

TRABAJO FIN DE GRADO

PROYECTO DE UNA NUEVA LÍNEA PARA SUMINISTRO ELÉCTRICO EN EL MUNICIPIO DE GODELLETA



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Alumno redactor: Iván Fernández Paniagua

Tutor: Fidel Salas Vicente

ÍNDICE

1. Memoria del proyecto	3
2. Cálculos eléctricos	13
3. Cálculos mecánicos	18
4. Presupuesto	56
5. Pliego de condiciones	62
6. Estudio de seguridad y salud	74
7. Anexo cálculos	83
8. Planos	193

MEMORIA DEL PROYECTO

ÍNDICE

1.1	Introducción al proyecto	5
1.2	Objeto del proyecto	5
1.3	Reglamentación y normativa	5
1.4	Características de la instalación receptora	6
1.5	Trazado de la línea	6
1.5.1	Emplazamiento	7
1.5.2	Perfil longitudinal	7
1.5.3	Colocación de apoyos	8
1.6	Principales características de la instalación	9
1.7	Elementos que componen la línea	10
1.7.1	Apoyos	10
1.7.2	Protecciones	10
1.7.3	Puestas a tierra	11
1.7.4	Aisladores	12
1.7.5	Conductor	12

1.1 Introducción al proyecto

En el presente trabajo de fin de grado se va a proyectar una nueva línea para alimentar al municipio de Godelleta y satisfacer la demanda energética de la nueva granja porcina.

1.2 Objeto del proyecto

Este proyecto tiene como finalidad la construcción de una nueva línea de media tensión a 20 kV desde la subestación de Godelleta hasta el emplazamiento de la granja. La instalación proyectada se calculará de forma que prevea posibles ampliaciones en la granja y el uso de esta en otras posibles industrias cercanas.

Cumpliendo con la legislación vigente para este tipo de instalaciones, se va a realizar un estudio del cálculo mecánico necesario para la construcción de la nueva línea de doble circuito y media tensión a 20 kV.

Al realizarse la construcción en una zona agrícola, el trazado la línea de media tensión será durante todo su recorrido aérea, cumpliendo en todo momento la normativa de seguridad vigente.

El conductor que se utilizará es el 147-AL1/34-ST1A cumpliendo con las exigencias requeridas por el cliente.

En la redacción del proyecto se tendrá en cuenta el Manual Técnico de Iberdrola 2.21.75 la red eléctrica de media tensión que nos ocupa reúne las condiciones y garantías mínimas exigidas por la reglamentación vigente, con el fin de obtener la Autorización Administrativa y la de Ejecución de la Instalación, así como servir de base a la hora de proceder a la ejecución de dicha red eléctrica.

La línea en estudio parte de una subestación ya existente y se proyecta de acuerdo a la legislación vigente para el tipo de zona por la que concurre.

La confección del presente proyecto servirá como documento perceptivo para la obtención de la autorización administrativa pertinente.

1.3 Reglamentación y normativa

Para establecer las condiciones técnicas del Proyecto se han tenido en cuenta las especificaciones contenidas en:

- Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad, en Líneas Eléctricas de Media Tensión y sus Instrucciones Técnicas Complementarias, aprobadas por el Real Decreto 223/2008, de 15 de febrero.
- Normas técnicas particulares de la compañía distribuidora (Iberdrola), en particular el proyecto tipo 2.21.75.
- Real Decreto 1955/2000 de 1 de Diciembre, por el que se regulan las Actividades de Transporte, Distribución, Comercialización, Suministro y Procedimientos de Autorización de Instalaciones de Energía Eléctrica.
- Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión aprobado por el Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto y sus Instrucciones Técnicas Complementarias
- Normas UNE

1.4 Características instalación receptora

El presente proyecto se establece en el abastecimiento de una granja porcina de nueva construcción y se tendrán en cuenta las necesidades futuras de potencia según la información recibida.

El dimensionamiento de la línea se hará acorde a las exigencias del cliente, teniendo siempre presente tanto la normativa existente para este tipo de instalaciones, como las exigencias por parte de la compañía distribuidora (Iberdrola).

Siendo las dimensiones totales de la parcela a suministrar de 4500 m² y el proyecto de construcción de la nave de 2000 m², teniendo en cuenta algún tipo de ampliación por parte del cliente. Las posibles ampliaciones en cualquiera de las zonas que componen la granja se verán reflejadas en el 50% de sobredimensionamiento mencionado en el anexo de cálculos eléctricos correspondiente.

Los datos ofrecidos por el cliente de la distribución de la granja son:

- Zona lactancia	150 m ²
- Zona cría/destete	250 m ²
- Zona engorde	1200 m ²
- Almacén	200 m ²
- Oficinas	50 m ²
- Zonas de paso	150 m ²

En el anexo de cálculos eléctrico se ampliará y obtendrá el consumo real para la comprobación de la validez de la instalación.

Los cálculos de potencia se realizan teniendo en cuenta solamente la carga por parte de la granja, cuya instalación ya está prevista, aunque la línea esta dimensionada según los requisitos de potencia transmitidos por el ayuntamiento para sus diferentes usos en otras instalaciones colindantes o de próxima construcción.

1.5 Trazado de la línea

El trazado de la línea se dispondrá de acuerdo con el proyecto tipo 2.21.75 (Iberdrola), teniendo en todo momento muy presente el vuelo de la línea y los posibles inconvenientes ambientales y de propiedad.

Se realizará de forma que esté sea lo más recto posible, para evitar el sobredimensionamientos de los apoyos. Se tendrán en cuenta los lindes de las parcelas privadas que son atravesadas con el fin de causar el mínimo de inconvenientes a los propietarios.

El inicio del trazado de la línea (apoyo de principio de línea), será desde la subestación de Godelleta, situada está a las afueras del pueblo.

El apoyo de fin de línea se situará en el linde de la parcela designada para la construcción de la granja, optimizando así el terreno útil para la explotación.

Por las características del terreno, la puesta de apoyos no requiere de un estudio independiente del mismo, por tratarse de un terreno sedimentario, estando este formado por diferentes capas de roca y arcilla.

Al no existir un gran desnivel entre apoyos, no se han tenido que emplear apoyos recrecidos para evitar volteo de cadenas de aisladores o tiro vertical.

Otros motivos que han influido en la determinación de la línea han sido por el fácil acceso de instalación y transporte de los apoyos.

En el plano 1 (anexo 9), se puede apreciar el trazado (en rojo) de la línea proyectada.

1.5.1 Emplazamiento

El trazado de la línea se efectuará de forma que en este se utilice el mínimo perfil de apoyos y respete las cédulas de propiedad. Además es de especial interés el fácil acceso de los operarios para la instalación.

Siguiendo la norma establecida en la ITC-LAT-07, la altura de los apoyos al terreno será la necesaria para que los conductores, con su máxima flecha vertical, queden situados por encima de cualquier punto del terreno.

La mencionada norma establece un mínimo de 6 metros, pero se ha determinado que por criterio de seguridad se utilicen 7 metros de altura libre entre el punto de flecha máxima de un apoyo y el suelo. Este apartado quedará explicado con mayor exactitud en el anexo de cálculos mecánicos.

La vista en planta queda expuesta en el plano 4, en el que se puede identificar terreno agrícola en explicación denominándose (huerta), terreno no explotado (terreno sin uso) y los caminos o carreteras de color blanco.

Siguiendo las directrices del Instituto Cartográfico Valenciano del Catastro WMS, se ha resuelto el perfil del terreno conjuntamente con los planos catastrales del emplazamiento de línea.

1.5.2 Perfil longitudinal

Se ha realizado un pequeño estudio del desnivel presente en el trazado de la línea. Este ayudará a seleccionar de forma más exacta el tipo de apoyos y la cantidad necesaria.

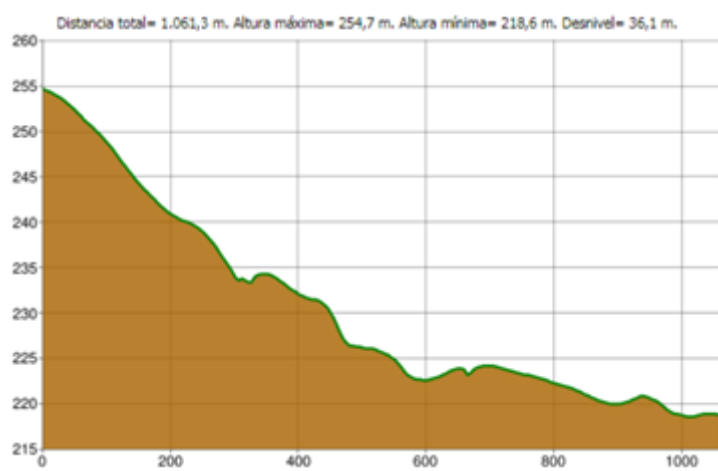


Imagen 1: Perfil longitudinal

Tal y como muestra la Imagen 1, el desnivel a lo largo de los 1061 metros de la línea es de 36,1 metros, siendo el desnivel medio de aproximadamente un 3,4%.

Este pequeño desnivel favorece la homogeneidad de los apoyos a emplazar y evita el problema de volteo de cadenas.

Este nos permite conocer no solo el desnivel de la zona, sino los datos más relevantes de la línea (distancia total, altura máxima, altura mínima y desnivel total).

1.5.3 Colocación de apoyos

Una vez queda determinados los apoyos de principio (subestación) y fin de la línea (granja), el desarrollo del resto de apoyos se ejecutará de la forma descrita.

Siguiendo las exigencias que la reglamentación (PT 2.21.75) expone, el resto de apoyos cumplirán los criterios básicos respetando así las zonas limítrofes de los campos por los que transcurre la línea.

El vano máximo a utilizar, como se apreciará en el apartado de cálculos, supera los 200 metros, pero, por criterios de seguridad, el vano máximo a utilizar será de 130 metros, aumentando así el número de apoyos necesarios, siendo estos de menor perfil.

Finalmente se decide utilizar **11 apoyos**, los cuales estarán situados en las siguientes coordenadas:

DENOMINACIÓN	TIPO DE APOYO	LOCALIZACIÓN
APOYO N°1	PRINCIPIO DE LÍNEA	700461.276;4368429.880
APOYO N°2	ALINEACIÓN	701457.375;4368771.212
APOYO N°3	ALINEACIÓN	700903.924;4368502.376
APOYO N°4	ALINEACIÓN	701365.506;4368725.957
APOYO N°5	ANCLAJE	700902.205;4368501.318
APOYO N°6	ALINEACIÓN	701145.233;4368619.699
APOYO N°7	ALINEACIÓN	700997.066;4368547.203
APOYO N°8	ALINEACIÓN	701079.569;4368587.189
APOYO N°9	ALINEACIÓN	700817.422;4368488.775
APOYO N°10	ALINEACIÓN	700579.055;4368448.994
APOYO N°11	FIN DE LÍNEA	701465.998;4368776.441

Tabla 1: Ubicación apoyos

Los planos de la ubicación en planta de la línea están debidamente cumplimentados con la leyenda estándar, siguiendo las directrices del Instituto Cartográfico Valenciano del Catastro WMS.

1.6 Principales características de la instalación

La nueva línea tiene una longitud total de 1061,3 metros y está compuesta de 11 Apoyos, con dos cantones y una desviación de 36,275° correspondientes a un apoyo de Anclaje-Angulo, siendo los otros restantes:

- Ocho apoyos de alineación (todos ellos de 16 metros de altura)
- Un apoyo de principio de línea
- Un apoyo de Fin de línea

Por lo tanto el único apoyo de Anclaje-Angulo es el número 5, separando así los dos cantones a partir de este mismo.

Una idea básica de los apoyos de la línea sería:

- Los Apoyos 2,3,4,6,7,8,9 y 10 son de Alineación, correspondiendo los 3 primeros al cantón 1 (2,3 y 4) y los siguientes al cantón 2 (6,7,8,9 y 10).
- El Apoyo de Anclaje-Angulo sería el número 5.
- El apoyo 1 será el de Principio de línea (inicio desde la subestación)
- Un último apoyo Fin de línea que será el número 11, siendo este del que se alimentará la granja.

Toda la línea transcurre por el zona cultivo de parcelas particulares a las que se les ha pedido permiso previo para la obra, (tanto para la servidumbre de vuelo como para instalación de apoyos), y se ha optado por ubicar los apoyos en las zonas menos conflictivas para su explotación agraria, situando los apoyos en las zonas limítrofes de propiedad, es decir, en los lindes de propiedad de cada parcela.

Plano zona



Imagen 2: Plano aéreo línea (Godelleta), siendo 1 la subestación y 2 la ubicación en la que se construirá la granja

El plano de visualización inicial de la línea vendrá escalado de forma que tanto el proyectista como la contrata que ejecutará el proyecto identifiquen perfectamente el trazado de esta.

En el anexo de planos se incluye, para este fin, 3 planos con diferentes escalas (1:5000, 1:10000 y 1:20000), con el fin de aclarar cualquier duda sobre la ubicación de la presente instalación.

1.7 Elementos que componen la línea

1.7.1 Apoyos

Los apoyos utilizados durante el desarrollo de esta parte del proyecto pertenecen a la serie C de la compañía **Fammsa** siguiendo las directrices según la norma UNE 207017.

La justificación para el uso de cada una de los apoyos se encontrará en el apartado de cálculos correspondiente.

Las partes fundamentales del apoyo son:

Fuste: Parte inferior del apoyo, de forma tronco piramidal y base cuadrada. El fuste contendrá el anclaje, el cual estará compuesto por un bloque de hormigón, que es la parte comprendida entre la base y la línea teórica de tierra.

Armados: parte superior del apoyo, compuesta por:

- **Cabeza:** Parte del apoyo formada por perfiles angulares situada sobre el fuste, de forma prismática cuadrangular de caras idénticas.
- **Cruceta:** Parte del apoyo formada por perfiles angulares situada en la cabeza del apoyo y perpendicular a ésta. Esta parte del apoyo será el punto de sujeción del conductor al apoyo.

En una parte visible del apoyo se instalará la correspondiente señalización de “Peligo Eléctrico”.

La totalidad de los apoyos han sido calculados según la ITC-LAT 07 y el Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Líneas Eléctricas de Alta Tensión.

1.7.2 Protección de la línea

Se incorporará un dispositivo de seccionamiento y de protección contra cortocircuitos mediante fusibles en los apoyos de principio y final de línea.

La composición de dicho dispositivo será polimérica y estará compuesta por fusibles de expulsión unipolar, los cuales dispondrán de características de seccionamiento para cumplir así la doble función de protección contra cortocircuitos y maniobra (para mantenimiento y descarga de la instalación).

Para la protección contras sobretensiones se hará uso de un pararrayos de óxidos metálicos poliméricos. Estos no se conectarán directamente a tierra a través del apoyo (o de su armadura).

La conexión a tierra se realizará entre el borne de tierra del pararrayos y la línea de puesta a tierra de las masas mediante conductor de cobre desnudo de acuerdo con el Reglamento de Líneas de Alta Tensión vigente.

En el siguiente apartado se explicará más minuciosamente su colocación.

1.7.3 Puestas a tierra

La totalidad de los apoyos de nuestra línea vendrán puestos a tierra como se expone a continuación.

Siguiendo los criterios mínimos para la definición de la resistencia de difusión a tierra establecidos en el apartado 7 de la ITC-LA 07 (Real Decreto 223/2008, de 15 de febrero) sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas eléctricas de alta tensión, el presente proyecto ejecutará estos dependiendo de la zona de ubicación del apoyo y de la resistencia del terreno.

Tomaremos los apoyos de **principio** (subestación) y **fin de línea** como pública concurrencia, por lo que el sistema de puesta a tierra básico será mediante un sistema mixto de picas y anillo (con resistencia de difusión a tierra menor a 10Ω).

El resto de apoyos, aun siendo una zona agrícola y poco frecuentada, el sistema de puesta a tierra básico será mediante un sistema mixto de picas y anillo (con resistencia de difusión a tierra será siempre menor de 20Ω).

En ambos casos la configuración para la seguridad en la puesta a tierra supera los mínimos establecidos por la norma.

La colocación del sistema mixto de picas y anillos estará dispuesta de tal forma que:

- La unión entre el sistema mixto de picas y anillos será mediante cable de cobre de 95 mm^2 de sección a un anillo perimetral del mismo tipo de cable
- La separación entre el anillo y el montante será de 1 metro con una profundidad mínima de 0,6 m e irá unida a cuatro picas de cobre de 20 mm de diámetro y 2,40 m de longitud.

Previo a la puesta en funcionamiento de la instalación se comprobará que el valor de la resistencia en todos los apoyos y las tensiones de paso y de contacto aplicadas.

Se procederá a un estudio mediante el **método Wenner** para estimar la resistividad del terreno con el fin de determinar el número y profundidad exacta de las perforaciones necesarias.

Medida de la resistencia de puesta a tierra

La medida de la resistencia de puesta a tierra de los apoyos se efectuará mediante un telurómetro de alta frecuencia (estando previamente las conexiones entre los anillos de puesta a tierra unidas entre sí).

Tensiones de paso y de contacto

Para la medida de tensión de contacto se utilizará el método de inyección de corriente. Durante la simulación nos aseguraremos que las fuentes de alimentación sean de la potencia adecuada de forma que la corriente inyectada sea suficientemente alta con el fin de evitar posibles errores en las medidas por corrientes parasitarias.

Todas estas mediciones se efectuaran como establece el Real Decreto 223/2008.

1.7.4 Aisladores

En este apartado se estudian los niveles de aislamiento mínimo correspondientes a la tensión más elevada de la línea (24 kV), así como los elementos que integran las cadenas de aisladores.

Haciendo referencia a la MT 2.21.75, esta se establecen dos niveles (Nivel II-Medio y Nivel IV-Muy fuerte) en lo que afecta a la contaminación del entorno en que han de instalarse los aisladores.

Según la MT nombrada, en la que se hace referencia a la ITC-LAT-07, ambos niveles cumplen las características requeridas.

Se establecen dos niveles (Nivel II – Medio y Nivel IV – Muy fuerte, siendo en nuestro caso el Nivel II.

Con los aisladores seleccionados en el presente proyecto, se cumplen en ambos casos, las prescripciones reglamentarias dadas en la tabla 12 de la ITC-LAT 07, de 125 kV y 50 kV, a onda de choque y frecuencia industrial, respectivamente.

Nivel II – Medio

Zonas con industrias que no produzcan humos especialmente contaminantes y/o con una densidad media de viviendas equipadas con calefacción.

