



MEMORIA

DISEÑO DE LÍNEA AÉREA DE 132KV A 50 MVA EN TOBARRA

AUTOR: Pablo Zahera Bunes

DIRECTOR: Francisco Javier Cánovas Rodríguez

TITULACION: Grado en Ingeniería Eléctrica

CENTRO: Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial

1.1 GENERALIDADES

Como último paso para la finalización de mis estudios del Grado en Ingeniería Eléctrica en la Universidad Politécnica de Cartagena he realizado este Proyecto Final de Grado. Todo, bajo la supervisión de Francisco Javier Cánovas , del departamento de ingeniería eléctrica (DIE) de la misma.

Este consiste en el diseño de una línea eléctrica de 132 kV en la provincia de Albacete, para transportar una potencia de 50MVA y una longitud de 3,99km.

1.1.1 Antecedentes y finalidad de la instalación

Este proyecto va destinado a la mejora de la infraestructura de transporte, y como consecuencia, de la calidad de suministro de energía eléctrica por parte de Iberdrola Distribución S.A.U. en la comunidad autónoma de Castilla- La Mancha, y más en particular, en la provincia de Albacete.

Para poder distribuir la energía eléctrica generada en diferentes plantas fotovoltaicas proyectadas, surge la necesidad de conectar la ST que es alimentada por estas con la red general, garantizando la fiabilidad de la red de transporte de 132 kV.

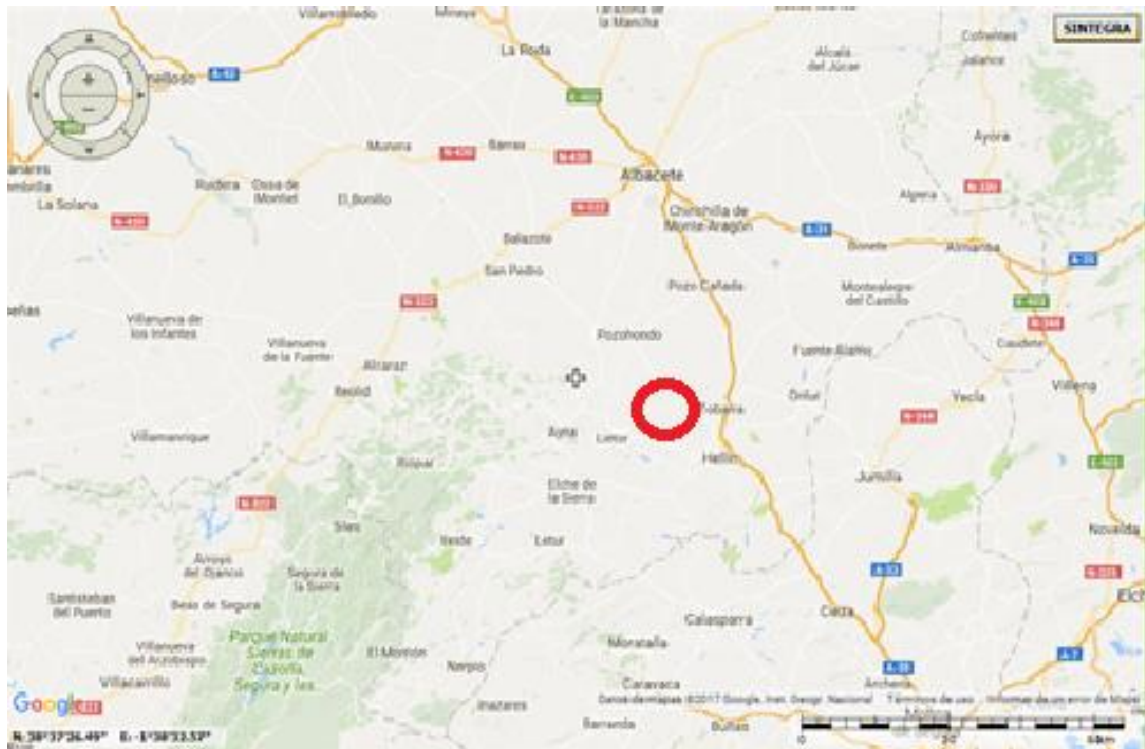
Esta línea conectará la subestación transformadora (también proyectada) de Tobarra con la línea actual que une Hellín con Sabina. Esta línea, va en circuito simple, se abre entre los apoyos 32 y 33, de forma tal que el circuito resultante se configurará en dos nuevos tramos con extremo común en ST Tobarra.

Esta actuación supondrá la integración total de la ST Tobarra, y supone asegurar una correcta transmisión de la energía ante un aumento de la potencia transportada tras la conexión de centros de generación fotovoltaica nuevos.

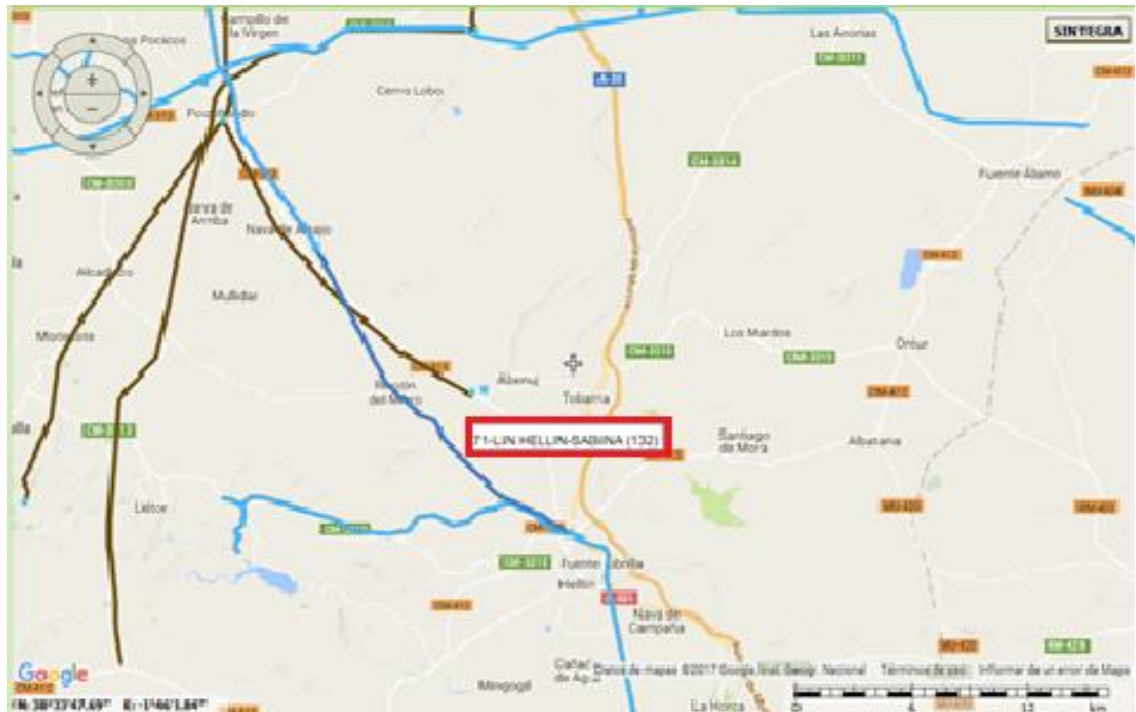
1.1.2 Emplazamiento

Mediante el programa Sintegra se pueden ver todas las instalaciones eléctricas, tanto en explotación como en construcción, y su geolocalización.

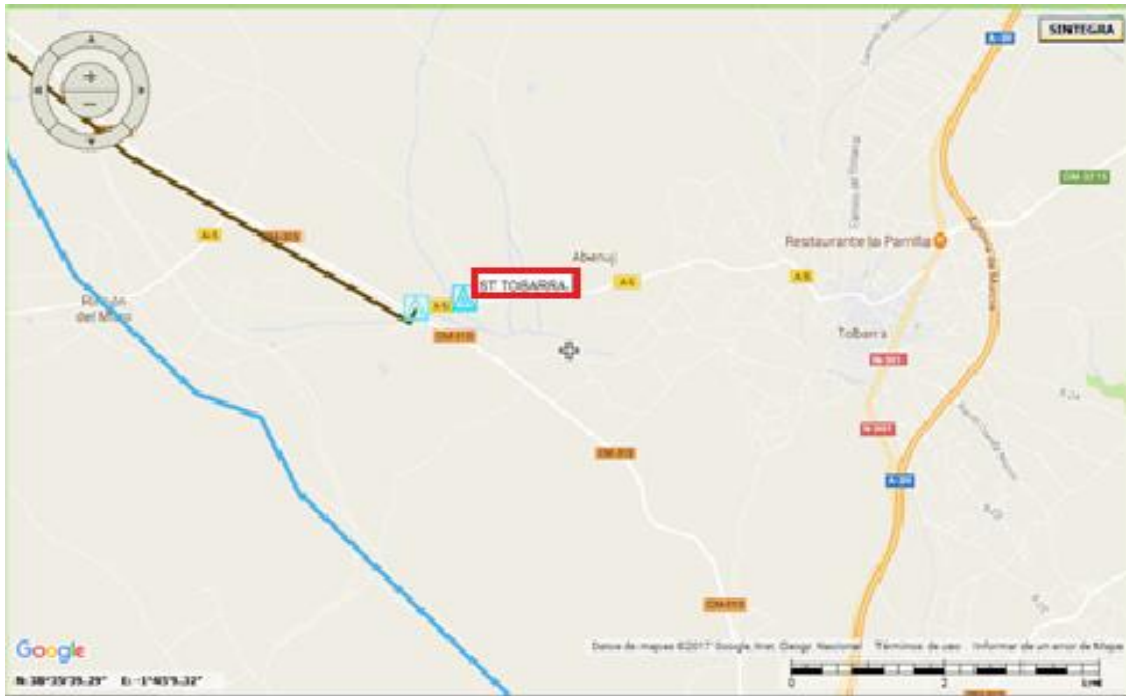
A continuación, aparece el mapa político de parte de la provincia de Albacete, y algo de la Región de Murcia, para dar una idea del emplazamiento de la línea.



