temperatura inicial y final [°C]

t₁ y t₂: Tensión del cable [daN/mm²]

α : Coeficiente de dilatación lineal del cable [°C⁻¹]

E: Modulo de elasticidad del cable [daN/mm²]

S: Sección del cable [mm²]

a: Longitud del vano [m]

ω : Peso del cable [daN/mm²]

De esta ecuación obtenemos:

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

Siendo:

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

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

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



Siendo “m” el coeficiente de sobrecarga 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]

α : Coeficiente de dilatación lineal del cable [°C⁻¹]

ω : Peso del cable [daN/mm²]

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-455

Cantón: N°1

Vano de regulación:396.05

Apoyo inicial:1

Apoyo final:2

Hipótesis inicial 1 (Hielo + Viento)						
Vano [m]	Temperatura [C°]	Resultante [kg/m]	Tracción[%]	Tracción [kg]	Sección [mm2]	Zona
396.05	-15	2.54194551	36.3636364	4500	454.5	B

Resultados 1							
Hipótesis	Temperatura [C°]	Resultante [kg/m]	Tracción [kg]	Flecha [m]	Coefficiente de seguridad	Parámetro [m]	Tracción [%]
Tracción máxima viento	-10	2.4219143	4264.18247	11.147842	2.90208032	1760.66612	34.4580401
Tracción máxima hielo	-15	2.46785421	4401.59855	11.0043705	2.81147857	1783.57317	35.5684731
Tracción máxima hielo más viento	-15	2.54194551	4500	11.0870644	2.75	1770.29759	36.3636364
EDS	15	1.5205	2684.44814	11.1172332	4.60988603	1765.50355	21.6925103
Flecha máxima temperatura	85	1.5205	2144.64863	13.9236647	5.77017597	1410.48907	17.330494
Flecha máxima viento	15	2.05673169	3441.2175	11.7322813	3.59611097	1673.14848	27.8078182
Flecha máxima hielo	0	2.46785421	4181.61098	11.5845767	2.95938576	1694.43193	33.7907958
Flecha mínima	-15	1.5205	3046.09898	9.79503621	4.06257317	2003.35349	24.6149412
Desviación de cadenas	-10	1.67077123	3205.49551	10.228628	3.86055759	1918.57236	25.902994
Fenómenos vibratorios	15	1.5205	2684.44814	11.1172332	4.60988603	1765.50355	21.6925103



CONDUCTOR: 7N7

Cantón: N°1

Vano de regulación:396.05

Apoyo inicial:1

Apoyo final:2

Hipótesis inicial 1 (Hielo + Viento)						
Vano [m]	Temperatura [C°]	Resultante [kg/m]	Tracción[%]	Tracción [kg]	Sección [mm2]	Zona
396.05	-15	1.19957781	36.3636364	3143.63636	73.87	B

Resultados 1							
Hipótesis	Temperatura [C°]	Resultante [kg/m]	Tracción [kg]	Flecha [m]	Coficiente de seguridad	Parámetro [m]	Tracción [%]
Tracción máxima viento	-10	1.02375963	2901.29159	6.92139076	2.97970739	2833.95781	33.5603423
Tracción máxima hielo	-15	1.08799246	3020.07422	7.06646966	2.86251244	2775.82274	34.9343461
Tracción máxima hielo más viento	-15	1.19957781	3143.63636	7.485362	2.75	2620.61897	36.3636364
EDS	15	0.491	2007.88034	4.79555169	4.30553546	4089.36933	23.2259149
Flecha máxima temperatura	85	0.491	1406.05488	6.84955445	6.14840865	2863.65557	16.2643711
Flecha máxima viento	15	0.82260622	2433.27103	6.63091937	3.5528307	2958.00221	28.1465706
Flecha máxima hielo	0	1.08799246	2884.57308	7.39871464	2.99697729	2651.28039	33.3669529
Flecha mínima	-15	0.491	2348.21549	4.10030005	3.68151902	4782.51628	27.1627009
Desviación de cadenas	-10	0.59159192	2402.581	4.8288119	3.59821376	4061.21334	27.7915674
Fenómenos vibratorios	15	0.491	2007.88034	4.79555169	4.30553546	4089.36933	23.2259149



CONDUCTOR: LA-455

Cantón: N°2

Vano de regulación:460.04

Apoyo inicial:2

Apoyo final:3

Hipótesis inicial 2 (Hielo + Viento)						
Vano [m]	Temperatura [C°]	Resultante [kg/m]	Tracción[%]	Tracción [kg]	Sección [mm2]	Zona
460.04	-15	2.54194551	36.3636364	4500	454.5	B

Resultados 2							
Hipótesis	Temperatura [C°]	Resultante [kg/m]	Tracción [kg]	Flecha [m]	Coefficiente de seguridad	Parámetro [m]	Tracción [%]
Tracción máxima viento	-10	2.4219143	4269.03609	15.0295633	2.89878084	1762.67017	34.4972613
Tracción máxima hielo	-15	2.46785421	4394.7481	14.8761465	2.81586105	1780.7973	35.513116
Tracción máxima hielo más viento	-15	2.54194551	4500	14.9646251	2.75	1770.29759	36.3636364
EDS	15	1.5205	2686.08474	14.9962063	4.60707729	1766.5799	21.7057352
Flecha máxima temperatura	85	1.5205	2245.00961	17.9534369	5.51222584	1476.49432	18.1414918
Flecha máxima viento	15	2.05673169	3482.41314	15.6482716	3.55357033	1693.17814	28.1407122
Flecha máxima hielo	0	2.46785421	4219.41947	15.496119	2.93286792	1709.75232	34.0963189
Flecha mínima	-15	1.5205	2958.48573	13.6120607	4.18288311	1945.73215	23.9069554
Desviación de cadenas	-10	1.67077123	3147.02485	14.0623425	3.93228544	1883.57615	25.4305038
Fenómenos vibratorios	15	1.5205	2686.08474	14.9962063	4.60707729	1766.5799	21.7057352



CONDUCTOR: 7N7

Cantón: N°2

Vano de regulación:460.04

Apoyo inicial:2

Apoyo final:3

Hipótesis inicial 2 (Hielo + Viento)						
Vano [m]	Temperatura [C°]	Resultante [kg/m]	Tracción[%]	Tracción [kg]	Sección [mm2]	Zona
460.04	-15	1.19957781	36.3636364	3143.63636	73.87	B

Resultados 2							
Hipótesis	Temperatura [C°]	Resultante [kg/m]	Tracción [kg]	Flecha [m]	Coefficiente de seguridad	Parámetro [m]	Tracción [%]
Tracción máxima viento	-10	1.02375963	2871.30558	9.43763555	3.01082548	2804.66771	33.2134827
Tracción máxima hielo	-15	1.08799246	2997.54582	9.6075689	2.88402597	2755.11635	34.6737515
Tracción máxima hielo más viento	-15	1.19957781	3143.63636	10.1012734	2.75	2620.61897	36.3636364
EDS	15	0.491	1870.12625	6.94774323	4.62268257	3808.81109	21.6324609
Flecha máxima temperatura	85	0.491	1383.58555	9.39329177	6.24825837	2817.89318	16.0044598
Flecha máxima viento	15	0.82260622	2390.90953	9.10660938	3.61577881	2906.50551	27.656559
Flecha máxima hielo	0	1.08799246	2880.10093	9.99983011	3.00163092	2647.16993	33.3152218
Flecha mínima	-15	0.491	2156.1273	6.02570122	4.00950352	4391.29796	24.9407438
Desviación de cadenas	-10	0.59159192	2256.34724	6.938237	3.83141383	3814.02646	26.1000259
Fenómenos vibratorios	15	0.491	1870.12625	6.94774323	4.62268257	3808.81109	21.6324609



CONDUCTOR: LA-455

Cantón: N°3

Vano de regulación:419.54

Apoyo inicial:3

Apoyo final:11

Hipótesis inicial 3 (Hielo + Viento)						
Vano [m]	Temperatura [C°]	Resultante [kg/m]	Tracción[%]	Tracción [kg]	Sección [mm2]	Zona
419.541792	-15	2.54194551	36.3636364	4500	454.5	B

Resultados 3							
Hipótesis	Temperatura [C°]	Resultante [kg/m]	Tracción [kg]	Flecha [m]	Coefficiente de seguridad	Parámetro [m]	Tracción [%]
Tracción máxima viento	-10	2.4219143	4266.14608	12.5053751	2.90074455	1761.47689	34.4739077
Tracción máxima hielo	-15	2.46785421	4398.82647	12.3578904	2.81325033	1782.44989	35.5460725
Tracción máxima hielo más viento	-15	2.54194551	4500	12.4429196	2.75	1770.29759	36.3636364
EDS	15	1.5205	2685.11845	12.4736644	4.60873523	1765.94439	21.6979269
Flecha máxima temperatura	85	1.5205	2184.7074	15.339983	5.6643741	1436.83486	17.6542012
Flecha máxima viento	15	2.05673169	3457.88858	13.1035948	3.57877349	1681.2541	27.942534
Flecha máxima hielo	0	2.46785421	4196.85957	12.9540665	2.94863333	1700.61082	33.9140167
Flecha mínima	-15	1.5205	3009.75623	11.1255626	4.11162867	1979.45164	24.3212624
Desviación de cadenas	-10	1.67077123	3181.4105	11.566366	3.8897841	1904.15686	25.7083677
Fenómenos vibratorios	15	1.5205	2685.11845	12.4736644	4.60873523	1765.94439	21.6979269



CONDUCTOR: 7N7

Cantón: N°3

Vano de regulación:419.54

Apoyo inicial:3

Apoyo final:11

Hipótesis inicial 3 (Hielo + Viento)						
Vano [m]	Temperatura [C°]	Resultante [kg/m]	Tracción[%]	Tracción [kg]	Sección [mm2]	Zona
419.541792	-15	1.19957781	36.3636364	3143.63636	73.87	B

Resultados 3							
Hipótesis	Temperatura [C°]	Resultante [kg/m]	Tracción [kg]	Flecha [m]	Coefficiente de seguridad	Parámetro [m]	Tracción [%]
Tracción máxima viento	-10	1.02375963	2889.83723	7.79803081	2.99151797	2822.76928	33.4278454
Tracción máxima hielo	-15	1.08799246	3011.47983	7.9526937	2.87068169	2767.92343	34.8349315
Tracción máxima hielo más viento	-15	1.19957781	3143.63636	8.40017764	2.75	2620.61897	36.3636364
EDS	15	0.491	1954.85552	5.52748743	4.42232171	3981.3758	22.6125566
Flecha máxima temperatura	85	0.491	1397.14896	7.73563424	6.18760078	2845.51723	16.1613529
Flecha máxima viento	15	0.82260622	2416.96123	7.49147346	3.57680541	2938.17523	27.957909
Flecha máxima hielo	0	1.08799246	2882.86089	8.3078661	2.99875725	2649.70667	33.3471473
Flecha mínima	-15	0.491	2275.81319	4.74765858	3.79864219	4635.05741	26.3251959
Desviación de cadenas	-10	0.59159192	2347.00006	5.54716119	3.68342556	3967.26185	27.1486415
Fenómenos vibratorios	15	0.491	1954.85552	5.52748743	4.42232171	3981.3758	22.6125566



CONDUCTOR: LA-455

Cantón: N°4

Vano de regulación:400.08

Apoyo inicial:11

Apoyo final:20

Hipótesis inicial 4 (Hielo + Viento)						
Vano [m]	Temperatura [C°]	Resultante [kg/m]	Tracción[%]	Tracción [kg]	Sección [mm2]	Zona
400.080021	-15	2.54194551	36.3636364	4500	454.5	B

Resultados 4							
Hipótesis	Temperatura [C°]	Resultante [kg/m]	Tracción [kg]	Flecha [m]	Coefficiente de seguridad	Parámetro [m]	Tracción [%]
Tracción máxima viento	-10	2.4219143	4264.53612	11.3751666	2.90183965	1760.81215	34.4608979
Tracción máxima hielo	-15	2.46785421	4401.09926	11.2309731	2.81179752	1783.37085	35.5644385
Tracción máxima hielo más viento	-15	2.54194551	4500	11.3140873	2.75	1770.29759	36.3636364
EDS	15	1.5205	2684.5697	11.3443603	4.60967729	1765.58349	21.6934926
Flecha máxima temperatura	85	1.5205	2151.81342	14.1614765	5.7509633	1415.2012	17.3883913
Flecha máxima viento	15	2.05673169	3444.22106	11.9620808	3.59297496	1674.60883	27.8320893
Flecha máxima hielo	0	2.46785421	4184.353	11.814045	2.95744647	1695.54303	33.8129535
Flecha mínima	-15	1.5205	3039.46469	10.0174101	4.07144062	1998.99026	24.5613308
Desviación de cadenas	-10	1.67077123	3201.11535	10.4523487	3.86584007	1915.95073	25.8675988
Fenómenos vibratorios	15	1.5205	2684.5697	11.3443603	4.60967729	1765.58349	21.6934926



CONDUCTOR: 7N7

Cantón: N°4

Vano de regulación:400.08

Apoyo inicial:11

Apoyo final:20

Hipótesis inicial 4 (Hielo + Viento)						
Vano [m]	Temperatura [C°]	Resultante [kg/m]	Tracción[%]	Tracción [kg]	Sección [mm2]	Zona
400.080021	-15	1.19957781	36.3636364	3143.63636	73.87	B

Resultados 4							
Hipótesis	Temperatura [C°]	Resultante [kg/m]	Tracción [kg]	Flecha [m]	Coefficiente de seguridad	Parámetro [m]	Tracción [%]
Tracción máxima viento	-10	1.02375963	2899.2916	7.06790018	2.98176286	2832.00423	33.5372076
Tracción máxima hielo	-15	1.08799246	3018.57444	7.21466003	2.86393467	2774.44426	34.9169976
Tracción máxima hielo más viento	-15	1.19957781	3143.63636	7.63854651	2.75	2620.61897	36.3636364
EDS	15	0.491	1998.60802	4.91637513	4.32551051	4070.48476	23.1186584
Flecha máxima temperatura	85	0.491	1404.46974	6.99761169	6.15534798	2860.42718	16.2460352
Flecha máxima viento	15	0.82260622	2430.41246	6.77456866	3.55700941	2954.52719	28.1135045
Flecha máxima hielo	0	1.08799246	2884.27368	7.55090873	2.99728838	2651.00521	33.3634897
Flecha mínima	-15	0.491	2335.69081	4.20662578	3.70126044	4757.00776	27.0178232
Desviación de cadenas	-10	0.59159192	2392.91933	4.94750716	3.61274192	4044.8817	27.6798072
Fenómenos vibratorios	15	0.491	1998.60802	4.91637513	4.32551051	4070.48476	23.1186584



CONDUCTOR: LA-455

Cantón: N°5

Vano de regulación:385.79

Apoyo inicial:20

Apoyo final:30

Hipótesis inicial 5 (Hielo + Viento)						
Vano [m]	Temperatura [C°]	Resultante [kg/m]	Tracción[%]	Tracción [kg]	Sección [mm2]	Zona
385.794837	-15	2.54194551	36.3636364	4500	454.5	B

Resultados 5							
Hipótesis	Temperatura [C°]	Resultante [kg/m]	Tracción [kg]	Flecha [m]	Coefficiente de seguridad	Parámetro [m]	Tracción [%]
Tracción máxima viento	-10	2.4219143	4263.24907	10.5797513	2.9027157	1760.28073	34.4504975
Tracción máxima hielo	-15	2.46785421	4402.91635	10.4381836	2.81063709	1784.10715	35.579122
Tracción máxima hielo más viento	-15	2.54194551	4500	10.5197693	2.75	1770.29759	36.3636364
EDS	15	1.5205	2684.12553	10.5496617	4.61044011	1765.29137	21.6899032
Flecha máxima temperatura	85	1.5205	2125.83753	13.3280926	5.82123509	1398.11741	17.1784851
Flecha máxima viento	15	2.05673169	3433.28704	11.1576717	3.60441753	1669.29262	27.7437337
Flecha máxima hielo	0	2.46785421	4174.38227	11.0108471	2.96451048	1691.50279	33.732382
Flecha mínima	-15	1.5205	3063.79444	9.24019816	4.0391091	2014.99141	24.7579348
Desviación de cadenas	-10	1.67077123	3217.14449	9.67013262	3.84657887	1925.54458	25.9971272
Fenómenos vibratorios	15	1.5205	2684.12553	10.5496617	4.61044011	1765.29137	21.6899032



CONDUCTOR: 7N7

Cantón: N°5

Vano de regulación:385.79

Apoyo inicial:20

Apoyo final:30

Hipótesis inicial 5 (Hielo + Viento)						
Vano [m]	Temperatura [C°]	Resultante [kg/m]	Tracción[%]	Tracción [kg]	Sección [mm2]	Zona
385.794837	-15	1.19957781	36.3636364	3143.63636	73.87	B

Resultados 5							
Hipótesis	Temperatura [C°]	Resultante [kg/m]	Tracción [kg]	Flecha [m]	Coefficiente de seguridad	Parámetro [m]	Tracción [%]
Tracción máxima viento	-10	1.02375963	2906.44365	6.55580464	2.97442546	2838.9903	33.6199381
Tracción máxima hielo	-15	1.08799246	3023.93623	6.69653918	2.85885659	2779.3724	34.9790194
Tracción máxima hielo más viento	-15	1.19957781	3143.63636	7.10256201	2.75	2620.61897	36.3636364
EDS	15	0.491	2031.76889	4.49685274	4.25491307	4138.02218	23.5022428
Flecha máxima temperatura	85	0.491	1410.19853	6.48018368	6.13034251	2872.09477	16.3123023
Flecha máxima viento	15	0.82260622	2440.65507	6.27279932	3.54208184	2966.9786	28.2319846
Flecha máxima hielo	0	1.08799246	2885.34528	7.0184692	2.99617521	2651.99014	33.3758853
Flecha mínima	-15	0.491	2380.22309	3.83834465	3.63201249	4847.70487	27.532945
Desviación de cadenas	-10	0.59159192	2427.36721	4.53512828	3.56147185	4103.11083	28.0782789
Fenómenos vibratorios	15	0.491	2031.76889	4.49685274	4.25491307	4138.02218	23.5022428



TABLAS DE TENDIDO



CONDUCTOR: LA-455

Cantón: Nº1

Vano de regulación:396.05

Apoyo inicial:1

Apoyo final:2

		Temperatura																	
		5		10		15		20		25		30		35		40		45	
Altura libre	Vano	T	F	T	F	T	F	T	F	T	F	T	F	T	F	T	F	T	F
11.25015	396.1	2793	10.688	2737.4	10.91	2684.4	11.12	2634	11.34	2585.8	11.55	2539.8	11.76	2495.9104	11.96	2453.9	12.17	2413.7	12.37

CONDUCTOR: 7N7

Cantón: Nº1

Vano de regulación:396.05

Apoyo inicial:1

Apoyo final:2

		Temperatura																	
		5		10		15		20		25		30		35		40		45	
Altura libre	Vano	T	F	T	F	T	F	T	F	T	F	T	F	T	F	T	F	T	F
11.25015	396.1	2116.5	4.5512	2061.5	4.673	2007.9	4.797	1955.6	4.926	1904.6	5.058	1855	5.193	1806.925	5.331	1760.3	5.473	1715.1	5.617

NOTA: "T" es la tracción expresada en [daN] Y "F" es la flecha en [m]



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

Cálculos

CONDUCTOR: LA-455

Cantón: N°2

Vano de regulación:460.4

Apoyo inicial:2

Apoyo final:3

		Temperatura																	
		5		10		15		20		25		30		35		40		45	
Altura libre	Vano	T	F	T	F	T	F	T	F	T	F	T	F	T	F	T	F	T	F
3.90115	460	2769.6	14.544	2727	14.77	2686.1	15.00	2646.7	15.22	2608.9	15.44	2572.4	15.66	2537.2517	15.88	2503.4	16.09	2470.6	16.31

CONDUCTOR: 7N7

Cantón: N°2

Vano de regulación:460.4

Apoyo inicial:2

Apoyo final:3

		Temperatura																	
		5		10		15		20		25		30		35		40		45	
Altura libre	Vano	T	F	T	F	T	F	T	F	T	F	T	F	T	F	T	F	T	F
3.90115	460	1960.2	6.63	1914.5	6.78	1870.1	6.948	1827.1	7.11	1785.4	7.27	1745	7.44	1705.993	7.61	1668.3	7.78	1631.8	7.96

NOTA: "T" es la tracción expresada en [daN] Y "F" es la flecha en [m]



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

Cálculos

CONDUCTOR: LA-455

Cantón: N°3

Vano de regulación:419.54

Apoyo inicial:3

Apoyo final:11

		Temperatura																	
		5		10		15		20		25		30		35		40		45	
Altura libre	Vano	T	F	T	F	T	F	T	F	T	F	T	F	T	F	T	F	T	F
4.73375	400	2783.4	10.937	2733.1	11.14	2685.1	11.34	2639.2	11.54	2595.2	11.73	2553.1	11.93	2512.7046	12.12	2473.9	12.31	2436.7	12.5
3.1649	360	2783.4	8.8572	2733.1	9.02	2685.1	9.182	2639.2	9.342	2595.2	9.5	2553.1	9.658	2512.7046	9.813	2473.9	9.967	2436.7	10.12
13.70545	400	2783.4	10.943	2733.1	11.14	2685.1	11.34	2639.2	11.54	2595.2	11.74	2553.1	11.93	2512.7046	12.12	2473.9	12.31	2436.7	12.5
0.80115	430	2783.4	12.64	2733.1	12.87	2685.1	13.1	2639.2	13.33	2595.2	13.56	2553.1	13.78	2512.7046	14.01	2473.9	14.23	2436.7	14.44
3.756	460	2783.4	14.469	2733.1	14.74	2685.1	15	2639.2	15.26	2595.2	15.52	2553.1	15.78	2512.7046	16.03	2473.9	16.28	2436.7	16.53
1.36515	430	2783.4	12.64	2733.1	12.87	2685.1	13.1	2639.2	13.33	2595.2	13.56	2553.1	13.78	2512.7046	14.01	2473.9	14.23	2436.7	14.44
0.5022	450	2783.4	13.845	2733.1	14.1	2685.1	14.35	2639.2	14.6	2595.2	14.85	2553.1	15.1	2512.7046	15.34	2473.9	15.58	2436.7	15.82
11.3216	400	2783.4	10.943	2733.1	11.14	2685.1	11.34	2639.2	11.54	2595.2	11.74	2553.1	11.93	2512.7046	12.12	2473.9	12.31	2436.7	12.5