Nuestro proyecto estaría en este nivel o inferior debido a que la población se encuentra a cierta distancia y en la zona únicamente se pueden apreciar cultivos, por lo que los aisladores empleados serán para todos los apoyos un U70 YB20, cuyas características son:

Material	Compuesto
Carga de rotura, daN	7000
Línea de fuga, mm	480
Tensión de contorneo baja lluvia, kV	70
Tensión a impulso tipo rayo, kV	165

Tabla 2: Características aislador

1.7.5 Conductor

El conductor que contempla este Proyecto es de aluminio-acero galvanizado de 181,6 mm² de sección, según norma UNE 21016, los cuales están en la norma NI 54.63.01 Y cuyas características principales son según el Manual Técnico de Iberdrola 2.21.75:

Designación	147-ALI/34-ST1A (LA-180)
Sección de aluminio, mm ²	147,3
Sección total, mm ²	181,6
Equivalencia en cobre, mm ²	93
Composición	30+7
Diámetro de los alambres, mm	2,5
Diámetro aparente, mm	17,5
Carga mínima de rotura, daN	6390

Módulo de elasticidad, daN/mm ²	8000
Coefficiente de dilatación lineal, °C-1	1,78E-05
Masa aproximada, kg	676
Resistencia eléctrica a 20°C, Ω/km	0,1962
Densidad de corriente, A/mm ²	2,374

Tabla 3: Características conductor

Durante los cálculos, el parámetro carga mínima de rotura ha sido cambiado para adecuarse al **valor real** expuesto en el Manual, poniendo su valor a **6390 daN**

CÁLCULOS ELÉCTRICOS

ÍNDICE

1.1	Densidad máxima de corriente	16
1.2	Intensidad máxima admisible	16
1.3	Reactancia aparente	16
1.4	Caída de tensión	16
1.5	Potencia máxima de la línea	16
1.6	Potencia a transportar	17

1.1 Densidad máxima de corriente

La densidad máxima de corriente admisible en régimen permanente para corriente alterna y frecuencia de 50Hz se deduce de la tabla del art.22 del R.L.A.T. De los datos del conductor se obtiene que el valor de esta es de **2,374 A/mm²**.

Conocemos la tensión que nos viene impuesta por el propio proyecto, pero desconocemos la potencia que circulará por la línea, por lo que calcularemos la intensidad máxima de esta con un factor de potencia inductivo del 0,9 y una caída de tensión inferior al 5%.

1.2 Intensidad máxima admisible

Según la MT 2.21.75, para el conductor utilizado la densidad de corriente máxima es de **2,592 A/mm²**, pero debido a su composición, tras aplicarle un coeficiente corrector del **0,916**, esta densidad será de **2,374 A/mm²**. Tras el cálculo (presente en el anexo de cálculos eléctricos), se obtiene una $I_{\max} = 431,32 \text{ A}$.

1.3 Reactancia aparente

Del proyecto tipo 2.21.75 obtenemos que la reactancia kilométrica del conductor (para las crucetas elegidas) es de **0,387Ω/km** (valor medio).

1.4 Caída de tensión

Como indica la norma ITC LAT-07 en su anexo 7.1.2, la máxima caída que podemos tener es del 5% (línea de 20kV) lo que nos arroja un resultado de 1000V, por lo que sustituyendo los datos conocidos, se obtiene un resultado de **3,81 km**, siendo este muy superior a los **1061,3 metros** de nuestra línea.

1.5 Potencia máxima de la línea

La potencia que puede transportar la línea está limitada por la intensidad máxima determinada anteriormente y por la caída de tensión, que no deberá exceder del 5%.

La máxima potencia a transportar limitada por la intensidad máxima (431,32A) tiene un valor de **13447 kW**.

Tendremos que, para un factor de potencia del 0,90, la potencia máxima que puede transportar la línea en función de la tensión nominal será:

$U_N(\text{kV})$	$P_{\text{MAX}}(\text{kW})$
20	13477

1.6 Potencia a transportar

En una granja porcina, la energía consumida se emplea principalmente en la iluminación, la calefacción y la ventilación.

Los factores climáticos y el tipo de equipamiento a emplear serán los factores utilizados para seleccionar el tipo de consumo que requiere de la instalación.

Los datos ofrecidos por el cliente de la distribución de la granja son:

- Zona lactancia 150 m²
- Zona cría/destete 250 m²
- Zona engorde 1200 m²
- Almacén 200 m²
- Oficinas 50 m²
- Zonas de paso 150 m²

Potencia consumida por animal

- *Lactancia*

En la zona destinada a los animales lactantes se respetarán los 5m² por animal, resultando un máximo de **30 animales** para lactancia.

Siguiendo los parámetros de consumos de energía certificados por el IDAE, estos son para el caso de animales lactantes del ámbito porcino de **1,05kWh** y día. Por lo que el consumo de potencia estimado para la totalidad de los animales es de **1,38kW**.

- *Cría/destete*

En la zona destinada a los animales lactantes se respetarán los 2,5m² por animal, resultando un máximo de **100 animales** en la zona de cría y destete.

Siguiendo los parámetros de consumos certificados por el IDAE, estos son para el caso de animales durante el proceso de cría es de **0,11kWh** y día. Por lo que el consumo estimado para la totalidad de los animales es de **0,45kW**.

- *Engorde*

En la zona destinada a los animales lactantes se respetarán los 1,2m² por animal, resultando un máximo de **1000 animales** en la zona de engorde.

Siguiendo los parámetros de consumos certificados por el IDAE, estos son para el caso de animales durante el proceso de cría es de **0,14kWh** y día. Por lo que el consumo estimado para la totalidad de los animales es de **5,83kW**.

Potencia consumida por uso y mantenimiento

- Almacén

En el almacén debido a que únicamente dispondrá de iluminación, la potencia estimada es de **0,5kW**.

- Oficina

En la oficina se dispondrá de dos ordenadores, climatización e iluminación, por lo que se estima que la potencia necesaria es de **3,5kW**.

- Zonas de paso

En las zonas de paso la potencia estimada es de **0,8kW**.

La **potencia total** querida por la instalación es de **12,46kW**, a la que se le aplicará un incremento del 50% por posibles ampliaciones o diferencias en la granja. Siendo así, la potencia total quedaría en **18,69kW**, muy inferior a los **13477kW** que ofrece la línea, por tanto, la instalación es **válida**.

Esta nueva línea permite su ampliación para alimentar la nueva zona de polígono de Godelleta y las posibles ampliaciones de las urbanizaciones cercanas.

La potencia de la línea es muy superior a la necesaria para alimentar a la granja incluso teniendo en cuenta posibles ampliaciones. No obstante, debe recordarse que la línea deberá abastecer a la nueva zona de polígono prevista por el ayuntamiento.

CÁLCULOS MECÁNICOS

ÍNDICE

1.1	Vano regulador	21
1.2	Validez del conductor	21
1.3	Tablas de tendido	22
1.4	Tablas de regulación	23
1.5	Vano máximo admisible	28
1.6	Curva de parábola y catenaria	32
1.7	Distancias de seguridad	33
1.7.1	Distancia de seguridad al terreno	33
1.7.2	Distancia mínima entre conductores	34
1.8	Clasificación de los apoyos	34
1.9	Desvío de cadenas y tiro vertical	50

1.1 Vano Regulador

Una vez determinado el perfil de nuestra línea y la situación de los apoyos de forma que respeten tanto la ITC-LAT 07, como los posibles inconvenientes con los lindes de cada uno de los campos que atraviesa, procedemos al cálculo del vano regulador por medio de la fórmula, extraída de la ITC LAT-07 (apartado 3.2.3):

$$a_R = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^{j=n} a_j^3}{\sum_{j=1}^{j=n} a_j}}$$

La línea proyectada está formada por 2 cantones diferentes, por tanto, habrá dos vanos reguladores. Su resolución completa puede consultarse en el anexo de cálculo correspondiente para ambos cantones, obteniendo como resultados de especial interés:

Vano regulador Cantón 1

Las dimensiones de los vanos (en metros) del cantón 1 son:

Vano 1	Vano 2	Vano 3	Vano 4
119,32	115,12	126,53	87,56

Tabla 4: Vanos Cantón 1

Obteniendo así un vano regulador para el Cantón 1 de **114,9 metros** y una longitud para este de **448,53 metros**.

Vano regulador Cantón 2

Las dimensiones de los vanos (en metros) del cantón 2 son:

Vano 5	Vano 6	Vano 7	Vano 8	Vano 9	Vano 10
103,37	91,68	73,26	122,93	124,32	100,46

Tabla 5: Vanos Cantón 2

Obteniendo así un vano regulador para el Cantón 2 de **107,07 metros** y una longitud para este de **616,02 metros**.

1.2 Validez del conductor

Los conductores deberán cumplir según proyecto tipo (MT 2.21.75) las siguientes condiciones:

a) Que el coeficiente de seguridad a la rotura, sea como mínimo igual a 3 en las condiciones atmosféricas que provoquen la máxima tracción de los conductores, además, el coeficiente de seguridad de los apoyos y cimentaciones en la hipótesis tercera sea el correspondiente a las hipótesis normales. Quedando el esfuerzo de tracción como:

$$T1_{\max} = \frac{6390}{3 \cdot 181,6} = \mathbf{11,729 \text{ daN/mm}^2}$$

b) La tracción de trabajo de los conductores a 15 °C sin ninguna sobrecarga, no exceda del 15% de la carga de rotura.

Tras efectuar las operaciones pertinentes (presentes en el anexo de cálculos), se obtiene una fuerza **639,26daN** inferior a los **958,5 daN** (establecidos como límite por la ITC LAT-07 apartado 3.5.3).

Por tanto nuestro conductor es **válido** para el cantón más desfavorable (cantón 1).

c) Cumpliendo las condiciones anteriores se contempla una tercera, que consiste en ajustar los tenses máximos a valores inferiores y próximos a los esfuerzos nominales de apoyos normalizados.

Al establecer la condición a) se puede prescindir de la consideración de la 4ª hipótesis (rotura de conductores) en el cálculo de los apoyos de alineación y de ángulo, siempre que en ningún caso las líneas que se proyecten tengan apoyos de anclaje distanciados a más de **3 km** (ITC-LAT 07 apartado 3.5.3). En nuestro caso no existe una separación mayor de **126 metros**, por tanto, será válida esta tercera hipótesis.

Atendiendo a las condiciones anteriores se establece para las tres zonas reglamentarias, (A, B y C) una tracción mecánica del conductor a 15° C, sin sobrecarga de **958.5 daN** (valor equivalente al 15 % de la carga de rotura).

A efectos de tracción máxima se establece el valor máximo de **1100 daN** en zona A

1.3 Tablas de Tendido

En este apartado se detallan las tablas de tendido, correspondientes a estados de tendidos diferentes, las cuales nos han permitido elegir en cada caso el tense más adecuado.

Las que corresponden a la tracción máxima, tratan de aprovechar al máximo las características de resistencia mecánica en los conductores, teniendo en cuenta las tres condiciones indicadas en el apartado anterior.

Como se trata de una línea de **3ª categoría**, la velocidad de **viento** es de **120Km/h para todos los casos** y la temperatura para la hipótesis de **flecha máxima** es de **50°C**. Los datos del conductor los obtenemos del proyecto tipo Iberdrola.

Tabla de tendido cantón 1

En la tabla de tendido del cantón 1 a **50°** se han obtenido:

Tensión tendido Cantón 1

TOTAL –Tensión tendido (daN)	2,59 (daN)
-------------------------------------	-------------------

Fuerza a 50° Cantón 1

TOTAL –Fuerza 50° (daN)	470 (daN)
--------------------------------	------------------

Flecha máxima Cantón 1

TOTAL –Flecha máxima (m)	2,33 (m)
---------------------------------	-----------------

Tabla de tendido cantón 2

En la tabla de tendido del cantón 2 a 50° se han obtenido:

Tensión tendido Cantón 2

TOTAL –Tensión tendido (daN) 2,51 (daN)

Fuerza a 50° Cantón 2

TOTAL –Fuerza 50° (daN) 456 (daN)

Flecha máxima Cantón 2

TOTAL – Flecha máxima (m) 2,09 (m)

Para facilitar el trabajo ante cualquier imprevisto, se ha decidido elaborar esta **tabla de tendido global** con los valores próximos a los vanos reguladores:

Vano Reg.	Fuerza Máxima		Flechas Maximas				Parametro		Cadenas		TEMPERATURA																
	- 5° + Viento		15° + V		50°		Catenaria		-5° + V/2		-5°		0°		5°		10°		15°		EDS	20°		25°		30°	
	F	CS	F	f	F	f	Max	Min	F	F	f	F	f	F	f	F	f	F	f	%	F	f	F	f	F	f	
50	1100	5,81	753	0,46	294	0,70	888	3.059	1038	1014	0,20	902	0,23	796	0,26	698	0,30	611	0,34	9,55	535	0,39	472	0,44	420	0,49	
60	1100	5,81	788	0,63	332	0,90	1.000	2.963	1016	982	0,30	878	0,34	781	0,38	694	0,43	617	0,48	9,66	551	0,54	496	0,60	450	0,66	
70	1100	5,81	820	0,82	364	1,11	1.099	2.864	994	949	0,43	854	0,48	767	0,53	690	0,59	623	0,65	9,75	566	0,72	517	0,79	476	0,85	
80	1100	5,81	847	1,04	393	1,35	1.186	2.766	973	917	0,58	831	0,64	755	0,70	687	0,77	628	0,84	9,83	578	0,92	534	0,99	497	1,07	
90	1100	5,81	872	1,27	419	1,60	1.263	2.673	953	886	0,76	810	0,83	743	0,90	684	0,98	633	1,06	9,90	588	1,14	550	1,22	516	1,30	
100	1100	5,81	894	1,54	441	1,88	1.331	2.589	934	858	0,97	792	1,05	733	1,13	682	1,22	637	1,30	9,96	597	1,39	562	1,47	532	1,56	
110	1100	5,81	913	1,82	461	2,17	1.392	2.515	918	834	1,20	776	1,29	725	1,38	680	1,48	640	1,57	10,01	605	1,66	574	1,75	546	1,84	
120	1100	5,81	930	2,13	479	2,49	1.445	2.451	904	812	1,47	762	1,57	718	1,66	678	1,76	643	1,86	10,06	611	1,95	583	2,05	558	2,14	
130	1100	5,81	945	2,45	495	2,83	1.493	2.396	892	794	1,76	750	1,87	711	1,97	676	2,07	645	2,17	10,09	617	2,27	591	2,37	568	2,46	
140	1100	5,81	958	2,81	509	3,19	1.535	2.349	882	779	2,09	740	2,19	706	2,30	675	2,41	647	2,51	10,13	622	2,61	598	2,71	577	2,81	
150	1100	5,81	970	3,18	522	3,57	1.573	2.309	872	765	2,44	732	2,55	701	2,66	674	2,77	649	2,87	10,15	626	2,96	605	3,08	585	3,19	
175	1100	5,81	995	4,23	548	4,63	1.652	2.233	855	740	3,43	716	3,55	693	3,66	672	3,78	652	3,89	10,21	634	4,00	617	4,11	601	4,22	
200	1100	5,81	1013	5,42	568	5,84	1.713	2.182	842	723	4,58	704	4,71	687	4,83	670	4,95	655	5,06	10,24	640	5,18	626	5,29	613	5,41	
225	1100	5,81	1028	6,76	583	7,19	1.760	2.145	833	711	5,90	696	6,02	682	6,15	669	6,27	656	6,39	10,27	644	6,51	633	6,63	622	6,74	

Tabla 6: Tabla de tendido global

1.4 Tabla de Regulación

En este apartado del proyecto se desarrollará un estudio más minucioso de los cantones en todo el trazado de la línea.

Una vez han sido obtenidos los resultados de las Tablas de tensiones, queda delimitar según el proyecto tipo 2.21.75 los cambios de tensión y las flechas a diferentes temperaturas. Este aspecto será la principal característica de este apartado, en el cual también se incluyen los **coeficientes de seguridad EDS**.

Siguiendo las premisas establecidas en el proyecto tipo 2.21.75, se efectuará el cálculo de las tablas de regulación según las diferentes hipótesis siendo estas: **temperatura, viento, viento mitad, fuerza de viento y a -5°C**.