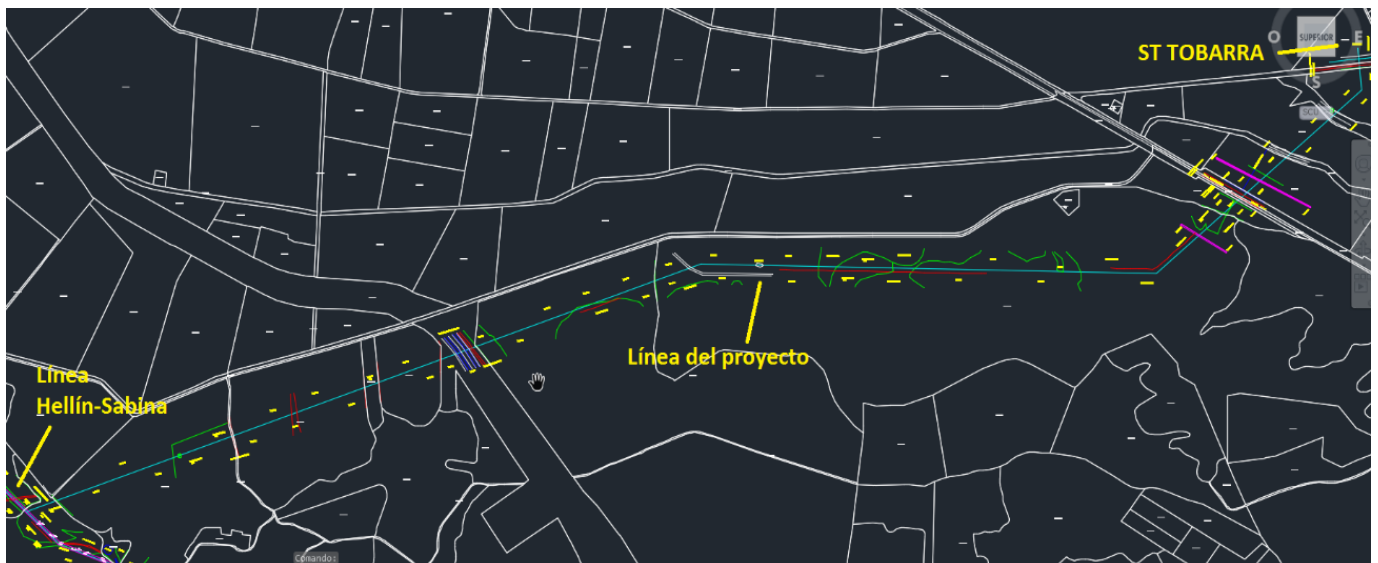
En la siguiente imagen se puede apreciar la localización y la trayectoria de la línea Hellín-Sabina, que se va a abrir para conectar la línea del presente proyecto.



Finalmente, se puede ver el trayecto que va a seguir la línea sobre el mapa político.



Simplemente para ilustrar que direcciones sigue la línea desde planta se adjunta la siguiente imagen:



1.1.3 Reglamentación

Para la redacción del presente proyecto se han tenido en cuenta las siguientes normas y reglamentos:

- Ley 21/1992, de 16 de julio, de Industria (BOE núm. 176, de 23 de julio de 1992).
- Real Decreto 223/2008, de 15 de febrero, por el que se aprueba el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas eléctricas de alta tensión y sus instrucciones técnicas complementarias ITC-LAT 01 a 09.
- Ley 54/1997, de 27 de noviembre, del Sector Eléctrico (BOE núm. 285, de 28 de noviembre de 1997). 8
- Real Decreto 2819/1998, de 23 de diciembre, por el que se regula las actividades de transporte y distribución de energía eléctrica (BOE núm. 321, de 30 de diciembre de 1998).
- Real Decreto 1955/2000, de 1 de diciembre de 2000, por el que se regulan las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica (BOE núm. 310, de 27 de diciembre de 2000; con corrección de errores en BOE núm. 62, de 13 de marzo de 2001).
- Real Decreto 2351/2004, de 23 de diciembre, por el que se modifica el procedimiento de resolución de restricciones técnicas y otras normas reglamentarias del mercado eléctrico
- Normas Particulares de la Empresa Eléctrica Distribuidora. Normas NI y Manuales Técnicos (MT).
- Real Decreto 222/2008, de 15 de febrero, por el que se establece el régimen retributivo de la actividad de distribución de energía eléctrica.
- Real Decreto 263/2008, de 22 de febrero, por el que se establecen medidas de carácter técnico en líneas eléctricas de alta tensión, con objeto de proteger la avifauna.
- Real Decreto 614/2001, de 8 de junio, sobre disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico.
- Ley 31/1995 de 0 de noviembre de Prevención de Riesgos Laborales. Y las modificaciones que sobre ésta ha producido las leyes 50/1998, 39/1999, 54/2003 y el Real Decreto Legislativo 5/2000.
- Normalización Nacional de obligado cumplimiento (Normas UNE).
- Condiciones impuestas por los Organismos Públicos afectados.
- Decreto 3151/1968, de 28 de noviembre (industria), por el que se aprueba el Reglamento de líneas eléctricas aéreas de alta tensión (BOE N.º 311, de 27/12/1968).

-Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación, aprobado por el Real Decreto de 12-11-82 y publicado en el B.O.E. núm. 288 del 1-12-82 y las Instrucciones Técnicas Complementarias aprobadas por Orden de 6-7-84, y publicado en el B.O.E. núm. 183 del 1-8-84, así como las actualizaciones posteriores

-Normas Particulares de la Empresa Iberdrola, S.A. para las instalaciones de líneas de Alta Tensión hasta 132 kV.

-Recomendaciones UNESA.

1.1.4 Descripción de la instalación

Se trata de una línea de 132kV para transportar una potencia de 50MVA en circuito simple, con armados en tresbolillo. El conductor que se va a utilizar es el LA 280 también llamado "Hawk" y el cable de fibra óptica, que también hace de neutro de la línea será el OPGW 15.

La altura de los apoyos, y los tipos de cimentaciones variarán en función de los requerimientos topográficos y de reglamento.

1.1.5 Limitaciones del proyecto

El presente proyecto es de carácter académico. No se trata de un proyecto que realmente se vaya a tramitar o ejecutar, por lo que se resumen en este apartado las posibles limitaciones del documento:

- Una vez decidido el trazado, no se han realizado las consultas previas pertinentes a los Organismos Oficiales afectados, con el objeto de poner en conocimiento la futura instalación y obtener su autorización, así como los condicionantes a cumplir por la instalación ni el estudio de impacto ambiental.

-Se ha supuesto la potencia a transportar por la línea, en base a las instalaciones existentes en funcionamiento de Iberdrola.

-Pese que se ha procurado seleccionar todos los elementos de la línea de las normas y manuales técnicos de Iberdrola, las cadenas de aisladores se han seleccionado de los catálogos de Sant-Gobain e Industrias Arruiti puesto que se requería de sus pesos, os cuales, no aparecen en los catálogos. Aunque se ha respetado en todo momento la normativa de Iberdrola.

- Dado el carácter académico del presente proyecto se ha variado la estructura de un proyecto convencional, dando mayor importancia a los aspectos técnicos que a los

administrativos. Por este motivo, el Estudio de Seguridad y Salud no se ha incluido como un documento en el presente proyecto. Además, no se ha incluido una Relación de Bienes y Derechos Afectados, así como los Presupuestos de Obra correspondientes a los Organismos afectados, al considerarlos fuera del objeto del presente documento.

- Los precios de los elementos de las líneas, se han tomado de otros proyectos existentes, sin actualizar el IPC.

- Tanto los cálculos, como la selección de apartada se ha hecho manualmente, careciendo de Software del que disponen los ingenieros de proyectos de Iberdrola.

1.1.6 Bibliografía

- Reglamento de Líneas de Alta Tensión (RLAT)

- “Líneas de Alta Tensión” de Juan José Portero Rodríguez (UPCT). Ed UPCT ETSII, 2009

- “Líneas de transporte y energía”, de Luis María Checa. Ed MARCOMBO, 1988.