NOTA: "T" es la tracción expresada en [daN] Y "F" es la flecha en [m]



CONDUCTOR: 7N7

Cantón: N°3

Vano de regulación:419.54

Apoyo inicial:3

Apoyo final:11

		Temperatura																	
		5		10		15		20		25		30		35		40		45	
Altura libre	Vano	T	F	T	F	T	F	T	F	T	F	T	F	T	F	T	F	T	F
3.73375	400	2056.7	4.7761	2005.1	4.899	1954.9	5.025	1905.9	5.154	1858.4	5.286	1812.3	5.421	1767.5925	5.558	1724.3	5.697	1682.5	5.839
3.1649	360	2056.7	3.8681	2005.1	3.968	1954.9	4.07	1905.9	4.174	1858.4	4.281	1812.3	4.39	1767.5925	4.501	1724.3	4.614	1682.5	4.729
13.70545	400	2056.7	4.7783	2005.1	4.901	1954.9	5.027	1905.9	5.156	1858.4	5.288	1812.3	5.423	1767.5925	5.56	1724.3	5.7	1682.5	5.842
0.80115	430	2056.7	5.5188	2005.1	5.661	1954.9	5.807	1905.9	5.956	1858.4	6.108	1812.3	6.264	1767.5925	6.422	1724.3	6.583	1682.5	6.747
3.756	460	2056.7	6.3161	2005.1	6.479	1954.9	6.646	1905.9	6.816	1858.4	6.991	1812.3	7.169	1767.5925	7.35	1724.3	7.535	1682.5	7.722
1.36515	430	2056.7	5.5188	2005.1	5.661	1954.9	5.807	1905.9	5.956	1858.4	6.108	1812.3	6.264	1767.5925	6.422	1724.3	6.583	1682.5	6.747
0.3562	450	2056.7	6.0443	2005.1	6.2	1954.9	6.359	1905.9	6.523	1858.4	6.69	1812.3	6.86	1767.5925	7.034	1724.3	7.21	1682.5	7.39
11.3216	400	2056.7	4.7774	2005.1	4.9	1954.9	5.026	1905.9	5.156	1858.4	5.287	1812.3	5.422	1767.5925	5.559	1724.3	5.699	1682.5	5.841

NOTA: "T" es la tracción expresada en [daN] Y "F" es la flecha en [m]



CONDUCTOR: LA-455

Cantón: N°4

Vano de regulación:400.08

Apoyo inicial:11

Apoyo final:20

		Temperatura																	
		5		10		15		20		25		30		35		40		45	
Altura libre	Vano	T	F	T	F	T	F	T	F	T	F	T	F	T	F	T	F	T	F
5.70305	400	2791.3	10.907	2736.6	11.12	2684.6	11.34	2634.9	11.56	2587.5	11.77	2542.2	11.98	2498.9427	12.19	2457.5	12.39	2417.8	12.6
4.29685	380	2791.3	9.8418	2736.6	10.04	2684.6	10.23	2634.9	10.43	2587.5	10.62	2542.2	10.81	2498.9427	11	2457.5	11.18	2417.8	11.37
2.1618	400	2791.3	10.906	2736.6	11.12	2684.6	11.34	2634.9	11.55	2587.5	11.77	2542.2	11.98	2498.9427	12.18	2457.5	12.39	2417.8	12.59
0.237	420	2791.3	12.024	2736.6	12.27	2684.6	12.5	2634.9	12.74	2587.5	12.97	2542.2	13.21	2498.9427	13.43	2457.5	13.66	2417.8	13.89
0.4469	400	2791.3	10.905	2736.6	11.12	2684.6	11.34	2634.9	11.55	2587.5	11.77	2542.2	11.98	2498.9427	12.18	2457.5	12.39	2417.8	12.59
2.4324	400	2791.3	10.906	2736.6	11.12	2684.6	11.34	2634.9	11.55	2587.5	11.77	2542.2	11.98	2498.9427	12.18	2457.5	12.39	2417.8	12.59
3.71095	400	2791.3	10.906	2736.6	11.12	2684.6	11.34	2634.9	11.55	2587.5	11.77	2542.2	11.98	2498.9427	12.18	2457.5	12.39	2417.8	12.59
1.65695	400	2791.3	10.906	2736.6	11.12	2684.6	11.34	2634.9	11.55	2587.5	11.77	2542.2	11.98	2498.9427	12.18	2457.5	12.39	2417.8	12.59
7.39885	397.7	2791.3	10.782	2736.6	11	2684.6	11.21	2634.9	11.42	2587.5	11.63	2542.2	11.84	2498.9427	12.05	2457.5	12.25	2417.8	12.45

NOTA: "T" es la tracción expresada en [daN] Y "F" es la flecha en [m]



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

Cálculos

CONDUCTOR: 7N7

Cantón: N°4

Vano de regulación:400.08

Apoyo inicial:11

Apoyo final:20

		Temperatura																	
		5		10		15		20		25		30		35		40		45	
Altura libre	Vano	T	F	T	F	T	F	T	F	T	F	T	F	T	F	T	F	T	F
5.70305	400	2106.1	4.664	2051.7	4.788	1998.6	4.915	1946.9	5.046	1896.5	5.18	1847.5	5.317	1799.9994	5.457	1753.9	5.601	1709.3	5.747
4.29685	380	2106.1	4.209	2051.7	4.321	1998.6	4.435	1946.9	4.553	1896.5	4.674	1847.5	4.798	1799.9994	4.925	1753.9	5.055	1709.3	5.187
2.1618	400	2106.1	4.6636	2051.7	4.787	1998.6	4.914	1946.9	5.045	1896.5	5.179	1847.5	5.317	1799.9994	5.457	1753.9	5.6	1709.3	5.747
0.237	420	2106.1	5.1417	2051.7	5.278	1998.6	5.418	1946.9	5.562	1896.5	5.71	1847.5	5.862	1799.9994	6.016	1753.9	6.175	1709.3	6.336
0.4469	400	2106.1	4.6636	2051.7	4.787	1998.6	4.914	1946.9	5.045	1896.5	5.179	1847.5	5.316	1799.9994	5.457	1753.9	5.6	1709.3	5.747
2.4324	400	2106.1	4.6636	2051.7	4.787	1998.6	4.914	1946.9	5.045	1896.5	5.179	1847.5	5.317	1799.9994	5.457	1753.9	5.6	1709.3	5.747
3.71095	400	2106.1	4.6637	2051.7	4.787	1998.6	4.915	1946.9	5.045	1896.5	5.179	1847.5	5.317	1799.9994	5.457	1753.9	5.601	1709.3	5.747
1.65695	400	2106.1	4.6636	2051.7	4.787	1998.6	4.914	1946.9	5.045	1896.5	5.179	1847.5	5.316	1799.9994	5.457	1753.9	5.6	1709.3	5.747
9.19385	397.7	2106.1	4.6113	2051.7	4.734	1998.6	4.859	1946.9	4.989	1896.5	5.121	1847.5	5.257	1799.9994	5.396	1753.9	5.538	1709.3	5.682

NOTA: "T" es la tracción expresada en [daN] Y "F" es la flecha en [m]



CONDUCTOR: LA-455

Cantón: N°5

Vano de regulación:385.79

Apoyo inicial:20

Apoyo final:30

		Temperatura																	
		5		10		15		20		25		30		35		40		45	
Altura libre	Vano	T	F	T	F	T	F	T	F	T	F	T	F	T	F	T	F	T	F
0.6882	430	2797.7	12.576	2739.5	12.84	2684.1	13.11	2631.5	13.37	2581.3	13.63	2533.5	13.89	2487.8902	14.15	2444.3	14.4	2402.7	14.65
1.30545	440	2797.7	13.168	2739.5	13.45	2684.1	13.73	2631.5	14	2581.3	14.27	2533.5	14.54	2487.8902	14.81	2444.3	15.08	2402.7	15.34
1.9946	400	2797.7	10.88	2739.5	11.11	2684.1	11.34	2631.5	11.57	2581.3	11.79	2533.5	12.02	2487.8902	12.24	2444.3	12.46	2402.7	12.67
4.7226	390	2797.7	10.343	2739.5	10.56	2684.1	10.78	2631.5	11	2581.3	11.21	2533.5	11.42	2487.8902	11.63	2444.3	11.84	2402.7	12.05
0.02935	380	2797.7	9.8186	2739.5	10.03	2684.1	10.23	2631.5	10.44	2581.3	10.64	2533.5	10.84	2487.8902	11.04	2444.3	11.24	2402.7	11.44
1.76625	380	2797.7	9.8187	2739.5	10.03	2684.1	10.23	2631.5	10.44	2581.3	10.64	2533.5	10.84	2487.8902	11.04	2444.3	11.24	2402.7	11.44
1.86805	380	2797.7	9.8187	2739.5	10.03	2684.1	10.23	2631.5	10.44	2581.3	10.64	2533.5	10.84	2487.8902	11.04	2444.3	11.24	2402.7	11.44
1.8705	350	2797.7	8.3285	2739.5	8.506	2684.1	8.681	2631.5	8.855	2581.3	9.028	2533.5	9.198	2487.8902	9.367	2444.3	9.535	2402.7	9.7
1.16675	340	2797.7	7.8589	2739.5	8.026	2684.1	8.192	2631.5	8.356	2581.3	8.519	2533.5	8.68	2487.8902	8.839	2444.3	8.997	2402.7	9.153
9.3151	316.8	2797.7	6.824	2739.5	6.969	2684.1	7.113	2631.5	7.256	2581.3	7.397	2533.5	7.537	2487.8902	7.675	2444.3	7.812	2402.7	7.948

NOTA: "T" es la tracción expresada en [daN] Y "F" es la flecha en [m]



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

Cálculos

CONDUCTOR: 7N7

Cantón: Nº5

Vano de regulación:385.79

Apoyo inicial:20

Apoyo final:30

		Temperatura																	
		5		10		15		20		25		30		35		40		45	
Altura libre	Vano	T	F	T	F	T	F	T	F	T	F	T	F	T	F	T	F	T	F
2.4832	430	2143.2	5.2961	2086.9	5.439	2031.8	5.587	1978	5.739	1925.5	5.895	1874.5	6.056	1824.8645	6.221	1776.7	6.389	1730	6.562
1.30545	440	2143.2	5.5453	2086.9	5.695	2031.8	5.85	1978	6.009	1925.5	6.172	1874.5	6.341	1824.8645	6.513	1776.7	6.69	1730	6.871
1.9946	400	2143.2	4.5827	2086.9	4.707	2031.8	4.834	1978	4.966	1925.5	5.101	1874.5	5.24	1824.8645	5.383	1776.7	5.529	1730	5.678
4.7226	390	2143.2	4.3567	2086.9	4.474	2031.8	4.596	1978	4.721	1925.5	4.849	1874.5	4.982	1824.8645	5.117	1776.7	5.256	1730	5.398
0.02935	380	2143.2	4.1358	2086.9	4.248	2031.8	4.363	1978	4.481	1925.5	4.604	1874.5	4.729	1824.8645	4.858	1776.7	4.989	1730	5.124
1.76625	380	2143.2	4.1358	2086.9	4.248	2031.8	4.363	1978	4.481	1925.5	4.604	1874.5	4.729	1824.8645	4.858	1776.7	4.989	1730	5.124
1.86805	380	2143.2	4.1358	2086.9	4.248	2031.8	4.363	1978	4.481	1925.5	4.604	1874.5	4.729	1824.8645	4.858	1776.7	4.989	1730	5.124
1.8705	350	2143.2	3.5085	2086.9	3.603	2031.8	3.701	1978	3.802	1925.5	3.905	1874.5	4.012	1824.8645	4.121	1776.7	4.233	1730	4.347
1.16675	340	2143.2	3.3108	2086.9	3.4	2031.8	3.493	1978	3.588	1925.5	3.685	1874.5	3.786	1824.8645	3.889	1776.7	3.994	1730	4.102
11.1101	316.8	2143.2	2.8756	2086.9	2.953	2031.8	3.033	1978	3.116	1925.5	3.201	1874.5	3.288	1824.8645	3.377	1776.7	3.469	1730	3.563

NOTA: "T" es la tracción expresada en [daN] Y "F" es la flecha en [m]



3.2.2 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 cinco 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, hielo, hielo más viento.

Hipótesis anormales:

Desequilibrio de tracciones y rotura de conductores.

3.2.2.1 Esfuerzos verticales

Se regirán por la siguiente expresión:

$$F_v = n * R_v * VP \quad [daN]$$

Siendo:

n: Número de subconductores

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

VP: Vano de peso [m]

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

$$VP = \frac{a_1 + a_2}{2} * \frac{\max(T_1, T_2)}{R} * \left(\frac{H_{actual} - H_1}{a_1} + \frac{H_{actual} - H_2}{a_2} \right) \quad [m]$$



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.

3.2.2.2 Esfuerzos transversales

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

$$F_t = VV * pv * dc * n + 2 * \max(T_1, T_2) * n * \text{sen}\left(\frac{\alpha}{2}\right) \quad [\text{daN}]$$

Siendo:

n: Número de subconductores

pv: Presión de viento [daN/m²]

dc: Diámetro del conductor [m]

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

α : Ángulo de la traza

VV: Vano de viento [m]



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

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

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	$n * (2 - \%_{deseq}) * T * \text{sen} \left(\frac{\alpha}{2} \right)$	$(2n - 1) * (\%_{rotura}) * T * \text{sen} \left(\frac{\alpha}{2} \right)$

Siendo:

%	% Desequilibrio	% Rotura
Suspensión	0.15	0.5
Amarre	0.25	1

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.



3.2.2.3 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	$n * (\%_{deseq}) * T * \cos\left(\frac{\alpha}{2}\right)$	$n * (\%_{rotura}) * T * \cos\left(\frac{\alpha}{2}\right)$

Siendo:

%	% Desequilibrio	% Rotura
Suspensión	0.15	0.5
Amarre	0.25	1

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

$$F_l = n * T \quad [daN]$$

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.



TABLAS DE ESFUERZOS EN PUNTA DE CRUCETA



Esfuerzos en punta de cruceta del conductor LA-455

Apoyo	Altura real[m]	Ángulo [°]	Tipo	Esfuerzos [kg]	Hipótesis				
					V	H	H+V	DESEQUILIBRIO	ROTURA
1	923.212	0	F	V	754.284398	1227.45625	1225.59497	0	1225.59497
				T	746.609257	0	241.29249	0	0
				L	8528.36493	8803.1971	9000	9000	9000
2	911.96185	45	A	V	1103.96606	1787.99141	1790.40833	1790.408332	1790.40833
				T	8148.60608	6737.67537	7409.87251	6027.26406	5166.22634
				L	0	0	0	2078.728948	4157.4579
3	915.863	45	A	V	1419.32883	2305.68116	2304.43196	2304.431957	2304.43196
				T	8156.05238	6733.43204	7412.27904	6027.26406	5166.22634
				L	0	0	0	2078.728948	4157.4579
4	910.92425	0	S	V	1042.34969	1689.60209	1690.86997	1690.869969	1690.86997
				T	1432.70556	0	463.028135	0	0
				L	0	0	0	1350	2250
5	914.08915	0	S	V	1019.13412	1651.47331	1653.00114	1653.001138	1653.00114
				T	1432.70556	0	463.028135	0	0
				L	0	0	0	1350	2250
6	927.7946	0	S	V	1455.53348	2366.14973	2363.98284	2363.982839	2363.98284
				T	1564.66528	0	505.675463	0	0
				L	0	0	0	1350	2250



Esfuerzos en punta de cruceta del conductor LA-455

Apoyo	Altura real[m]	Ángulo [°]	Tipo	Esfuerzos [kg]	Hipótesis				
					V	H	H+V	DESEQUILIBRIO	ROTURA
7	926.99345	0	S	V	1299.52659	2108.16424	2108.76575	2108.765747	2108.76575
				T	1677.77361	0	542.230315	0	0
				L	0	0	0	1350	2250
8	930.74945	0	S	V	1413.98934	2296.1555	2295.47532	2295.475323	2295.47532
				T	1677.77361	0	542.230315	0	0
				L	0	0	0	1350	2250
9	929.3843	0	S	V	1342.49381	2179.02656	2178.97668	2178.976685	2178.97668
				T	1658.92222	0	536.13784	0	0
				L	0	0	0	1350	2250
10	927.5815	0	S	V	1391.71202	2260.74302	2259.63127	2259.63127	2259.63127
				T	1602.36806	0	517.860414	0	0
				L	0	0	0	1350	2250
11	918.5649	0	A	V	1202.89387	1952.08973	1952.25242	1952.252419	1952.25242
				T	1508.11111	0	487.398036	0	0
				L	0	0	0	2250	4500
12	910.55685	0	S	V	1139.33712	1848.23603	1848.79822	1848.798218	1848.79822
				T	1470.40833	0	475.213085	0	0
				L	0	0	0	1350	2250



Esfuerzos en punta de cruceta del conductor LA-455

Apoyo	Altura real[m]	Ángulo [°]	Tipo	Esfuerzos [kg]	Hipótesis				
					V	H	H+V	DESEQUILIBRIO	ROTURA
13	906.26	0	S	V	1096.50343	1777.82394	1778.9023	1778.902298	1778.9023
				T	1470.40833	0	475.213085	0	0
				L	0	0	0	1350	2250
14	908.4218	0	S	V	1272.72756	2066.24498	2065.93266	2065.932661	2065.93266
				T	1545.81389	0	499.582987	0	0
				L	0	0	0	1350	2250
15	908.6588	0	S	V	1243.84908	2018.77315	2018.80883	2018.808832	2018.80883
				T	1545.81389	0	499.582987	0	0
				L	0	0	0	1350	2250
16	909.1057	0	S	V	1254.94396	2037.64379	2037.17932	2037.179321	2037.17932
				T	1508.11111	0	487.398036	0	0
				L	0	0	0	1350	2250
17	906.6733	0	S	V	1134.16159	1839.0959	1840.08691	1840.086914	1840.08691
				T	1508.11111	0	487.398036	0	0
				L	0	0	0	1350	2250
18	910.38425	0	S	V	1288.25779	2092.40667	2091.54075	2091.540752	2091.54075
				T	1508.11111	0	487.398036	0	0
				L	0	0	0	1350	2250



Esfuerzos en punta de cruceta del conductor LA-455

Apoyo	Altura real[m]	Ángulo [°]	Tipo	Esfuerzos [kg]	Hipótesis				
					V	H	H+V	DESEQUILIBRIO	ROTURA
19	908.7273	0	S	V	1091.10391	1768.38833	1769.85606	1769.856062	1769.85606
				T	1503.77529	0	485.996767	0	0
				L	0	0	0	1350	2250
20	916.12615	35	A	V	1366.70581	2220.56094	2219.18379	2219.183795	2219.18379
				T	6689.81243	5295.92993	5916.97858	4736.116342	4059.52829
				L	0	0	0	2145.863139	4291.72628
21	915.43795	0	S	V	1298.38566	2106.81343	2107.12474	2107.124744	2107.12474
				T	1640.07083	0	530.045364	0	0
				L	0	0	0	1350	2250
22	916.7434	0	S	V	1266.40922	2055.21356	2055.35121	2055.351211	2055.35121
				T	1583.51667	0	511.767938	0	0
				L	0	0	0	1350	2250
23	918.738	0	S	V	1163.06692	1886.88325	1887.36874	1887.368736	1887.36874
				T	1489.25972	0	481.305561	0	0
				L	0	0	0	1350	2250
24	923.4606	0	S	V	1235.19243	2006.19947	2005.37937	2005.379367	2005.37937
				T	1451.55694	0	469.12061	0	0
				L	0	0	0	1350	2250



Esfuerzos en punta de cruceta del conductor LA-455

Apoyo	Altura real[m]	Ángulo [°]	Tipo	Esfuerzos [kg]	Hipótesis				
					V	H	H+V	DESEQUILIBRIO	ROTURA
25	923.48995	0	S	V	1131.1125	1835.31959	1835.63114	1835.631138	1835.63114
				T	1432.70556	0	463.028135	0	0
				L	0	0	0	1350	2250
26	925.2562	0	S	V	1206.77594	1959.78772	1959.13584	1959.135842	1959.13584
				T	1432.70556	0	463.028135	0	0
				L	0	0	0	1350	2250
27	923.38815	0	S	V	1112.25804	1805.30568	1805.27648	1805.276484	1805.27648
				T	1376.15139	0	444.750708	0	0
				L	0	0	0	1350	2250
28	921.51765	0	S	V	1038.90646	1685.97677	1686.10714	1686.107138	1686.10714
				T	1300.74583	0	420.380806	0	0
				L	0	0	0	1350	2250
29	920.3509	0	S	V	822.835841	1331.64556	1333.8838	1333.883803	1333.8838
				T	1238.10267	0	400.13551	0	0
				L	0	0	0	1350	2250
30	929.666	0	F	V	639.062233	1040.69098	1038.68663	0	1038.68663
				T	597.155446	0	192.991345	0	0
				L	8526.49814	8805.83271	9000	9000	9000