Tablas de regulación Cantón 1

Primero ha sido necesaria la obtención de T₁, el cual será común para todas las hipótesis, a partir del coeficiente de seguridad de **5,81** delimitado por la ITC-LAT 07:

$$T_1 = \frac{C_R}{C_S \cdot S} = \frac{6390}{5,81 \cdot 181,6} = 6,056 \text{ daN} / \text{mm}^2$$

Hipótesis 50°C

Para la hipótesis a **50°** de la tabla de regulación del Cantón 1, se han obtenido:

Tensión tendido Cantón 1 – Hipótesis 50°

TOTAL – Tensión tendido (daN)	2,59 (daN)
--------------------------------------	-------------------

Fuerza a 50° Cantón 1

TOTAL – Fuerza 50° (daN)	470 (daN)
---------------------------------	------------------

Flecha máxima Cantón 1 – Hipótesis 50°

TOTAL – Flecha máxima (m)	2,33 (m)
----------------------------------	-----------------

Hipótesis 15°+V

Para la hipótesis a **15°+V** de la tabla de regulación del Cantón 1, se han obtenido:

Tensión tendido Cantón 1 – Hipótesis 15°+V

TOTAL – Tensión tendido (daN)	5,07 (daN)
--------------------------------------	-------------------

Fuerza a 15°+V Cantón 1

TOTAL – Fuerza 15°+V (daN)	921 (daN)
-----------------------------------	------------------

Flecha máxima Cantón 1 – Hipótesis 15°+V

TOTAL – Flecha máxima (m)	1,97 (m)
----------------------------------	-----------------

Hipótesis 0°+H

Para la hipótesis a **0°+H** de la tabla de regulación del Cantón 1, se han obtenido

Tensión tendido Cantón 1 – Hipótesis 0°+H

TOTAL – Tensión tendido (daN)	0,96 (daN)
--------------------------------------	-------------------

Fuerza a 0°+H Cantón 1

TOTAL – Fuerza 0°+H (daN) 174 (daN)

Flecha máxima Cantón 1 – Hipótesis 0°+H

TOTAL – Flecha máxima (m) 0 (m)

Hipótesis Viento mitad (V/2)

Para la hipótesis a V/2 de la tabla de regulación del Cantón 1, se han obtenido:

Tensión tendido Cantón 1 – Hipótesis (V/2)

TOTAL – Tensión tendido (daN) 5,02 (daN)

Fuerza a (V/2) Cantón 1

TOTAL – Fuerza (V/2) (daN) 911 (daN)

Flecha máxima Cantón 1 – Hipótesis (V/2)

TOTAL – Flecha máxima (m) 1,44 (m)

Tabla resumen regulación Cantón 1

TABLA DE REGULACIÓN CANTÓN Nº 1 LINEAS DE 1º, 2º Y 3º CATEGORÍA																			
CONDUCTOR: 147-AL1/34-ST1A				ZONA A												Peso Propio daN/m = 0,6630			
Diámetro mm = 17,5				ALTITUD de 0 a 500 metros												Peso Sobre. Viento daN/m = 1,0978			
F = Fuerza en daN				TIPO DE TENSE												Peso Sobre. V/2 daN/m = 0,7943			
f = Flecha en m				LIMITE ESTÁTICO-DINÁMICO												Carga de Rotura daN = 6390			
CS = Coeficiente de seguridad				VELOCIDAD DEL VIENTO (km/h) 120												Tensión Maxima daN = 2130			

Vano	Fuerza Máxima		Flechas Maximas				Parametro Catenaria	Cadenas -5° + V/2	TEMPERATURA																
	- 5° + Viento		15° + V		50°				-5°		0°		5°		10°		15°		EDS		20°		25°		30°
Reg.	F	CS	F	f	F	f	Max. Min	F	F	f	F	f	F	f	F	f	F	f	%	F	f	F	f	F	f
115	1100	5,81	921	1,97	470	2,33	1.418 2.482	911	823	1,33	769	1,42	721	1,52	679	1,61	641	1,71	10,03	608	1,80	578	1,89	552	1,98

TABLA DE REGULACIÓN																							
Nº	Vano (m)	Desnivel (m)	Distancia Apoyos	TEMPERATURAS																			
				-5°		0°		5°		10°		15°		20°		25°		30°					
				F	f	F	f	F	f	F	f	F	f	F	f	F	f	F	f	F	f		
1	119	8	119,56	823	1,44	769	1,54	721	1,64	679	1,74	641	1,84	608	1,95	578	2,05	552	2,14				
2	115	7	115,35	823	1,34	769	1,43	721	1,53	679	1,62	641	1,72	608	1,81	578	1,90	552	1,99				
3	127	6	126,66	823	1,61	769	1,73	721	1,84	679	1,96	641	2,07	608	2,19	578	2,30	552	2,41				
4	88	3	87,61	823	0,77	769	0,83	721	0,88	679	0,94	641	0,99	608	1,05	578	1,10	552	1,15				

Tabla 7: Tabla de regulación Cantón 1

Tablas de regulación Cantón 2

Primero ha sido necesaria la obtención de T_1 , el cual será común para todas las hipótesis, a partir del coeficiente de seguridad de **5,81** delimitado por la ITC-LAT 07:

$$T_1 = \frac{C_R}{C_S \cdot S} = \frac{6390}{5,81 \cdot 181,6} = 6,056 \text{ daN} / \text{mm}^2$$

Hipótesis 50°C

Para la hipótesis a **50°** de la tabla de regulación del Cantón 2, se han obtenido:

Tensión tendido Cantón 2 – Hipótesis 50°

TOTAL – Tensión tendido (daN)	2,51 (daN)
--------------------------------------	-------------------

Fuerza a 50° Cantón 2

TOTAL – Fuerza 50° (daN)	456 (daN)
---------------------------------	------------------

Flecha máxima Cantón 2 – Hipótesis 50°

TOTAL – Flecha máxima (m)	2,09 (m)
----------------------------------	-----------------

Hipótesis 15+V

Para la hipótesis a **15°+V** de la tabla de regulación del Cantón 2, se han obtenido:

Tensión tendido Cantón 2 – Hipótesis 15°+V

TOTAL – Tensión tendido (daN)	5,00 (daN)
--------------------------------------	-------------------

Fuerza a 15°+V Cantón 2

TOTAL – Fuerza 15°+V (daN)	907 (daN)
-----------------------------------	------------------

Flecha máxima Cantón 2 – Hipótesis 15°+V

TOTAL – Flecha máxima (m)	1,73 (m)
----------------------------------	-----------------

Hipótesis 0+H

Para la hipótesis a **0°+H** de la tabla de regulación del Cantón 2, se han obtenido:

Tensión tendido Cantón 2 – Hipótesis 0°+H

TOTAL – Tensión tendido (daN) 1,54 (daN)

Fuerza a 0°+H Cantón 2

TOTAL – Fuerza 0°+H (daN) 279 (daN)

Flecha máxima Cantón 2 – Hipótesis 0°+H

TOTAL – Flecha máxima (m) 0 (m)

Hipótesis Viento mitad (V/2)

Para la hipótesis a V/2 de la tabla de regulación del Cantón 2, se han obtenido:

Tensión tendido Cantón 2 – Hipótesis (V/2)

TOTAL –Tensión tendido (daN) 5,08 (daN)

Fuerza a (V/2) Cantón 2

TOTAL – Fuerza (V/2) (daN) 923 (daN)

Flecha máxima Cantón 2 – Hipótesis (V/2)

TOTAL – Flecha máxima (m) 1,23 (m)

Tabla resumen regulación Cantón 2

TABLA DE REGULACIÓN																			
CANTÓN Nº 2																			
LINEAS DE 1º, 2º Y 3º CATEGORÍA																			
ZONA A																			
ALTITUD de 0 a 500 metros																			
TIPO DE TENSE																			
LÍMITE ESTÁTICO-DINÁMICO																			
VELOCIDAD DEL VIENTO (km/h)										120									
CONDUCTOR: 147-AL1/34-ST1A																			
Diámetro mm = 17,5																			
F = Fuerza en daN																			
f = Flecha en m																			
CS = Coeficiente de seguridad																			
										Peso Propio daN/m = 0,6630									
										Peso Sobre. Viento daN/m = 1,0978									
										Peso Sobre. V/2 daN/m = 0,7943									
										Carga de Rotura daN = 6390									
										Tensión Maxima daN = 2130									

Vano Reg.	Fuerza Máxima		Flechas Maximas				Parametro Catenaria		Cadenas -5°+ V/2	TEMPERATURA																	
	- 5° + Viento		15° + V		50°		Max Min			-5°		0°		5°		10°		15°		EDS		20°		25°		30°	
	F	CS	F	f	F	f	F	f		F	f	F	f	F	f	F	f	F	f	%	F	f	F	f	F	f	
107	1100	5,81	907	1,73	456	2,09	1,374	2,535	923	840	1,13	780	1,22	727	1,31	680	1,40	639	1,49	10,00	602	1,58	570	1,67	542	1,75	

TABLA DE REGULACIÓN																			
TEMPERATURAS																			
Nº	Vano (m)	Desnivel (m)	Distancia Apoyos	-5°		0°		5°		10°		15°		20°		25°		30°	
				F	f	F	f	F	f	F	f	F	f	F	f	F	f	F	f
1	103	6	103,53	840	1,06	780	1,14	727	1,22	680	1,30	639	1,39	602	1,47	570	1,56	542	1,64
2	92	2	91,69	840	0,83	780	0,89	727	0,96	680	1,02	639	1,09	602	1,16	570	1,22	542	1,29
3	73	1	73,27	840	0,53	780	0,57	727	0,61	680	0,65	639	0,70	602	0,74	570	0,78	542	0,82
4	123	3	123,03	840	1,49	780	1,61	727	1,73	680	1,84	639	1,96	602	2,08	570	2,20	542	2,32
5	124	1	124,21	840	1,52	780	1,64	727	1,76	680	1,88	639	2,00	602	2,12	570	2,24	542	2,36
6	100	2	100,47	840	1,00	780	1,07	727	1,15	680	1,23	639	1,31	602	1,39	570	1,47	542	1,54

Tabla 8: Tabla de regulación Cantón 2

1.5 Vano máximo admisible

Siguiendo lo establecido en el proyecto tipo MT 2.21.75 (Iberdrola), además de cumplir con la distancia mínima al terreno los apoyos deben estar situados según la ITC-LAT 07 apartado 5.7 a vez y media la altura del apoyo y en todo caso a 50 m de la línea exterior de la calzada, es por lo que se opta por un vano de 130 que seguro que respeta estas distancias.

Por otro lado el vano máximo admisible deberá ser superior al vano real, y este vano máximo admisible es función de la distancia entre conductores, es decir del tipo de cruceta elegido, siendo en nuestro caso una cruceta modelo **RC1-12,5-S** (central) y modelo **RC1-10-S** (superior e inferior).

Es necesario determinar el vano máximo admisible de nuestro cantón para comprobar que este valor es mayor que el mínimo según ITC-LAT 07. Hay que determinar las flechas máximas admisibles para las tres hipótesis a partir de la distancia entre conductores.

Para obtener el valor de la constante K para la hipótesis de viento, debemos conocer la tangente del ángulo de desvío bajo la acción del viento, que en nuestro caso es de:

$$\alpha = 52,85^\circ$$

El cálculo de este apartado será ampliado en el anexo de cálculos mecánicos, en el que se detalla la obtención del ángulo de desvío.

Tabla del coeficiente K en función del ángulo de oscilación

Ángulo de oscilación de los conductores	Líneas de tensión nominal superior a 30 KV	Líneas de tensión nominal igual o inferior a 30 KV
> 65 °	0,7	0,65
40 ° ÷ 65 °	0,65	0,6
< 40 °	0,6	0,55

Tabla 9: Tabla coeficiente K

$$K = 0,65$$

Por otro lado para la hipótesis de temperatura, puesto que no existe ángulo de desvío de los conductores, el valor de la constante K para esta hipótesis será de **0,55**.

Por otro lado D_{pp} tiene un valor de **0,25** según la tabla adjunta, puesto que una línea de 20 kV puede tener una tensión más elevada de 24 kV y $K' = 0,75$ por no ser línea de categoría especial.

Tabla 15. Distancias de aislamiento eléctrico para evitar descargas

Tensión más elevada de la red U_s (kV)	D_{el} (m)	D_{pp} (m)
3,6	0,08	0,10
7,2	0,09	0,10
12	0,12	0,15
17,5	0,16	0,20
24	0,22	0,25
30	0,27	0,33
36	0,35	0,40
52	0,60	0,70
72,5	0,70	0,80
123	1,00	1,15
145	1,20	1,40
170	1,30	1,50
245	1,70	2,00
420	2,80	3,20

Tabla 10: Tabla D_{el}/D_{pp}

Vano máximo admisible Cantón 1

Una vez obtenidos todos los parámetros necesarios para este apartado (anexo cálculos), estamos ya en disposición de determinar el valor de $f_{MAX ADMISIBLE}$:

Hipótesis de Viento

El valor de la flecha máxima para la hipótesis de **Viento** será de:

$$f_{MAX ADMISIBLE15^{\circ}+V} = 5,787 \text{ m}$$

Hipótesis de temperatura

El valor de la flecha máxima para la hipótesis de **Temperatura** será de:

$$f_{MAX ADMISIBLE50^{\circ}} = 8,281 \text{ m}$$

Este siempre será mayor como ya se ha visto en el resto de apartados y por tanto el más desfavorable.

Siguiendo lo establecido por la ITC-LAT 07, sabemos que el vano máximo admisible para cada hipótesis es de:

Hipótesis de viento

$$a_{MAX ADMISIBLE15+V} = 196,93 \text{ (m)}$$

Hipótesis de temperatura

$$a_{MAX ADMISIBLE 50^{\circ}} = 216,61 \text{ (m)}$$

El vano máximo admisible será el menor de los dos calculados, es decir el de **196,93m**, como el vano máximo admisible es superior al vano de **114,9 metros**, este vano sería **admisible** y por tanto se puede realizar la línea.

Vano máximo admisible Cantón 2

Una vez obtenidos todos los parámetros necesarios para este apartado (anexo cálculos), estamos ya en disposición de determinar el valor de $f_{MAX ADMISIBLE}$:

Hipótesis de Viento

El valor de la flecha máxima para la hipótesis de **Viento** será de:

$$f_{MAX ADMISIBLE 15^{\circ}+V} = 6,287 \text{ m}$$

Hipótesis de temperatura

El valor de la flecha máxima para la hipótesis de **Temperatura** será de:

$$f_{MAX ADMISIBLE 50^{\circ}} = 8,781 \text{ m}$$

Este siempre será mayor como ya se ha visto en el resto de apartados y por tanto el más desfavorable.

Siguiendo lo establecido por la ITC-LAT 07, sabemos que el vano máximo admisible para cada hipótesis es de:

Hipótesis de viento

$$a_{MAX ADMISIBLE 15+V} = 204,11 \text{ (m)}$$

Hipótesis de temperatura

$$a_{MAX ADMISIBLE 50^{\circ}} = 219,46 \text{ (m)}$$

El vano máximo admisible será el menor de los dos calculados, es decir el de **204,11 m**, como el vano máximo admisible es superior al vano de **107,07 metros**, este vano sería **admisible** y por tanto se puede realizar así la línea.

Tal y como se exige la ITC-LAT 07 en el apartado 3.2.3, se calculan por separado los apoyos de principio y fin de línea para la verificación de la línea:

Vano máximo admisible Cantón 1-APOYO 1

Una vez obtenidos todos los parámetros necesarios para este apartado (anexo cálculos), estamos ya en disposición de determinar el valor de $f_{MAX ADMISIBLE}$:

Hipótesis de Viento

El valor de la flecha máxima para la hipótesis de **Viento** será de:

$$f_{MAX\ ADMISIBLE15^{\circ}+V} = 5,787\ m$$

Hipótesis de temperatura

El valor de la flecha máxima para la hipótesis de **Temperatura** será de:

$$f_{MAX\ ADMISIBLE50^{\circ}} = 8,281\ m$$

Este siempre será mayor como ya se ha visto en el resto de apartados y por tanto el más desfavorable.

Siguiendo lo establecido por la ITC-LAT 07, sabemos que el vano máximo admisible para cada hipótesis es de:

Hipótesis de viento

$$a_{MAX\ ADMISIBLE15+V} = 196,93\ (m)$$

Hipótesis de temperatura

$$a_{MAX\ ADMISIBLE50^{\circ}} = 216,61\ (m)$$

El vano máximo admisible será el menor de los dos calculados, es decir el de **196,93 m**, como el vano máximo admisible es superior al vano de **114,9 metros**, este vano sería **admisible** y por tanto se puede realizar la línea.

Vano máximo admisible Cantón 2 – APOYO 11

Una vez obtenidos todos los parámetros necesarios para este apartado (anexo cálculos), estamos ya en disposición de determinar el valor de $f_{MAX\ ADMISIBLE}$:

Hipótesis de Viento

El valor de la flecha máxima para la hipótesis de **Viento** será de:

$$f_{MAX\ ADMISIBLE15^{\circ}+V} = 6,287\ m$$

Hipótesis de temperatura

El valor de la flecha máxima para la hipótesis de **Temperatura** será de:

$$f_{MAX\ ADMISIBLE50^{\circ}} = 8,781\ m$$

Este siempre será mayor como ya se ha visto en el resto de apartados y por tanto el más desfavorable.

Siguiendo lo establecido por la ITC-LAT 07, sabemos que el vano máximo admisible para cada hipótesis es de:

Hipótesis de viento

$$a_{MAX ADMISIBLE 15+V} = 204,11 \text{ (m)}$$

Hipótesis de temperatura

$$a_{MAX ADMISIBLE 50^\circ} = 219,46 \text{ (m)}$$

El vano máximo admisible será el menor de los dos calculados, es decir el de **204,11 m**, como el vano máximo admisible es superior al vano de **107,07 metros**, este vano sería **admisible** y por tanto se puede realizar así la línea.

1.6 Curva de Parábola y Catenaria

La curva de la parábola (catenaria) determinará el comportamiento ideal de los conductores de la línea, asemejándose esta al comportamiento real de los mismos.

La curva catenaria correspondiente a cada uno de los cantones de la línea se obtendrá mediante Excel poniendo para su cálculo un vano mucho mayor al vano regulador, simulando así un caso mucho más desfavorable al real.

La ejecución de esta catenaria se realizará con un vano ficticio de 300 metros, desde el cual se comprobarán si cumplen las distancias de seguridad mínimas al terreno de **7 metros** (ITC-LAT 07), asegurando así un cierto margen para moverla sin que sea insuficiente el tamaño de esta.

En el caso de que la curva catenaria no cortase el terreno o no se posase sobre el apoyo, siendo para el presente proyecto impuesta la ubicación del apoyo por la cédula de propiedad y no el corte de la catenaria con el perfil, habría que plantear el uso de una curva más cerrada **elevando el coeficiente de seguridad** y por tanto reduciendo su tense.