- Apuntes de la asignatura de líneas eléctricas del grado en ingeniería eléctrica de la Universidad Politécnica de Cartagena.

- MT-NEDIS 2.23.51 “CONSTRUCCION DE LINEAS AEREAS DE ALTA TENSION”

- MT 2.22.12 “PROYECTO TIPO DE LÍNEA AÉREA DE 132 kV”

- MT 2.23.49 “CADENAS DE AISLADORES”

- MT 2.22.10 “CRITERIOS DE DISEÑO PARA LÍNEAS ELÉCTRICAS DE 132 kV”

-MT 2.23.34 “CONSTRUCCIÓN DE LÍNEAS AÉREAS GUÍA DE LA INSTALACION DE CONDUCTORES DE FASE, CABLES DE TIERRA (OPGW) Y CABLES ÓPTICOS AÉREOS (FOADK)”

- MT 2.22.03 “DISEÑO DE PUESTAS A TIERRA EN APOYOS DE LÍNEAS AÉREAS DE ALTA TENSION DE TENSION NOMINAL 132 kV CON HILO DE TIERRA”

-NI 52.20.01” Apoyos metálicos de celosía para líneas eléctricas aéreas de 132 kV”

-NI 52.53.60 “Amortiguamiento”

- NI 54.63.01 “Conductores nerviosos para líneas de Alta Tensión”

-Proyecto oficial de ejecución de la línea de energía eléctrica a 132kV y simple circuito “ST El Palmar-ST Espinardo”

-Anexo de modificación de la línea de energía eléctrica a 220 kV y doble circuito “ST San Miguel de las Salinas-ST Torrevieja”

- Trabajo Final de Grado “Diseño de una línea de Alta Tensión para suministro de Energía Eléctrica a una Subestación Transformadora” de Yolanda Ros Martínez.

- Proyecto Final de Carrera “LÍNEA AÉREA DE 132 KV PARA EL TRANSPORTE DE 50 MVA” de Esteban Martínez Baquero

1.2 DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN

1.2.1 Parámetros eléctricos de la línea

Los parámetros generales que definen la línea de este proyecto son los siguientes:

Tensión (kV)	132
Frecuencia (Hz)	50
Corriente	Alterna trifásica
Longitud (km)	3,992

A partir de los cuales se han obtenido los siguientes, los cuales servirán para modelizar la línea:

Densidad de corriente ($\frac{A}{mm^2}$)	1,0676
Intensidad máxima admisible (A)	281,2
Resistencia total (Ω)	0,476
Capacidad ($\frac{F}{km}$)	$9,986 * 10^{-9}$
Inductancia ($\frac{H}{km}$)	$11,648 * 10^{-4}$
Impedancia de línea (Ω)	$1,536 \angle 71,93$
Conductancia aislamiento (<i>S fase</i>)	$4,431 * 10^{-13}$
Efecto corona	NO
Tensión crítica disruptiva (kV)	89,38
Conductancia total (<i>S fase</i>)	$4,770 * 10^{-13}$
Caída de tensión V	409,63 (0,3113%)
Capacidad de transporte (MW)	181,41
Pérdidas caloríficas (W)	68380,6

Todos ellos han sido obtenidos a través de sus expresiones que aparecen tanto en el Reglamento de Líneas de Alta Tensión, como en el libro de Líneas Eléctricas de Juan José Portero Rodríguez.

No solo a través de estos se puede modelizar la línea, lo cual servirá para determinar cuál es su comportamiento eléctrico a nivel general, sino que se ha podido determinar dónde y que tipo de pérdidas tendrá, y su capacidad de transporte.

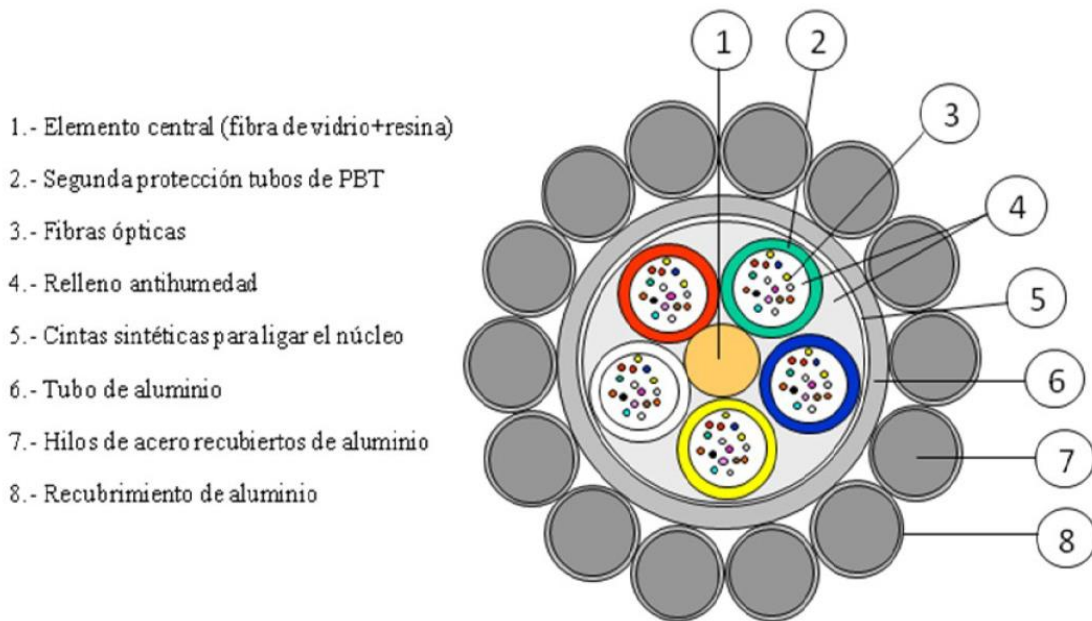
1.2.2 Características del conductor

El conductor que tiene normalizado Iberdrola para líneas de 132 kV, es el LA 280 (HAWK), antes denominado 242-AL1/39-ST1A (según norma UNE EN 50 182) cuyas características se han obtenido de la norma NI 54.63.01 sobre conductores desnudos:

Diámetro aparente (mm)	21,8
Sección aparente (mm^2)	281,1
Resistencia eléctrica a 20°C (Ω/km)	0,1194
Peso (kg/m)	0,977
Módulo elástico ($\frac{kg}{mm^2}$)	7650
Coefficiente de dilatación $\times 10^{-6}$ (°C)	18,9
Carga de rotura (kg)	8619
Intensidad máxima (A)	574
Densidad de corriente ($\frac{A}{mm^2}$)	2,043

1.2.3 Características del cable de tierra

Tal y como marca el MT 2.23.34 se utilizarás un cable de tierra del tipo OPGW, que no solo hará de neutro, sino que también servirá para comunicaciones. Su diseño se efectúa de la siguiente forma:



El cable de tierra escogido es el OPGW-15, cuyas características mecánicas son las siguientes:

Diámetro (mm)	15
Peso (kg/km)	0,7
Módulo de elasticidad (daN/ mm^2)	11837
Coefficiente de dilatación $\times 10^{-6}$	14,2
Carga de rotura (daN)	10510
Sección aparente (mm^2)	118,3

1.2.4 Parámetros mecánicos de la línea

Este apartado abarca todo lo relacionado con los cálculos mecánicos de la línea.

1.2.4.1 Sobrecargas

Tal y como especifica el Reglamento de Líneas de Alta Tensión (RLAT) en su apartado 3.1 de la ITC-LAT 07, los cables (tanto los conductores como el cable de tierra) se van a ver expuestos a ciertas sobrecargas debidas al clima, como son la temperatura, el viento y el hielo.

Las sobrecargas se han calculado conforme marca el RLAT, y se muestran en la siguiente tabla:

SOBRECARGAS	LA 280 (daN/m)	OPGW 15 (daN/m)
Cargas permanentes (P)	0,958	0,686
Sobrecarga viento (V)	1,09	0,9
Sobrecarga hielo (H)	0,84	0,697
P+V	1,45	1,13
P+H	1,798	1,383
P+V+H	1,878	1,53

También se han obtenido los coeficientes de sobrecarga:

COEFICIENTES	LA 280	OPGW 15
P+V	1,51	1,65
P+H	1,877	2,016
P+V+H	1,96	2,23

1.2.4.2 Vanos

Debido a la gran longitud de los vanos, y a que los valores de las flechas van a cambiar muy poco, se ha adoptado el criterio que para desniveles inferiores al 4% los vanos se van a tomar como si estuvieran a nivel.