Esfuerzos en punta de cruceta del cable de tierra 7N7

Apoyo	Altura real[m]	Ángulo [°]	Tipo	Esfuerzos [kg]	Hipótesis				
					V	H	H+V	DESEQUILIBRIO	ROTURA
1	942.012	0	F	V	136.756302	301.237582	296.44095	0	296.44095
				T	177.892458	0	100.048557	0	0
				L	2901.29159	3020.07422	3143.63636	3143.636364	3143.63636
2	930.76185	45	A	V	158.844341	354.311558	360.540132	360.5401319	360.540132
				T	2605.07954	2311.46473	2622.29712	2105.280719	1203.01755
				L	0	0	0	726.0853235	2904.34129
3	934.663	45	A	V	246.225063	544.092319	540.035278	540.035278	540.035278
				T	2598.08696	2304.88688	2623.29495	2105.280719	1203.01755
				L	0	0	0	726.0853235	2904.34129
4	927.92925	0	S	V	151.063211	336.265665	340.372607	340.372607	340.372607
				T	341.366667	0	191.988141	0	0
				L	0	0	0	471.5454545	1571.81818
5	931.09415	0	S	V	151.275997	336.72801	340.810347	340.8103475	340.810347
				T	341.366667	0	191.988141	0	0
				L	0	0	0	471.5454545	1571.81818
6	944.7996	0	S	V	253.835963	560.311895	554.521997	554.5219973	554.521997
				T	372.808333	0	209.671259	0	0
				L	0	0	0	471.5454545	1571.81818



Esfuerzos en punta de cruceta del cable de tierra 7N7

Apoyo	Altura real[m]	Ángulo [°]	Tipo	Esfuerzos [kg]	Hipótesis				
					V	H	H+V	DESEQUILIBRIO	ROTURA
7	943.99845	0	S	V	204.595901	453.956451	455.563657	455.5636572	455.563657
				T	399.758333	0	224.828218	0	0
				L	0	0	0	471.5454545	1571.81818
8	947.75445	0	S	V	234.211989	518.306781	516.489366	516.4893657	516.489366
				T	399.758333	0	224.828218	0	0
				L	0	0	0	471.5454545	1571.81818
9	946.3893	0	S	V	217.192379	481.220593	481.087339	481.0873386	481.087339
				T	395.266667	0	222.302058	0	0
				L	0	0	0	471.5454545	1571.81818
10	944.5865	0	S	V	242.351227	535.569064	531.674953	531.674953	531.674953
				T	381.791667	0	214.723579	0	0
				L	0	0	0	471.5454545	1571.81818
11	933.2649	0	A	V	176.868318	392.796956	395.147768	395.1477683	395.147768
				T	359.333333	0	202.09278	0	0
				L	0	0	0	785.9090909	3143.63636
12	927.56185	0	S	V	187.38781	415.411888	415.905624	415.9056235	415.905624
				T	350.35	0	197.04046	0	0
				L	0	0	0	471.5454545	1571.81818



Esfuerzos en punta de cruceta del cable de tierra 7N7

Apoyo	Altura real[m]	Ángulo [°]	Tipo	Esfuerzos [kg]	Hipótesis				
					V	H	H+V	DESEQUILIBRIO	ROTURA
13	923.265	0	S	V	168.251729	373.870644	376.667577	376.6675772	376.667577
				T	350.35	0	197.04046	0	0
				L	0	0	0	471.5454545	1571.81818
14	925.4268	0	S	V	208.040386	460.687457	459.877395	459.8773947	459.877395
				T	368.316667	0	207.145099	0	0
				L	0	0	0	471.5454545	1571.81818
15	925.6638	0	S	V	200.541095	444.407746	444.50029	444.5002902	444.50029
				T	368.316667	0	207.145099	0	0
				L	0	0	0	471.5454545	1571.81818
16	926.1107	0	S	V	206.409268	456.925438	455.720734	455.7207338	455.720734
				T	359.333333	0	202.09278	0	0
				L	0	0	0	471.5454545	1571.81818
17	923.6783	0	S	V	175.043963	388.836587	391.406976	391.4069759	391.406976
				T	359.333333	0	202.09278	0	0
				L	0	0	0	471.5454545	1571.81818
18	927.38925	0	S	V	215.060351	475.705499	473.45956	473.4595598	473.45956
				T	359.333333	0	202.09278	0	0
				L	0	0	0	471.5454545	1571.81818



Esfuerzos en punta de cruceta del cable de tierra 7N7

Apoyo	Altura real[m]	Ángulo [°]	Tipo	Esfuerzos [kg]	Hipótesis				
					V	H	H+V	DESEQUILIBRIO	ROTURA
19	925.7323	0	S	V	157.930039	351.659678	356.22192	356.2219197	356.22192
				T	358.30025	0	201.511763	0	0
				L	0	0	0	471.5454545	1571.81818
20	934.92615	35	A	V	243.474793	537.63456	532.644186	532.6441856	532.644186
				T	2119.74417	1818.63032	2099.70961	1654.291951	945.309686
				L	0	0	0	749.5348217	2998.13929
21	932.44295	0	S	V	201.399397	446.842028	448.351937	448.351937	448.351937
				T	390.775	0	219.775898	0	0
				L	0	0	0	471.5454545	1571.81818
22	933.7484	0	S	V	203.404835	450.849789	451.198614	451.1986137	451.198614
				T	377.3	0	212.197419	0	0
				L	0	0	0	471.5454545	1571.81818
23	935.743	0	S	V	184.016311	408.218339	409.448595	409.4485951	409.448595
				T	354.841667	0	199.56662	0	0
				L	0	0	0	471.5454545	1571.81818
24	940.4656	0	S	V	205.806929	455.26108	453.182884	453.1828837	453.182884
				T	345.858333	0	194.514301	0	0
				L	0	0	0	471.5454545	1571.81818



Esfuerzos en punta de cruceta del cable de tierra 7N7

Apoyo	Altura real[m]	Ángulo [°]	Tipo	Esfuerzos [kg]	Hipótesis				
					V	H	H+V	DESEQUILIBRIO	ROTURA
25	940.49495	0	S	V	180.208574	399.61536	400.404838	400.4048382	400.404838
				T	341.366667	0	191.988141	0	0
				L	0	0	0	471.5454545	1571.81818
26	942.2612	0	S	V	199.911609	442.357903	440.705993	440.7059933	440.705993
				T	341.366667	0	191.988141	0	0
				L	0	0	0	471.5454545	1571.81818
27	940.39315	0	S	V	179.812116	398.412596	398.338608	398.3386079	398.338608
				T	327.891667	0	184.409662	0	0
				L	0	0	0	471.5454545	1571.81818
28	938.52265	0	S	V	166.728847	369.573613	369.903974	369.9039741	369.903974
				T	309.925	0	174.305023	0	0
				L	0	0	0	471.5454545	1571.81818
29	937.3559	0	S	V	107.563632	240.84465	247.49528	247.4952798	247.49528
				T	294.999192	0	165.910594	0	0
				L	0	0	0	471.5454545	1571.81818
30	948.466	0	F	V	126.656955	278.380448	272.322536	0	272.322536
				T	142.282525	0	80.0211624	0	0
				L	2906.44365	3023.93623	3143.63636	3143.636364	3143.63636



3.2.3 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:

$$C = \frac{\text{Esfuerzo de fase}}{2 * \text{Esfuerzo de cúpula}}$$

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.

$$\text{Esfuerzo} = \frac{3 * \text{Esfuerzo de fase} + \text{Esfuerzo de cúpula}}{e}$$

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:

Apoyo	DESIGNACIÓN	TIPO	ALTURA DEL FUSTE [m]	PESO [kg]	CABEZA
1	IC-55000-35-SN1	ICARO	35	55000	SN1
2	IC-55000-35-SN1	ICARO	35	55000	SN1
3	IC-55000-35-SN1	ICARO	35	55000	SN1
4	CO-12000-27-S4C	CONDOR	27	12000	S4C
5	CO-12000-39-S4C	CONDOR	39	12000	S4C
6	CO-12000-33-S4C	CONDOR	33	12000	S4C
7	CO-12000-39-S4C	CONDOR	39	12000	S4C
8	CO-12000-33-S4C	CONDOR	33	12000	S4C
9	CO-12000-39-S4C	CONDOR	39	12000	S4C
10	CO-12000-39-S4C	CONDOR	39	12000	S4C
11	CO-33000-30-S4C	CONDOR	30	33000	S4C
12	CO-12000-30-S4C	CONDOR	30	12000	S4C
13	CO-12000-30-S4C	CONDOR	30	12000	S4C
14	CO-12000-30-S4C	CONDOR	30	12000	S4C
15	CO-12000-30-S4C	CONDOR	30	12000	S4C
16	CO-12000-30-S4C	CONDOR	30	12000	S4C
17	CO-12000-27-S4C	CONDOR	27	12000	S4C
18	CO-12000-30-S4C	CONDOR	30	12000	S4C
19	CO-12000-27-S4C	CONDOR	27	12000	S4C



<i>Apoyo</i>	<i>DESIGNACIÓN</i>	<i>TIPO</i>	<i>ALTURA DEL FUSTE [m]</i>	<i>PESO [kg]</i>	<i>CABEZA</i>
20	IC-55000-30-SN1	ICARO	30	55000	SN1
21	CO-12000-30-S4C	CONDOR	30	12000	S4C
22	CO-12000-30-S4C	CONDOR	30	12000	S4C
23	CO-12000-30-S4C	CONDOR	30	12000	S4C
24	CO-12000-30-S4C	CONDOR	30	12000	S4C
25	CO-12000-27-S4C	CONDOR	27	12000	S4C
26	CO-12000-27-S4C	CONDOR	27	12000	S4C
27	CO-12000-30-S4C	CONDOR	30	12000	S4C
28	CO-12000-30-S4C	CONDOR	30	12000	S4C
29	CO-12000-27-S4C	CONDOR	27	12000	S4C
30	IC-55000-30-SN1	ICARO	30	55000	SN1

3.2.4 CÁLCULO 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 tener 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.

3.2.4.1 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 Parr 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_β : 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]

δ : Peso específico del hormigón [daN/m³]

Para calcular el peso tierras arrancadas (P_β) 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 [m²]
- b_2 : Área de la base superior de la pirámide truncada [m²]
- h: Profundidad de la cimentación [m]
- V_{interf} : Volumen de interferencia de las tierras [m³]
- δ_τ : Peso específico del terreno [daN/m³]
- β : Ángulo de arranque del terreno [°]

Por su parte el volumen de interferencia se calcula como:

$$V_{interf} = (0.5 * t * b * (L - 2b)) + (0.66 * t * b^2)$$

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

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

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]
- β : 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:

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



3.2.4.2 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:

$$\sigma_c = \frac{C + \frac{P_a}{4} + P_h}{S} \quad \left[\frac{daN}{cm^2} \right]$$

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 [cm²]

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

Carga admisible [daN/cm ²]	β [°]
3	22



3.2.4.3 Comprobación de la adherencia entre anclaje y cimentación

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 según marca la siguiente expresión:

$$A * \sigma_{\text{acero-hormigón}} \geq 1.5 * \frac{C}{2}$$

Siendo:

$\sigma_{\text{acero-hormigón}}$: Adherencia acero-hormigón [daN/cm²]

A: Área embebida en el hormigón [cm²]

C: Compresión máxima por montante [daN]

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

$$A * C_{\text{tornillo}} \geq 1.5 * \frac{C}{2}$$

Siendo:

n: Número de tornillos

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

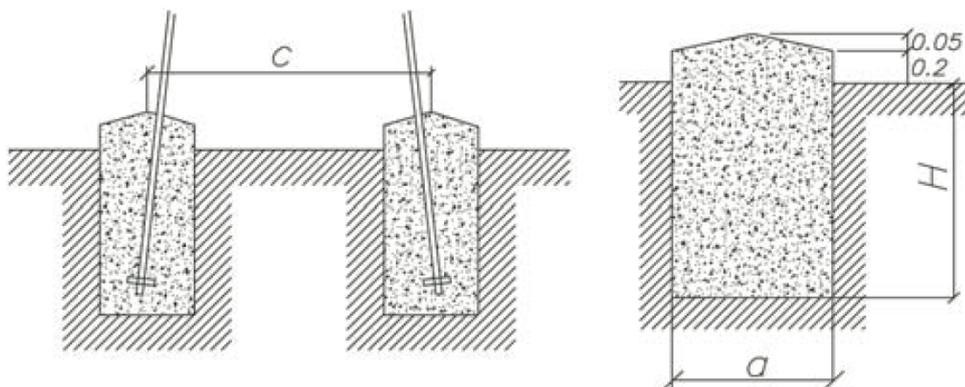
C: Compresión máxima por montante [daN]

La información necesaria para realizar esta comprobación debe ser proporcionada por el fabricante de los apoyos, por lo que se le ruega al fabricante de los apoyos que realice la anterior comprobación



3.2.4.4 Cimentaciones usadas

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



Apoyo	Designación	a [m]	c [m]	H [m]	V [m³]
1	IC-55000-35-SN1	2.8	8.64	4	31.36
2	IC-55000-35-SN1	2.8	8.64	4	31.36
3	IC-55000-35-SN1	2.8	8.64	4	31.36
4	CO-12000-27-S4C	1.35	6.4	2.9	5.29
5	CO-12000-39-S4C	1.45	8.5	3.05	6.41
6	CO-12000-33-S4C	1.4	7.43	2.9	5.68
7	CO-12000-39-S4C	1.45	8.5	3.05	6.41
8	CO-12000-33-S4C	1.4	7.43	2.9	5.68
9	CO-12000-39-S4C	1.45	8.5	3.05	6.41
10	CO-12000-39-S4C	1.45	8.5	3.05	6.41
11	CO-33000-30-S4C	2.15	6.95	3.8	17.57
12	CO-12000-30-S4C	1.35	6.95	2.9	5.29
13	CO-12000-30-S4C	1.35	6.95	2.9	5.29
14	CO-12000-30-S4C	1.35	6.95	2.9	5.29
15	CO-12000-30-S4C	1.35	6.95	2.9	5.29
16	CO-12000-30-S4C	1.35	6.95	2.9	5.29
17	CO-12000-27-S4C	1.35	6.4	2.9	5.29
18	CO-12000-30-S4C	1.35	6.95	2.9	5.29
19	CO-12000-27-S4C	1.35	6.4	2.9	5.29
20	IC-55000-30-SN1	2.75	7.8	4	30.25
21	CO-12000-30-S4C	1.35	6.95	2.9	5.29
22	CO-12000-30-S4C	1.35	6.95	2.9	5.29
23	CO-12000-30-S4C	1.35	6.95	2.9	5.29



Apoyo	Designación	a [m]	c [m]	H [m]	V [m3]
24	CO-12000-30-S4C	1.35	6.95	2.9	5.29
25	CO-12000-27-S4C	1.35	6.4	2.9	5.29
26	CO-12000-27-S4C	1.35	6.4	2.9	5.29
27	CO-12000-30-S4C	1.35	6.95	2.9	5.29
28	CO-12000-30-S4C	1.35	6.95	2.9	5.29
29	CO-12000-27-S4C	1.35	6.4	2.9	5.29
30	IC-55000-30-SN1	2.75	7.8	4	30.25

3.3 PUESTAS A TIERRA

De acuerdo con el apartado 7.3.4.2 de la ITC 07 de 1 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:

<i>Tipo de apoyo</i>	<i>Requisitos del sistema de puesta a tierra</i>
Apoyo frecuentado	Actuación del sistema de puesta a tierra Cumplir la tensión de contacto admisible Dimensionamiento ante efectos de rayo
Apoyo no frecuentado	Actuación correcta de las protecciones



El electrodo utilizado en cada caso variará en función de la ubicación del apoyo.

3.3.1.1 Elementos de la puesta a tierra

3.3.1.1.1 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 mm², haciendo un total de 4 conductores formando dos líneas de tierra, cada una de estas se localizará en lados opuestos del apoyo.

3.3.1.1.2 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 mm² de sección y 4 picas de difusión vertical de 28 mm de diámetro y 2 metros de longitud.

3.3.1.2 Dimensionamiento de la puesta a tierra

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

- Esfuerzos mecánicos y corrosión.
- La corriente de falta más elevada que pueda existir.
- 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.



3.3.1.2.1 Dimensionamiento a partir de 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.

3.3.1.2.2 Dimensionamiento a partir de la seguridad de las 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.

3.3.1.2.3 Dimensionamiento 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.

3.3.1.3 Resultados

Finalmente y tras el estudio realizado dependiendo de la localización del apoyo han resultado 28 apoyos no frecuentados frente a 2 apoyos si frecuentados que corresponden con los de inicio y fin de línea.

A continuación se muestra una tabla que muestra los resultados:



<i>Apoyo</i>	<i>Designación</i>	<i>Tipo de apoyo</i>	<i>Electrodo</i>
1	IC-55000-35-SN1	Frecuentado	Anillo cerrado y 4 picas
2	IC-55000-35-SN1	No Frecuentado	Doble pica
3	IC-55000-35-SN1	No Frecuentado	Doble pica
4	CO-12000-27-S4C	No Frecuentado	Doble pica
5	CO-12000-39-S4C	No Frecuentado	Doble pica
6	CO-12000-33-S4C	No Frecuentado	Doble pica
7	CO-12000-39-S4C	No Frecuentado	Doble pica
8	CO-12000-33-S4C	No Frecuentado	Doble pica
9	CO-12000-39-S4C	No Frecuentado	Doble pica
10	CO-12000-39-S4C	No Frecuentado	Doble pica
11	CO-33000-30-S4C	No Frecuentado	Doble pica
12	CO-12000-30-S4C	No Frecuentado	Doble pica
13	CO-12000-30-S4C	No Frecuentado	Doble pica
14	CO-12000-30-S4C	No Frecuentado	Doble pica
15	CO-12000-30-S4C	No Frecuentado	Doble pica
16	CO-12000-30-S4C	No Frecuentado	Doble pica
17	CO-12000-27-S4C	No Frecuentado	Doble pica
18	CO-12000-30-S4C	No Frecuentado	Doble pica
19	CO-12000-27-S4C	No Frecuentado	Doble pica
20	IC-55000-30-SN1	No Frecuentado	Doble pica
21	CO-12000-30-S4C	No Frecuentado	Doble pica
22	CO-12000-30-S4C	No Frecuentado	Doble pica
23	CO-12000-30-S4C	No Frecuentado	Doble pica
24	CO-12000-30-S4C	No Frecuentado	Doble pica
25	CO-12000-27-S4C	No Frecuentado	Doble pica
26	CO-12000-27-S4C	No Frecuentado	Doble pica
27	CO-12000-30-S4C	No Frecuentado	Doble pica
28	CO-12000-30-S4C	No Frecuentado	Doble pica
29	CO-12000-27-S4C	No Frecuentado	Doble pica
30	IC-55000-30-SN1	Frecuentado	Anillo cerrado y 4 picas



3.4 CÁLCULO DE AISLAMIENTO

Se emplearán cadenas de aisladores de vidrio templado de caperuza y vástago en todo el sistema de aislamiento del proyecto. A continuación se explicarán en más detalle las características eléctricas y mecánicas que estos proporcionan.

3.4.1 CÁLCULO ELÉCTRICO

En el apartado 4.4 de la ITC-07 se marcan las prescripciones a tener en cuenta en la elección del aislamiento.

Dado que la localización de la línea es en un entorno rural que carece de industria y está alejado del mar se optará según determina la tabla 14 de la ITC-07 por un nivel de contaminación I ligero que corresponde con una línea de fuga nominal de 16mm/kV.

Considerando esta línea de fuga mínima se aplicará a la máxima tensión compuesta que se pueda dar en el sistema estudiado, en este caso 245kV.

$$\text{Línea de fuga total} = \text{Línea de fuga nominal} * \text{Tensión máxima}$$

$$\text{Línea de fuga total} = 16 * 245 = 3920\text{mm}$$

El resultado de la línea de fuga mínima que se deberá tener con los aisladores será de 3920mm.

3.4.2 CÁLCULO MECÁNICO

Tal y como dicta el apartado 3.4 de la ITC-07 el coeficiente de seguridad mecánico del aislamiento será de 3 para las cadenas de amarre y de suspensión.

Este aislamiento deberá soportar la tracción del conductor en las condiciones más desfavorables posibles, siendo en nuestro caso presente en la hipótesis de tracción máxima de hielo más viento.



En el caso de los aisladores destinados a cadenas de suspensión se calculará como:

$$\text{Carga de rotura del aislador [kN]} = \frac{n * a * p * CS}{100}$$

Siendo:

n: Número de subconductores (2)

a: Vano mayor [m] (Se ha tomado 470 m)

p: Resultante mayor [daN/m] (2.54daN/m)

CS: Coeficiente de seguridad del aislamiento (3)

Esto nos marca que la carga de rotura mínima que debe tener el aislador de suspensión será de 71.68 kN.

La carga mínima de rotura del aislador de amarre se calculará de la siguiente manera:

$$\frac{\text{Carga de rotura del LA} - 455}{2.75} < \frac{\text{Carga de rotura del aislador}}{3}$$

Resultando la carga de rotura mínima del aislador de amarre 135kN.