Curva catenaria Cantón 1

Tras realizar los ajustes previamente descritos, el resultado es para el Cantón 1:

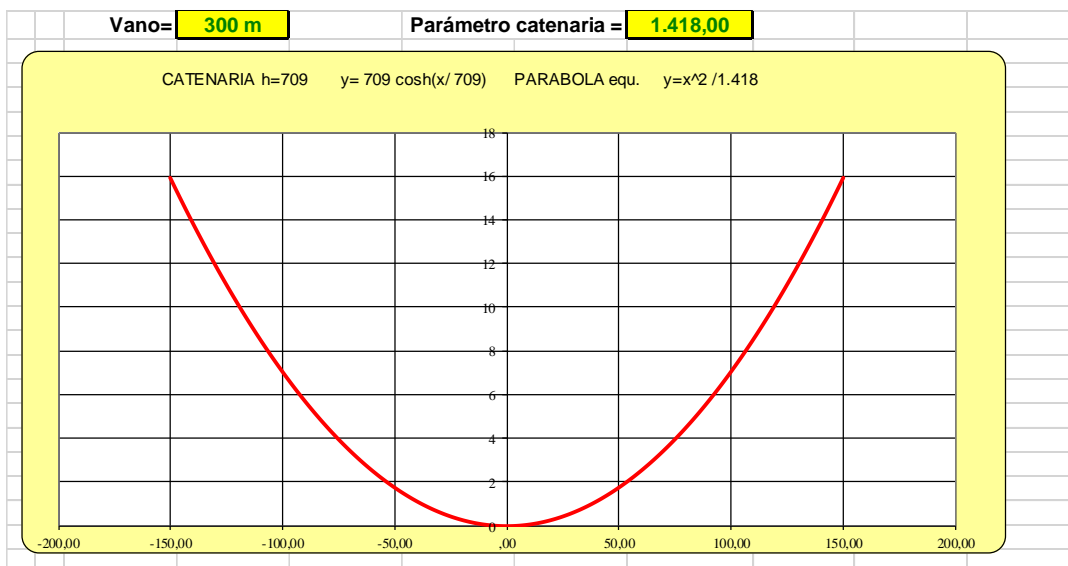


Imagen 3: Curva catenaria Cantón 1

Curva catenaria Cantón 2

Tras realizar los ajustes previamente descritos, el resultado es para el Cantón 2:

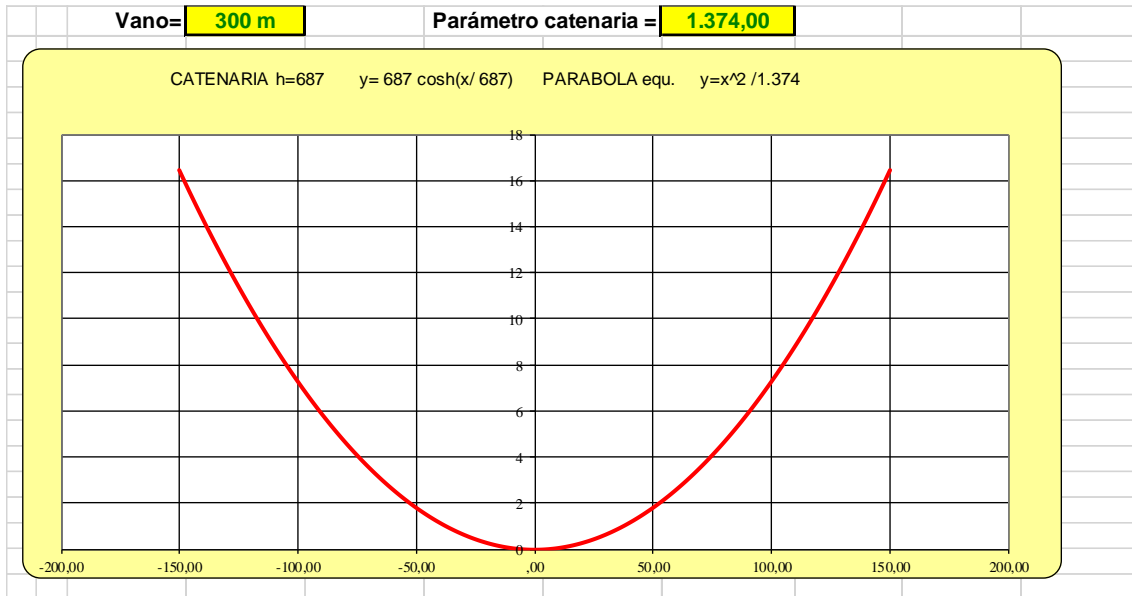


Imagen 4: Curva catenaria Cantón 2

1.7 Distancias de seguridad

1.7.1 Distancia de seguridad al terreno

Siguiendo la norma establecida en la ITC-LAT-07, la altura de los apoyos al terreno será la necesaria para que los conductores, con su máxima flecha vertical, queden situados por encima de cualquier punto del terreno, a una altura mínima de:

$$D_{add} + D_{el} = 5,3 + D_{el} \text{ (m)}$$

La ITC-LAT 07 apartado 5.7.1 establece que la distancia mínima de los conductores sobre la rasante de la carretera será de:

$$D_{add} + D_{el} \geq 7 \text{ m}$$

Siendo: D_{add} 6,3 m para las líneas de 1ª, 2ª y 3ª categoría, que es nuestro caso (**20 kV**). Por otro lado D_{el} está definido en el apartado 5.2 de la ITC-LAT 07 con un valor de **0,25** m para las líneas de 20 kV, tensión más elevada de **24 kV**. Como:

$$6,3 + 0,25 = 6,55 \text{ m} < 7 \text{ m}$$

Aunque la norma enuncie un mínimo de 6 metros, por criterio propio y evitar posibles accidentes, se dispondrán de **7 metros de altura mínima** entre la flecha máxima de cualquier punto del trazado de la línea y el terreno.

Una vez obtenida la curva de la parábola para cada cantón han sido trazadas a cada una de ellas sobre los apoyos. En nuestro caso, el perfil ha sido elaborado por el programa **Cleamt**.

Previamente se introducirá la distancia de seguridad de **7 metros**, con lo cual disponemos de un segundo perfil desplazado, por tanto, no será necesario trazar y desplazar 7 metros una curva paralela a la catenaria original.

Plano autoCAD con detalles de Seguridad y apoyos

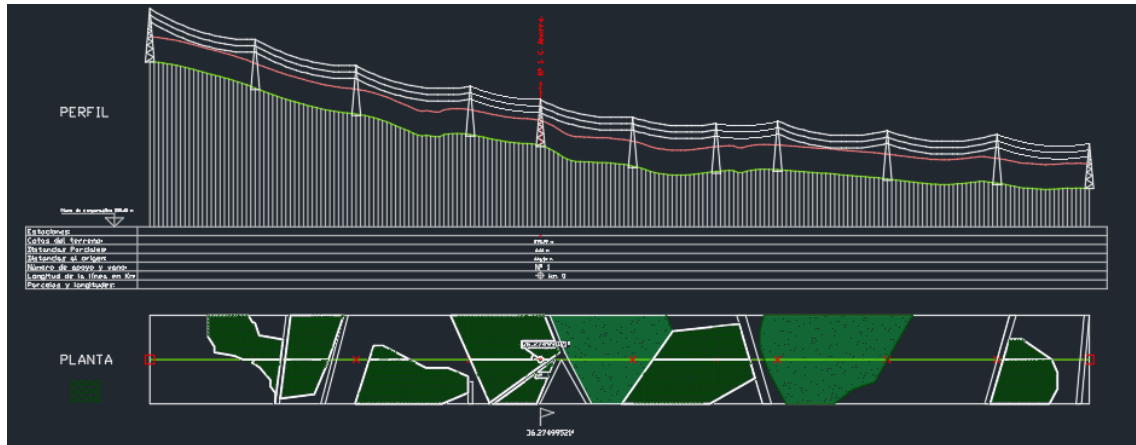


Imagen 5: Plano AutoCAD con detalle de seguridad

En la Imagen 5, podemos ver las curvas que forman los conductores y la curva de **seguridad** creada para asegurar los **7 metros de altura** reglamentarios (curva roja).

En el caso de hacerlo con el método de las curvas paralelas, se tendrá que comprobar para cada vano en cada uno de sus puntos y se seguirá el proceso a lo largo de toda la línea.

1.7.2 Distancia mínima entre los conductores y partes puestas a tierra

De acuerdo con el apartado 5.4.2 de la ITC-LAT 07, esta distancia no será inferior a D_{el} , con un mínimo de 0,20 m.

En nuestro caso, según la norma corresponde un $D_{el} = 0,22$ m.

1.8 Clasificación de los apoyos

De acuerdo con el apartado 2.4.1 de la ITC-LAT 07, se procede a la clasificación de los apoyos mediante las distintas hipótesis de esfuerzos.

Los datos según el proyecto tipo de Iberdrola muestran que el área elegida será Zona A y la velocidad de viento correspondiente a esta zona será de **120Km/h**.

La cimentación de todos ellos vendrá determinada según la norma NI 52.10.01 en la que se especifica mediante la Tabla 1.3 de la misma, la mínima profundidad de **cimentación** según el tipo de apoyo.

Se adjunta a continuación la nombrada tabla para en caso de ser necesaria el Contratista asignado conozca la norma y dimensiones de excavación:

Tabla 1.3
Cimentaciones para apoyos de perfiles metálicos
según norma NI 52.10.01

APOYO	CIMENTACIÓN				APOYO	CIMENTACIÓN			
	Designación Iberdrola	a ∕ m	h m	Vol. excav. m ³		Vol. horm. m ³	Designación Iberdrola	a ∕ m	h m
C500-10E	0,95	1,65	1,49	1,66	C4500-12E	1,01	2,75	2,81	2,96
C500-12E	0,99	1,77	1,74	1,92	C4500-14E	1,10	2,82	3,41	3,59
C500-14E	1,07	1,85	2,12	2,33	C4500-16E	1,17	2,89	3,96	4,15
C500-16E	1,14	1,93	2,51	2,74	C4500-18E	1,26	2,94	4,66	4,89
C500-18E	1,22	2,00	2,98	3,25	C4500-20E	1,33	2,99	5,30	5,56
C1000-12E	1,00	1,99	1,99	2,14	C4500-22E	1,43	3,03	6,20	6,50
C1000-14E	1,08	2,06	2,41	2,58	C7000-12E	1,35	2,84	5,18	5,45
C1000-16E	1,15	2,13	2,82	3,01	C7000-14E	1,33	2,87	6,73	7,08
C1000-18E	1,23	2,20	3,33	3,55	C7000-16E	1,69	2,91	8,32	8,75
C1000-20E	1,30	2,26	3,82	4,07	C7000-18E	1,88	2,93	10,35	10,89
C1000-22E	1,39	2,32	4,47	4,76	C7000-20E	2,04	2,96	12,32	12,96
C2000-12E	1,00	2,30	2,30	2,44	C7000-22E	2,22	2,98	14,68	15,44
C2000-14E	1,08	2,37	2,76	2,93	C7000-24E	2,38	3,00	17,01	17,89
C2000-16E	1,15	2,43	3,22	3,41	C7000-26E	2,56	3,02	19,79	20,82
C2000-18E	1,24	2,48	3,82	4,04	C9000-12E	1,35	3,02	5,50	5,77
C2000-20E	1,31	2,54	4,36	4,61	C9000-14E	1,53	3,06	7,15	7,50
C2000-22E	1,39	2,59	5,01	5,30	C9000-16E	1,69	3,09	8,83	9,26
C3000-12E	1,00	2,51	2,51	2,66	C9000-18E	1,88	3,11	10,99	11,53
C3000-14E	1,09	2,58	3,06	3,23	C9000-20E	2,04	3,14	13,07	13,71
C3000-16E	1,16	2,64	3,56	3,75	C9000-22E	2,22	3,16	15,56	16,32
C3000-18E	1,25	2,69	4,21	4,44	C9000-24E	2,38	3,18	18,04	18,92
C3000-20E	1,32	2,75	4,79	5,05	C9000-26E	2,56	3,20	20,97	22,00
C3000-22E	1,41	2,79	5,55	5,85					

Tabla 11: Tabla de cimentaciones

Estudio Apoyo 1 – Principio de línea

Se requiere del cálculo los esfuerzos que debe soportar un apoyo de principio de línea, del tipo metálica según las distintas hipótesis según la tabla 7 de la ITC-LAT 07, en la que indica que por líneas de zona A se utilizará la fuerza resultante a **-5°C** y velocidades de viento de **120km/h**, resultando:

1º Hipotesis de viento.-

1.1 Cargas permanentes Verticales (V):

TOTAL 1.1.- Cargas permanentes 628,98 (daN)

1.2 Esfuerzo del viento sobre conductores a la línea (T):

TOTAL 1.2.- Esfuerzos por viento 309,35 (daN)

1.3 Desequilibrio de tracciones (L)

TOTAL 1.3.- Desequilibrio (L) 5881,68 (daN)

Esfuerzo resultante 1.2 y 1.3 (L)

Este esfuerzo es la suma de viento más desequilibrio y es longitudinal, es decir:

$$L = VIENTO + DESEQUILIBRIO = 309,35 + 5881,68 = 6121,03 \text{ daN}$$

En resumen en 1º Hipótesis con viento normal a la línea los esfuerzos verticales (V) y longitudinales (L) son:

$$V = 628,98 \text{ daN} \quad L = 6121,03 \text{ daN}$$

2º Esfuerzos según la 2ª hipótesis (HIELO).

Puesto que la línea discurre por zona A no es necesario considerar esta hipótesis.

3º Esfuerzos según la 4ª hipótesis (ROTURA DE CONDUCTORES).

4.1 Cargas permanentes (V)

TOTAL 4.1.- Cargas permanentes (V) 628,98 (daN)

4.2 Esfuerzo por rotura de conductores

Como más desfavorable se considera la rotura de un conductor de las fases extremos, y la fuerza del conductor es bajo la hipótesis de -5°C . Por otro lado el brazo de cruceta para una cruceta bóveda plana es de 1,25 metros, como el fabricante de apoyos según norma UNE 207017:2005 ensaya su apoyo con un brazo de 1,25 metros se cumple:

$$F = 1100 \cdot 1,25 = 1375 \text{ daN}$$

En resumen en la 4ª Hipótesis rotura de conductores, los esfuerzos verticales (V) y la fuerza torsora son de:

$$V = 628,98 \text{ daN} \quad T = 1375 \text{ daN}$$

4º Elección de apoyo.

En relación con la rotura sabemos que los apoyos de celosía según norma UNE 207017:2005 soportan los esfuerzos indicados por la tabla 1 de la mencionada norma.

Tenemos todos los datos necesarios para elegir el apoyo mínimo necesario. En efecto conocemos que la ecuación resistente del apoyo es de la forma $V + 5 H = \text{cte}$ cuyo valor tomado de la tabla 2 de la norma UNE 207017:2005 es:

Tabla 2
Ecuación resistente para K = 5

Carga nominal daN	Cargas especificadas		Ecuación resistente V+K·H	Valor máximo de H daN
	Carga de trabajo más sobrecarga daN			
	V	H		
500	600	500	3 100	500
1 000	600	1 000	5 600	1 000
2 000	600	2 000	10 600	2 000
3 000	800	3 000	15 800	3 000
4 500	800	4 500	23 300	4 500
7 000	1 200	7 000	36 200	7 000
9 000	1 200	9 000	46 200	9 000

Tabla 12: Tabla Ecuación resistente para K=5

Para este tipo de apoyos debido a los esfuerzos de los mismos, son de celosía **C-7000**, con un fuste de **18 metros** de cimentación empotrable (E) con nomenclatura es **C-7000 18E** y las crucetas a utilizar son del tipo cruceta recta simple cuya designación es **RC1-12,5S** (central) y **RC1-10S** (extremas) con distancia entre conductores de 1,25 metros.

$$\text{Altura libre} = 18 - 2,93 = \mathbf{15,07 \text{ metros}}$$

Estudio Apoyo 2 - Alineación

Se requiere del cálculo los esfuerzos que debe soportar un apoyo de alineación, del tipo de chapa metálica según las distintas hipótesis según la tabla 7 de la ITC-LAT 07, resulta:

1º) Hipótesis de viento.-

1.1 Cargas permanentes Verticales (V):

TOTAL 1.1.- Cargas permanentes 562,86 (daN)

1.2 Esfuerzo del viento normal a la línea (T):

TOTAL 1.2.- Esfuerzos producidos por el viento 568.70 (daN)

2º) Hipótesis de hielo.-

Esta hipótesis por estar la línea en zona A, no se tendrá en cuenta según el RLAT 2.21.75.

3º) Hipotesis desequilibrio de tracciones.-

HIPOTESIS 3ª: Desequilibrio de tracciones.

3.1 Cargas permanentes Verticales (V):

Para el caso de las cargas permanentes Verticales (V), según la ITC-LAT 07, en la **tercera hipótesis** y para la **zona A** en la que nos encontramos, estas serán iguales que las de la **Hipótesis 1**.

TOTAL 1.1.- Cargas permanentes 562,86 (daN)

3.2. Desequilibrio de tracciones (L):

TOTAL 3.2.- Desequilibrio de tracciones (L) 459,48 (daN)

HIPOTESIS 4ª: Rotura de conductores (L).

No se considera este esfuerzo en las líneas de tensión nominal hasta 66 kV, en los apoyos de alineación y de ángulo con cadenas de suspensión y amarre con conductores de carga mínima de rotura inferior a 6600 daN.

A partir de los valores calculados estamos en disposición de elegir el tipo de apoyo adecuado.

Para apoyo debido a los esfuerzos del mismo, seleccionamos un apoyo de celosía **C-1000**, con un fuste de **16 metros** de cimentación empotrable (E), cuya designación es **C-1000-16E**.

En la parte del presente proyecto referente a los cálculos de cada apoyo se explicará más ampliamente estos resultados mediante sus respectivas hojas Excel y anexo de cálculos.

La cimentación de todos ellos vendrá determinada según la norma NI 52.10.01 en la que se especifica mediante la Tabla 1.3 de la misma la mínima profundidad de excavación según el tipo de apoyo.

Por tanto la altura libre para el **apoyo 2** será de:

$$h_{\text{libre}} = 16 - 2,13 = \mathbf{13,87 \text{ metros}}$$

Las crucetas a utilizar son del tipo cruceta recta simple cuya designación es **RC1-12,5S** (central) y **RC1-10S** (extremas) con distancia entre conductores de 1,25 metros.

Estudio Apoyo 3 - Alineación

El cálculo en este apoyo será muy similar al del caso anterior, por lo que directamente se exponen los esfuerzos que debe soportar un apoyo de alineación, resultando:

1º) Hipotesis de viento.-

1.3 Cargas permanentes Verticales (V)

TOTAL 1.1.- Cargas permanentes 548,26 (daN)

1.4 Esfuerzo del viento normal a la línea (T):

TOTAL 1.2.- Esfuerzos producidos por el viento 584,71(daN)

2º) Hipótesis de hielo.-

Esta hipótesis por estar la línea en zona A, no se tendrá en cuenta según el RLAT 2.21.75.

3º) Hipotesis desequilibrio de tracciones.-

TOTAL 3.2.- Desequilibrio de tracciones (L) 459,48 (daN)

HIPOTESIS 4ª: Rotura de conductores (L).

Según el proyecto tipo 2.21.75, no se considera este esfuerzo en las líneas de tensión nominal hasta 66 kV, en los apoyos de alineación, por tanto, no lo tendremos en cuenta.

A partir de los valores calculados estamos en disposición de elegir el tipo de apoyo adecuado.

Para apoyo debido a los esfuerzos del mismo, seleccionamos un apoyo de celosía **C-1000**, con un fuste de **16 metros** de cimentación empotrable (E), cuya designación es **C-1000-16E**.

En la parte del presente proyecto referente a los cálculos de cada apoyo se explicará más ampliamente estos resultados mediante sus respectivas hojas Excel.

La cimentación de todos ellos vendrá determinada según la norma NI 52.10.01 en la que se especifica mediante la Tabla 1.3 de la misma la mínima profundidad de excavación según el tipo de apoyo.

Por tanto la altura libre para el **apoyo 3** será de:

$$h_{\text{libre}} = 16 - 2,13 = \mathbf{13,87 \text{ metros}}$$

Las crucetas a utilizar son del tipo cruceta recta simple cuya designación es **RC1-12,5S** (central) y **RC1-10S** (extremas) con distancia entre conductores de 1,25 metros.

Estudio Apoyo 4 - Alineación

El cálculo en este apoyo será muy similar al del caso anterior, por lo que directamente se exponen los esfuerzos que debe soportar un apoyo de alineación, resultando:

1º Hipotesis de viento.-

1.1 Cargas permanentes Verticales (V)

TOTAL 1.1.- Cargas permanentes	521,32(daN)
---------------------------------------	--------------------

1.2 Esfuerzo del viento normal a la línea (T):

TOTAL 1.2.- Esfuerzos producidos por el viento	521,75 (daN)
---	---------------------

2º Hipótesis de hielo.-

Esta hipótesis por estar la línea en zona A, no se tendrá en cuenta según el RLAT 2.21.75.