VANO	UNIÓN	H	IVI	¿Desnivel?
Vano1	ST-AP1	110,33m	0m	NO
Vano 2	AP1-AP2	209,66m	0m	NO
Vano 3	AP2-AP3	332,90m	7m	3,33%
Vano 4	AP3-AP4	182,17m	38,5m	12,35%
Vano 5	AP4-AP5	314,51m	32m	10,17%
Vano 6	AP5-AP6	320,00m	7,75m	2,42%
Vano 7	AP6-AP7	311,32m	0m	NO
Vano 8	AP7-AP8	286,02m	3m	1,05%
Vano 9	AP8-AP9	218,82m	9m	4,11%
Vano 10	AP9-AP10	260,76m	1,2m	0,46%
Vano 11	AP10-AP11	273,13m	8m	2,93%
Vano 12	AP11-AP12	254,92m	4,9m	1,92%
Vano 13	AP12-AP13	320,00m	8,8m	2,75%
Vano 14	AP13-AP14	281,64m	0,6m	NO
Vano 15	AP14-AP15	316,04m	12,2m	3,86%

1.2.4.3 Flechas más desfavorables

A través de la aplicación de la ecuación de cambio de condiciones se calculan los estados tensionales para cada una de las hipótesis (viento, hielo y temperatura), y, mediante la ecuación de catenaria se calculan las flechas.

Para vanos nivelados la flecha más desfavorable se obtiene de la condición de temperatura a 85°:

LA 280

VANO	a(m)	Flecha temp (m)	Flecha viento(m)	Flecha hielo (m)
Vano1	110,33	2,092290716	1,184342126	1,19708979
Vano 2	209,66	5,291643646	3,807085539	4,075140081
Vano 3	332,9	10,74330196	9,021640818	9,924777168
Vano 4*	182,17	4,137438617	2,946671778	3,115945361
Vano 5*	314,51	9,820271565	8,148964184	8,889493282
Vano 6	320	10,05106734	8,399080879	9,192550959
Vano 7	311,32	9,66971696	7,992232283	8,715746337
Vano 8	286,02	8,446248208	6,808766963	7,398690625
Vano 9*	218,82	5,213238014	4,138678921	4,422519644
Vano 10	260,76	7,248903094	5,878365332	6,191313078
Vano 11	273,13	7,816040636	6,229693854	6,769176625
Vano 12	254,92	7,077152259	5,488852543	5,927413459
Vano 13	320	10,05106734	8,399080879	9,192550959
Vano 14	281,64	8,141854371	6,616668579	7,181645075
Vano 15	316,04	9,860772585	8,221221868	8,97343763

En el caso de el cable de tierra la condición más desfavorable vuelve a ser la de 85°:

OPGW 15

VANO	H(m)	Flecha temp (m)	Flecha viento (m)	Flecha hielo (m)
Vano1	110,33	1,787328979	1,15511938	1,240561515
Vano 2	209,66	4,798234542	3,676639148	4,082859874
Vano 3	332,9	10,02833811	8,546790028	9,278172784
Vano 4*	182,17	3,800117646	2,831780297	3,162713361
Vano 5*	314,51	8,03036908	7,730623117	8,39900033
Vano 6	320	9,426456498	7,950458102	8,657803878
Vano 7	311,32	9,097884379	7,593891842	8,250060102
Vano 8	286,02	7,841748644	6,460982966	7,106717752
Vano 9*	218,82	4,747923776	3,9911289	4,410124485
Vano 10	260,76	6,915214518	5,467257954	6,033744077
Vano 11	273,13	7,273914843	5,955211429	6,550491744
Vano 12	254,92	6,49529536	5,260276898	5,795664849
Vano 13	320	9,426456498	7,950458102	8,657803878
Vano 14	281,64	7,641210354	6,287293995	6,915698767
Vano 15	316,04	9,262461098	7,789831487	8,470811447

*Los vanos 4,5 y 9 están desnivelados, por lo que habrá que aplicar la corrección de desnivel.

Para los vanos desnivelados las flechas más desfavorables se vuelven a obtener en la condición de temperatura:

LA 280

VANOS	flecha temp	flecha viento	flecha hielo
Vano 4	4,200759918	2,931106712	3,108265547
Vano 5	9,845730817	8,004175236	8,756393903
Vano 9	5,222066159	4,061585389	4,352463565

OPGW 15

VANOS	flecha temp	flecha viento	flecha hielo
Vano 4	3,047585739	2,818814171	3,151183382
Vano 5	9,144644601	7,598784789	8,2634791
Vano 9	4,757868305	3,919442162	4,335132202

1.2.4.4 Eolovano y gravivano

Este apartado tiene suma importancia puesto que los esfuerzos se han calculado con ellos, y, por tanto, armados, cimentaciones y cadenas de aislamiento dependen de ellos.

Para el cálculo del eolovano solo es necesario conocer la longitud de los vanos contiguos a cada apoyo, por lo que será idéntico para el conductor como para el cable de tierra, sus valores son:

APOYO	ae (anterior)	ae(posterior)	ae(m)
1	55,165	104,83	159,995
2	104,83	166,45	271,28
3	166,45	91,085	257,535
4	91,085	157,255	248,34
5	157,255	160	317,255
6	160	155,66	315,66
7	155,66	143,01	298,67
8	143,01	109,41	252,42
9	109,41	130,38	239,79
10	130,38	136,565	266,945
11	136,565	127,46	264,025
12	127,46	160	287,46
13	160	140,82	300,82
14	140,82	158,02	298,84
15	158,02	0	158,02

La determinación del gravivano en apoyos a nivel es idéntica a la del eolovano, puesto que la flecha quedará en el centro del vano, por lo que:

APOYO	ag (anterior)	ag(posterior)	ag(m)
1	55,165	104,83	159,995
2	104,83	166,45	271,28
6	160	155,66	315,66
7	155,66	143,01	298,67
10	130,38	136,565	266,945
11	136,565	127,46	264,025
12	127,46	160	287,46
13	160	140,82	300,82
14	140,82	158,02	298,84
15	158,02	0	158,02

Cuando los apoyos están desnivelados, se necesita conocer la distancia que hay desde el punto medio del vano al punto más bajo (X_m), la cuál se ha obtenido en la

determinación de flechas de vanos desnivelados. El parámetro X_m también varía en las diferentes hipótesis de cálculo.

Los gravitanos en este caso si difieren entre el conductor y el cable de tierra, al diferir en el peso:

LA 280

APOYO	TEMPERATURA	VIENTO	HIELO
3	134,55	81,34m	91,42m
4	435,4m	503,26m	486,4m
5	253,21m	238,5m	245,26m
8	205,2m	191,74m	195,79m
9	282,01m	300,47m	296,42m

LA 280

APOYO	TEMPERATURA	VIENTO	HIELO
3	134,55	81,34m	91,42m
4	435,4m	503,26m	486,4m
5	253,21m	238,5m	245,26m
8	205,2m	191,74m	195,79m
9	282,01m	300,47m	296,42m

1.2.4 Cadenas de aisladores

El tipo de aislador (vidrio) que se ha calculado es el U120BP, cuyas características aparecen en el catálogo de Sant Gobain- La Granja. La familia de aisladores tipo U120P es la que aconseja Iberdrola en el anexo A del MTDYC 2.23.49. Sus características son:

Catálogo	F120P/146
Distancia (mm)	146
Diámetro (mm)	280
Línea de fuga (mm)	445
Tensión contorneamiento (en seco) kV	85
Tensión contorneamiento (humedad) kV	50
Tensión de perforación (kV)	130
Peso (kg)	5,8
Carga de rotura (kN)	120

1.2.5 Composición de las cadenas de aisladores

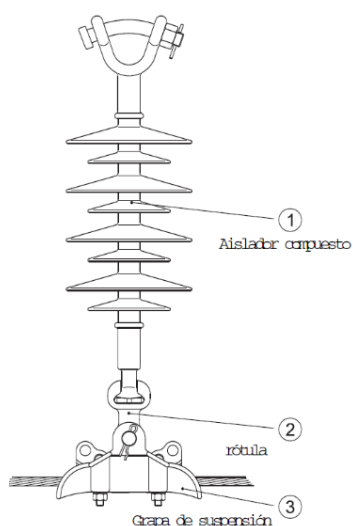
El conjunto de herrajes, que junto con los aisladores, conforma la cadena de aisladores se ha determinado del catálogo de Industrias Arruiti. En función de las necesidades de los vanos y complicaciones geográficas se han utilizado cinco tipos de cadenas.