Dado que es una línea corta y por motivos logísticos se ha optado por usar tanto en amarre como en suspensión el mismo tipo de aislador.

3.4.3 ELECCIÓN DEL NÚMERO Y TIPO DE AISLADORES

El aislador elegido U160BS tiene las siguientes características:



<i>Aislador elegido</i>		
Carga rotura mecánica(KN)		160
Modelo catálogo		E-160-146
Clase IEC-305		U160BS
Datos Dimensionales	Paso (P) mm	146
	Diámetro (D) mm	280
	Línea de fuga mm	380
	Unión normalizada IEC 120	20
Valores Eléctricos	T. soportada a frecuencia industrial en seco (KV)	75
	bajo lluvia (KV)	45
	T. soportada a impulso de choque en seco (KV)	110
	Tensión de perforación en Aceite (KV)	130

El número de aisladores en serie que se utilizarán en las cadenas de suspensión seguirá esta expresión:

$$\text{Número de aisladores} = \frac{\text{Línea de fuga total}}{\text{Línea de fuga del aislador elegido}}$$

El número resultante de aisladores será de 12 para cadenas de suspensión y de 12 para cadenas de amarre (se utilizará uno más de lo marcado para prevenir la rotura de uno de ellos).

3.4.4 ELECCIÓN DEL NÚMERO Y TIPO DE AISLADORES

Respecto a los niveles de coordinación de aislamiento que deben soportar los aisladores y al encontrarse en la gama 1 ($U_m=245\text{kV}$) se deberá comprobar la tensión soportada normalizada a frecuencia industrial y la tensión soportada normalizada a impulsos tipo rayo tal y como dicta la tabla 12 del apartado 4.4 de la ITC-07 del RLEAT.

Los valores que deberá soportar son:



Tensiones reglamentarias	Impulso tipo rayo [kV]	750
	Frecuencia industrial [kV]	325

Y los aisladores elegidos en nuestro caso soportarán:

	Con 11 aisladores (suspensión)	Con 12 aisladores (amarre)
Frecuencia industrial bajo lluvia [kV]	415	455
Frecuencia industrial en seco [kV]	590	635
50% a Impulso tipo rayo (+)1.2/50 [kV]	935	1010
50% a Impulso tipo rayo (-)1.2/50 [kV]	930	1010

Comparando los valores necesarios y los que presentarán las cadenas se puede observar que los aisladores elegidos son válidos.



3.5 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:

D_{el} : Distancia de aislamiento en el aire mínima especificada, para prevenir una descarga disruptiva entre conductores de fase y objetos a potencial de tierra en sobretensiones de frente rápido o lento. D_{el} puede ser tanto interna, cuando se considera una distancia 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. D_{pp} 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:

<i>Tensión más elevada de la red</i> <i>U_s [kV]</i>	<i>D_{el} [m]</i>	<i>D_{pp} [m]</i>
245	1.7	2

3.5.1 DISTANCIA ENTRE LOS CONDUCTORES

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



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

Siendo:

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 (0.85 para categoría especial)

F: Flecha máxima [m]

L: Longitud de la cadena de suspensión [m] (2.159)

D_{pp}: 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:

$$\text{Desviación de la cadena } [^\circ] = \text{arctg} \frac{p_v}{p_c}$$

Siendo:

p_v: Resultante producida por la presión del viento a 120km/h [kg/m]

p_c: Peso del conductor [kg/m]

$$\text{Desviación de la cadena } [^\circ] = \text{arctg} \frac{1.385}{1.52} = 42.32^\circ$$

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 18.44 metros.

$$D = 0.65\sqrt{18.44 + 2.159} + 0.85 * 2 = 4.42m$$



3.5.2 DISTANCIA ENTRE LOS CONDUCTORES Y PARTES A TIERRA

La distancia de los conductores a elementos a tierra será como mínimo Del (1.7 m), suponiendo una desviación de la cadena producida por la acción del viento a 120km/h.

3.5.3 DISTANCIAS EN LAS CABEZAS DE LOS APOYOS USADOS

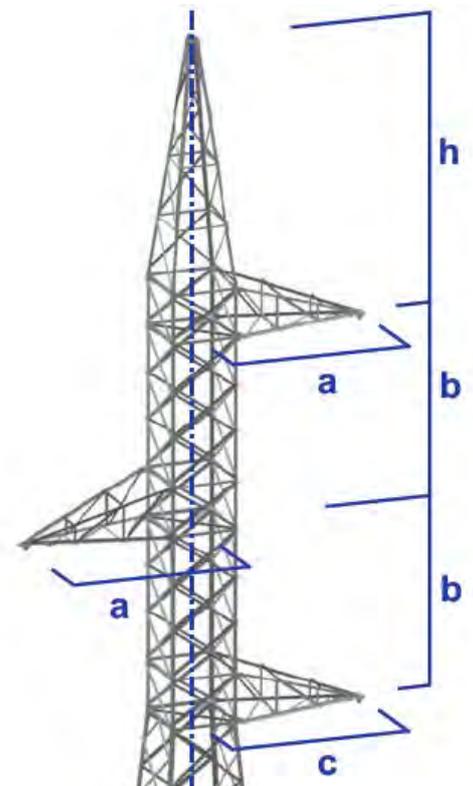
DISTANCIAS EN LAS CABEZAS DE LOS APOYOS

Las dimensiones de la cabeza del apoyo tipo CONDOR-S4C tendrá las siguientes dimensiones:

<i>Designación</i>	<i>Longitud [m]</i>
a	4.1
b	4.4
c	4.3
h	5.9

Las dimensiones de la cabeza del apoyo tipo ÍCARO-SN1 tendrá las siguientes dimensiones:

<i>Designación</i>	<i>Longitud [m]</i>
a	4.5
b	5.8
c	5
h	7.2





Siendo de 1.5m y 2.5m la columna central del CONDOR e ÍCARO respectivamente.

La distancia entre fases será de:

	<i>Distancia entre fases [m]</i>
Condor	9.305
Ícaro	10.707

Al ser mayores de 4.2 m (distancia mínima reglamentaria) se puede decir que se está cumpliendo con el reglamento.

La distancia a masa de las partes en tensión deberá ser mayor que Del (1.7metros), es por ello por lo que se estudiará la distancia a los apoyos tanto vertical como horizontal suponiendo una desviación en la cadena 3.4.1 de 42.32°.

Contando con que la cadena de suspensión (incluidos herrajes) mide 2.305 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 (42.32° de inclinación) estará a una distancia vertical de 2.01 metros del apoyo y 1.13 metros de distancia horizontal desplazado respecto a la vertical de la cadena sin viento.

Resultando las siguientes distancias:

<i>Apoyo\\Distancia</i>	<i>Vertical al apoyo [m]</i>	<i>Horizontal al apoyo [m]</i>
CONDOR	2.01	2.21
ÍCARO	2.01	2.11

Como se puede ver se respetan los 1.7 metros reglamentarios.



3.5.4 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:

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

Como en este caso D_{el} son 1.7 metros, se deberá guardar una distancia de al menos 7 metros. En este caso se ha dejado una distancia de seguridad de 8.5 metros para que en el caso de una posible repotenciación a 400kV no se deba ampliar la altura de los apoyos teniendo que rehacer solo el aislamiento de la cabeza del apoyo.

Esta es la distancia al suelo de la catenaria en hipótesis de flecha máxima para cada uno de los vanos:

Vano	Apoyo anterior	Apoyo posterior	Distancia de la catenaria al terreno [m]
1	1	2	18.91
2	2	3	17.22
3	3	4	14.62
4	4	5	15.39
5	5	6	14.54
6	6	7	19.55
7	7	8	18.02
8	8	9	23.29
9	9	10	15.13
10	10	11	20.42
11	11	12	15.13
12	12	13	15.93
13	13	14	13.36
14	14	15	11.83
15	15	16	13.01
16	16	17	10.97



Vano	Apoyo anterior	Apoyo posterior	Distancia de la catenaria al terreno [m]
17	17	18	11.54
18	18	19	12.45
19	19	20	13.82
20	20	21	13.4
21	21	22	11.36
22	22	23	14.3
23	23	24	13.98
24	24	25	13.16
25	25	26	13.51
26	26	27	12.78
27	27	28	15.82
28	28	29	16.16
29	29	30	16.92

3.5.5 DISTANCIA DE LOS CONDUCTORES A OTRAS LÍNEAS

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:

$$D_{add} + D_{pp} = 3.5 + 2 = 5.5$$

La distancia adicional será de 3.5 metros para este nivel de tensión según dicta el reglamento, además y tal como dice este se pasará por encima a aquellas líneas de tensión menor o igual ya existentes. Se considerará la línea superior en hipótesis de flecha máxima y la inferior en hipótesis de flecha mínima.

Cruzamiento	Afección	Apoyo anterior	Apoyo posterior	Longitud del vano [m]	Distancia al apoyo más próximo [m]	Distancia a fase [m]	Distancia a guarda [m]
1	LAT 132kV	17	18	350	171.1	5.94	12.24
2	LAT 220kV	34	35	422.12	210.3	7.44	10.37
Cruzamiento	Afección	Apoyo	Apoyo	Longitud	Distancia al	Distancia	Distancia



		anterior	posterior	del vano [m]	apoyo más próximo [m]	vertical [m]	a guarda [m]
3	LMT 45kV	44	45	210	103	-	5.67
4	LMT 45kV	32	33	222	102	-	9.8

Como se puede observar las distancias de los cruzamientos serán reglamentarias en todos los casos.

3.5.6 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:

$$D_{add} + D_{el} = 7.5 + 1.7 = 9.2$$

La distancia adicional será de 7.5 metros en el caso de líneas de categoría especial como en la que nos encontramos, por lo que la distancia mínima vertical será de 9.2 metros.

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.

Afección	Apoyo		Altura del apoyo más cercano		Distancia horizontal al apoyo más cercano [m]	Distancia vertical a la catenaria [m]
	Anterior	Posterior	[m]	x1.5 [m]		
Autovía CL-601	1	2	53.8	80.7	89.91	19.56
Carretera 1	6	7	53.7	80.55	132.92	13.98



<i>Afección</i>	<i>Apoyo</i>		<i>Altura del apoyo más cercano</i>		<i>Distancia horizontal al apoyo más cercano [m]</i>	<i>Distancia vertical a la catenaria [m]</i>
	<i>Anterior</i>	<i>Posterior</i>	<i>[m]</i>	<i>x1.5 [m]</i>		
Carretera 2	13	14	44.7	67.05	169.79	21.89
Carretera 3	15	16	44.7	67.05	92.03	16.28
Carretera 4	27	28	44.7	67.05	169.6	15.98

Como se puede observar las distancias de los cruzamientos serán reglamentarias en todos los casos.

Nota: La flecha de las líneas cruzadas se ha medido a 25°.

3.5.7 DISTANCIA DE LOS CONDUCTORES A RÍOS Y CANALES, NAVIGABLES 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 estos ríos ni arroyos son navegables en condiciones normales (el gálibo será nulo) se establecerá la distancia vertical mínima que se deberá guardar.

$$G + D_{add} + D_{el} = 0 + 3.5 + 1.7 = 5.2$$

Como se puede observar se ha aplicado la distancia adicional reglamentaria por líneas de categoría especial (3.5 metros). Cabe destacar que con guardar la distancia mínima al terreno (7 metros) ya se estaría cumpliendo la restricción estudiada.

Debido a la gran cantidad de arroyos que existían en la zona, se realizó un estudio del caudal que circulaba por ellos a lo largo del año. Como se puede ver en las siguientes imágenes comparativas del arroyo que discurre por el municipio de Cantimpalos, existe una época de crecida en la que este inunda hasta 8 metros a ambos lados del arroyo. Por este motivo se ha dejado una distancia de seguridad de 15 metros a ambos lados del arroyo para prevenir posibles inundaciones.



ANTES



DESPUÉS





ANTES





DESPUÉS





3.6 HERRAJES

Los herrajes tendrán el objetivo de unir los conductores y cable de guarda al apoyo, incluyendo en el caso de los conductores el aislamiento. Los herrajes usados en la realización del proyecto se tomarán del fabricante ARRUTI.

3.6.1 HERRAJES DE AMARRE PARA CONDUCTORES

Nombre	Código de referencia	Carga de rotura [daN]	Peso [kg]	Cantidad
Grillete Recto	GN-36	36000	1.7	2
Eslabón	ES-36	36000	0.85	1
Yugo triangular	Y-20/400-36	36000	9	1
Horquilla de bola paralela	HBP-20/21	21000	0.91	2
Rótula Horquilla	RH-20-AE	18000	1.7	2
Yugo separador	YL-3	36000	6.15	1
Tensor de corredera	T-2	21000	5.8	2
Grillete Recto	GN-20	21000	1	2
Grapa de amarre a compresión	GA-4T	13000	4.3	2
Descargador superior	DI-37 / 11		1.05	1
Raqueta	R-37 / 22		3	1

3.6.2 HERRAJES DE SUSPENSIÓN PARA CONDUCTORES

Nombre	Código de referencia	Carga de rotura [daN]	Peso [kg]	Cantidad
Grapa de suspensión armada	GAS-7 / 28	12000	6.95	2
Horquilla revirada	HR-16 / E	13500	1	2
Yugo triangular	Y-16/400-22	22000	5.8	1
Rótula Horquilla	RH-20-AE	18000	1.7	1
Anilla Bola de Protección	AB-20-P	18000	1.15	1
Grillete Recto	GN-16T	13500	0.55	1
Descargador superior	DI-37 / 11		1.05	1
Raqueta	R-37 / 22		3	1



3.6.3 HERRAJES DE AMARRE PARA CABLE DE GUARDA

Nombre	Código de referencia	Carga de rotura [daN]	Peso [kg]	Cantidad
Grillete Recto	GN-16	10000	0.48	2
Eslabón revirado	ESR-16	12500	0.475	2
Tensor de corredera	T-1	13500	3.4	2
Horquilla guardacabos	G-16	13500	3.4	1
Retención preformada para OPGW	RAAW-108-112	8250		1

3.6.4 HERRAJES DE SUSPENSIÓN PARA CABLE DE GUARDA

Nombre	Código de referencia	Carga de rotura [daN]	Peso [kg]	Cantidad
Grapa de suspensión armada	GAS-1/11-AW	5000	1.65	1
Horquilla revirada	HR-16 / E	13500	1	1
Grillete Recto	GN-16T	13500	0.55	1
Conexión de puesta a tierra	GCPAL-8/14		0.35	1
Conexión de puesta a tierra	GCSAL-8/14		0.35	1



FUTUROS DESARROLLOS

Con una previsión de futuro, se han previsto las distancias de seguridad ajenas al apoyo (distancias al terreno, ríos, autopistas...) con el objetivo de que se pueda realizar una repotenciación futura a 400 kV, en la que solo sería necesaria una revisión del aislamiento en la cabeza del apoyo pudiendo ampliar hasta un 81.81% la potencia transportable.

Un ejemplo de ello son las distancias al terreno. Se ha respetado siempre una distancia de 8.5 metros frente a los 7 metros exigidos por el RLEAT. Este incremento se debe a que en 400 kV la distancia reglamentaria es de 8.1 metros y se guarda 0.4 metros de seguridad con el objeto de prever flechas superiores a las calculadas por temas de fluencias de los conductores.



Parte II PLANOS



Capítulo 1 PLANOS

1.1 LOCALIZACIÓN

1.1.1 PLANOS DE LOCALIZACIÓN

1.1.1.1 Plano localización 1

PLANO 1. Muestra la localización de la línea en un mapa escala 1:25000.

1.1.1.2 Plano localización 2

PLANO 2. Muestra la localización de la línea en un mapa escala 1:25000

1.1.1.3 Plano localización subterráneo

PLANO 3. Muestra la localización de la línea en un mapa escala 1:10000.

.

1.1.2 PLANO DE PERFIL

PLANO 4. Muestra el perfil de la línea con los apoyos, guitarra, situación catastral, distancias de seguridad....



1.2 TRAMO AÉREO

1.2.1 APOYOS

1.2.1.1 Apoyo tipo CONDOR

PLANO 5. Muestra el apoyo tipo CONDOR.

1.2.1.2 Apoyo tipo ÍCARO

PLANO 6. Muestra el apoyo tipo ÍCARO.

1.2.1.3 Apoyo paso de aéreo a subterráneo

PLANO 7. Muestra la disposición del apoyo de paso aéreo a subterráneo.

1.2.2 CIMENTACIONES

PLANO 8. Muestra las cimentaciones usadas en los apoyos

1.2.3 AMORTIGUACIÓN

PLANO 9. Muestra un amortiguador tipo Stockbridge utilizado.

1.2.4 HERRAJES

1.2.4.1 Herrajes de amarre para conductores

PLANO 10. Muestra los herrajes de una cadena de amarre para conductores.

1.2.4.2 Herrajes de suspensión para conductores

PLANO 11. Muestra los herrajes de una cadena de amarre para conductores.



1.2.4.3 Herrajes de amarre para cable de guarda

PLANO 12. Muestra los herrajes de una cadena de amarre para conductores.

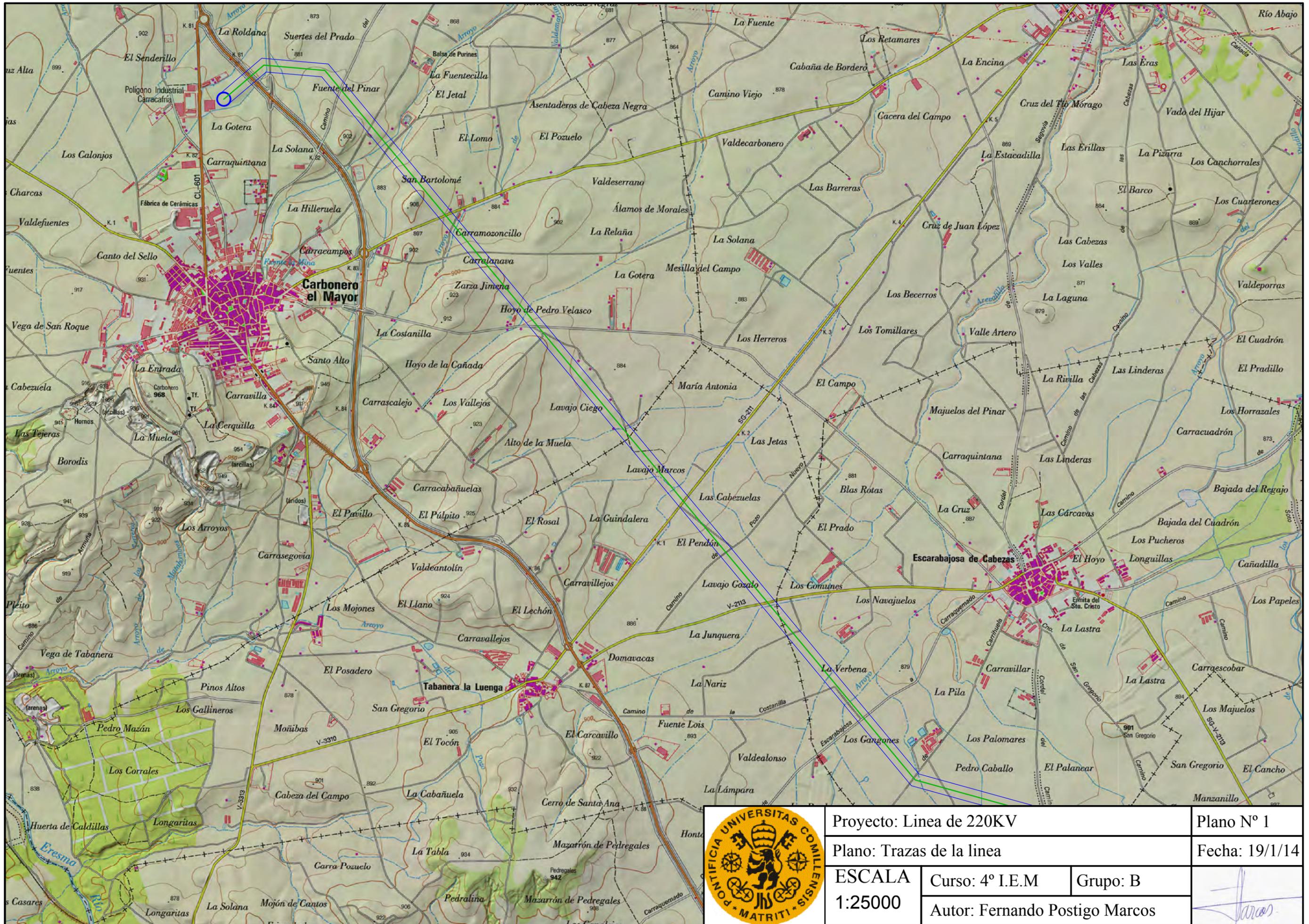
1.2.4.4 Herrajes de suspensión para cable de guarda

PLANO 13. Muestra los herrajes de una cadena de amarre para conductores.