3º Hipotesis desequilibrio de tracciones.-

TOTAL 3.2.- Desequilibrio de tracciones (L)	459,48 (daN)
--	---------------------

HIPOTESIS 4ª: Rotura de conductores (L).

Según el proyecto tipo 2.21.75, no se considera este esfuerzo en las líneas de tensión nominal hasta 66 kV, en los apoyos de alineación, por tanto, no lo tendremos en cuenta.

A partir de los valores calculados estamos en disposición de elegir el tipo de apoyo adecuado.

Para apoyo debido a los esfuerzos del mismo, seleccionamos un apoyo de celosía C-1000, con un fuste de 16 metros de cimentación empotrable (E), cuya designación es **C-1000-16E**.

En la parte del presente proyecto referente a los cálculos de cada apoyo se explicará más ampliamente estos resultados mediante sus respectivas hojas Excel.

La cimentación de todos ellos vendrá determinada según la norma NI 52.10.01 en la que se especifica mediante la Tabla 1.3 de la misma la mínima profundidad de excavación según el tipo de apoyo.

Por tanto la altura libre para el **apoyo 4** será de:

$$h_{\text{libre}} = 16 - 2,13 = \mathbf{13,87 \text{ metros}}$$

Las crucetas a utilizar son del tipo cruceta recta simple cuya designación es **RC1-12,5S** (central) y **RC1-10S** (extremas) con distancia entre conductores de 1,25 metros.

Estudio Apoyo 5 - Ángulo

Se requiere del cálculo los esfuerzos que debe soportar un apoyo de ángulo, del tipo de chapa metálica según las distintas hipótesis según la tabla 7 de la ITC-LAT 07, resulta:

1º Hipotesis de viento.-

1.1 Cargas permanentes Verticales (V):

TOTAL 1.1.- Cargas permanentes 787,57 (daN)

1.2 Esfuerzo del viento normal a la línea (T):

TOTAL 1.2.- Esfuerzos producidos por el viento 4998,27 (daN)

2º Hipótesis de hielo.-

Esta hipótesis por estar la línea en zona A, no se tendrá en cuenta según el RLAT 2.21.75.

3º Hipotesis desequilibrio de tracciones.-

HIPOTESIS 3ª: Desequilibrio de tracciones.

3.1 Cargas permanentes Verticales (V):

Para el caso de las cargas permanentes Verticales (V), según la ITC-LAT 07, en la **tercera hipótesis** y para la **zona A** en la que nos encontramos, estas serán iguales que las de la **Hipótesis 1**.

TOTAL 3.1.- Cargas permanentes 3792,26 (daN)

3.2. Desequilibrio de tracciones (L):

TOTAL 3.2.- Desequilibrio de tracciones (L) 5362,87 (daN)

HIPOTESIS 4ª: Rotura de conductores (L).

A partir de los valores calculados estamos en disposición de elegir el tipo de apoyo adecuado.

TOTAL 4.1.- Cargas permanentes	1045,34 (daN)
---------------------------------------	----------------------

TOTAL 4.2.- Desequilibrio de tracciones (L)	1306,68 (daN)
--	----------------------

Para apoyo debido a los esfuerzos del mismo, seleccionamos un apoyo de celosía **C-7000**, con un fuste de **16 metros** de cimentación empotrable (E), cuya designación es **C-7000-16E**.

En la parte del presente proyecto referente a los cálculos de cada apoyo se explicará más ampliamente estos resultados mediante sus respectivas hojas Excel y anexo de cálculos.

La cimentación de todos ellos vendrá determinada según la norma NI 52.10.01 en la que se especifica mediante la Tabla 1.3 de la misma la mínima profundidad de excavación según el tipo de apoyo.

Por tanto la altura libre para el **apoyo 5** será de:

$$h_{\text{libre}} = 16 - 2,13 = \mathbf{13,09 \text{ metros}}$$

Las crucetas a utilizar son del tipo cruceta recta simple cuya designación es **RC1-12,5S** (central) y **RC1-10S** (extremas) con distancia entre conductores de 1,25 metros.

Estudio Apoyo 6 - Alineación

El cálculo en este apoyo será muy similar al del caso anterior, por lo que directamente se exponen los esfuerzos que debe soportar un apoyo de alineación, resultando:

1º Hipotesis de viento.-

1.1 Cargas permanentes Verticales (V)

TOTAL 1.1.- Cargas permanentes	367,30 (daN)
---------------------------------------	---------------------

1.2 Esfuerzo del viento normal a la línea (T):

TOTAL 1.2.- Esfuerzos producidos por el viento	478,72 (daN)
---	---------------------

2º Hipótesis de hielo.-

Esta hipótesis por estar la línea en zona A, no se tendrá en cuenta según el RLAT 2.21.75.

3º) Hipotesis desequilibrio de tracciones.-

TOTAL 3.2.- Desequilibrio de tracciones (L) 459,48 (daN)

HIPOTESIS 4ª: Rotura de conductores (L).

Según el proyecto tipo 2.21.75, no se considera este esfuerzo en las líneas de tensión nominal hasta 66 kV, en los apoyos de alineación, por tanto, no lo tendremos en cuenta.

A partir de los valores calculados estamos en disposición de elegir el tipo de apoyo adecuado.

Sería suficiente con un apoyo C-500, pero la compañía distribuidora (IBERDROLA) limita las opciones a un apoyo del tipo C-1000, por tanto, debido a los esfuerzos del mismo, seleccionamos un apoyo de celosía C-1000, con un fuste de 16 metros de cimentación empotrable (E), cuya designación es **C-1000-16E**.

En la parte del presente proyecto referente a los cálculos de cada apoyo se explicará más ampliamente estos resultados mediante sus respectivas hojas Excel.

La cimentación de todos ellos vendrá determinada según la norma NI 52.10.01 en la que se especifica mediante la Tabla 1.3 de la misma la mínima profundidad de excavación según el tipo de apoyo.

Por tanto la altura libre para el **apoyo 6** será de:

$$h_{\text{libre}} = 16 - 2,13 = \mathbf{13,87 \text{ metros}}$$

Las crucetas a utilizar son del tipo cruceta recta simple cuya designación es **RC1-12,5S** (central) y **RC1-10S** (extremas) con distancia entre conductores de 1,25 metros.

Estudio Apoyo 7 - Alineación

El cálculo en este apoyo será muy similar al del caso anterior, por lo que directamente se exponen los esfuerzos que debe soportar un apoyo de alineación, resultando:

1º) Hipotesis de viento.-

1.1 Cargas permanentes Verticales (V)

TOTAL 1.1.- Cargas permanentes 466,78 (daN)

1.2 Esfuerzo del viento normal a la línea (T):

TOTAL 1.2.- Esfuerzos producidos por el viento 512,42 (daN)

2º) Hipótesis de hielo.-

Esta hipótesis por estar la línea en zona A, no se tendrá en cuenta según el RLAT 2.21.75.

3º) Hipotesis desequilibrio de tracciones.-

TOTAL 3.2.- Desequilibrio de tracciones (L)	459,48 (daN)
--	---------------------

HIPOTESIS 4ª: Rotura de conductores (L).

Según el proyecto tipo 2.21.75, no se considera este esfuerzo en las líneas de tensión nominal hasta 66 kV, en los apoyos de alineación, por tanto, no lo tendremos en cuenta.

A partir de los valores calculados estamos en disposición de elegir el tipo de apoyo adecuado.

Para apoyo debido a los esfuerzos del mismo, seleccionamos un apoyo de celosía C-1000, con un fuste de 16 metros de cimentación empotrable (E), cuya designación es **C-1000-16E**.

En la parte del presente proyecto referente a los cálculos de cada apoyo se explicará más ampliamente estos resultados mediante sus respectivas hojas Excel.

La cimentación de todos ellos vendrá determinada según la norma NI 52.10.01 en la que se especifica mediante la Tabla 1.3 de la misma la mínima profundidad de excavación según el tipo de apoyo.

Por tanto la altura libre para el **apoyo 7** será de:

$$h_{\text{libre}} = 16 - 2,13 = \mathbf{13,87 \text{ metros}}$$

Las crucetas a utilizar son del tipo cruceta recta simple cuya designación es **RC1-12,5S** (central) y **RC1-10S** (extremas) con distancia entre conductores de 1,25 metros.

Estudio Apoyo 8 - Alineación

El cálculo en este apoyo será muy similar al del caso anterior, por lo que directamente se exponen los esfuerzos que debe soportar un apoyo de alineación, resultando:

1º) Hipotesis de viento.-

1.1 Cargas permanentes Verticales (V)

TOTAL 1.1.- Cargas permanentes	639,49 (daN)
---------------------------------------	---------------------

1.2 Esfuerzo del viento normal a la línea (T):

TOTAL 1.2.- Esfuerzos producidos por el viento 481,32 (daN)

2º) Hipótesis de hielo.-

Esta hipótesis por estar la línea en zona A, no se tendrá en cuenta según la RLAT 2.21.75.

3º) Hipotesis de equilibrio de tracciones.-

TOTAL 3.2.- Desequilibrio de tracciones (L) 459,48 (daN)

HIPOTESIS 4ª: Rotura de conductores (L).

Según el proyecto tipo 2.21.75, no se considera este esfuerzo en las líneas de tensión nominal hasta 66 kV, en los apoyos de alineación, por tanto, no lo tendremos en cuenta.

A partir de los valores calculados estamos en disposición de elegir el tipo de apoyo adecuado.

Para apoyo debido a los esfuerzos del mismo, seleccionamos un apoyo de celosía C-1000, con un fuste de 16 metros de cimentación empotrable (E), cuya designación es **C-1000-16E**.

En la parte del presente proyecto referente a los cálculos de cada apoyo se explicará más ampliamente estos resultados mediante sus respectivas hojas Excel.

La cimentación de todos ellos vendrá determinada según la norma NI 52.10.01 en la que se especifica mediante la Tabla 1.3 de la misma la mínima profundidad de excavación según el tipo de apoyo.

Por tanto la altura libre para el **apoyo 8** será de:

$$h_{\text{libre}} = 16 - 2,13 = \mathbf{13,87 \text{ metros}}$$

Las crucetas a utilizar son del tipo cruceta recta simple cuya designación es **RC1-12,5S** (central) y **RC1-10S** (extremas) con distancia entre conductores de 1,25 metros.

Estudio Apoyo 9 - Alineación

El cálculo en este apoyo será muy similar al del caso anterior, por lo que directamente se exponen los esfuerzos que debe soportar un apoyo de alineación, resultando:

1º) Hipotesis de viento.-

1.1 Cargas permanentes Verticales (V)

TOTAL 1.1.- Cargas permanentes 583,72 (daN)

1.2 Esfuerzo del viento normal a la línea (T):

TOTAL 1.2.- Esfuerzos producidos por el viento 597,96 (daN)

2º) Hipótesis de hielo.-

Esta hipótesis por estar la línea en zona A, no se tendrá en cuenta según el RLAT 2.21.75.

3º) Hipotesis desequilibrio de tracciones.-

TOTAL 3.2.- Desequilibrio de tracciones (L) 459,48 (daN)

HIPOTESIS 4ª: Rotura de conductores (L).

Según el proyecto tipo 2.21.75, no se considera este esfuerzo en las líneas de tensión nominal hasta 66 kV, en los apoyos de alineación, por tanto, no lo tendremos en cuenta.

A partir de los valores calculados estamos en disposición de elegir el tipo de apoyo adecuado.

Para apoyo debido a los esfuerzos del mismo, seleccionamos un apoyo de celosía C-1000, con un fuste de 16 metros de cimentación empotrable (E), cuya designación es **C-1000-16E**.

En la parte del presente proyecto referente a los cálculos de cada apoyo se explicará más ampliamente estos resultados mediante sus respectivas hojas Excel.

La cimentación de todos ellos vendrá determinada según la norma NI 52.10.01 en la que se especifica mediante la Tabla 1.3 de la misma la mínima profundidad de excavación según el tipo de apoyo.

Por tanto la altura libre para el **apoyo 9** será de:

$$h_{\text{libre}} = 16 - 2,13 = \mathbf{13,87 \text{ metros}}$$

Las crucetas a utilizar son del tipo cruceta recta simple cuya designación es **RC1-12,5S** (central) y **RC1-10S** (extremas) con distancia entre conductores de 1,25 metros.

Estudio Apoyo 10 - Alineación

El cálculo en este apoyo será muy similar al del caso anterior, por lo que directamente se exponen los esfuerzos que debe soportar un apoyo de alineación, resultando:

1º) Hipotesis de viento.-

1.1 Cargas permanentes Verticales (V)

TOTAL 1.1.- Cargas permanentes 761,82 (daN)

1.2 Esfuerzo del viento normal a la línea (T):

TOTAL 1.2.- Esfuerzos producidos por el viento 682,43 (daN)

2º) Hipótesis de hielo.-

Esta hipótesis por estar la línea en zona A, no se tendrá en cuenta según el RLAT 2.21.75.

3º) Hipotesis desequilibrio de tracciones.-

TOTAL 3.2.- Desequilibrio de tracciones (L) 459,48 (daN)

HIPOTESIS 4ª: Rotura de conductores (L).

Según el proyecto tipo 2.21.75, no se considera este esfuerzo en las líneas de tensión nominal hasta 66 kV, en los apoyos de alineación, por tanto, no lo tendremos en cuenta.

A partir de los valores calculados estamos en disposición de elegir el tipo de apoyo adecuado.

Para apoyo debido a los esfuerzos del mismo, seleccionamos un apoyo de celosía C-1000, con un fuste de 16 metros de cimentación empotrable (E), cuya designación es **C-1000-16E**.

En la parte del presente proyecto referente a los cálculos de cada apoyo se explicará más ampliamente estos resultados mediante sus respectivas hojas Excel.

La cimentación de todos ellos vendrá determinada según la norma NI 52.10.01 en la que se especifica mediante la Tabla 1.3 de la misma la mínima profundidad de excavación según el tipo de apoyo.

Por tanto la altura libre para el **apoyo 10** será de:

$$h_{\text{libre}} = 16 - 2,13 = \mathbf{13,87 \text{ metros}}$$

Las crucetas a utilizar son del tipo cruceta recta simple cuya designación es **RC1-12,5S** (central) y **RC1-10S** (extremas) con distancia entre conductores de 1,25 metros.

Estudio Apoyo 11 – Fin de línea

Se requiere del cálculo los esfuerzos que debe soportar un apoyo de fin de línea, del tipo metálica según las distintas hipótesis según la tabla 7 de la ITC-LAT 07, en la que indica que por líneas de zona A se utilizará la fuerza resultante a **-5°C** y velocidades de viento de **120km/h**, resultando:

1º) Hipotesis de viento.-

1.2 Cargas permanentes Verticales (V):

a) Peso de conductores:

$$n \cdot p \left[\frac{a_1}{2} + \frac{F_{-\theta+V}}{P'_V} \cdot \left(\frac{h_0 - h_1}{a_1} \right) \right] = 6 \cdot 0,633 \left[\frac{119,32}{2} + \frac{1100}{1,0978} \cdot \left(\frac{269,77 - 262,17}{119,32} \right) \right] = 468,98 \text{ daN}$$

1.1.b Peso de El peso del conductor más la sobrecarga de viento está determinada por

$$P'_V = \sqrt{p^2 + (q \cdot d)^2} = \sqrt{0,66295^2 + (50 \cdot 0,0175)^2} = 1,0978 \text{ daN / m}$$

b) Peso de aisladores:

$$n P_{\text{Aisladores}} = 6 \cdot 5 = 30 \text{ (daN)}$$

c) Peso de cruceta:

$$\text{PESO}_{\text{cruceta}} = 2 \cdot 31,6 + 44,6 = 107,8 \text{ (daN)}$$

TOTAL 1.1.- Cargas permanentes 341,67 (daN)

1.2 Esfuerzo del viento sobre conductores a la línea (T):

a) Sobre conductores:

$$d \cdot q \cdot \frac{a_1}{2} \cdot K_1 = 0,0175 \cdot 50 \cdot \frac{119,32}{2} \cdot 5,283 = 275,78 \text{ daN}$$

b) Sobre aisladores:

$$n_{\text{Aisladores' Cadena}} \cdot F_{\text{Viento-Aislador}} \left(\frac{K_1}{2} \right) = 2 \cdot 2,1 \cdot \left(\frac{5,283}{2} \right) = 11,09 \text{ (daN)}$$

c) Sobre cruceta:

A la hora de considerar la acción del viento sobre la cruceta y definir el factor de armado de esta fuerza, se supone que el esfuerzo generado, está aplicado en el punto medio de la cruceta, por lo que respetaremos el armado ya calculado.

Por lo que el viento ejerce una fuerza sobre la cruceta y referida a cogolla de valor:

$$F_{cru} = 8,5 \cdot \left(\frac{5,283}{2}\right) = 22,49 daN$$

TOTAL 1.2.- Esfuerzos por viento 341,67 (daN)

1.3 Desequilibrio de tracciones (L)

Se considera la fuerza a -5°C con sobrecarga de viento, y teniendo en cuenta el factor de armado el desequilibrio será de:

$$DESEQUILIBRIO = F_{\theta-5^{\circ}} \cdot K_1 = 1100 \cdot 6,163 = 6123,52 daN$$

TOTAL 1.3.- Desequilibrio (L) 6123,52 (daN)

Esfuerzo resultante 1.2 y 1.3 (L)

Este esfuerzo es la suma de viento más desequilibrio y es longitudinal, es decir:

$$L = VIENTO + DESEQUILIBRIO = 309,35 + 5881,68 = 6121,03 daN$$

En resumen en 1º Hipótesis con viento normal a la línea los esfuerzos verticales (V) y longitudinales (L) son:

$$V = 341,67 daN \qquad L = 7423,54 daN$$

2º Esfuerzos según la 2ª hipótesis (HIELO).

Puesto que la línea discurre por zona A no es necesario considerar esta hipótesis.

3º Esfuerzos según la 4ª hipótesis (ROTURA DE CONDUCTORES).

4.1 Cargas permanentes (V)

Estas cargas han sido ya calculadas en la 2ª hipótesis y su valor es de 1100 daN.