1.2.5.1 Cadena de aisladores en suspensión para LA 280

Los elementos de la cadena son:

Elemento	Peso (kg)	Carga rotura (daN)	Longitud (mm)
Grapa suspensión GAS-5/22	3,97	10000	70
Rótula corta R16	0,55	12500	50
Horquilla de bola HB-16	0,66	12500	75
7x U120BP	58	12000	1460
TOTAL	60,07		1655

Quedando de la siguiente manera:

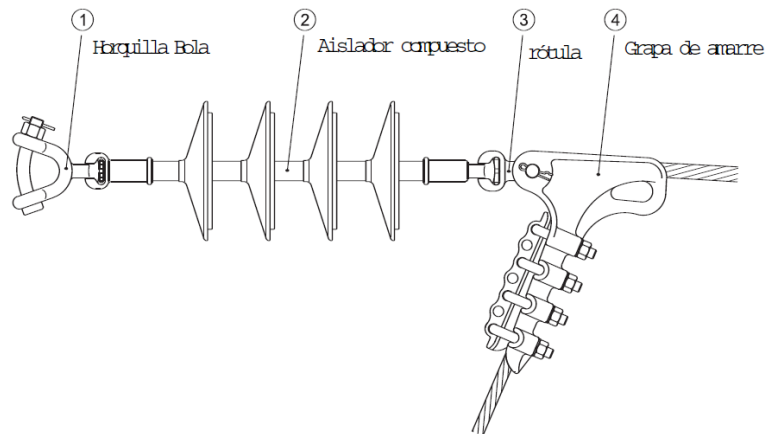


1.2.5.2 Cadena de aisladores en amarre para LA 280

Los elementos de la cadena de amarre serán:

Elemento	Peso (kg)	Carga rotura (daN)	Longitud (mm)
Horquilla de bola HB-16	0,66	12500	75
Rótula corta R-16	0,55	12500	50
Grapa de amarre GA-4T	0,42	13000	245
7x U120BP	58	12000	1460
TOTAL	59,63		1830

Quedando de la siguiente manera:

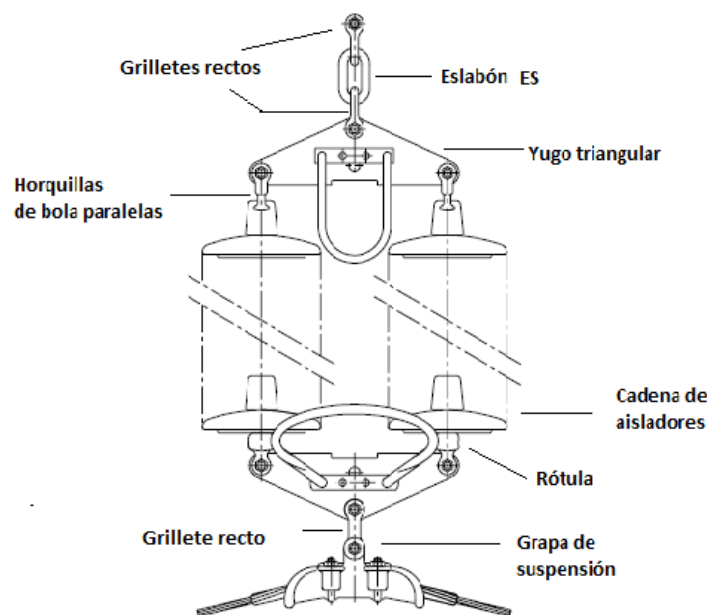


1.2.5.3 Cadena doble de aisladores en suspensión para LA 280

La cadena estará compuesta por:

Elemento	Número uds	Peso (kg)	Carga de rotura (daN)	Longitud (mm)
Horquilla de bola HBP-16	2	0,51	12500	72
7x U120BP	2	58	12000	1460
Grilletes rectos GN-16	3	1,1	21000	80
Eslabón ES-16/20	1	0,55	24000	80
Yugo BT-150	2	7,2	24000	70
Grapa suspensión GAS-5/22	1	3,97	10000	70
TOTAL		139,24		2062

La cadena quedará como:

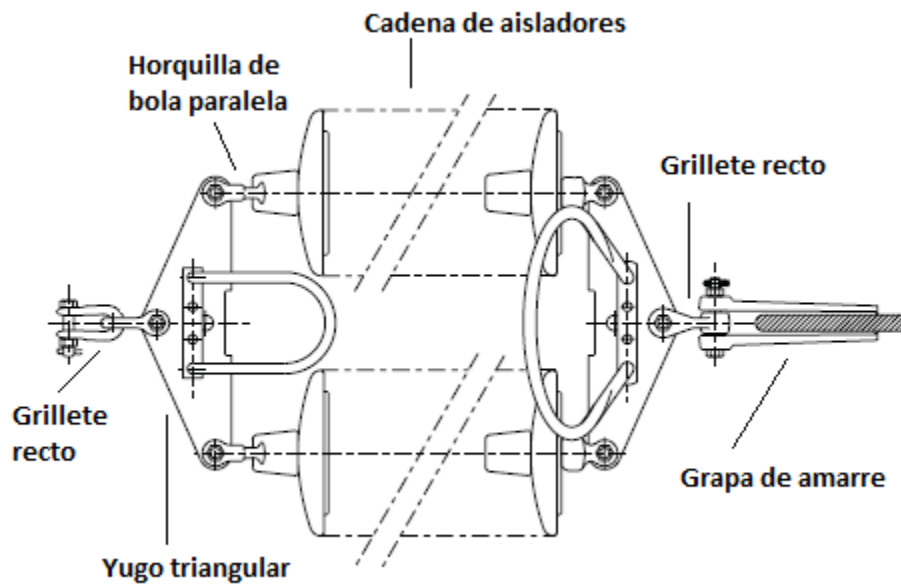


2.4.5.4 Cadena doble de aisladores en amarre para LA 280

La cadena estará compuesta por:

Elemento	Número uds	Peso (kg)	Carga de rotura (daN)	Longitud (mm)
Horquilla de bola HBP-16	2	0,51	12500	72
7x U120BP	2	58	12000	1460
Grilletes rectos GN-16	3	1,1	21000	80
Yugo BT-150	2	7,2	24000	70
Grapa de amarre GA-4T	1	0,42	13000	245
TOTAL		135,14		

La cadena quedará como:

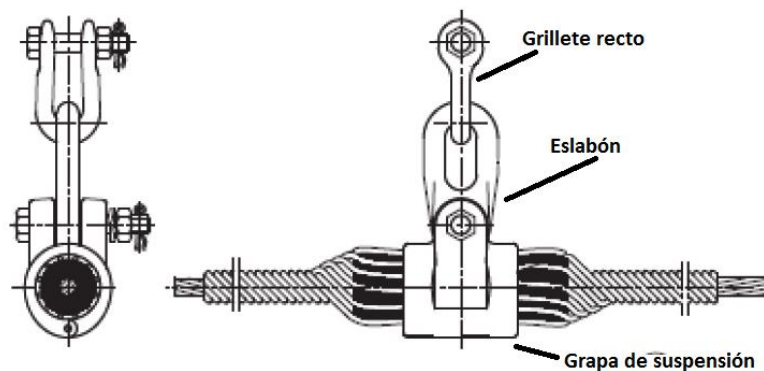


1.2.5.5 Conjunto de herrajes para OPGW 15

Los elementos que constituirán la cadena de suspensión para el cable de tierra serán:

Elemento	Peso (kg)	Carga rotura (daN)
Grillete recto GN-16	3,97	10000
Eslabón plano ESP-16	0,6	10000
Grapa suspensión GAS 3/15	1,75	7500
TOTAL	6,32	

Puesto que no se requieren aisladores, la longitud va a resultar despreciable.



1.2.5.6 Utilización cadenas

Apoyo	Tipo de cadena
1	Amarre
2	Suspensión doble
3	Amarre doble
4	Amarre
5	Suspensión
6	Suspensión
7	Suspensión
8	Amarre
9	Suspensión
10	Suspensión
11	Suspensión
12	Suspensión
13	Suspensión
14	Amarre
15	Amarre

1.2.6 Distancias mínimas

Las distancias mínimas que van a tener que cumplirse, según marca el apartado 5.2 de la ITC- LAT 07, a lo largo de la línea diseñada se recogen en el siguiente cuadro:

Distancias en el apoyo	Distancias entre conductores	4,22m
	Distancias entre conductores y partes puestas a tierra	1,2m
Distancia mínima al terreno, caminos, sendas y a cursos de agua no navegables.		6,5m
Distancia a otras líneas eléctricas o de telecomunicación	Cruzamientos.	4,4m
Distancia a carreteras	Distancia desde apoyo	25m
	Cruzamiento	7,5m
Paso por zonas	Bosques, árboles y masas de arbolado	2,7m