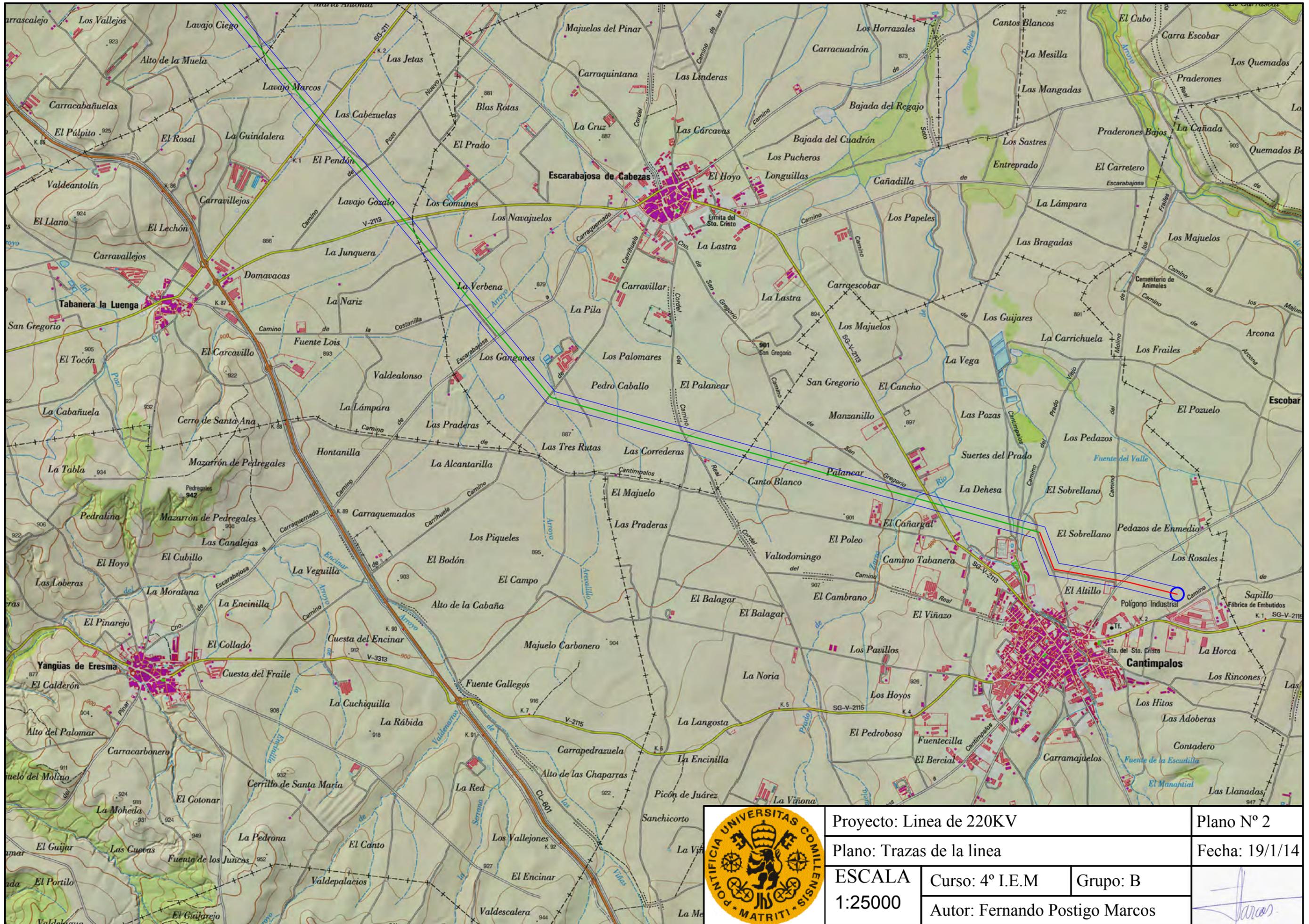
1.3 TRAMO SUBTERRÁNEO

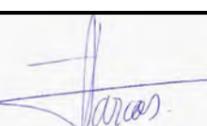
1.3.1 CANALIZACIONES

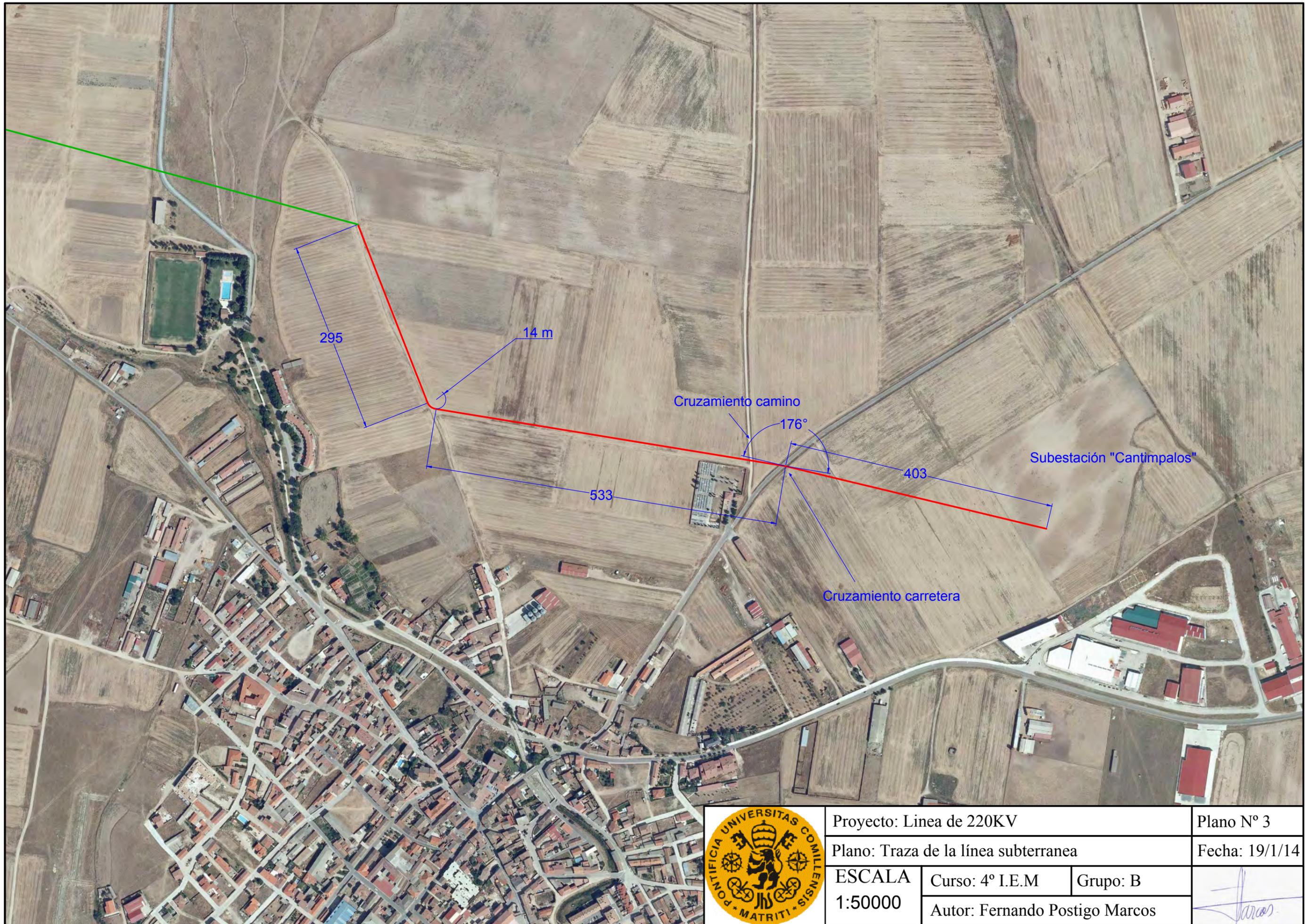
PLANO 14. Muestra las canalizaciones del tramo subterráneo.



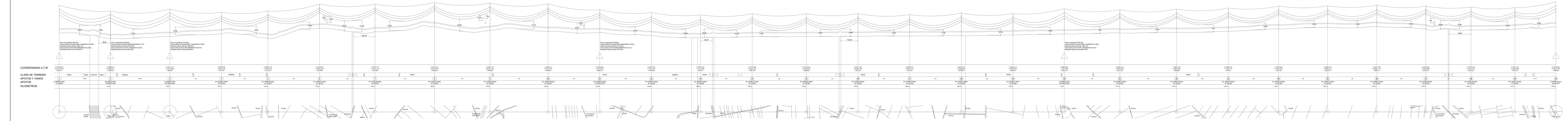
Proyecto: Línea de 220KV		Plano N° 1	
Plano: Trazas de la línea		Fecha: 19/1/14	
ESCALA 1:25000	Curso: 4° I.E.M	Grupo: B	
	Autor: Fernando Postigo Marcos		



Proyecto: Línea de 220KV		Plano N° 2	
Plano: Trazas de la línea		Fecha: 19/1/14	
ESCALA 1:25000	Curso: 4° I.E.M	Grupo: B	
	Autor: Fernando Postigo Marcos		



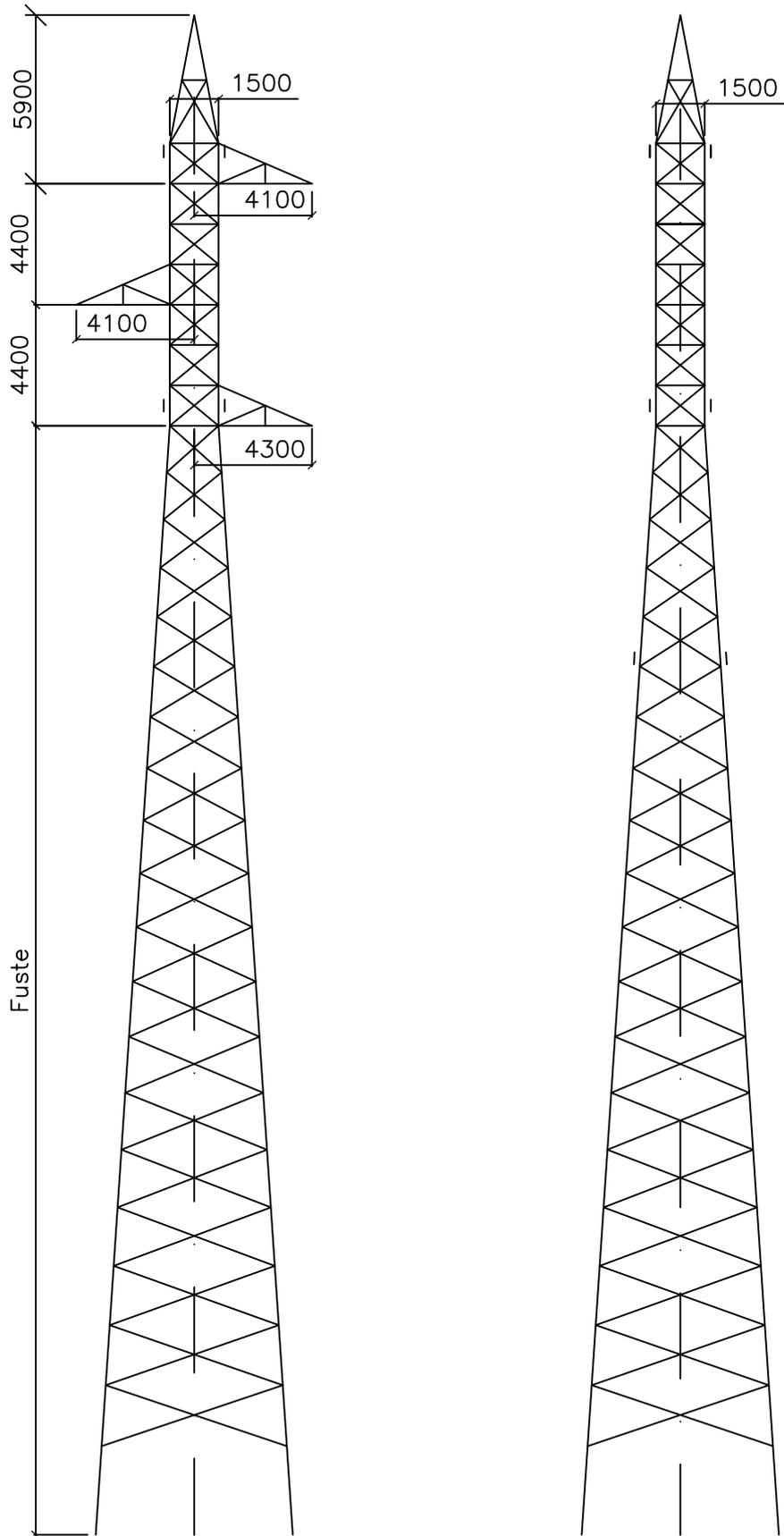
Proyecto: Línea de 220KV		Plano N° 3
Plano: Traza de la línea subterránea		Fecha: 19/1/14
ESCALA 1:50000	Curso: 4° I.E.M	Grupo: B
	Autor: Fernando Postigo Marcos	



COORDENADAS U.T.M
CLASE DE TERRENO
APOYOS Y VANOS
APOYOS
KILOMETROS

Apoyo	DESIGNACIÓN	TIPO	ALTURA DEL FUSTE [m]	PESO [kg]	CABEZA
1	IC-55000-35-SN1	ICARO	35	55000	SN1
2	IC-55000-35-SN1	ICARO	35	55000	SN1
3	IC-55000-35-SN1	ICARO	35	55000	SN1
4	CO-12000-27-SS4C	CONDOR	27	12000	SS4C
5	CO-12000-39-SS4C	CONDOR	39	12000	SS4C
6	CO-12000-33-SS4C	CONDOR	33	12000	SS4C
7	CO-12000-39-SS4C	CONDOR	39	12000	SS4C
8	CO-12000-33-SS4C	CONDOR	33	12000	SS4C
9	CO-12000-39-SS4C	CONDOR	39	12000	SS4C
10	CO-12000-33-SS4C	CONDOR	33	12000	SS4C
11	CO-30000-30-S4C	CONDOR	30	30000	S4C
12	CO-12000-30-SS4C	CONDOR	30	12000	SS4C
13	CO-12000-30-SS4C	CONDOR	30	12000	SS4C
14	CO-12000-30-SS4C	CONDOR	30	12000	SS4C
15	CO-12000-30-SS4C	CONDOR	30	12000	SS4C
16	CO-12000-30-SS4C	CONDOR	30	12000	SS4C
17	CO-12000-37-SS4C	CONDOR	27	12000	SS4C
18	CO-12000-30-SS4C	CONDOR	30	12000	SS4C
19	CO-12000-27-SS4C	CONDOR	27	12000	SS4C
20	IC-55000-30-SN1	ICARO	30	55000	SN1
21	CO-12000-30-SS4C	CONDOR	30	12000	SS4C
22	CO-12000-30-SS4C	CONDOR	30	12000	SS4C
23	CO-12000-30-SS4C	CONDOR	30	12000	SS4C
24	CO-12000-30-SS4C	CONDOR	30	12000	SS4C
25	CO-12000-27-SS4C	CONDOR	27	12000	SS4C
26	CO-12000-27-SS4C	CONDOR	27	12000	SS4C
27	CO-12000-30-SS4C	CONDOR	30	12000	SS4C
28	CO-12000-30-SS4C	CONDOR	30	12000	SS4C
29	CO-12000-27-SS4C	CONDOR	27	12000	SS4C
30	IC-55000-30-SN1	ICARO	30	55000	SN1


 Proyecto: Línea de 220KV
 CH-A
 H: 1/2000
 V: 1/500
 Curso: 4º I.E.M
 Grupo: B
 Auto: Fernando Postigo Marcos
 Fecha: 19/1/14



Fuste variable: 27000, 30000, 33000, 39000 [mm]



Proyecto: Línea de 220KV

Plano N° 5

Plano: Apoyo gama CONDOR

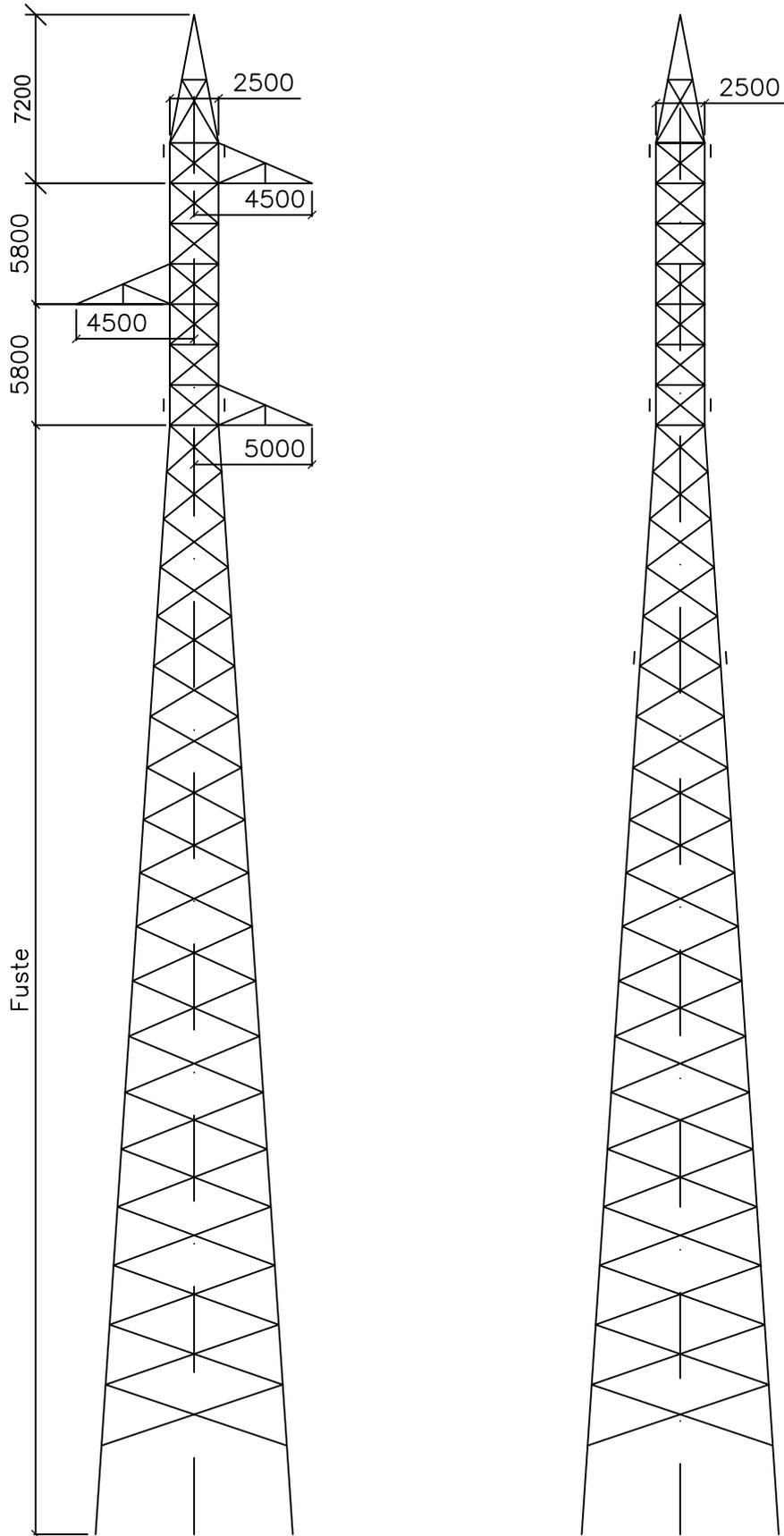
Fecha: 19/1/14

CO-SS4C

Curso: 4° I.E.M

Grupo: B

Autor: Fernando Postigo Marcos



Fuste variable: 30000, 35000 [mm]