TOTAL 4.1.- Cargas permanentes (V) 1100 (daN)

4.2 Esfuerzo por rotura de conductores

Como más desfavorable se considera la rotura de un conductor de las fases extremos, y la fuerza del conductor es bajo la hipótesis de -5°C . Por otro lado el brazo de cruceta para una cruceta bóveda plana es de 1,25 metros, como el fabricante de apoyos según norma UNE 207017:2005 ensaya su apoyo con un brazo de 1,25 metros se cumple:

$$F = 1100 \cdot 1,25 = 1375 daN$$

Esf. Horiz (T), daN	0,00	Esf. Vertical (V) daN	0,00
4º HIPÓTESIS: ROTURA			
Esf. Rotura, daN	1100,00	Esf.Torsor, daN.m	1375,00

TIPO DE APOYO	CELOSÍA	ESFUERZO	ALTURA
CARACTERÍSTICAS	C -	9000	16

ESFUERZOS EN CRUCETA			
	1ª HIPÓTESIS	2ª HIPÓTESIS	4ª HIPÓTESIS
VERTICALES, daN	34,49	0,00	27,59
HORIZONTALES, daN	1432,40	0,00	1100,00
CRUCETA ELEGIDA		RC1-10-S	RC1-12,5-S
VALIDEZ DE LA CRUCETA		VÁLIDA	VÁLIDA

DENOMINACIÓN	FUNCIÓN	TIPO	CRUCETA
APOYO N°1	PRINCIPIO LINEA	C-7000 18E	RC1-12,5-S/RC1-10-S
APOYO N°2	ALINEACION	C-1000 16E	RC1-12,5-S/RC1-10-S
APOYO N°3	ALINEACION	C-1000 16E	RC1-12,5-S/RC1-10-S
APOYO N°4	ALINEACION	C-1000 16E	RC1-12,5-S/RC1-10-S
APOYO N°5	ANCLAJE-ANGULO	C-7000 16E	RC1-12,5-S/RC1-10-S
APOYO N°6	ALINEACION	C-1000 16E	RC1-12,5-S/RC1-10-S
APOYO N°7	ALINEACION	C-1000 16E	RC1-12,5-S/RC1-10-S
APOYO N°8	ALINEACION	C-1000 16E	RC1-12,5-S/RC1-10-S
APOYO N°9	ALINEACION	C-1000 16E	RC1-12,5-S/RC1-10-S
APOYO N°10	ALINEACION	C-1000 16E	RC1-12,5-S/RC1-10-S
APOYO N°11	FIN DE LINEA	C-9000 16E	RC1-12,5-S/RC1-10-S

Tabla 13: Tabla solución final apoyos

1.9 Desvío de Cadenas y Tiro Vertical

Tras el cálculo de las alturas libres se realiza la comprobación según la ITC-LAT 07 y los parámetros correspondientes de la empresa distribuidora (Iberdrola). El estudio se realizará únicamente en los apoyos de alineación, siendo estos los únicos donde las cadenas de aisladores trabajan en posición vertical.

Para determinar el ángulo de inclinación de las cadenas de aisladores se adoptaran a efectos de cálculo un valor de inclinación de **72,953°** como dicta Iberdrola en apoyos que presenten tiros verticales ascendentes.

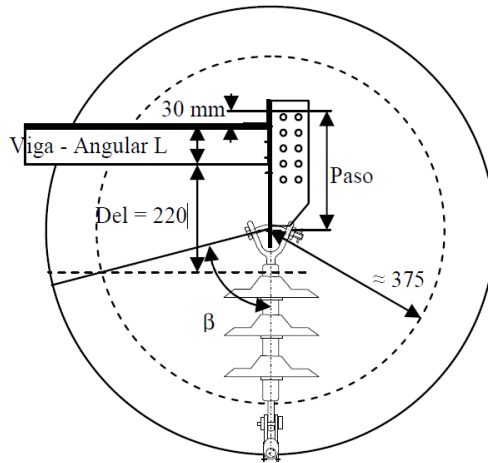


Imagen 6: Esquema Tiro vertical

Por otro lado, el peso del conductor va en función del valor de la fuerza, para su estudio se ha seleccionado como fuerza más desfavorable **F-5°C sin sobrecarga de viento** de cada uno de los vanos reguladores.

De acuerdo con el apartado 5.4.2 de la ITC-LAT 07, la distancia entre conductores y partes puestas a tierra, bajo una presión de viento mitad sobre conductores y cadenas de suspensión no deberá ser inferior a D_{el} ; en nuestro caso según el apartado 5.2 de la ITC, el valor de $D_{el} = 0.22 \text{ m}$.

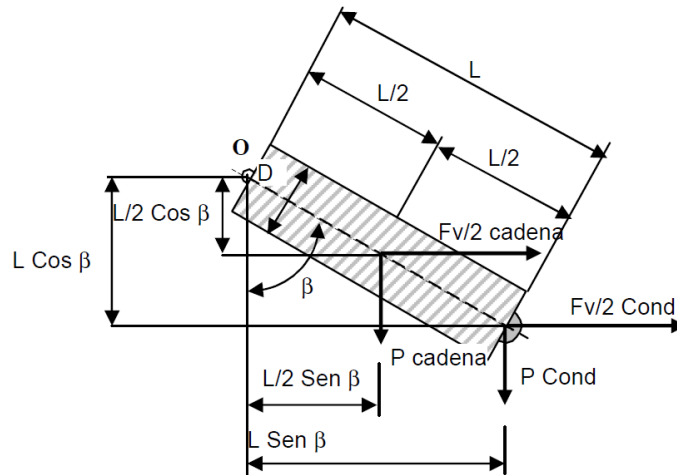


Imagen 7: Esquema desvío de cadenas

La tracción de acuerdo con esta hipótesis será la del vano de regulación con presión de viento mitad a -5°C en zona A.

Tanto para el estudio del ángulo de desvío como para el peso del conductor, los apoyos no se encuentran situados al mismo nivel por lo que no son de las mismas características, lo cual hace necesario además de la cota, el punto de engrape de cada uno de los apoyos.

Se considera, que tanto aisladores y herrajes están contenidos en un cilindro de longitud L y diámetro D. Siguiendo el esquema anterior y tomando momentos respecto a "O", que es el punto de giro de la cadena.

La expresión a utilizar para determinar si existe tiro vertical es:

$$P_c = p a_v + F_{-5^\circ} \cdot \left(\frac{h_0 - h_1}{a_1} + \frac{h_0 - h_2}{a_2} \right)$$

La tangente del ángulo de desvío de cadenas de suspensión respecto a la vertical, vendrá definida por la siguiente expresión:

$$\operatorname{tg} \delta = \frac{2 F_{\theta + \frac{v}{2}} \operatorname{sen} \frac{\alpha}{2} + \frac{q}{2} d a_v \cos \frac{\alpha}{2} + \frac{Q_v}{2}}{p a_v + F_{\theta + \frac{v}{2}} \left(\frac{h_0 - h_1}{a_1} + \frac{h_0 - h_2}{a_2} \right) + \frac{Q}{2}}$$

En el apartado correspondiente de anexo de cálculo se resuelve en detalle el tiro y la tangente del ángulo correspondiente a cada apoyo.

Estudio Apoyo 2

1.1 Tiro vertical apoyo 2

TOTAL 1.1.- Tiro vertical 66,34(daN) > 0 daN

NO existe tiro vertical

1.2 Tangente del ángulo de desvío

TOTAL 1.2.- Tangente del ángulo de desvío 0,732 (daN)

1.2.1- Ángulo de desvío 36,2° < 72,93°

NO existe desvío de cadenas

Estudio Apoyo 3

1.1 Tiro vertical apoyo 3

TOTAL 1.1.- Tiro vertical 60,78 (daN) > 0 daN

NO existe tiro vertical

1.2 Tangente del ángulo de desvío

TOTAL 1.2.- Tangente del ángulo de desvío 0,802 (daN)

1.2.1- Ángulo de desvío **38,72° < 72,93°**

NO existe desvío de cadenas

Estudio Apoyo 4

1.1 Tiro vertical apoyo 4

TOTAL 1.1.- Tiro vertical **59,49 (daN) > 0 daN**

NO existe tiro vertical

1.2 Tangente del ángulo de desvío

TOTAL 1.2.- Tangente del ángulo de desvío **0,74 (daN)**

1.2.1- Ángulo de desvío **36,52° < 72,93°**

NO existe desvío de cadenas

Estudio Apoyo 5

Para este apartado, al tratarse de anclaje-ángulo, se incluirá en el ángulo de desvío de la traza (**36,275°**), por lo que se han realizado algunos cambios en el cálculo para adecuarse a estar circunstancia.

1.1 Tiro vertical apoyo 5

TOTAL 1.1.- Tiro vertical **86,06 (daN) > 0 daN**

NO existe tiro vertical

1.2 Tangente del ángulo de desvío

TOTAL 1.2.- Tangente del ángulo de desvío **7,242 (daN)**

1.2.1- Ángulo de desvío **82,14° < 72,93°**

NO existe desvío de cadenas

Al tratarse de un apoyo de ángulo (no alineación como el resto estudiados), su ángulo de desvío es superior al máximo, por lo que **se sustituyen los aisladores de suspensión por unos de amarre.**

Estudio Apoyo 6

1.1 Tiro vertical apoyo 6

TOTAL 1.1.- Tiro vertical 20,93 (daN) > 0 daN

NO existe tiro vertical

1.2 Tangente del ángulo de desvío

TOTAL 1.2.- Tangente del ángulo de desvío 1,418 (daN)

1.2.1- Ángulo de desvío 54,80° < 72,93°

NO existe desvío de cadenas

Estudio Apoyo 7

1.1 Tiro vertical apoyo 7

TOTAL 1.1.- Tiro vertical 29,17 (daN) > 0 daN

NO existe tiro vertical

1.2 Tangente del ángulo de desvío

TOTAL 1.2.- Tangente del ángulo de desvío 1,023 (daN)

1.2.1- Ángulo de desvío 45,66° < 72,93°

NO existe desvío de cadenas

Estudio Apoyo 8

1.1 Tiro vertical apoyo 8

TOTAL 1.1.- Tiro vertical 95,80 (daN) > 0 daN

NO existe tiro vertical

1.2 Tangente del ángulo de desvío

TOTAL 1.2.- Tangente del ángulo de desvío 0,465 (daN)

1.2.1- Ángulo de desvío 24,95° < 72,93°

NO existe desvío de cadenas

Estudio Apoyo 9

1.1 Tiro vertical apoyo 9

TOTAL 1.1.- Tiro vertical 69,31 (daN) > 0 daN

NO existe tiro vertical

1.2 Tangente del ángulo de desvío

TOTAL 1.2.- Tangente del ángulo de desvío 0,74 (daN)

1.2.1- Ángulo de desvío 36,48° < 72,93°

NO existe desvío de cadenas

Estudio Apoyo 10

1.1 Tiro vertical apoyo 10

TOTAL 1.1.- Tiro vertical 81,42 (daN) > 0 daN

NO existe tiro vertical

1.2 Tangente del ángulo de desvío

TOTAL 1.2.- Tangente del ángulo de desvío 0,600 (daN)

1.2.1- Ángulo de desvío 30,97° < 72,93°

NO existe desvío de cadenas

Tabla resumen tiro vertical y desvío de cadenas

VALIDEZ DEL APOYO DE ALINEACIÓN POR DESVÍO DE CADENAS Y TIRO VERTICAL					
APOYO N°	CANTÓN N°	DESVÍO DE CADENAS	ÁNGULO MÁXIMO DE DESVÍO	PESO MÍNIMO VERTICAL	VALIDEZ
2	1	36,2	72,93	66,34	VÁLIDO
3	1	38,72	72,93	60,78	VÁLIDO
4	1	36,52	72,93	59,49	VÁLIDO
5	1,2	82,14	72,93	86,06	VÁLIDO
6	2	54,80	72,93	20,93	VÁLIDO
7	2	45,66	72,93	29,17	VÁLIDO
8	2	24,95	72,93	95,80	VÁLIDO
9	2	36,48	72,93	69,31	VÁLIDO
10	2	30,97	72,93	81,42	VÁLIDO

Tabla 14: Esquema desvío de cadenas

PRESUPUESTO

ÍNDICE

1.1 Cuadro de precios	58
1.2 Presupuesto de ejecución material	60
1.3 Presupuesto de ejecución por Contrata	61

1.1 Cuadro de precios

Tendido circuito 6XLA-180			
	UD	PR.UD(€)	TOTAL(€)
<u>Mano de obra</u>			
Tendido conductor MT LA-180	6	0,51	3,06
<u>Material</u>			
Cable AL-AC, LA-180	6	1,15	6,90
TOTAL (unidad)		9,96€	

Apoyo metálico celosía MT C-1000 16M			
	UD	PR.UD(€)	TOTAL(€)
<u>Mano de obra</u>			
Excavación en roca	2,71m ³	73,82	200,05
Hormigon HNE-15 con recalces y peanas	3,02 m ³	65,8	198,72
Hierro armado, izado y nivelado	695 kg	0,3	208,5
<u>Material</u>			
Apoyo metálico celosía MT C-1000 16M	1	758,46	758,46
TOTAL (unidad)		1774,47€	

Apoyo metálico celosía MT C-7000 18M			
	UD	PR.UD(€)	TOTAL(€)
<u>Mano de obra</u>			
Excavación en roca	10,35 m ³	73,82	764,04
Hormigon HNE-15 con recalces y peanas	10,89 m ³	65,8	716,56
Hierro armado, izado y nivelado	1540 kg	0,3	462
<u>Material</u>			
Apoyo metálico celosía MT C-7000 18M	1	1718,42	1718,42
TOTAL (unidad)		3661,02€	

Apoyo metálico celosía MT C-9000 16M			
	UD	PR.UD(€)	TOTAL(€)
<u>Mano de obra</u>			
Excavación en roca	8,83m ³	73,82	651,83
Hormigon HNE-15 con recalces y peanas	9,26 m ³	65,8	609,31
Hierro armado, izado y nivelado	1685 kg	0,3	505,5
<u>Material</u>			

Apoyo metálico celosía MT C-7000 18M	1	1914,04	1914,04
TOTAL (unidad)		3680,68€	

Crucetas (2xRC1-10-S+RC1-12,5-S)			
	UD	PR.UD(€)	TOTAL(€)
<u>Mano de obra</u>			
Hierro armado, izado y nivelado cruceta	107,8 kg	0,3	32,34
<u>Material</u>			
Cruceta RC1-10-S	2	103,68	207,36
Cruceta RC1-12,5-S	1	127,44	127,44
TOTAL (unidad)		367,14€	

Aislador Amarre Vidro CABLE LA-180			
	UD	PR.UD(€)	TOTAL(€)
<u>Mano de obra</u>			
Puesta en Apoyo	6	7	42
<u>Material</u>			
Aislador U70 YB20	6	83,45	500,7
Grillete recto	6	1,76	10,56
Rótula larga R16P	6	4,41	26,46
Grapa amarre GA2 (LA-180)	6	5,22	31,32
Anilla bola AB16	6	1,71	10,26
TOTAL (unidad)		579,3€	

Aislador Suspensión Vidro CABLE LA-180			
	UD	PR.UD(€)	TOTAL(€)
<u>Mano de obra</u>			
Puesta en Apoyo	6	7	42
<u>Material</u>			
Aislador U70 YB20	12	83,45	1001,4
Grillete recto	6	1,76	10,56
Rótula larga R16P	6	4,41	26,46
Grapa suspensión GS2 (LA-180)	6	5,22	31,32
Anilla bola AB16	6	1,71	10,26
TOTAL (unidad)		1080€	

Electrodo y PAT Apoyo metálico Pública concurrencia			
	UD	PR.UD(€)	TOTAL(€)
<u>Mano de obra</u>			
Zanja cable terreno	26	9,12	237,12
Conjunto PAT	2	35,35	70,7

Tendido cable 50 mm ²	26	0,26	6,76
Material			
Cinta de protección anticorrosiva	2	6,48	12,96
Cinta Plas. Reg. cable	4	0,46	1,84
Cinta autoamalgante	4	1,49	5,96
Cable Cu desnudo	30	3,34	100,2
Grapa conexión pica puesta a tierra	4	0,69	2,76
TOTAL (unidad)		473,8€	

1.2 Presupuesto de ejecución material

Apoyos y crucetas instalados en línea

$$\text{Precio}_{\text{Apo+cru}} = 1774,74 \cdot 8 + 3661,02 + 3680,68 \cdot 2 = \mathbf{25220,3€}$$

Aisladores

$$\text{Precio}_{\text{Ais}} = 1080 \cdot 9 + 579,3 \cdot 2 = \mathbf{10878,6€}$$

Puestas a tierra

$$\text{Precio}_{\text{PAT}} = 473,8 \cdot 2 = \mathbf{947,6€}$$

Conductor

$$\text{Precio}_{\text{Cond}} = 1061,3 \cdot 9,96 = \mathbf{10570,55€}$$

Descripción	Importe
Apoyos y crucetas instalados en línea	25220,3€
Aisladores	10878,6€
Puestas a tierra	947,6€
Conductor	10570,55
Letreros de señalización	54,12€
Seguridad y salud	2010,30€
TOTAL	49681,47€

A este precio se le aplicará un coeficiente corrector del **2,5%** para tener en cuenta posibles imprevistos, quedando por tanto:

TOTAL PRESUPUESTO EJECUCIÓN MATERIAL 50923,51€

1.3 Presupuesto de ejecución por contrata

Descripción	Importe
Presupuesto ejecución materiales	50923,51€
Gastos generales (13%)	6620,06€
Dirección de obra (3%)	1527,71€
Beneficio industrial (6%)	3055,41
Presupuesto por contrata	62126,68€
IVA (21%)	13046,60€
TOTAL PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN POR CONTRATA	
	75173,28€

Por tanto, el coste total del proyecto es de **setenta y cinco mil ciento setenta y tres euros con veintiocho céntimos (75173,28€)**.

PLIEGO DE CONDICIONES

ÍNDICE

1. Pliego de condiciones generales de líneas aéreas de MT	
1.1 Objetivo	65
1.2 Campo de aplicación	65
1.3 Disposiciones generales	65
1.3.1 Condiciones legales	65
1.4 Seguridad en el trabajo	66
1.5 Organización del trabajo	66
1.5.1 Datos de la obra	67
1.5.2 Replanteo de la Obra	67
1.5.3 Mejoras y variaciones del Proyecto	67
1.5.4 Recepción del material	67
1.5.5 Organización	67
1.5.6 Ejecución de obras	68
1.5.7 Subcontratación de obra	68
1.5.8 Plazo de ejecución	68
1.5.9 Recepción provisional	69
1.5.10 Periodos de garantías	69
1.5.11 Recepción definitiva	69
1.5.12 Pago de obras	69
1.5.13 Abono de materiales acopiados	70
1.6 Disposición final	70
2. Líneas aéreas de MT pliego de condiciones técnicas	70
2.1 Objetivo y campo de aplicación	70
2.2 Ejecución del trabajo	70
2.2.1 Apertura de los hoyos	70
2.2.2 Transporte y acopio a pie de hoyo	71
2.2.3 Cimentación	71
2.2.3.1 Arena	71
2.2.3.2 Piedra	71
2.2.3.3 Cemento	71
2.2.3.4 Agua	72
2.2.4 Armado de apoyos	72
2.2.5 Protección de las superficies metálicas	72
2.2.6 izado de apoyos	72
2.2.7 Tendido y tensado	72

2.2.8 Reposición del terreno	72
2.2.9 Numeración de apoyos	72
2.2.10 Puesta a tierra	72

1. Pliego de condiciones generales de líneas aéreas de MT

1.1. Objetivo

Este Pliego de Condiciones determina los requisitos a los que se debe ajustar la ejecución de instalaciones de líneas aéreas de 3ª categoría para la distribución de energía eléctrica, cuyas características técnicas estarán especificadas en el presente proyecto.