1.2.7 Apoyos

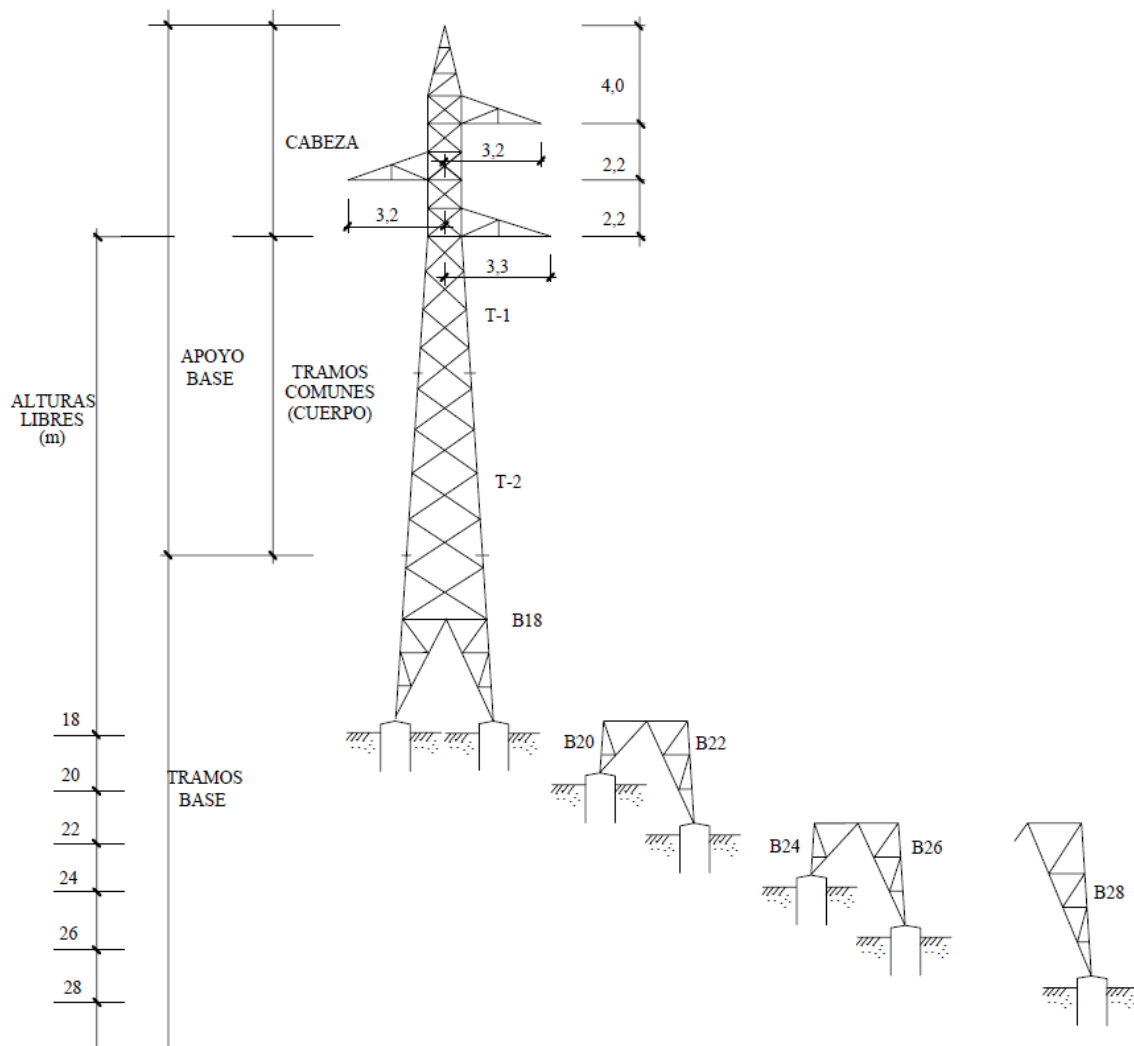
De la norma de Iberdrola NI 52.20.01 se van a extraer las dimensiones de los apoyos requeridos. Con objeto de armonizar y simplificar la fabricación y suministro de los apoyos para líneas aéreas de 132 kV, Iberdrola Distribución ha desarrollado una serie de apoyos para su utilización en las líneas de nueva construcción.

Como esta línea está formada por un circuito simple, la designación en función del tipo de apoyo será:

(1)	1	Alineación	11T120
Simple circuito		Anclaje y ángulo medio	11T140
		Anclaje y ángulo grande	11T150
		Fin de línea	11T190

Estos apoyos de tipo convencional, están diseñados para ser utilizados con cadenas de suspensión y de amarre, destacando en cuanto a su configuración:

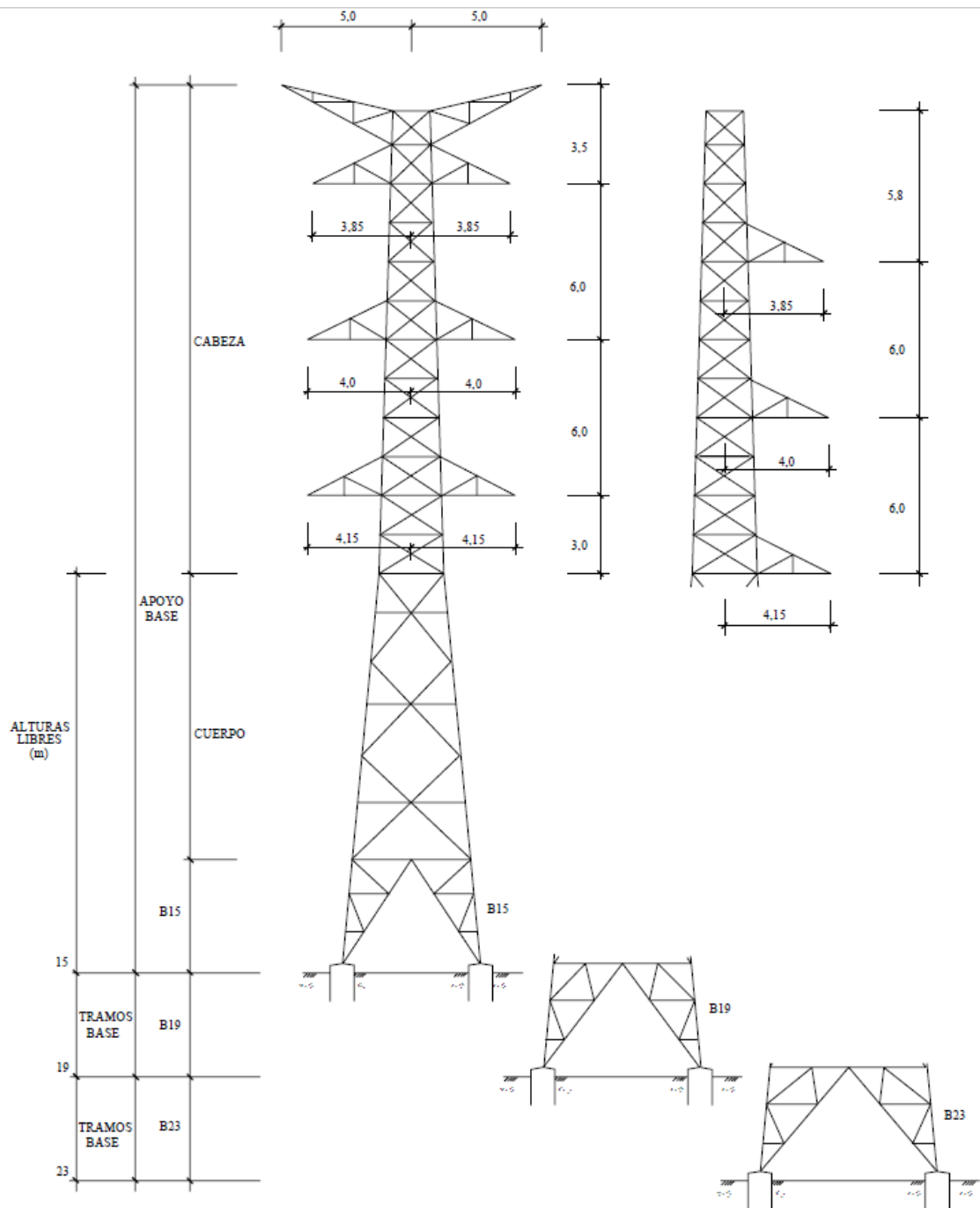
- cimentación de patas independientes
- cuerno piramidal para cable de tierra
- tres crucetas a tresbolillo
- cabeza, cuerpo y tramos de doble celosía



Para los apoyos de derivación Iberdrola utiliza la serie 12D2, en este caso, el apoyo 15 que entronca con la línea Hellín-Sabina será de este tipo.

(2) Doble circuito	1	Alineación Alineación reforzada Anclaje y ángulo medio Anclaje y ángulo grande Fin de línea Transición aéreo-subterráneo	12E110 12E120 12E140 12E150 12E190 12S190
	2	Cruce Derivación Fin de líneas seguridad reforzada	12H240 12D280 12E290

Sus dimensiones son:



Después de tener en cuenta las distancias mínimas obligatorias y las flechas más desfavorables, así como los esfuerzos que tienen que soportar los apoyos, se han seleccionado las siguientes alturas y tipos de apoyos normalizados:

APOYO	Altura libre (m)	Altura total (m)	Nomenclatura	Composición
1	18	26,4	11T190	B18
2	30	38,4	11T120	B18+B26+B30
3*	34	42,4	11T150	Especial
4	18	26,4	11T190	B18 (fuste 12E1)
5*	34	42,4	11T120	Especial
6	28	36,4	11T120	B18+ B22+B28
7	28	36,4	11T120	B18+ B22+B28
8	22	30,4	11T150	B18+B22
9	22	30,4	11T120	B18+B22
10	22	30,4	11T120	B18+B22
11	20	28,4	11T120	B20
12	20	28,4	11T120	B20
13	18	26,4	11T120	B18
14	18	26,4	11T140	B18
15	18	34,5	12D280	B18

*Estos apoyos son de tipo especial ya que la altura libre requerida por las condiciones del terreno es superior a la mayor que aparece en la norma. Por lo que se pueden tomar varias soluciones como pueden ser:

- Eleva los apoyos con soportes.
- Aumentar el tamaño de las zancas.
- Pedir al fabricante apoyos que cumplan las condiciones necesarias.