Proyecto: Línea de 220KV

Plano N° 6

Plano: Apoyo gama ÍCARO

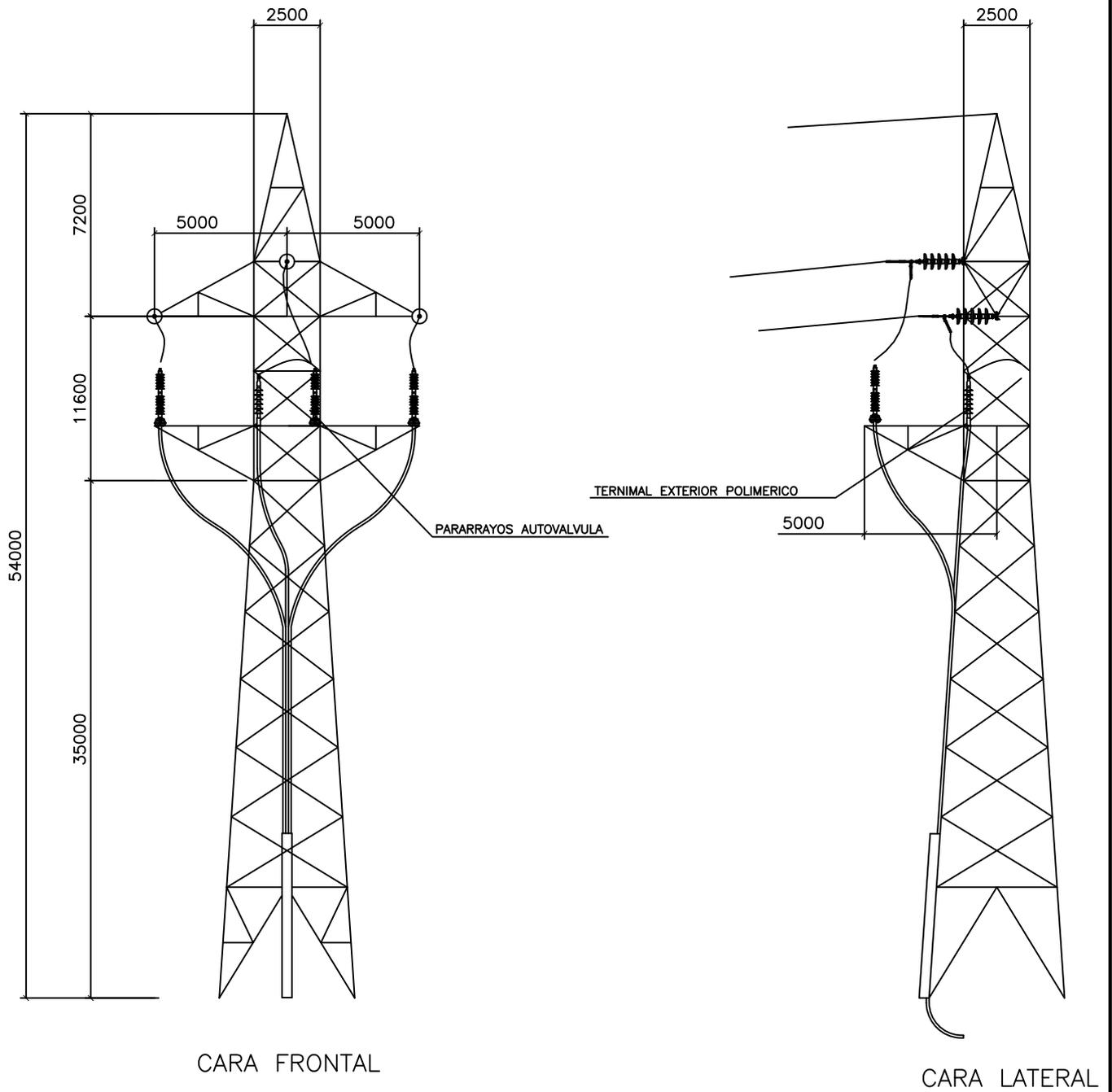
Fecha: 19/1/14

IC-55000
30/35-SN1

Curso: 4° I.E.M

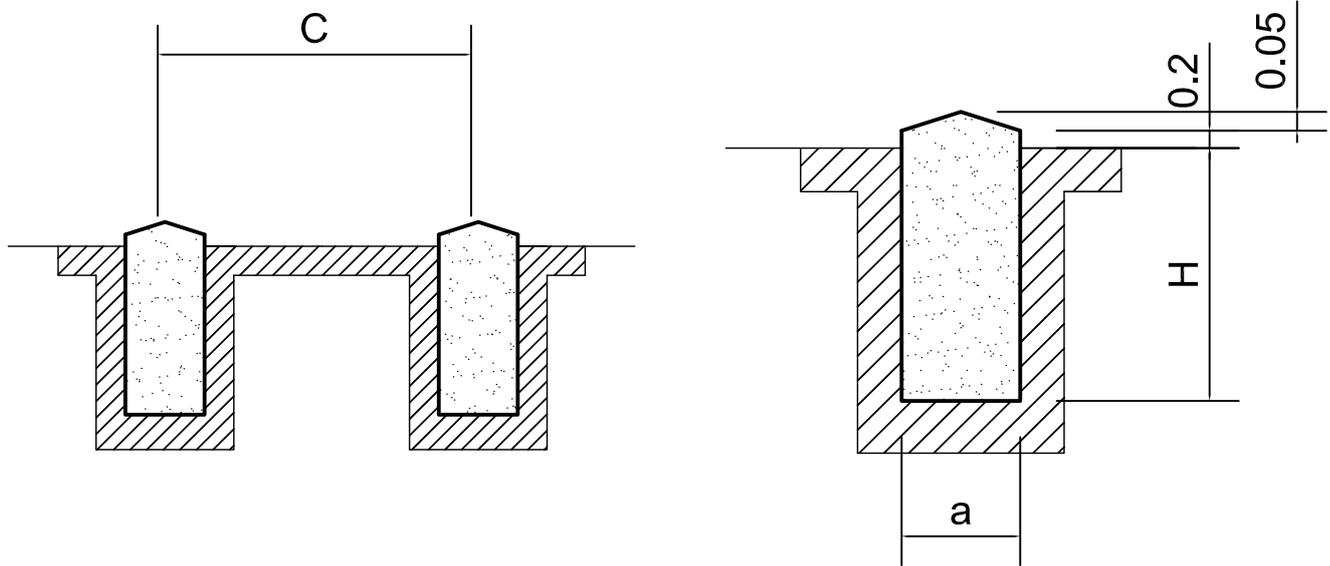
Grupo: B

Autor: Fernando Postigo Marcos



Proyecto: Línea de 220KV		Plano N° 7
Plano: Apoyo Paso aéreo subterráneo		Fecha: 19/1/14
IC-55000 30-SN1	Curso: 4° I.E.M	Grupo: B
	Autor: Fernando Postigo Marcos	

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "Postigo", is located in the bottom right corner of the table.



TIPO	Esfuerzo [kg]	Altura [m]	a [m]	c [m]	H [m]	V [m3]
Condor	12000	27	1.35	6.4	2.9	5.29
Condor	12000	30	1.35	6.95	2.9	5.29
Condor	12000	33	1.4	7.43	2.9	5.68
Condor	12000	39	1.45	8.5	3.05	6.41
Condor	33000	30	2.15	6.95	3.8	17.57
Ícaro	55000	30	2.75	7.8	4	30.25
Ícaro	55000	35	2.8	8.64	4	31.36



Proyecto: Línea de 220KV

Plano N° 8

Plano: Cimentaciones de apoyos

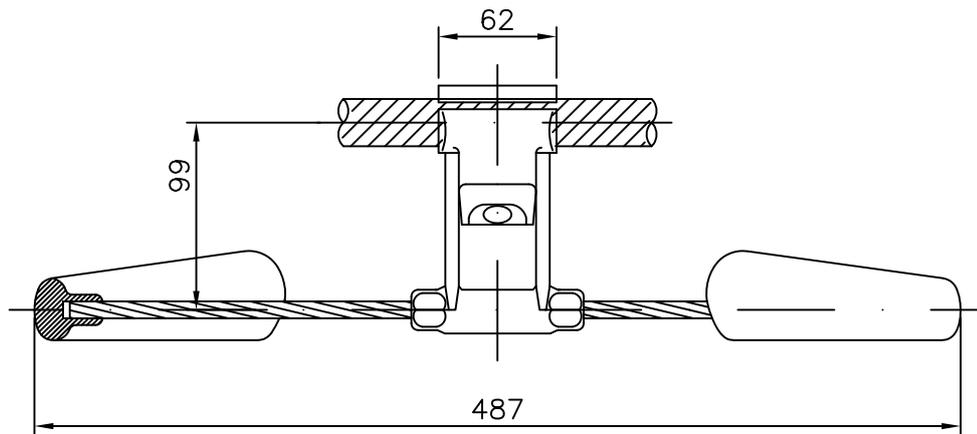
Fecha: 19/1/14

C-A

Curso: 4° I.E.M

Grupo: B

Autor: Fernando Postigo Marcos



Proyecto: Línea de 220KV

Plano N° 9

Plano: Amortiguador Stockbridge

Fecha: 19/1/14

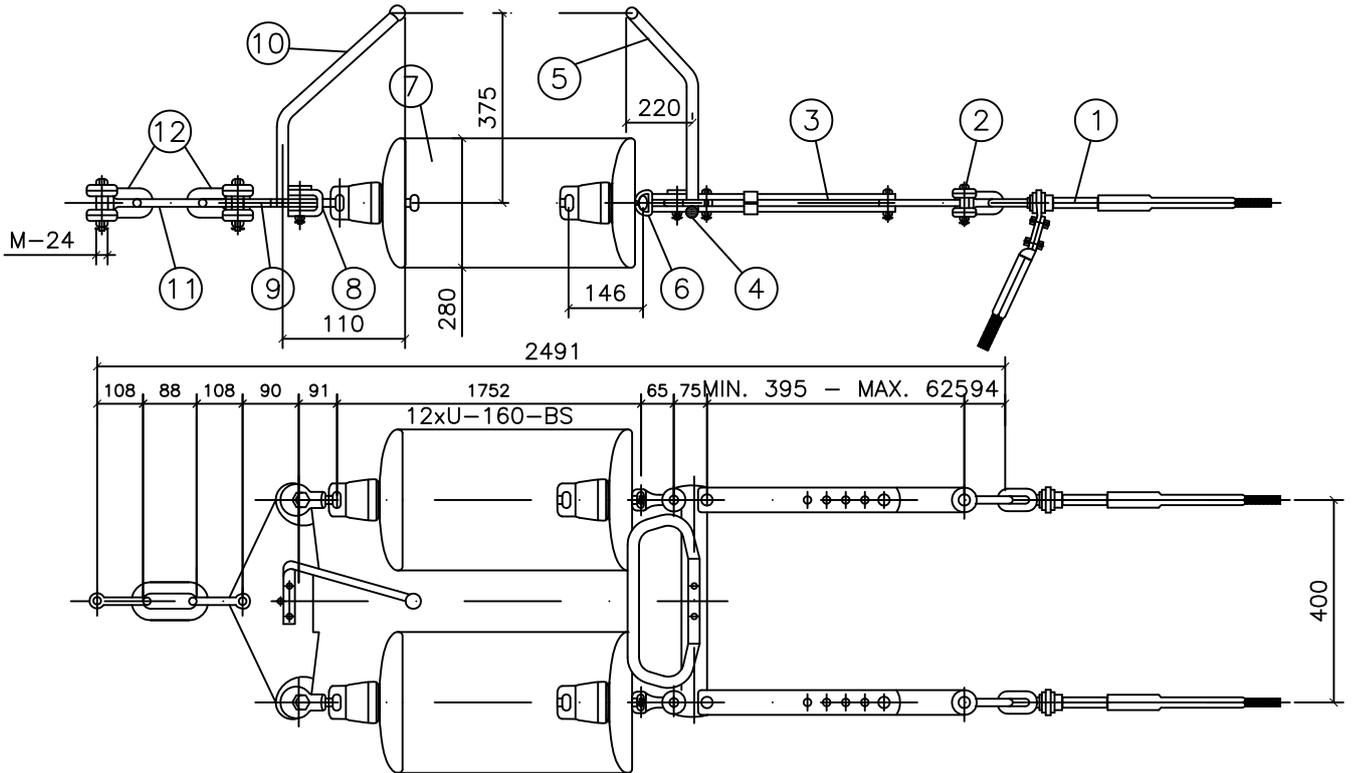
ESCALA

Curso: 4° I.E.M

Grupo: B

1:4

Autor: Fernando Postigo Marcos



PESO APROXIMADO: 202.7 kg
 CARGA ROTURA MINIMA DE LA CADENA: 13.000 daN
 CARGA ROTURA MINIMA GRAPA: 13.000 daN
 TENSION SOPORTADA A FRECUENCIA INDUSTRIAL BAJO LLUVIA: 455 kV
 TENSION SOPORTADA A IMPULSO TIPO RAYO 1,2/50 μ s: 1.110 kV
 LINEA DE FUGA: 3.920 mm

POS.	CODIGO	DENOMINACION	CANT.
1	GA-4T	GRAPA AMARRE COMPRESION PARA CABLE GA-4T	2
2	GN-20	GRILLETE NORMAL RECTO GN-20	2
3	T-2	TENSOR DE CORREDERA T-2	2
4	YL-3	YUGO SEPARADOR YL-3	1
5	R-37/22	DESCARGADOR AMARRE DUPLEX INFERIOR 220 kV	2
6	RH-20-AE	ROTULA HORQUILLA CORTA RH-20-AE	2
7	---	AISLADOR VIDRIO U-160-BS	36
8	HBP-20/21	HORQUILLA BOLA HBP-20/21	2
9	Y-20/400	YUGO TRIANGULAR AMARRE Y-20/400-36	1
10	DI-37/11	DESCARGADOR AMARRE SUPERIOR 220 kV	1
11	E-36	ESLABON CADENA AISLADORES E-36	1
12	GN-36	GRILLETE NORMAL RECTO GN-36	2



Proyecto: Linea de 220KV

Plano N° 10

Plano: Cadena de herrajes de amarre

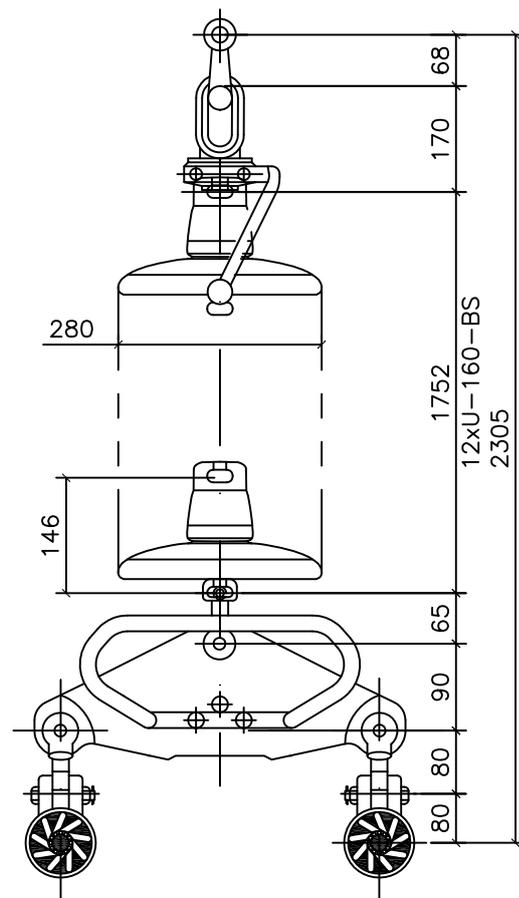
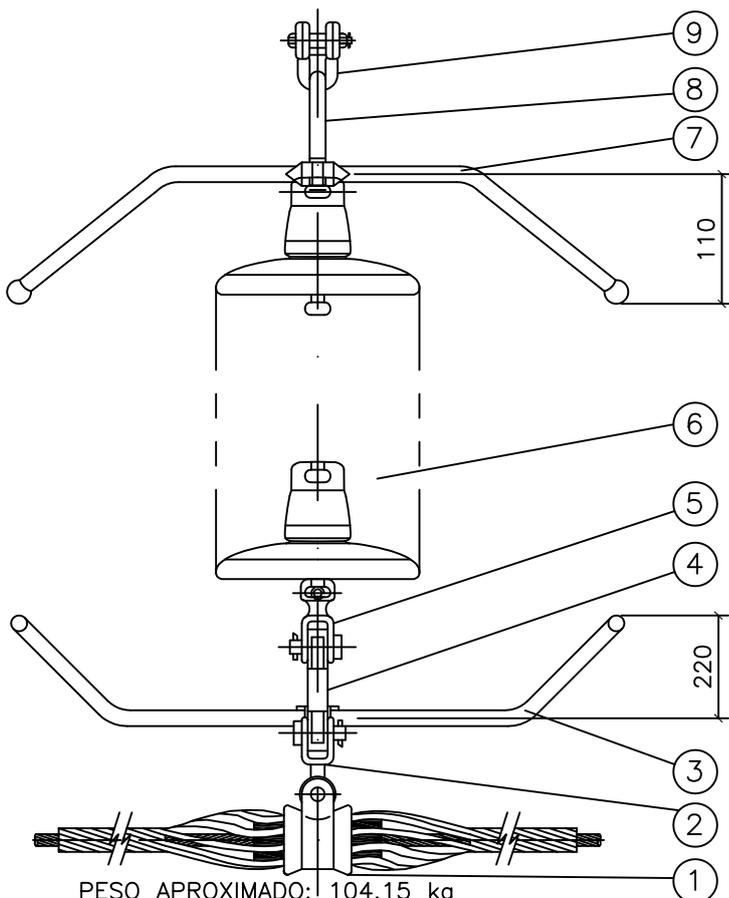
Fecha: 19/1/14

CH-A

Curso: 4° I.E.M

Grupo: B

Autor: Fernando Postigo Marcos



PESO APROXIMADO: 104.15 kg
 CARGA ROTURA MINIMA DE LA CADENA: 12.000 daN
 CARGA ROTURA MINIMA GRAPA: 12.000 daN
 TENSION SOPORTADA A FRECUENCIA INDUSTRIAL BAJO LLUVIA: 455 kV
 TENSION SOPORTADA A IMPULSO TIPO RAYO 1,2/50 μ s: 1010 kV
 LINEA DE FUGA: 3.920

POS.	CODIGO	DENOMINACION	CANT.
1	GAS-7/28	GRAPA SUSPENSION ARMADA GAS-7/28	2
2	HR-16/E	HORQUILLA REVIRADA HR-16/E	2
3	R-37/22	DESCARGADOR SUSPENSION DUPLEX INFERIOR 220 kV	1
4	Y-16/400	YUGO TRIANGULAR SUSPENSION Y-16/400-22	1
5	RH-20-AE	ROTULA HORQUILLA RH-20-AE	1
6	---	AISLADOR U-160-BS	12
7	DI-37/11	DESCARGADOR SUSPENSION SUPERIOR 220 kV	1
8	AB-20P	ANILLA BOLA PARA PROTECCION AB-20P	1
9	GN-16T	GRILLETE NORMAL RECTO GN-16T	1



Proyecto: Linea de 220KV

Plano N° 11

Plano: Cadena de herrajes de suspensión

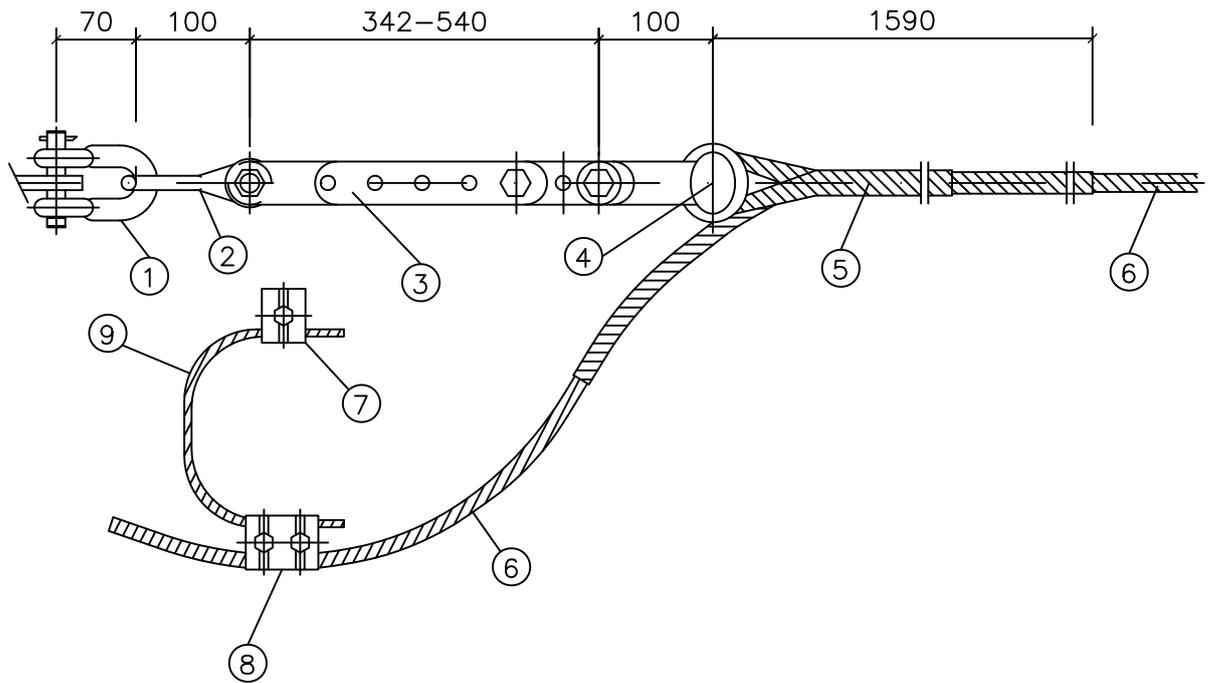
Fecha: 19/1/14

CH-S

Curso: 4° I.E.M

Grupo: B

Autor: Fernando Postigo Marcos



PESO APROXIMADO: 9,3 kg

CARGA ROTURA MINIMA DE LA CADENA: 12.500 daN

CARGA ROTURA MINIMA DEL PREFORMADO: 90% CARGA ROTURA CABLE OPGW

POS.	CODIGO	DENOMINACION	CANT.
1	GN-16	GRILLETE NORMAL RECTO GN-16	1
2	ESR-16	ESLABON REVIRADO ESR-16	1
3	T-1	TENSOR CORREDERA T-1	1
4	G-16	HORQUILLA GUARDACABOS G-16	1
5	RAAW-108-112	RETENCION PREF. AMARRE CABLE OPGW 10.81/11.2 mm	1
6	--	CABLE DE FIBRA OPTICA OPGW 7N7	-
7	GCSAL-8/14	GRAPA CONEXION SENCILLA PARA CABLE ALUMINIO	1
8	GCPSAL-8/14	GRAPA CONEXION UNIVERSAL PARALELA CABLE ALUMINIO	1
9	--	CABLE AL-AC LA-56	1m