1.2. Campo de aplicación

Este Pliego de Condiciones se refiere a la construcción de redes aéreas de media y alta tensión.

1.3. Disposiciones generales

El Contratista está obligado al cumplimiento de la Reglamentación de Trabajo del Seguro Obligatorio, Subsidio familiar y de vejez, Seguro de enfermedad y deberá cumplir lo dispuesto en la Norma UNE 24042 “Contratación de Obras. Condiciones Generales”, siempre que no modifique el presente pliego de condiciones.

Según orden del Ministerio de Hacienda, el Contratista deberá estar clasificado, en el Grupo, Subgrupo y Categoría correspondiente al Proyecto. Este precedente, se fijará en el Pliego de Condiciones Particulares, en caso de que proceda.

Igualmente deberá ser Instalador, provisto del correspondiente documento de clasificación empresarial.

1.3.1. Condiciones legales

Las obras del Proyecto, además de lo prescrito en el presente Pliego de Condiciones, se regirán por lo especificado en:

- Reglamentación General de Contratación según Decreto 3410/75, de 25 de noviembre

- Pliego de Condiciones Generales para la Contratación de Obras Públicas aprobado por Decreto 3854/70, de 31 de diciembre.

- Artículo 1588 y siguientes del Código Civil, en los casos que sea procedente su aplicación al contrato de que se trate.

- Decreto de 12 de marzo de 1954 por el que se aprueba el Reglamento de Verificaciones eléctricas y Regularidad en el suministro de energía.

- Real Decreto 223/2008, de 15 de febrero, por el que aprueban el Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Líneas Eléctricas de Alta Tensión y sus Instrucciones Técnicas Complementarias.

- 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.

- Normas particulares y de normalización de la Cía. Suministradora de Energía Eléctrica.

- Ley 31/1995, de 8 de noviembre, sobre Prevención de Riesgos laborales y RD 162/97 sobre Disposiciones mínimas en materia de Seguridad y Salud en las Obras de Construcción.

1.4. Seguridad en el trabajo

El Contratista deberá ser directamente responsable de la correcta aplicación de las condiciones de seguridad y de prever, cuando fuese necesario, para el mantenimiento de las máquinas, herramientas, materiales y útiles de trabajo en debidas.

Durante las horas de trabajo de los operarios trabajen en circuitos o equipos de tensión o en su proximidad, usarán ropas sin accesorios metálicos y evitarán el uso innecesario de objetos de metal.

Todos aquellos utensilios utilizados en el normal desarrollo de este tipo de trabajos (metros, reglas, mangos de aceiteras, útiles limpiadores, etc.), serán sustituidos por material no conductor.

El transporte de las herramientas o equipos se realizará en bolsas adecuadas para tal fin y se utilizará calzado aislante o al menos sin herrajes ni clavos en las suelas.

La contrata obligará al personal a usar todos los dispositivos y medios de protección personal, herramientas y prendas de seguridad exigidos para eliminar o reducir los riesgos profesionales (cascos, gafas, banqueta aislante, etc.)

Al Director de Obra se le confiere la autoridad para suspender los trabajos, si estima que el personal de la Contrata está expuesto a peligros que son corregibles.

El Director de Obra podrá exigir del Contratista, ordenándolo por escrito, el dese en la obra de cualquier empleado u obrero que, por imprudencia temeraria, fuera capaz de producir accidentes que hiciesen peligrar la integridad física del propio trabajador o de sus compañeros.

Los documentos acreditativos de formalización estarán en todo momento disponibles por parte del contratista para El Director de Obra, en cualquier momento, antes o después de la iniciación de los trabajos, en la forma legalmente establecida.

El Contratista será el responsable de realizar estudios previos del proyecto a ejecutar para asegurar la correcta ejecución de todas las precauciones máximas en las operaciones y usos de equipos de protección. La finalidad de todo ello será proteger a las personas, animales y objetos de los peligros procedentes del trabajo, siendo de su cuenta las acciones legales que por tales accidentes se ocasionen.

La póliza de seguros acordada por El Contratista ha de ser suficiente para proteger suficientemente a él y a sus empleados u obreros frente a las responsabilidades por daños, responsabilidad civil u otros, como consecuencia de la ejecución de los trabajos.

1.5. Organización del trabajo

El Contratista será el encargado de optimizar la organización de los trabajos para la perfecta ejecución de los mismos.

La responsabilidad sobre tareas e indicaciones de su ejecución recaerá sobre el Director de Obra, al amparo de las condiciones siguientes:

1.5.1. Datos de la obra

El Contratista tendrá a su disposición una copia de los planos y del pliego de condiciones del Proyecto, así como cuantos planos o datos necesite para la completa ejecución de la Obra.

El Contratista tendrá derecho a tomar nota y sacar copia a su costa de la Memoria, Presupuesto y Anexos del Proyecto. También se le permiten las segundas copias de todos los documentos a su costa.

Una vez terminada la obra y en un plazo máximo de dos meses, el Contratista deberá actualizar los planos y documentos existentes, de acuerdo con las características de la obra terminada. Esta nueva documentación será entregada al Director de Obra y constará de dos expedientes completos relativos a los trabajos realmente ejecutados.

Se requiere de una aprobación previa del Director de obra para efectuar, por parte del Contratista, alteraciones, correcciones, omisiones, adiciones o variaciones substanciales en los datos fijados en el Proyecto.

1.5.2. Replanteo de la Obra

El Director de Obra, previo al inicio de obras y una vez que el Contratista esté en posesión del Proyecto, deberá hacer el replanteo de las mismas, entregando al Contratista las referencias necesarias para asegurar completamente la ubicación de las mismas.

Se levantará Acta por duplicado, en la que constarán, sin error alguno, los datos entregados, firmada por el Director de Obra y por el representante del Contratista.

Todos los posibles gastos de replanteo serán por cuenta del Contratista.

1.5.3. Mejoras y variaciones del Proyecto

Tanto nuevas mejoras como variaciones del Proyecto, no serán admitidas más que en el caso que hayan sido ordenadas expresamente por escrito por el Director de Obra y convenido precio antes de proceder a su ejecución.

1.5.4. Recepción del material

El material suministrado deberá ser previamente aprobado por El Director de Obra. Este comunicará y confirmará que permite su instalación al Contratista.

La vigilancia y conservación del material suministrado será por cuenta del Contratista.

1.5.5. Organización

Las responsabilidades y obligación al pago de los salarios caerán sobre El Contratista el cual actuará como patrono legal, aceptando las cargas que legalmente estén establecidas. Será el responsable directo de todo cuanto se legisle, decrete y ordene en la obra.

El Contratista estará a cargo de seleccionar a quien corresponderá la responsabilidad de la seguridad contra accidentes y la organización de la obra. Este apartado quedará ampliado en el anexo de seguridad de este proyecto.

El Contratista deberá dar cuenta diaria de la admisión de personal, compra de materiales, adquisición y alquiler de elementos auxiliares al Director de Obra.

1.5.6. Ejecución de obras

Las obras se ejecutarán conforme al Proyecto y a las condiciones contenidas en este Pliego de Condiciones y de acuerdo con las especificaciones señaladas en el de Condiciones Técnicas.

El Contratista, no podrá hacer ninguna alteración tanto en la ejecución de la obra en relación con el Proyecto como en las Condiciones Técnicas especificadas, salvo aprobación por escrito del Director de Obra.

Las costas de aquel personal ajeno al propiamente manual y que sea necesario para el control administrativo del mismo, recaerán sobre el cotratista.

El Contratista será el responsable de determinar si la persona que ejecuta los trabajos es un técnico suficientemente especializado, pasando siempre bajo el juicio del Director de Obra.

1.5.7. Subcontratación de obras

La Obra ha de ser ejecutada directamente por el adjudicatario, puniendo éste concertar con terceros la realización de determinadas unidades de obra.

La posible ampliación de los subcontratos estará sometida al cumplimiento de los siguientes requisitos:

- El Director de Obra tendrá conocimiento de estos por escrito, con indicación de las partes de obra a realizar y sus condiciones económicas, a fin de que este de su autorización previamente.

- Que las unidades de obra de la contrata con terceros no exceda del 50% del presupuesto total de la obra principal.

En cualquier caso el contratante no queda vinculado al subcontratista y cualquier subcontratación de obras no eximirá al Contratista de ninguna de sus obligaciones respecto al Contratante.

1.5.8. Plazo de ejecución

Los plazos de ejecución indicados en el contrato, se empezarán a contar a partir de la fecha de replanteo.

El Contratista estará obligado a cumplir con los plazos que se señalan en el contrato para la ejecución de las obras y que serán improrrogables.

No obstante lo anteriormente indicado, los plazos podrán ser objetivo de modificaciones cuando así resulte por cambios determinados por el Director de Obra

debidos cambios o reajustes en la realización de las obras y siempre que tales cambios influyan realmente en los plazos señalados en el contrato.

Si por cualquier causa, ajena al Contratista, no fuera posible empezar los trabajos en la fecha prevista o fuesen suspendidos una vez empezados, se concederá por el Director de Obra una la prórroga proporcional a los motivos de la parada.

1.5.9. Recepción provisional

A los quince días siguientes a la petición del Contratista se hará la recepción provisional (una vez terminadas las obras) y de las mismas por el Contratante, requiriendo para ello la presencia del Director de Obra y del Contratista, levantándose el Acta correspondiente. En ella se hará constar la conformidad con los trabajos realizados.

El Acta será firmada por el Director de Obra y el representante del Contratista, dándose la obra por recibida si se ha ejecutado correctamente de acuerdo a las especificaciones dadas en el Pliego de Condiciones Técnicas y en el Proyecto correspondiente. En este momento el plazo de garantía comenzará a contar.

En el caso de no hallarse la obra en estado de ser recibida, este echo constará en Acta y se darán al Contratista las instrucciones precisas y detalladas para remediar los defectos observados, fijándose un plazo de ejecución. La forma de recepción se indica en el Pliego de Condiciones Técnicas correspondiente.

1.5.10. Periodos de garantías

El periodo de garantía será señalado en el contrato y empezará a contar desde la fecha de aprobación del Acta de Recepción.

Hasta que tenga lugar la recepción definitiva, el Contratista es responsable de la conservación de la obra, siendo de su cuenta y cargo las reparaciones por defectos de ejecución y mala calidad de los materiales.

Durante este período, el Contratista garantizará al Contratante contra toda reclamación de terceros.

1.5.11. Recepción definitiva

A los seis meses de la recepción provisional, se procederá a la recepción definitiva de las obras, con la concurrencia del Director de Obra y del representante del Contratista. Tras ello se realizará el Acta correspondiente por duplicado y que quedará firmada por el director de Obra y el representante del Contratista y ratificada por el Contratante y el Contratista.

1.5.12. Pago de obras

El pago de las obras realizadas se hará mediante Certificaciones parciales que se practicarán mensualmente. Dichas Certificaciones contendrán solamente las unidades de obra totalmente terminadas que se hubieran realizado en el plazo que haga referencia.

La relación valorada que figura en las Certificaciones, se hará según los precios establecidos (reducidos en un 10%) y con los planos y referencias necesarias para su comprobación.

Serán por cuenta del Contratista las operaciones necesarias para medir unidades ocultas o enterradas, si no se ha advertido al Director de Obra oportunamente para su medición.

La comprobación, aceptación o reparaciones deberán quedar terminadas por ambas partes en un plazo máximo de quince días.

El Director de Obra expedirá las Certificaciones de las obras ejecutadas que tendrán carácter de documentos provisionales a buena cuenta, rectificables por la liquidación definitiva o por cualquiera de las Certificaciones siguientes, no suponiendo aprobación de las obras ejecutadas y comprendidas en dichas Certificaciones.

1.5.13. Abono de materiales acopiados

Los materiales acopiados se abonarán con arreglo a los precios descompuestos de la adjudicación cuando, a juicio del Director de Obra, no haya peligro que desaparezcan o se deterioren los materiales acopiados y reconocidos como útiles.

El Director de Obra que lo reflejará en el Acta dicho material y será indicado por recepción, señalando el plazo de entrega en los lugares previamente indicados.

En caso de algún desperfecto, en Contratista será responsable de los daños que se produzcan en la carga, transporte y descarga de este material.

La restitución de las bobinas vacías se hará en el plazo de un mes, una vez se haya instalado el cable que contenían. Todo retraso en su restitución correrá a cargo de todos los gastos suplementarios que puedan resultar.

1.6. Disposición final

En caso de efectuarse cualquier Subasta, Concurso o Concurso-Subasta cuyo Proyecto incluya el presente Pliego de Condiciones Generales, presupone la plena aceptación de todas y cada una de sus cláusulas.

2. Líneas aéreas de MT pliego de condiciones técnicas

2.1. Objetivo y campo de aplicación

El presente Pliego de Condiciones determina las Condiciones técnicas mínimas aceptables para la ejecución de las obras de montaje e Líneas Aéreas de Media tensión, especificadas en el correspondiente Proyecto.

Estas obras se refieren al suministro e instalación de los materiales necesarios en la construcción de Líneas Aéreas de media Tensión.

2.2. Ejecución del trabajo

La responsabilidad de la ejecución de los trabajos corresponde al Contratista y deberán realizarse conforme a las reglas expuestas.

2.2.1. Apertura de los hoyos

Las excavaciones han de cumplir con las dimensiones establecidas y se ajustarán la más posible a las dadas en el Proyecto.

Las posibles variaciones en el volumen de la excavación, se hará de acuerdo con el Director de Obra.

El Contratista tomará las disposiciones convenientes para dejar abiertas el menor tiempo posible las excavaciones, con objeto de evitar accidentes.

Las excavaciones se harán según el tipo de terreno y con los útiles apropiados.

Para terrenos rocosos será imprescindible el uso de explosivos o martillo compresor, siendo el Contratista el responsable de la obtención de los permisos de utilización de explosivos.

Cuando se empleen explosivos se deberán tomar las precauciones adecuadas para que en el momento de la explosión no se proyecten al exterior piedras que puedan provocar accidentes o desperfectos. En el caso de suceder algún accidente, la responsabilidad correría a cargo del Contratista.

2.2.2. Transporte y acopio a pie de hoyo

Cuando se transporten apoyos despiezados sus elementos irán numerados y por ninguna causa los elementos que componen el apoyo se utilizarán como palanca o arriostamiento.

Por temas de garantía El Contratista tomará nota de los materiales recibidos dando cuenta al Director de Obra de las anomalías que se produzcan.

2.2.3. Cimentación

El amasado del hormigón se hará con hormigonera, procurando que la mezcla sea lo más homogénea posible.

Tanto el cemento como los áridos serán medidos con elementos homologados y apropiados para tal fin.

Los macizos deberán de:

- Sobrepasarán el nivel del suelo en unos 10 cm en terrenos normales.
- La parte superior de este macizo estará terminada en forma de punta de diamante, con una pendiente de un 10% como mínimo de vierteaguas.

2.2.3.1. Arena

Puede proceder de ríos o canteras y debe ser limpia y no contener impurezas arcillosas u orgánicas.

2.2.3.2. Piedra

Podrá proceder de canteras o de graveras de río y debe siempre suministrarse limpia. La dimensiones a utilizar podrán ser de entre 1 y 5 cm.

2.2.3.3. Cemento

Se utilizarán cementos Portland de fraguado lento. En el caso de terreo yesoso se empleará cemento puzolánico.

2.2.3.4. Agua

Será de río o de manantial, estando prohibido el empleo de aguas procedentes de ciénagas o del mar.

2.2.4. Armado de apoyos

El armado de apoyos se realizará teniendo presente la concordancia de diagonales y presillas.

Los elementos metálicos del apoyo serán ensamblados y fijados por medio de tornillos.

Si en el curso del montaje aparecen dificultades o defectos sobre algunas piezas que necesitan su sustitución o su modificación, el Contratista lo notificará al Director de Obra.

El tornillo deberá sobresalir de la tuerca por lo menos tres pasos de rosca.

2.2.5. Protección de las superficies metálicas

Todos los elementos de acero deberán estar galvanizados por inversión.

2.2.6. Izado de apoyos

La operación de izado de los apoyos debe realizarse de tal forma que ningún elemento sea solicitado en exceso. En cualquier caso, los esfuerzos deben ser inferiores al límite elástico del material.

2.2.7. Tendido y tensado

El tendido de los conductores debe realizarse de tal forma que se eviten torsiones, nudos, aplastamientos o roturas de alambres, roces con el suelo, apoyos, o cualquier otro obstáculo.

Las bobinas nunca deben ser rodadas sobre el terreno con asperezas o cuerpos duros susceptibles de estropear los cables. Estas tampoco deben colocarse en lugares con polvo o cualquier otro cuerpo extraño que pueda introducirse entre los conductores.

2.2.8. Reposición del terreno

Las tierras sobrantes y los restos del hormigonado, deberán ser extendidas, si el propietario del terreno lo autoriza.

2.2.9. Numeración de apoyos

Avisos de riesgo eléctrico Se numerarán los apoyos con elementos de aluminio, ajustándose dicha numeración a la dada por el Director de Obra. Las cifras serán legibles desde el suelo.

La plaza de señalización de “Riesgo Eléctrico” se colocará en el apoyo a una altura suficiente para que no se pueda quitar desde el suelo. Deberá cumplir las características señaladas en la Recomendación UNESA 0203.

2.2.10. Puesta a tierra

Los apoyos de las líneas deberán conectarse a tierra de un modo eficaz, de acuerdo con el Proyecto y siguiendo las instrucciones dadas en el Reglamento Técnico de Líneas Aéreas de Media Tensión.

ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

ÍNDICE

1.1 Objeto	76
1.2 Organización de la seguridad	76
1.2.1 Jefe de los Trabajos	76
1.2.2 Zona protegida	76
1.2.3 Zona de trabajo	76
1.3 Reuniones de seguridad	76
1.4 Riesgos en los trabajos	77
1.5 Medios de prevención y protección	77
1.5.1 Trabajos en líneas subterráneas de MT	77
1.5.2 Excavación	77
1.5.3 Hormigonado	78
1.6 Trabajos en líneas de MT	78
1.6.1 Almacenamiento de materiales	78
1.6.2 Excavaciones	79
1.6.3 Apertura de hoyos	79
1.6.4 Armado de apoyos	79
1.6.5 Izado de apoyos	80
1.6.6 Hormigonado de apoyos	80
1.6.7 Tendido y amarre de conductores	80
1.6.8 Manejo y utilización de escaleras de mano	81
1.7 Utilización de andamios	81
1.8 Trabajos en proximidades de elementos en MT	82
1.9 Material de seguridad	82

1.1 Objeto

A lo largo del presente apartado se describen las normas de seguridad que deben cumplir las Empresas Contratistas cuando realicen trabajos en líneas de media tensión.