1.2.8 Validación de los apoyos

Los tipos de apoyos escogidos (serie 11T y 12D280) son los que Iberdrola tiene normalizados para líneas de 132kV y circuito simple (11T) y acciones de derivación (12D280).

En el MT-NEDIS 2.23.51 aparecen los esfuerzos que son capaces de soportar los apoyos y las crucetas, según la función del apoyos y la hipótesis estudiada.

Según estipula el proyecto tipo, Iberdrola no ve necesario la comprobación de los fustes debido a que los elementos más sensibles a los esfuerzos son las propias crucetas. Todos los fustes de los apoyos normalizados serán capaces de soportar los esfuerzos debidos a las inclemencias del tiempo y de los propios cables si sus crucetas también son capaces.

Pese a ello si que se ha comprobado las cargas de tipo vertical debidas al peso de los conductores y a los desniveles, puesto que los esfuerzos debidos a esta circunstancia no se contemplan en el MT.

Por ejemplo, el esfuerzo que soportará el conjunto del apoyo respecto del viento se dá por hecho que lo soportará puesto que estos apoyos se fabrican para las condiciones más desfavorables. Otro tipo de esfuerzos como el de desequilibrio de tracciones y el de rotura de conductores, al haberse validado sus crucetas los fustes los soportarán perfectamente.

Para el cálculo de esfuerzos se han aplicado las hipótesis requeridas en cada tipo de apoyos echando mano de eolovano y gravivano según corresponda.

Para las cargas permanentes, se ha comprobado en que hipótesis se presenta la carga vertical y la carga horizontal más desfavorable y a partir de esta se ha contrastado con la tabla de cargas resistentes por fase para cada tipo de apoyo.

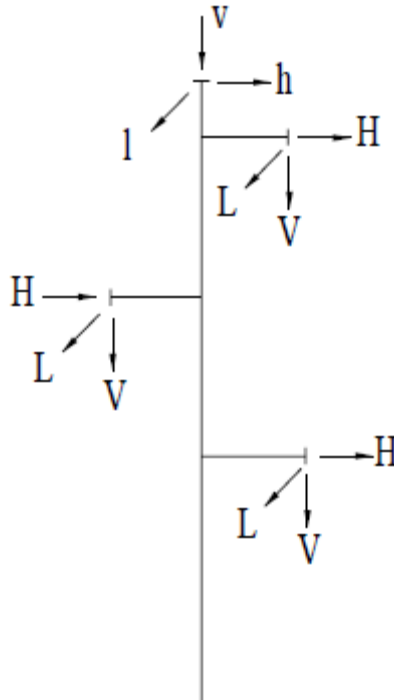
Para cargas puntuales, se ha hecho lo mismo, pero en las hipótesis de desequilibrio de tracciones y de rotura de conductores.

Cabe decir que los cálculos se han hecho para el cable de tierra, y el conductor.

Las cargas resistentes por fase de los apoyos de la serie 11T:

Hipótesis	Coef. Segur.	Esfuerzo		A.S.11G1	Apoyos serie 11T1				
		Por (1)	Tipo	11G120	11T110	11T120	11T140	11T150	11T190
1ª VIENTO	1,5	c.t.	v	300	300	300	320	320	320
			h	350	350	460	840	1240	2000
		con	V	550	550	550	620	620	620
			H	470	470	650	1240	1900	3000
2ª HIELO	1,5	c.t.	v	640	640	640	660	660	660
			h	170	170	230	630	1240	2000
		con	V	960	960	960	1030	1030	1030
			H	235	235	325	970	1900	3100
2ª bis FIN DE LINEA	1,5	c.t.	v	---	---	---	660	660	660
			l	---	---	---	840	1300	2000
		con	V	---	---	---	1030	1030	1030
			L	---	---	---	1300	2000	3100
3ª DESEQUILIBRIO	1,2	c.t.	v	640	640	640	660	660	660
			l	450	450	620	1000	1625	2500
		con	V	960	960	960	1030	1030	1030
			L	700	700	970	1550	2500	3900
4ª ROTURA DE UN CONDUCTOR O DE UN C. DE TIERRA	1,2	c.t.	v	640	640	640	660	660	660
			h	170	170	230	630	1240	2000
		con	V	960	960	960	1030	1030	1030
			H	235	235	325	970	1900	3100
		c.t.	vr	320	320	320	330	330	330
			hr	85	85	115	315	620	1000
		con	lr	1400	1400	1400	2000	2000	2000
			Vr	480	480	480	515	515	515
Hr	120	120	165	485	950	1550			
Lr	1550	1550	1550	3100	3100	3100			

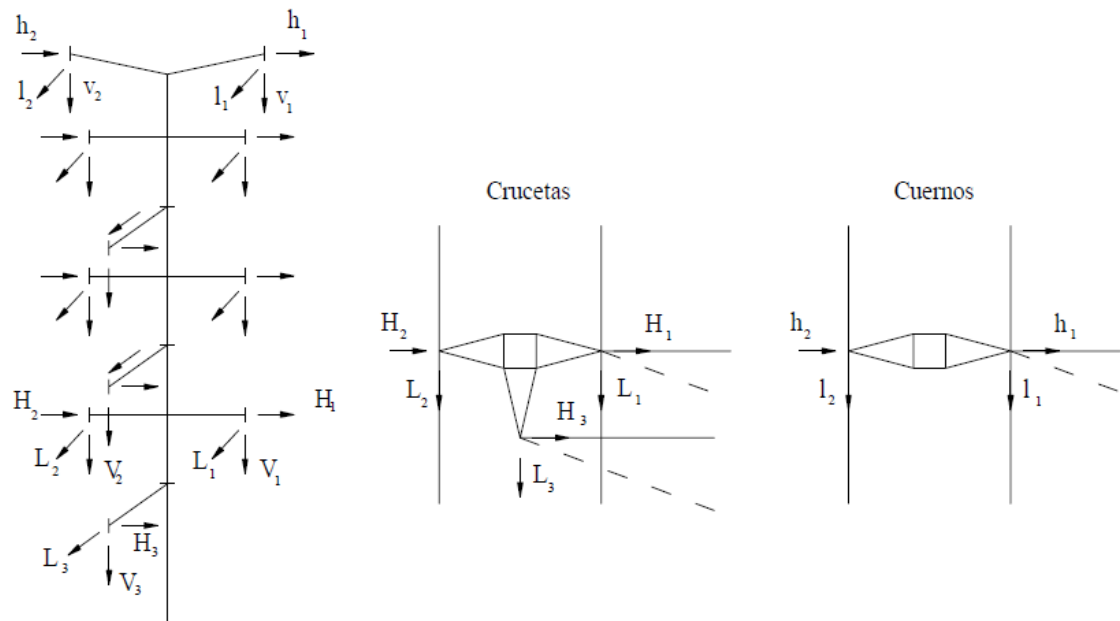
Donde las cargas se aplican de la siguiente manera:



Las cargas resistentes por fase de los apoyos de la serie 12D280:

Hipótesis	Coef. Seguridad	Esfuerzo Tipo	Apoyo 12D28B (600)				
			Cuernos		Crucetas		
			1	2	1	2	3
1ª VIENTO (Transversal)	1,5	v / V	450	300	900	600	300
		h / H	1500	300	2400	400	2000
		l / L	---	---	---	---	---
1ª bis VIENTO (Longitudinal)	1,5	v / V	450	300	900	600	300
		h / H	1700	---	2550	---	2550
		l / L	150	---	200	---	200
2ª HIELO (Deriv. 90°)	1,5	v / V	900	600	1500	1000	500
		h / H	2000	---	3100	---	3100
		l / L	---	---	---	---	---
2ª bis HIELO (Deriv. 120°)	1,5	v / V	900	600	1500	1000	500
		h / H	1500	---	2350	---	2350
		l / L	900	---	1350	---	1350
4ª ROTURA DE UN COND. O DE UN C. DE TIERRA	1,2	v / V	900	600	1500	1000	500
		h / H	2000	---	3100	---	3100
		l / L	---	---	---	---	---
	1,2	vr / Vr	600	---	1000	---	---
		hr / Hr	2000	---	3100	---	---
		lr / Lr	-2000	---	-3100	---	---

Donde las cargas se han repartido de la siguiente manera:

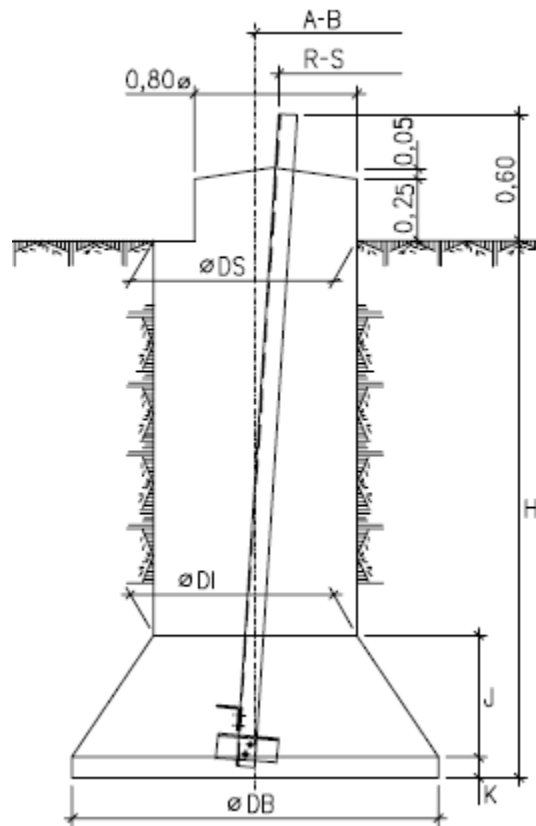


1.2.9 Cimentaciones

Según el MT-NEDIS 2.23.51 de Iberdrola, las cimentaciones para los apoyos tipo 11T1 serán de macizos independientes. Como el terreno a lo largo de la línea es agrícola, la cimentación es de tipo tierra. En el apartado 3.5.1 del primer anexo del MT se recogen las dimensiones de cimentaciones en tierra de la serie 11T1:

Apoyo		Dimensiones en m						Volumen por apoyo en m ³	
Tipo	T. base	DS \varnothing	DI \varnothing	DB \varnothing	J	K	H	Excavación	Hormigonado
11T110	B18/24	0,90	0,90	1,20	0,20	0,10	1,80	4,96	5,56
	B26/28						1,90	5,24	5,84
11T120	B18/24	0,90	0,90	1,20	0,20	0,10	2,00	5,48	6,08
	B26/28						2,10	5,72	6,32
11T140	B18/24	0,90	0,90	1,50	0,45	0,10	2,30	7,24	7,84
	B26/28						2,40	7,48	8,08
11T150	B18/24	0,90	0,90	1,50	0,45	0,10	2,70	8,40	9,00
	B26/28						2,80	8,64	9,24
11T190	B18/24	1,00	1,00	1,80	0,60	0,10	2,95	11,88	12,48
	B26/28						3,15	12,52	13,12

Los parámetros de la tabla anterior que definen la cimentación se representan de la siguiente manera:



Para el apoyo de entronque con la línea Hellín-Sabina, la cimentación será muy similar pero los parámetros variarán. Estos se recogen en el apartado 4.5.1 del segundo anexo del MT.

Apoyo		Dimensiones en m						Volumen por apoyo en m ³	
Tipo	T. base	DS Ø	DI Ø	DB Ø	J	K	H	Excavación	Hormigonado
12D18A	B11/28 -5/+12	1,10	1,10	2,10	0,75	0,10	3,10	16,17	16,89

El procedimiento de cálculo se ha sacado del MT 2.22.12 y se ha contrastado con proyectos de similares características al presente. A través de los cálculos definidos en el Documento 2 se han validado cada una de las cimentaciones anteriores:

Mr(t)	Mv(t)	CS	APOYO
260,2	34,29	7,587	1
40,66	11,79	3,449	2
137,6	25,31	5,437	3
153,2	28,28	5,419	4
40,92	11,79	3,471	5
40,92	11,79	3,471	6
40,92	11,79	3,471	7
127,5	24,2	5,267	8
36,9	10,84	3,405	9
36,9	10,84	3,405	10
37,18	10,84	3,431	11
37,18	10,84	3,431	12
36,94	10,84	3,409	13
93,6	17,9	5,229	14
462,8	45,81	10,1	15

El cociente entre el momento estabilizador y el de vuelco tiene que ser mayor a 3 tal como estipula Iberdrola en sus manuales técnicos, por lo que también se cumple con lo expuesto en el apartado 3.6.1 del ITC LAT 07 (CS=1,5)

1.2.10 Vibraciones

En el documento de cálculos se ha obtenido la EDS (Every Day Stress o Tensión de Cada Día) tanto para el conductor LA 280 como para el cable de tierra OPGW 15. Y se ha observado que en el caso del cable de tierra siempre se tendrá una tracción menor a la límite en la que se tiene que colocar vibradores (15% de la carga de rotura).

Sin embargo, para el conductor, la tracción máxima que se presenta es del 17,02% lo que hace que se necesite colocar antivibradores.

LA 280

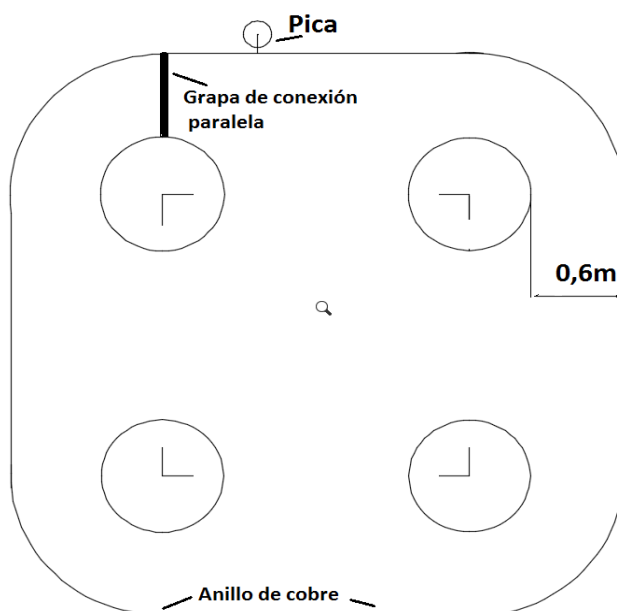
VANO	H(m)	t1(kg/mm2)	Flecha(m)	T(kg)	C
Vano1	110,33	5,3425154	0,98999225	1501,78108	1537,13519
Vano 2	209,66	5,1866021	3,68358378	1457,95385	1492,27621
Vano 3	332,9	5,1118365	9,428831	1436,93725	1470,76484
Vano 4	182,17	5,2187216	2,76354471	1466,98264	1501,51754
Vano 5	314,51	5,1187723	8,4034847	1438,8869	1472,76039
Vano 6	320	5,116598	8,70341832	1438,27571	1472,13481
Vano 7	311,32	5,1200792	8,23161677	1439,25426	1473,1364
Vano 8	286,02	5,1317099	6,93128798	1442,52365	1476,48275
Vano 9	218,82	5,1778974	4,01938408	1455,50696	1489,77171
Vano 10	260,76	5,1460118	5,74427898	1446,54391	1480,59765
Vano 11	273,13	5,138628	6,31166767	1444,46833	1478,47322
Vano 12	254,92	5,1497791	5,48568361	1447,60289	1481,68157
Vano 13	320	5,116598	8,70341832	1438,27571	1472,13481
Vano 14	281,64	5,1339779	6,71749422	1443,16119	1477,13531
Vano 15	316,04	5,118157	8,48654531	1438,71394	1472,58335

Según la norma NI 52.53.60, el amortiguador que se tiene que utilizar para solventar estos problemas será de tipo "Stockbridge" del tipo AMS-22 en conductores LA 280, de esta forma se prevendrán problemas de frotamiento-fatiga, incluso roturas, en los propios cables, herrajes y apoyos.

1.3 PUESTA A TIERRA

Tal y como indica la ITC-LAT 07 en el apartado 7.3.4.2, las zonas de labor se consideran como zonas no frecuentadas, por lo que el diseño de puesta a tierra será el que marca el MT 2.22.03 de Iberdrola en su apartado 5.3 para esta línea.

La configuración tipo del electrodo a emplear tendrá un valor de la resistencia de puesta a tierra lo suficientemente bajo como para garantizar la actuación de las protecciones en caso de defecto a tierra. Dicho valor, se podrá conseguir mediante la utilización de una sola pica de acero cobrizado de 2 m de longitud y 14 mm de diámetro, enterrada como mínimo a 1 m de profundidad (solo se necesitará una pica según los cálculos) y a una distancia 0,6m de la cimentación.



La composición de la puesta tierra es:

Designación	Denominación
PL 14-2000	Pica de 14mm de diámetro y 2m de longitud
GC-P14/C50	Grapa de conexión para pica y cable de 50mm ² de Cu
X(m) ¹	Cable de cobre de 50mm ²

¹ Los metros de Cu necesarios van en función de la superficie de apoyo.

1.4 CANTONES

Se define el cantón como la distancia que hay entre dos apoyos de anclaje (ya sean ángulo, propios de anclaje o fin de línea). Cada cinco apoyos se recomienda que uno sea de anclaje para que en caso de caída el efecto dominó pare en este de seguridad.

De esto se extrae que el conductor o cable de tierra que esté dentro de un cantón tiene que estar a la misma tensión en todos los vanos. En este proyecto se han identificado de la siguiente forma:

CANTÓN	Unión	Longitud(m)
1	Pórtico-Ap 1	110,33
2	Ap1-Ap3	542,58
3	Ap3-Ap4	182,17
4	Ap4-Ap8	1231,52
5	Ap8-Ap 14	1609,27
6	Ap14-Ap15	316,04