Proyecto: Linea de 220KV

Plano N° 12

Plano: Cadena de herrajes de am. OPGW

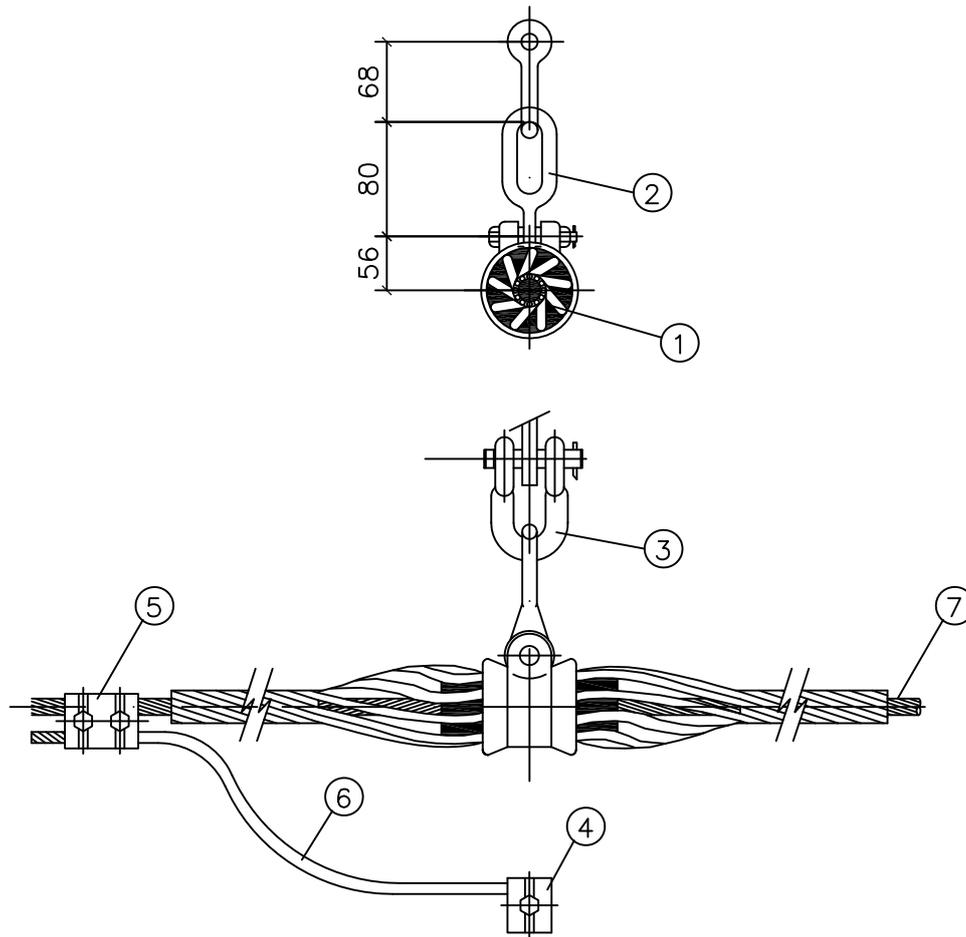
Fecha: 19/1/14

CH-A
OPGW

Curso: 4° I.E.M

Grupo: B

Autor: Fernando Postigo Marcos



PESO APROXIMADO: 3,85 kg
 CARGA ROTURA MINIMA DE LA CADENA: 5000 daN
 CARGA ROTURA MINIMA GRAPA: 5000 daN

POS.	CODIGO	DENOMINACION	CANT.
1	GAS-1/11	GRAPA GAS PARA CABLE F.O. GAS-1/11-AW	1
2	HR-16/E	HORQUILLA REVIRADA HR 16-E	1
3	GN-16T	GRILLETE NORMAL RECTO GN-16T	1
4	GCSAL-8/14	GRAPA CONEXION SENCILLA PARA CABLE ALUMINIO	1
5	GCPSAL-8/14	GRAPA CONEXION UNIVERSAL PARALELA CABLE ALUMINIO	1
6	--	CABLE AL-AC LA-56	1 m
7	--	CABLE DE FIBRA OPTICA OPGW 7N7	-



Proyecto: Linea de 220KV

Plano N° 13

Plano: Cadena de herrajes de susp. OPGW

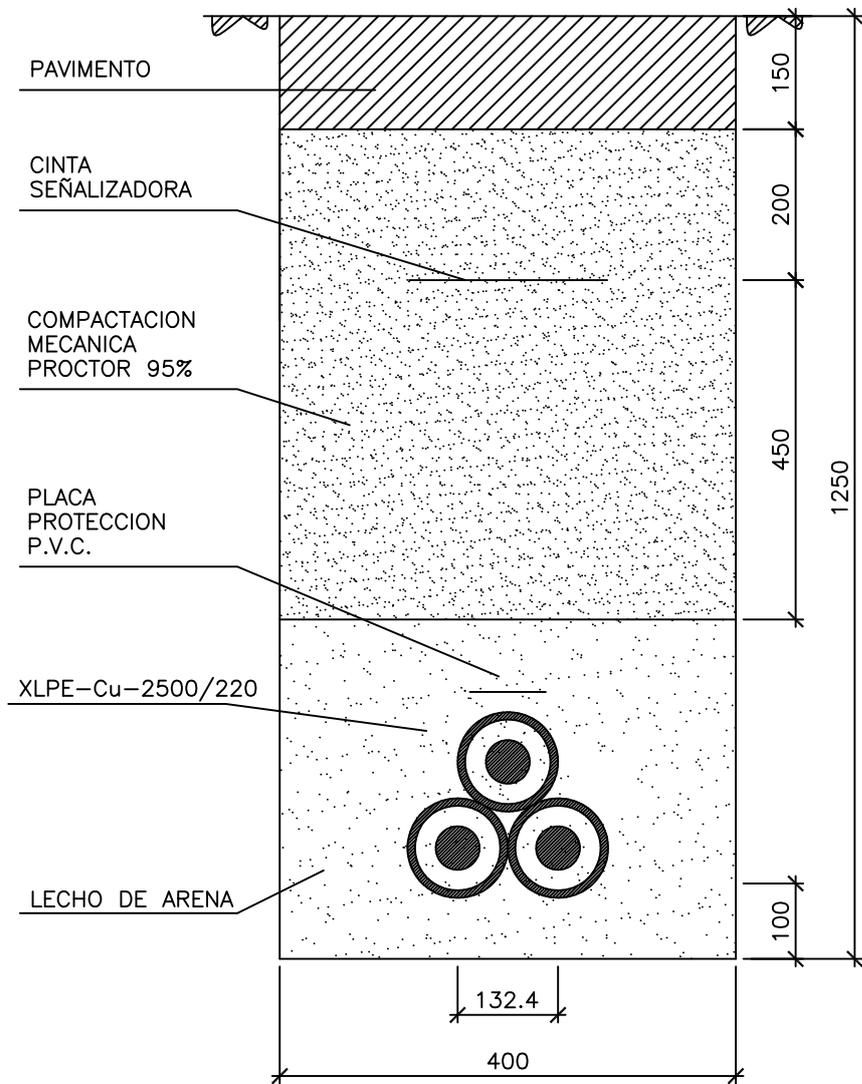
Fecha: 19/1/14

CH-S
OPGW

Curso: 4° I.E.M

Grupo: B

Autor: Fernando Postigo Marcos



Proyecto: Línea de 220KV

Plano N° 14

Plano: Canalización

Fecha: 19/1/14

ESCALA

Curso: 4° I.E.M

Grupo: B

1:100

Autor: Fernando Postigo Marcos



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.

1.2.1 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.
- 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.

Transporte y acopio de materiales

Los materiales que suministrados 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.



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.

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.

El contratista queda obligado a colocar en los almacenes 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 estrobos. 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 estrobos 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 arriostramiento.

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.



1.2.2 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 apreciase 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 220 KV ENTRE SUBESTACIONES DE CARBONERO EL MAYOR Y CANTIMPALSO EN LA PROVINCIA SEGOVIA 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/mm² 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:



1.2.2.1 Cemento

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

1.2.2.2 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.

1.2.2.3 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.

1.2.2.4 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 fraccionada, 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.

1.2.3 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.



1.2.4 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 c onsiderada de obligado cumplimiento según la ITC 02 del RLEAT.

1.2.5 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.

1.2.6 TENDIDO, EMPALME, TENSADO Y RETENCIONADO

1.2.6.1 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.



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 allumoweld del cable de fibra



óptica OPGW o la cubierta del cable de fibra óptica autoportado 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.

1.2.6.2 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 arriostamiento, 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 realizaran 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° 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.

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.

1.2.7 REPOSICIÓN DEL TERRENO

Las tierras sobrantes, así como los restos del hormigonado, deberán ser extendidas si el propietario del terreno lo autoriza o retiradas 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.

1.2.8 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).

1.2.9 PRESCRIPCIONES MEDIOAMBIENTALES

Caso que aplique a la línea la colocación de salvapájaros, y que estos vayan ubicados en el cable de fibra óptica autoportado, 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 salvapájaros con una pluma desde el suelo siempre que fuese es posible.

1.2.10 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 20Ω 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.

1.3 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.

1.3.1 APOYOS

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.

1.3.2 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.

1.3.3 AISLADORES

Los aisladores de vidrio y las crucetas aislantes utilizados en el presente Proyecto se ajustarán a las especificaciones técnicas de materiales.

1.3.4 HERRAJES

Los herrajes utilizados en el presente Proyecto se ajustarán a las especificaciones técnicas de materiales .



1.4 ASEGURAMIENTO DE CALIDAD DE MATERIALES DE A.T

Al objeto de garantizar la calidad de los materiales de alta tensión de las instalaciones, se 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 y son suministrados por proveedores homologados por ella.
- Ensayos de recepción en fábrica.
- Ensayos de recepción en campo.

1.4.1 VERIFICACIÓN DE SUMINISTRO POR PROVEEDORES HOMOLOGADOS

De cara a garantizar la calidad de los suministradores de materiales se tiene establecido un proceso de homologación de proveedores, basado en el cumplimiento de requerimientos formales y la superación de auditorias e inspecciones de calidad.

1.4.2 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.

Para todos los materiales de A.T., se recibirán los protocolos de los ensayos de recepción en fábrica realizados sobre los mismos.



1.4.3 ENSAYOS DE RECEPCIÓN EN CAMPO

Con carácter general, los ensayos de recepción en campo serán realizados conforme a lo establecido a la compañía de distribución y con su presencia.

Para todos los materiales de A.T., se recibirán los protocolos de los ensayos de recepción en campo realizados sobre los mismos.

1.5 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 general y de más pliegos de condiciones particulares.

Una vez finalizadas las instalaciones, el contratista deberá solicitar la oportuna recepción global de la obra.

El director de obra 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.

1.5.1 CALIDAD DE 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. 86º de la



EHE 08. El contratista tomará a su cargo las obras ejecutadas con hormigón que hayan resultado de insuficiente calidad.

1.5.2 TOLERANCIAS DE EJECUCIÓN

1.5.2.1 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.

1.5.2.2 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.

1.5.2.3 Verticalidad de los apoyos

En los apoyos de alineación se admitirá una tolerancia en la verticalidad del 0,2 % sobre la altura del mismo.

1.5.2.4 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.

1.5.2.5 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.

1.5.2.6 Grapas

Se comprobará que las grapas y demás accesorios han sido instalados de forma correcta.

1.5.2.7 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.

1.5.3 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.

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:

1.5.4 DOCUMENTACIÓN DE LA INSTALACIÓN

Una vez finalizada y puesta en servicio la línea eléctrica el director de obra entregará a la compañía de 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 la compañía de 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 la compañía de distribución.



En particular, en líneas de 45 y 66 kV, los trabajos de tendido se llevarán a cabo por la compañía de 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.

2.3.1 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.

2.3.2 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.

2.3.3 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 trabajo. 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.

2.3.4 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.

2.3.5 CANALIZACIÓN

2.3.5.1 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 la compañía de 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 la compañía de 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 la compañía de 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.



2.3.5.2 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.

2.3.6 TRANSPORTE Y ALMACENAMIENTO DE BOBINAS DE CABLES

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.

2.3.7 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 d el 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.

2.3.8 TENDIDO DE CABLE DE PUESTA A TIERRA

La sección de cada cable de tierra no será en ningún caso inferior a la sección de la pantalla y, en cualquier caso, 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.

2.3.9 PASO AÉREO SUBTERRÁNEO

En el paso aéreo a subterráneo aplicará lo indicado en documento Memoria.

2.3.10 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/mm² 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.

2.3.11 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 la compañía de 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 la compañía de distribución "Placa de Polietileno para protección de cables enterrados".

Los elementos de protección tendrán una adecuada resistencia mecánica, con una resistencia a la compresión de 450 N y un impacto de energía de 40 J.

2.3.12 SEÑALIZACIÓN

Todo cable o conjunto de cables debe estar señalado por una cinta de atención de acuerdo con la especificación de materiales de la compañía de distribución, colocada a una distancia mínima de 100 mm del suelo y a una distancia mínima de 300 mm de la parte superior del cable. Cuando los cables o conjuntos de cables de categorías de tensión diferentes estén superpuestos, debe colocarse dicha cinta encima de cada uno de ellos.

2.3.13 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.

2.3.14 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.

2.3.15 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.

2.3.16 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. 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.

2.6.1 *CONDICIONES GENERALES DE TRABAJO*

Se cumplirá con la normativa ambiental vigente para el ejercicio de la actividad, así como con los requisitos internos de las instalaciones de la compañía de 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.



2.6.2 ATMOSFERA

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.

2.6.3 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.

2.6.4 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.

2.6.5 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 obligatorio 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 ESTUDIO DE
SEGURIDAD Y SALUD***



Capítulo 1 ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

1.1 OBJETO

El presente Estudio de Seguridad tiene por objeto, de acuerdo con el Real Decreto 1627/1997 de 24 de Octubre, precisar las normas de seguridad y salud aplicables a las obras.

Este estudio servirá de base para que el Técnico designado por la empresa adjudicataria de la obra pueda realizar el Plan de Seguridad y Salud en el Trabajo en el que se analizarán, estudiarán, desarrollarán y complementarán las previsiones contenidas en este estudio, en función de su propio sistema de ejecución de la obra, así como la propuesta de medidas alternativas de prevención, con la correspondiente justificación técnica y sin que ello implique disminución de los niveles de protección previstos y ajustándose en todo caso a lo indicado al respecto en el artículo 7 del R.D. 1627/97 sobre disposiciones mínimas de seguridad y de salud en las obras de construcción.

1.2 METODOLOGÍA

A tal efecto se llevará a cabo una exhaustiva identificación de los riesgos laborales que puedan ser evitados, indicando las medidas técnicas necesarias para ello.

Del mismo modo se hará una relación de los riesgos laborales que no pueden eliminarse, especificando las medidas preventivas y protecciones técnicas tendentes a controlar y reducir dichos riesgos.



Tales riesgos irán agrupados por “Factores de Riesgo” asociados a las distintas operaciones a realizar durante la ejecución de la obra.

1.3 IDENTIFICACIÓN DE LOS RIESGOS

Las diferentes tareas a realizar durante la ejecución de una obra llevan asociados una serie de riesgos ante los cuales deberán adoptarse unas medidas preventivas. En una obra relativa a un Proyecto de Líneas Eléctricas de tales características, los factores de riesgo son:

- a) Factor de riesgo: Transporte de materiales:

Es el riesgo derivado del transporte de los materiales en el lugar de ejecución de la obra.

<i>RIESGOS ASOCIADOS</i>	<i>MEDIDAS PREVENTIVAS</i>
Caída de personas al mismo nivel Cortes Caída de objetos Desprendimientos, desplomes y derrumbes Atrapamiento Confinamiento Condiciones ambientales y señalización	Inspección del estado del terreno Utilización de los pasos y vías existentes Limitación de la velocidad de los vehículos Delimitación de puntos peligrosos (zanjas, pozos...) Respeto de zonas señalizadas y delimitadas Exigencia y mantenimiento del orden Precaución en transporte de materiales

Protecciones individuales a utilizar:



- Guantes protección
- Cascos de seguridad
- Botas de seguridad

b) Factor de riesgo: Trabajos en altura (apoyos):

Es el riesgo derivado de la ejecución de trabajos en apoyos de líneas eléctricas (colocación de herrajes, cadenas de aislamiento, etc.).

RIESGOS ASOCIADOS	MEDIDAS PREVENTIVAS
Caída de personas a distinto nivel Caída de objetos Desplomes Cortes Contactos eléctricos Carga física	Inspección del estado del terreno y del apoyo (observando, pinchando y golpeando el apoyo o empujándolo perpendicularmente a la línea) Consolidación o arriostamiento del apoyo en caso del mal estado, duda o modificación de sus condiciones de equilibrio (vg.: corte de conductores) Ascenso y descenso con medios y métodos seguros (Escaleras adecuadas y sujetas por su parte superior. Uso del cinturón en ascenso y descenso. Uso de varillas adecuadas. Siempre tres puntos de apoyo...) Estancia en el apoyo utilizando el cinturón, evitando posturas inestables con calzado y medios de trabajo adecuados. Utilización de bolsa portaherramientas y cuerda de servicio. Delimitar y señalizar la zona de trabajo. Llevar herramientas atadas a la muñeca. Cuerdas y poleas (si fuera necesario) para subir y bajar



materiales.
Evitar zona de posible caída de objetos. Usar casco de seguridad.

En el punto de corte:
Ejecución del Descargo
- Creación de la Zona Protegida
-En proximidad del apoyo:
Establecimiento de la Zona de Trabajo
-Las propias de trabajos en proximidad (Distancias, Apantallamiento, Descargo...) si fueran necesarias.
-Evitar movimiento de conductores
-Interrupción de trabajos si así se considera por el Jefe de Trabajos.
-Amarre escaleras de ganchos con cadena de cierre.
-Para trabajos en horizontal amarre de ambos extremos.
-Utilizar siempre el cinturón amarrado a la escalera o a un cable fiador.

Protecciones colectivas a utilizar:

- Material de señalización y delimitación (Cinta delimitadora, señales...).
 - Detectores de ausencia de tensión.
 - Equipos de Puesta a tierra y en cortocircuito.
 - Las propias de los trabajos a realizar.
 - Bolsa portaherramientas y cuerda de servicio.
-



Protecciones individuales a utilizar:

- Cinturón de seguridad.
- Guantes de protección frente a riesgos mecánicos.
- Botas de seguridad o de trabajo.
- Casco de barbuquejo.

c) Factor de riesgo: Cercanía a instalaciones de media tensión:

Es el riesgo derivado de las líneas de media tensión para las personas cuando se encuentran en proximidad de estas instalaciones.

RIESGOS ASOCIADOS	MEDIDAS PREVENTIVAS
Caída de personas al mismo nivel Caída de personas a distinto nivel Caída de objetos Desprendimientos, desplomes y derrumbes Choques y golpes Proyecciones Contactos eléctricos Arco eléctrico Explosiones Incendios	En proximidad de líneas aéreas, no superar las distancias de seguridad: -Colocación de barreras y dispositivos de balizamiento. -Zona de evolución de la maquinaria delimitada y señalizada. - Estimación de distancias por exceso. Solicitar descargo cuando no puedan mantenerse distancias. -Distancias específicas para personal no facultado a trabajar en instalaciones eléctricas. -Cumplimiento de las disposiciones legales existentes (distancias, cruzamientos, paralelismos...) Puestas a tierra en buen estado: -Apoyos con interruptores, seccionadores...: conexión a tierra de las carcassas y partes metálicas de los mismos. -Tratamiento químico del terreno si



	<p>hay que reducir la resistencia de la toma de tierra.</p> <ul style="list-style-type: none">-Comprobación en el momento de su establecimiento y revisión cada seis años.-Terreno no favorable: descubrir cada nueve años.-Protección frente a sobretensiones: cortacircuitos fusibles e interruptores automáticos.-Protección frente a sobretensiones: pararrayos y autoválvulas.-Notificación de Anomalías en las instalaciones siempre que se detecten.-Solicitar el Permiso de Trabajos con Riesgos Especiales.
--	---

Protecciones colectivas a utilizar:

- Circuito de puesta a tierra.
- Protección contra sobretensiones (cortacircuitos, fusibles e interruptores automáticos).
- Protección contra sobretensiones (pararrayos).
- Señalización y delimitación.

Protecciones individuales a utilizar:

- Guantes
- Casco
- Botas de seguridad.



d) Factor de riesgo: Izado de los apoyos

Es el riesgo derivado del izado del apoyo, tanto para las personas que están ejecutando la operación como para las que se encuentran en las proximidades

<i>RIESGOS ASOCIADOS</i>	<i>MEDIDAS PREVENTIVAS</i>
Caída de objetos Desprendimientos, desplomes y derrumbes Cortes Carga física Atrapamiento Confinamiento	-Inspección del estado del terreno. -Delimitar y señalar la zona de trabajo, especialmente la que corresponde al izado del apoyo. -Extremar las precauciones durante el izado (proximidad de personas, manejo de herramientas manuales y mecánicas, etc.)

Protecciones colectivas a utilizar:

- Material de señalización y delimitación (cinta delimitadora, señales).
- Bolsa portaherramientas.

Protecciones individuales a utilizar:

- Guantes de protección
- Casco de seguridad
- Botas de seguridad.



e) Factor de riesgo: Cimentación de los apoyos

Es el riesgo derivado de la cimentación del apoyo, tanto para las personas que están ejecutando la operación como para las que se encuentran en las proximidades.

<i>RIESGOS ASOCIADOS</i>	<i>MEDIDAS PREVENTIVAS</i>
Caída de objetos Desprendimientos, desplomes y derrumbes Cortes Carga física Atrapamiento Confinamiento	-Inspección del estado del terreno. -Delimitar y señalizar la zona de trabajo, especialmente la que corresponde a la cimentación del apoyo. -Extremar las precauciones durante la cimentación (proximidad de personas, manejo de herramientas manuales y mecánicas, etc.)

Protecciones colectivas a utilizar:

- Material de señalización y delimitación (cinta delimitadora, señales).
- Bolsa portaherramientas.

Protecciones individuales a utilizar:

- Guantes de protección.
- Casco de seguridad.
- Botas de seguridad.



f) Factor de riesgo: Tensado de conductores

Es el riesgo derivado de las operaciones relacionadas con el tensado de los conductores de la línea eléctrica, tanto para las personas que llevan a cabo dichas tareas, como para aquellas que se encuentran en las proximidades.

RIESGOS ASOCIADOS	MEDIDAS PREVENTIVAS
Caída de personas a distinto nivel Caída de objetos Desplomes Cortes Carga física	<ul style="list-style-type: none">-Consolidación o arriostamiento del apoyo en caso de mal estado, duda o modificación de sus condiciones de equilibrio (vg.: corte de conductores)-Ascenso y descenso con medios y métodos seguros (Escaleras adecuadas y sujetas por su parte superior. Uso del cinturón en ascenso y descenso. Uso de varillas adecuadas. Siempre tres puntos de apoyo ...)-Estancia en el apoyo utilizando el cinturón, evitando posturas inestables con calzado y medios de trabajo adecuados. Utilizar bolsa portaherramientas y cuerda de servicio.-Delimitar y señalizar la zona de trabajo.-Llevar herramientas atadas a la muñeca.-Cuerdas y poleas (si fuera necesario) para subir y bajar materiales.-Evitar zona de posible caída de objetos.-Usar casco de seguridad.-En proximidad del apoyo:<ul style="list-style-type: none">Establecimiento de la Zona de Trabajo-Interrupción de trabajos si así se considera por el Jefe de Trabajos.-Amarre de escaleras de ganchos con cadena de cierre.



	<ul style="list-style-type: none"> -Para trabajos en horizontal amarre de ambos extremos. -Utilizar siempre el cinturón amarrado a la escalera o a un cable fiador
--	--

Protecciones colectivas a utilizar:

- Material de señalización y delimitación (Cinta delimitadora, señales...).
- Detectores de ausencia de tensión.
- Equipos de Puesta a tierra y en cortocircuito.
- Las propias de los trabajos a realizar.
- Bolsa portaherramientas y cuerda de servicio.

Protecciones individuales a utilizar:

- Cinturón de seguridad.
- Guantes de protección frente a riesgos mecánicos.
- Botas de seguridad o de trabajo.
- Casco de barbuquejo.

g) Factor de riesgo: Trabajos en tensión

Es el riesgo derivado de las operaciones llevadas a cabo en líneas de Media Tensión sin ausencia de tensión.

RIESGOS ASOCIADOS	MEDIDAS PREVENTIVAS
Caída de personas a distinto nivel Caída de objetos	<ul style="list-style-type: none"> -En proximidad de líneas aéreas, no superar las distancias de seguridad: · Colocación de barreras y



<p>Cortes</p> <p>Contactos eléctricos</p> <p>Arco eléctrico Electrocutación</p>	<p>dispositivos de balizamiento.</p> <ul style="list-style-type: none">· Estimación de distancias por exceso. <p>Distancias específicas para personal no facultado a trabajar en instalaciones eléctricas.</p> <p>-Cumplimiento de las disposiciones legales existentes (distancias, cruzamientos, paralelismos...)</p> <p>-Protección frente a sobreintensidades: cortacircuitos fusibles e interruptores automáticos.</p> <p>-Protección frente a sobretensiones: pararrayos y autoválvulas.</p> <p>-Notificación de Anomalías en las instalaciones siempre que se detecten.</p> <p>-En la fecha de inicio de los trabajos:</p> <ul style="list-style-type: none">· Supresión de los reenganches automáticos, si los tiene, y prohibición de la puesta en servicio de la instalación, en caso de desconexión, sin la previa conformidad del jefe de trabajo.· Establecimiento de una comunicación con el lugar de trabajo o sitio próximo a él (radio, teléfono, etc) que permita cualquier maniobra de urgencia que sea necesaria. <p>-Antes de comenzar a reanudar los trabajos:</p> <ul style="list-style-type: none">· Exposición, por parte del Jefe del Trabajo, a los operarios del Procedimiento de Ejecución, cerciorándose de la perfecta comprensión del mismo.· Se comprobará que todos los equipos y herramientas que sean necesarias existen y se encuentran en perfecto estado y se verificará visualmente el
---	--



	<p>estado de la instalación.</p> <p>-Durante la realización del trabajo:</p> <ul style="list-style-type: none">· El jefe del trabajo dirigirá y controlará los trabajos, siendo responsable de las medidas de cualquier orden que afecten a la seguridad de los mismos.· Si la naturaleza o amplitud de los trabajos no le permiten asegurar personalmente su vigilancia, debe asignar, para secundarle, a uno o más operarios habilitados. <p>-Al finalizar los trabajos:</p> <ul style="list-style-type: none">· El Jefe del Trabajo se asegurará de su buena ejecución y comunicará al Jefe de Explotación el fin de los mismos. <p>-El Jefe de Explotación tomará las medidas necesarias para dejar la instalación en las condiciones normales de explotación.</p>
--	---

Protecciones colectivas a utilizar:

- Material de señalización y delimitación (Cinta delimitadora, señales).
- Las propias de los trabajos a realizar.
- Bolsa portaherramientas
- Cuerda de servicio.

Protecciones individuales a utilizar:



- Cinturón de seguridad.
 - Guantes de protección frente a riesgos mecánicos.
 - Botas de seguridad o de trabajo.
 - Casco de barbuquejo.
 - Banqueta o alfombra aislante
 - Pértiga aislante
 - Guantes aislantes.
- h) Factor de riesgo: Puesta en servicio en tensión

Es el riesgo derivado de la puesta en servicio de una línea aérea de A.T. sin ausencia de tensión.

RIESGOS ASOCIADOS	MEDIDAS PREVENTIVAS
Caída de personas a distinto nivel	<p>-Las correspondientes a trabajos en altura y trabajos en tensión</p> <p>-En la fecha de inicio de los trabajos:</p> <ul style="list-style-type: none">· Supresión de los reenganches automáticos, si los tiene, y prohibición de la puesta en servicio de la instalación, en caso de desconexión, sin la previa conformidad del jefe de trabajo.· Establecimiento de una comunicación con el lugar de trabajo o sitio próximo a él (radio, teléfono, etc) que permita cualquier maniobra de urgencia que sea necesaria. <p>-Antes de comenzar a reanudar los trabajos:</p>
Caída de objetos	
Cortes	
Contactos eléctricos	
Arco eléctrico Electrocutación	



- Exposición, por parte del Jefe del Trabajo, a los operarios del Procedimiento de Ejecución, cerciorándose de la perfecta comprensión del mismo.
 - Se comprobará que todos los equipos y herramientas que sean necesarias existen y se encuentran en perfecto estado y se verificará visualmente el estado de la instalación.
 - Durante la realización del trabajo:
 - El jefe del trabajo dirigirá y controlará los trabajos, siendo responsable de las medidas de cualquier orden que afecten a la seguridad de los mismos.
 - Si la naturaleza o amplitud de los trabajos no le permiten asegurar personalmente su vigilancia, debe asignar, para secundarle, a uno o más operarios habilitados.
 - Al finalizar los trabajos:
 - El Jefe del Trabajo se asegurará de su buena ejecución y comunicará al Jefe de Explotación el fin de los mismos.
- El Jefe de Explotación tomará las medidas necesarias para dejar la instalación en las condiciones normales de explotación.

Protecciones colectivas a utilizar:

- Material de señalización y delimitación (Cinta delimitadora, señales).
- Detectores de ausencia de tensión.
- Equipos de Puesta a tierra y en cortocircuito.



- Las propias de los trabajos a realizar.
- Bolsa portaherramientas.
- Cuerda de servicio.

Protecciones individuales a utilizar:

- Cinturón de seguridad.
- Guantes de protección frente a riesgos mecánicos.
- Botas de seguridad o de trabajo.
- Casco de barbuquejo.
- Banqueta o alfombra aislante
- Pértiga aislante
- Guantes aislantes.

i) Factor de Riesgo: Puesta en servicio en ausencia de tensión

Es el riesgo derivado de la puesta en servicio de una línea aérea de M.T. habiéndose realizado previamente el descargo de la línea.

RIESGOS ASOCIADOS	MEDIDAS PREVENTIVAS
Caída de personas a distinto nivel Cortes Caída de objetos Desplomes Carga física Contactos eléctricos Arco eléctrico Electrocutación	-Las correspondientes a los trabajos en altura y en proximidad a instalaciones de media tensión y: -Solicitud al Jefe de Explotación del descargo de la línea. -Recepción, por parte del Jefe del Trabajo, de la confirmación del descargo de la línea. -Comprobación de la ausencia de tensión con la pértiga detectora de



	<p>tensión.</p> <ul style="list-style-type: none">-Efectuar la puesta a tierra de la instalación con la pértiga correspondiente y en ambos lados de la zona del entronque, de manera que el tramo objeto del descargo esté a tierra en todos los puntos del mismo.-Antes de la reposición del servicio, efectuar un exhaustivo recuento de las personas implicadas en los distintos puntos de la obra.
--	---

Protecciones colectivas a utilizar:

- Material de señalización y delimitación (Cinta delimitadora, señales).
- Detectores de ausencia de tensión.
- Equipos de Puesta a tierra y en cortocircuito.
- Las propias de los trabajos a realizar.
- Bolsa portaherramientas
- Cuerda de servicio.

Protecciones individuales a utilizar:

- Cinturón de seguridad.
- Guantes de protección frente a riesgos mecánicos.
- Botas de seguridad o de trabajo.
- Casco de barbuquejo
- Pértigas
- Guantes de seguridad.



1.4 CONCLUSIONES

El presente Estudio de Seguridad precisa las normas genéricas de seguridad y salud aplicables a la obra que se trata el presente Proyecto. Identifica, a su vez, los riesgos inherentes a la ejecución de las mismas y contempla previsiones básicas e informaciones útiles para efectuar, en condiciones de seguridad y salud, las citadas obras.

No obstante lo anterior, toda obra que se realice bajo la cobertura de este Proyecto, deberá ser estudiada detenidamente para adaptar estos riesgos y normas generales a la especificidad de la misma, tanto por sus características propias como por las particularidades del terreno donde se realice, climatología, etc., y que deberán especificarse en el Plan de Seguridad concreto a aplicar a la obra, incluso proponiendo alternativas más seguras para la ejecución de los trabajos.

Igualmente, las directrices anteriores deberán ser complementadas por aspectos tales como:

- La propia experiencia del operario/montador
- Las instrucciones y recomendaciones que el responsable de la obra pueda dictar con el buen uso de la lógica, la razón y sobre todo de su experiencia, con el fin de evitar situaciones de riesgo o peligro para la salud de las personas que llevan a cabo la ejecución de la obra.
- Las propias instrucciones de manipulación o montaje que los fabricantes de herramientas, componentes y equipos puedan facilitar para el correcto funcionamiento de las mismas.



Parte V PRESUPUESTO



Capítulo 1 MEDICIONES

1.1 EQUIPAMIENTO ELÉCTRICO TRAMO AÉREO

1.1.1 APOYOS

DENOMINACIÓN	REFERENCIA	MEDICIÓN
APOYO METÁLICO ACOPIO Y TRANSPORTE DE LOS MATERIALES MONTAJE, IZADO DE APOYO Y MARCADO DE NUMERACIÓN	IC-55000-35-SN1	3
APOYO METÁLICO ACOPIO Y TRANSPORTE DE LOS MATERIALES MONTAJE, IZADO DE APOYO Y MARCADO DE NUMERACIÓN	IC-55000-30-SN1	2
APOYO METÁLICO ACOPIO Y TRANSPORTE DE LOS MATERIALES MONTAJE, IZADO DE APOYO Y MARCADO DE NUMERACIÓN	CO-33000-30-S4C	1
APOYO METÁLICO ACOPIO Y TRANSPORTE DE LOS MATERIALES MONTAJE, IZADO DE APOYO Y MARCADO DE NUMERACIÓN	CO-12000-27-S4C	6
APOYO METÁLICO ACOPIO Y TRANSPORTE DE LOS MATERIALES MONTAJE, IZADO DE APOYO Y MARCADO DE NUMERACIÓN	CO-12000-30-S4C	12
APOYO METÁLICO ACOPIO Y TRANSPORTE DE LOS MATERIALES MONTAJE, IZADO DE APOYO Y MARCADO DE NUMERACIÓN	CO-12000-33-S4C	2
APOYO METÁLICO ACOPIO Y TRANSPORTE DE LOS MATERIALES MONTAJE, IZADO DE APOYO Y MARCADO DE NUMERACIÓN	CO-12000-39-S4C	4
SEÑAL TRIANGULAR DE RIESGO ELÉCTRICO ACOPIO Y TRANSPORTE MONTAJE	GT-21	30



1.1.2 CONDUCTORES Y CABLES DE TIERRA

DENOMINACIÓN	REFERENCIA	MEDICIÓN
M. TENDIDO LÍNEA TRIFÁSICA AT ACOPIO Y TRANSPORTE DE LOS MATERIALES 1 METRO DE TENSADO, TENDIDO Y RETENCIONADO	LA-455 (CONDOR)	37500
M. TENDIDO CABLE DE GUARDA ACOPIO Y TRANSPORTE DE LOS MATERIALES 1 METRO DE TENSADO, TENDIDO Y RETENCIONADO	7N7	12500

1.1.3 CADENAS DE HERRAJES Y DE AISLADORES

DENOMINACIÓN	REFERENCIA	MEDICIÓN
CADENA DE AMARRE PARA CONDUCTORES		18
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		
CADENA DE SUSPENSIÓN PARA CONDUCTORES		72
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		
CADENA DE AMARRE PARA CABLE DE GUARDA		6
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		
CADENA DE SUSPENSIÓN PARA CONDUCTORES		24
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		

1.1.4 PUESTAS A TIERRA

DENOMINACIÓN	REFERENCIA	MEDICIÓN
PUESTA A TIERRA DE APOYOS FRECUENTADOS		2
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	5
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		
PUESTA A TIERRA DE APOYOS NO FRECUENTADOS		28
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		

1.1.5 ACCESORIOS

DENOMINACIÓN	REFERENCIA	MEDICIÓN
AMORTIGUADORES		10
AMORTIGUADOR STOCKBRIDGE	A-SB-LA455	5
AMORTIGUADOR STOCKBRIDGE	A-SB-7N7	5
ACOPIO Y TRANSPORTE DE MATERIALES		
MONTAJE DEL CONJUNTO		

1.2 EQUIPAMIENTO ELÉCTRICO TRAMO SUBTERRÁNEO

1.2.1 CONDUCTORES

DENOMINACIÓN	REFERENCIA	MEDICIÓN
M. TENDIDO LÍNEA TRIFÁSICA	XLPE-Cu-2500/220	3720
ACOPIO Y TRANSPORTE DE LOS MATERIALES		
1 METRO DE TENSADO, TENDIDO Y RETENCIONADO		



1.2.2 TERMINALES, AUTOVÁLVULAS, EMPALMES Y ACCESORIOS

DENOMINACIÓN	REFERENCIA	MEDICIÓN
BOTELLA TERMINAL		3
BOTELLA TERMINAL DE COMPOSITE	APECB 2456 P	3
ACOPIO Y TRANSPORTE DE MATERIALES		
MONTAJE DEL CONJUNTO		
AUTOVÁLVULA		3
AUTOVÁLVULA XH DE ZNO	XH245	3
ACOPIO Y TRANSPORTE DE MATERIALES		
MONTAJE DEL CONJUNTO		
EMPALME CON EXTRACCIÓN DE PANTALLA		6
EMPALME CON EXTRACCIÓN DE PANTALLA	JX-B 245 P	6
ACOPIO Y TRANSPORTE DE MATERIALES		
MONTAJE DEL CONJUNTO		
CONJUNTO DE PIEZAS NECESARIAS PARA LA CONEXIÓN		3
ACOPIO Y TRANSPORTE DE MATERIALES		
MONTAJE DEL CONJUNTO		

1.2.3 PUESTA A TIERRA

DENOMINACIÓN	REFERENCIA	MEDICIÓN
CAJA DE PUESTA A TIERRA		2
ACOPIO Y TRANSPORTE DE MATERIALES		
MONTAJE DEL CONJUNTO		
CAJA DE PUESTA A TIERRA CON LIMITADORES DE TENSIÓN		2
ACOPIO Y TRANSPORTE DE MATERIALES		
MONTAJE DEL CONJUNTO		
M. CABLE DE CONEXIÓN RZ1 0.6/1KV 1X185 CU		20
M. CABLE DE CONEXIÓN RZ1 0.6/1KV 1X185 CU	RZ1	20
ACOPIO Y TRANSPORTE DE MATERIALES		
MONTAJE DEL CONJUNTO		



1.3 EJECUCIÓN DEL MATERIAL DE OBRA

1.3.1 EJECUCIÓN DEL MATERIAL DE OBRA DEL TRAMO AÉREO

DENOMINACIÓN	REFERENCIA	MEDICIÓN
M3 EXCAVACIÓN CIMENTACIÓN APOYO EN TERRENO MEDIO EXCAVACIÓN EN TERRENO MEDIO RETIRADA DE ESCOMBROS		243
M3 DE HORMIGONADO H-200 PARA CIMENTACIÓN DE APOYO ACOPIO Y TRANSPORTE DE MATERIALES MONTAJE DEL CONJUNTO		243
REALIZACIÓN DE MURO DE LADRILLO PARA EL PAS ACOPIO Y TRANSPORTE DE MATERIALES MONTAJE DEL CONJUNTO		

1.3.2 EJECUCIÓN DEL MATERIAL DE OBRA DEL TRAMO SUBTERRÁNEO

DENOMINACIÓN	REFERENCIA	MEDICIÓN
M. ZANJA (1250*400) EN TIERRA		1240
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		
M. CANALIZACIÓN		1240
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 MEDICIONES

2.1 EQUIPAMIENTO ELÉCTRICO TRAMO AÉREO

DESCRIPCIÓN	UDS.	UNITARIO [€]	TOTAL [€]
APOYOS			
APOYO METÁLICO IC-55000-35-SN1	3	127336.5	382009.5
APOYO METÁLICO IC-55000-30-SN1	2	112185	224370
APOYO METÁLICO CO-33000-30-S4C	1	54468	54468
APOYO METÁLICO CO-12000-27-S4C	6	30807	184842
APOYO METÁLICO CO-12000-30-S4C	12	33682.5	404190
APOYO METÁLICO CO-12000-33-S4C	2	37498.5	74997
APOYO METÁLICO CO-12000-39-S4C	4	45963	183852
SEÑAL TRIANGULAR DE RIESGO ELÉCTRICO GT-21	30	1.85	55.5
CONDUCTORES Y CABLE DE TIERRA			
M. TENDIDO LÍNEA TRIFÁSICA AT LA-455 (CONDOR)	75000	11.84	888000
M. TENDIDO CABLE DE GUARDA 7N7	12500	5.12	64000
CADENAS DE HERRAJES Y DE AISLADORES			
CADENA DE AMARRE PARA CONDUCTORES	18	289.87	5217.66
CADENA DE SUSPENSIÓN PARA CONDUCTORES	72	270.27	19459.44
CADENA DE AMARRE PARA CABLE DE GUARDA	6	74.98	449.88
CADENA DE AMARRE PARA CABLE DE GUARDA	24	52.72	1265.28
PUESTAS A TIERRA			
PUESTA A TIERRA DE APOYOS FRECUENTADOS	2	173.83	347.66
PUESTA A TIERRA DE APOYOS NO FRECUENTADOS	28	85.2	2385.6
ACCESORIOS			
AMORTIGUADORES	10	28.8	288
TOTAL DEL EQUIPAMIENTO DEL TRAMO AÉREO			2490197.52



2.2 EQUIPAMIENTO ELÉCTRICO TRAMO SUBTERRÁNEO

DESCRIPCIÓN	UDS.	UNITARIO [€]	TOTAL [€]
CONDUCTORES			
M. TENDIDO LÍNEA TRIFÁSICA	3720	403	1499160
TERMINALES, AUTOVÁLVULAS, EMPALMES Y ACCESORIOS			
BOTELLA TERMINAL	3	15825.23	47475.69
AUTOVÁLVULA	3	6230.21	18690.63
EMPALME CON EXTRACCIÓN DE PANTALLA	6	7212.4	43274.4
CONJUNTO DE PIEZAS NECESARIAS PARA LA CONEXIÓN	1	1211.12	1211.12
PUESTA A TIERRA			
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
TOTAL DEL EQUIPAMIENTO DEL TRAMO SUBTERRÁNEO			1621683.82

2.3 EJECUCIÓN DEL MATERIAL DE OBRA

DESCRIPCIÓN	UDS.	UNITARIO [€]	TOTAL [€]
TRAMO AÉREO			
M3 EXCAVACIÓN CIMENTACIÓN APOYO TERRENO MEDIO	243	121.86	29611.98
M3 HORMIGONADO H-200 CIMENTACIÓN DE APOYO	243	223.54	54320.22
REALIZACIÓN DE MURO DE LADRILLO PARA EL PAS	1	120	120
TRAMO SUBTERRANEO			
M. ZANJA (1250*400) EN TIERRA	1240	60.93	75553.2
M. CANALIZACIÓN	1240	2.73	3385.2
TOTAL DE MATERIAL DE EJECUCIÓN DE OBRA			162990.6



Capítulo 3 RESUMEN

RESUMEN DEL PRESUPUESTO	
TOTAL DEL EQUIPAMIENTO DEL TRAMO AÉREO	2490197.52
TOTAL DEL EQUIPAMIENTO DEL TRAMO SUBTERRÁNEO	1621683.82
TOTAL DE MATERIAL DE EJECUCIÓN DE OBRA	162990.6
TOTAL [€]	4274871.94

El presente presupuesto asciende a la cantidad de CUATRO MILLONES DOSCIENTOS SETENTA Y CUATRO MIL OCHOCIENTOS SETENTA Y UN EUROS CON NOVENTA Y CUATRO CÉNTIMOS. (4274871.94 €).