Quedan por tanto incluidos los riesgos derivados de trabajar en las proximidades de elementos en tensión.

1.2 Organización de la seguridad

1.2.1 Jefe de los Trabajos

Es la persona, designada como responsable en la Obra por parte del Contratista, que dirige la correcta ejecución de los trabajos en obra.

1.2.2 Zona Protegida

Zona delimitada por las puestas a tierra y en cortocircuito, en una instalación de descargo. Estos límites estarán colocados entre los puntos de corte, sea en la proximidad de los mismos o no.

Queda excluida por tanto como zona de trabajo.

1.2.3 Zona de Trabajo

Es la zona definida por el Jefe de los Trabajos y asignada por él al personal a su mando. Esta zona normalmente queda definida por las puestas a tierra de trabajo.

1.3 Reuniones de seguridad

En los días anteriores al inicio de los trabajos, se celebrará la reunión de lanzamiento de la obra. En esta reunión se expondrán todas las cuestiones relacionadas con la prevención de accidentes.

Los descargos y las fechas deben ser solicitados y se determinará cuando deberán ser efectuados. El responsable de la verificación y creación de la Zona Protegida en la instalación será El Jefe de los Trabajos. Este comprobará:

- Delimitación la Zona Protegida mediante la colocación de puestas a tierra y cortocircuito.
- Apertura con corte efectivo de todas las posibles fuentes de tensión.
- Bloqueo y señalización de los mandos de los aparatos de corte.
- Verificación de la ausencia de tensión.

Para la creación de la Zona de Trabajo, el Jefe de los Trabajos deberá realizar:

- Verificación de la existencia o ausencia de tensión en todas las partes conductoras que afecten a la Zona de Trabajo.
- Apantallamiento en caso de no cumplirse las distancias de seguridad establecidas por el reglamento.
- Puesta a tierra y en cortocircuito a ambos lados, de todas las fases que entran en el lugar donde se desarrollan los trabajos, una vez comprobada la ausencia de tensión.

- Delimitación física y señalización de la zona teniendo en cuenta las distancias mínimas que deben mantenerse respecto a elementos en tensión, mediante la colocación de señales, pancartas, cintas delimitadoras o cualquier elemento homologado para tal fin.

Esta delimitación debe impedir que personas o vehículos se puedan aproximar a los elementos en tensión.

Será aconsejable una reunión de los responsables en prevención, trabajadores y Jefes de Obra, de forma habitual (cuando se estime oportuno).

1.4 Riesgos en los trabajos

El montaje y mantenimiento de las redes de M.T/A.T tiene asociados unos riesgos por el trabajo y actividades auxiliares que se ejecutan. Los más comunes son:

- Caída de personas al mismo o distinto nivel
- Caída de objetos
- Desprendimientos, desplomes y derrumbes.
- Choques y golpes entre materiales y/o vehículos
- Maquinaria automotriz
- Atrapamientos (en maquinarias o por desplome)
- Cortes
- Contactos eléctricos o arco eléctrico
- Incendios
- Condiciones climatológicas adversas

1.5 Medios de prevención y protección

1.5.1 Trabajos en líneas subterráneas de M.T.

Antes del comienzo de los trabajos es preciso conocer una serie de circunstancias que pueden causar estragos en la seguridad de los mismos. Será de especial interés conocer:

- Características del terreno
- Proximidad de edificaciones y características de sus cimentaciones.
- Existencia de fuertes vibraciones (por obras próximas, carreteras, fábricas, etc.)
- Existencia y/o proximidad de instalaciones de servicios

1.5.2 Excavación

En los trabajos de excavación realizados durante la adaptación del terreno para la línea y que se efectúen manualmente, se aplicarán las siguientes medidas preventivas:

- Los operarios ascenderán y/o descenderán a las zanjas, utilizando escaleras homologadas para tal fin (cuando la altura así lo requiera).
- La distancia mínima recomendable entre los operarios cuando hagan uso de los picos, palas o maquinaria portátil de excavación, será de 3,50 m.
- El estado de la zanjase revisará detalladamente al comenzar una nueva jornada y/o después de una interrupción prolongada de los trabajos.

- El arnés de seguridad y cuerda salvavidas, en las zanjas que así lo requieran por su profundidad, serán obligatorio para los operarios y siempre manteniéndose otro operario en el exterior para caso de auxilio.
- Los escombros y materiales se colocarán a una distancia de seguridad no inferior a 0,6 metros.
- La zona de trabajo se mantendrá en las debidas condiciones de orden y limpieza.
- Tanto dentro como fuera de la zona de trabajo, es obligatorio el uso de casco, guantes, botas y en los casos que lo requieran gafas de seguridad y faja anti lumbago.

1.5.3 Hormigonado

El hormigonado de las zanjas se hará aplicando las siguientes medidas preventivas:

- El responsable de dirigir las maniobras del camión hormigonera será un solo operario será
- Se mantendrán siempre las distancias de seguridad y se colocarán los topes para evitar que el camión hormigonera pueda invadir el borde de la zanja
- Es obligatorio el uso de casco, guantes y botas de goma.
- Es obligatorio el uso de gafas de seguridad para protegerse de las salpicaduras del hormigón.

1.5.4 Señalización

Los trabajos en líneas subterráneas de M. T. excavación se señalizarán como se expone a continuación:

- En toda su extensión de la zanja, esta se señalizará y protegerá mediante vallas, cintas delimitadoras o similares.
- Los pasos a nivel vendrán protegidos con sus correspondientes vallas laterales en las zonas de tránsito peatonal.
- Si en algún momento de la obra se requiere, se colocarán las debidas señales de tráfico como aviso a los conductores.
- Por la noche la zona de trabajo deberá señalizarse con luces ámbar intermitentes.

1.6 Trabajos en líneas aéreas de MT

1.6.1 Almacenamiento de materiales

El acopio de materiales se realizara de forma racional y siguiendo las pautas establecidas en la planificación de la obra.

Las cajas de aisladores, por su forma y distribución de pesos en su interior, se depositarán unas sobre otras cuidando de intercalar cuñas en los laterales, impidiendo así el deslizamiento o las caídas de las cajas.

Los materiales frágiles, estarán perfectamente embalados y protegidos, evitando así cualquier deterioro por roce o impacto de otros materiales sobre ellos. Estarán perfectamente señalizados por un rótulo que indique precaución.

1.6.2 Excavaciones

En todo momento, desde que se inicien hasta que sean rellenadas, las excavaciones serán protegidas con vallas, obstáculos y señales que delimitan la zona afectada de forma que impidan el paso de personas.

Las zonas de obra de gran concurrencia, se protegerán los apoyos mediante vallas colocadas en torno al perímetro de excavación y se colocarán señales luminosas reflectantes y de peligro sobre estas.

Los hoyos serán tapados con tabloncillos u otros medios durante la ausencia de los operarios de la obra.

1.6.3 Apertura de hoyos

El derrumbamiento es uno de los riesgos más importantes que se presentan en los trabajos de excavación, por ello se hace necesario adoptar las precauciones necesarias para evitarlos, conociendo las diferentes características del terreno.

Se requiere del uso de entibaciones a fin de obtener las condiciones de seguridad, adecuadas para el personal. Estas se revisarán al comenzó y fin de la jornada de trabajo.

Queda prohibido hacer uso del entibado para el descenso o ascenso de los trabajadores. La maquinaria de gran peso o envergadura tendrán prohibido su uso en las cercanías de los pozos o zanjas.

En la proximidad de instalaciones en tensión deben tomarse especiales precauciones cuando un aparato de elevación es utilizado o desplazado para que el aparato no pueda entrar en contacto con dichas instalaciones.

La zona de trabajo de este tipo de maquinaria debe estar delimitada teniendo en cuenta sus dimensiones, el espacio necesario para la maniobra y la posibilidad de rotura de los cables de tracción.

Las distancias de seguridad para evitar el posible riesgo de contacto de la retroexcavadora con líneas de A.T. son:

- 3 m para $V < 66 \text{ kV}$
- 5 m para $220 \text{ kV} > V > 66 \text{ kV}$
- 7 m $> 220 \text{ kV}$

El acceso a las excavaciones se realizará mediante escaleras de mano.

1.6.4 Armado de apoyos

El apoyo se armará en paralelo a las líneas y con la zona de estrobado frente al eje de la cimentación.

Los materiales a utilizar se situarán a una distancia superior a 3 metros de la base del apoyo.

El material y herramientas no deben lanzarse, siendo el método adecuado para su transporte una cuerda de servicio en las bolsas portaherramientas.

La máxima carga útil de la pluma se respetará sin excepción cuando el armado se realice con camión-grúa. La elevación y descensos de las cargas se harán de forma controlada, evitando toda arrancada o parada brusca.

El ascenso, descenso o desplazamiento por el apoyo, se realizará obligatoriamente con las manos libres, y siempre utilizando el cinturón de seguridad. Será recomendable una línea de vida para la sujeción de los cinturones de seguridad

1.6.5 Izado de apoyos

Los apoyos serán izados mediante grúa adecuada al peso y altura del apoyo a izar, teniendo en cuenta la carga de trabajo de la grúa (bajo gancho) y la distancia máxima del punto de carga con el eje de la grúa. Previo al izado del apoyo, se asegurará de que éste está bien enganchado y se advertirá al personal del inicio de la maniobra.

Las señales gestuales para dirigir al operador de la grúa serán efectuadas por un único responsable y permaneciendo siempre dentro del campo de visión del mismo.

1.6.6 Hormigonado de apoyos

La circulación para los camiones y trabajadores se establecerá en zonas de acceso limitado. En caso de realizar el hormigonado de forma manual y tratando de prevenir la dermatosis profesional, se tendrán en cuenta las siguientes medidas:

- El personal que hará uso del hormigón no podrá tener lesiones cutáneas, evitando así que entren en contacto con productos irritantes o alergizantes.
- Todo el personal será informado de la presencia de nuevos productos (anticongelante, endurecedores, etc.) y de sus repercusiones cutáneas.
- El uso de gafas de seguridad es obligatorio para protegerse de las salpicaduras del hormigón.
- Es obligatorio el uso de casco, guantes y botas de goma.
- Se evitará el contacto directo con productos químicos, así como la automedicación.

1.6.7 Tendido y amarre de conductores

Esta actividad se presenta como el principal riesgo de caída de personas a distinto nivel, dado que es obligado el trabajo en alturas en el momento de puesta a punto de la línea.

Se adoptarán las medidas de seguridad propias de estos riesgos, siendo imprescindible el uso de cinturón de seguridad amarrado a un punto estable y se instalará una línea de vida para sujeción de los cinturones de seguridad.

Se prohibirá a personas ajenas a la obra permanezcan en la proximidad del lugar en las que se realicen las tareas de tendido de conductores y cables piloto.

Se adecuarán las zonas de arbolado, realizando una poda o tala para evitar contactos de cable piloto y conductores con ramas, troncos, etc.

En los cruces con carreteras se instalarán protecciones (en forma de pórticos) de madera o metálicas (según el tipo de cruzamiento), señalándose si fuese necesario.

Los apoyos de final de línea, ángulos y amarres, deberán estar arriostrados para que no sufran esfuerzos superiores a los previstos en condiciones normales de trabajo.

Se utilizará radioteléfono para puesta en marcha y parada del tendido ante aviso inmediato de cualquier obstáculo.

1.6.8 Manejo y utilización de escaleras de mano

Los operarios deberán observar las siguientes prescripciones cuando usen escaleras de mano:

- Previamente a su utilización, se deberán comprobar los puntos de apoyo superior e inferior, verificando el buen estado de los mismos.
- Comprobar el estado de las zapatas antideslizantes de la escalera.
- Comprobación del piso o zona de trabajo (suelos en mal estado o deslizantes)
- El ascenso y descenso de la escalera se realizará siempre de frente a las mismas.
- Siempre que se acceda o se baje de las escaleras, las herramientas se llevarán en bolsas al cinto y los materiales se subirán a través de cuerdas de servicio
- Para poner de pie una escalera se realizará la maniobra primero colocando la escalera en posición estirada y con las patas bien apoyadas, y después, se irá sacando la parte superior de la misma hasta alcanzar la postura adecuada.
- Realizar una revisión a fondo, al menos 1 vez al año, a todas ellas. •
- Nunca se deben de pintar las escaleras de madera, se deben usar barnices transparentes.
- Se prohíbe realizar empalmes entre

1.7 Utilización de andamios

Los operarios deberán observar las siguientes prescripciones cuando usen andamios:

- La selección del andamio ha de ser la adecuada según el trabajo a efectuar.
- La plataforma de trabajo deberá tener como mínimo una anchura de 60 cm.
- Se proveerá de barandillas de 0,90 m en todos los andamios que sirvan para trabajar por encima de 2 m.
- Deberán llevar incorporados rodapiés de 15 cm., para evitar caídas de materiales.
- Solo se depositarán sobre la plataforma de trabajo, los materiales imprescindibles para continuar la actividad.
- En caso de que los andamios tengan más de dos pisos, se deben arriostrar lateralmente con anclajes.
- Los andamios móviles llevarán dispositivo de bloqueo/freno de las ruedas. En este tipo de andamios está terminantemente prohibido desplazar el andamio con operarios subidos en él.
- No estará permitido permanecer debajo de los andamios durante la jornada de trabajo o bien durante el montaje y desmontaje de los mismos.
- Las escaleras de unión entre andamios serán fijas y salvarán solo una altura
- Una vez finalizado el trabajo y desmontado el andamio, siempre que sea posible, acopiarlo a un lugar cerrado.

1.8 Trabajos en proximidades de elementos en media tensión

1.8.1 Distancias de seguridad

Se denomina distancia de seguridad en instalaciones aéreas de Alta y Media Tensión a la mínima distancia que hay que mantener con respecto a un elemento desnudo en tensión (medida entre el punto más próximo en tensión y cualquier parte extrema del operario o herramienta utilizada por él).

El hecho de mantener una distancia mínima suficiente es un factor fundamental en la prevención de accidentes de tipo eléctrico. La distancia de seguridad es función de:

- El nivel de tensión de la instalación
- El nivel de sensibilización en materia de prevención del operario
- El método y organización del trabajo

1.9 Material de seguridad

Antes del inicio de los trabajos la empresa contratista deberá tener disponible en la obra de todo el material de seguridad a utilizar. Este se dividirá en:

- Protección individual:
 - Cascos
 - Botas de seguridad con puntera y plantilla reforzada
 - Botas de agua
 - Guantes de trabajo
 - Cinturones de sujeción
 - Trajes impermeables
 - Gafas anti impactos
 - Mascarilla respiratoria
 - Protección auditiva

- Protección colectiva
 - Malla perforada de delimitación
 - Señales de obligación e informativas
 - Botiquín primeros auxilios
 - Tablero o camilla evacuación de accidentados
 - Extintores Para los trabajos de montajes mecánicos y eléctricos

ANEXO CÁLCULOS

1.1 ANEXO CÁLCULOS ELÉCTRICOS

ÍNDICE

1.1	Anexo cálculos eléctricos	
1.1.1	Densidad máxima de corriente	86
1.1.2	Intensidad máxima admisible	86
1.1.3	Reactancia aparente	86
1.1.4	Caída de tensión	87
1.1.5	Potencia máxima de la línea	87
1.1.6	Potencia a transportar	87

1.1.1 Densidad máxima de corriente

La densidad máxima de corriente admisible en régimen permanente para corriente alterna y frecuencia de 50Hz se deduce de la tabla del art.22 del R.L.A.T.

Conocemos la tensión que nos viene impuesta por el propio proyecto, pero desconocemos la potencia que circulará por la línea, por lo que calcularemos la intensidad máxima de esta con un factor de potencia inductivo del 0,9 y una caída de tensión inferior al 5%.

Esta caída de tensión vendrá dada por:

$$CdT = 20000 \cdot 0,05 = \mathbf{1000V}$$

Por tanto nuestra caída de tensión máxima será de **1000V**.

1.1.2 Intensidad máxima admisible

Según la MT 2.21.75, para el conductor utilizado la densidad de corriente máxima es de 2,592 A/mm², pero debido a su composición, tras aplicarle un coeficiente corrector del 0,916, esta densidad será de 2,374 A/mm².

Sabemos la densidad y la sección del cable, por lo que:

$$I_{\max} = J_{\max \text{ ad}} \cdot S = 181,7 \cdot 2,374 = \mathbf{431,32 A}$$

1.1.3 Reactancia aparente

La reactancia kilométrica de la línea se calcula empleando la siguiente fórmula:

$$X = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot L = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot (0,5 + 4,605 \cdot \log D/r) \Omega/\text{km}$$

Donde:

X: Reactancia aparente en ohmios por kilómetro (Ω/km)

F: Frecuencia de la red = 50 Hz

D: Separación media geométrica entre conductores (mm)

R: Radio del conductor en milímetros (mm)

D se determinará a partir de las distancia entre conductores d_1, d_2, d_3 , mediante la fórmula:

$$D = [d_1 \cdot d_2 \cdot (2 \cdot d \cdot d_3)^{1/2}]^{1/3}$$

Obteniendo los valores de la tabla:

D	a	b	d	d₁	d₂	d₃	X
mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	Ω/km
2.722	1000	1250	1800	1817	2881	4118	0,376
3.410	1000	1250	2400	2413	3290	5200	0,391

Tabla 15: Valores reactancias

Por otra parte del proyecto tipo 2.21.75 obtenemos que la reactancia kilométrica del conductor (para las crucetas elegidas) es de **0,387Ω/km** (valor medio).

1.1.4 Caída de tensión

La caída de tensión por resistencia y reactancia de una línea según la ITC-LAT 07(despreciando la influencia de la capacidad y la perdictancia) viene dada por la fórmula:

$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot I \cdot (R \cdot \cos\varphi + X \cdot \text{sen}\varphi) \cdot L$$

donde:

ΔU : Caída de la tensión compuesta, expresada en V

I: Intensidad de la línea (A)

X: Reactancia por fase (W/km)

R: Resistencia por fase (Ω/km)

φ : Ángulo de desfase (°)

L: Longitud de la línea (km)

Como indica la norma en su anexo 7.1.2, la máxima caída que podemos tener es del 5% (línea de 20kV) lo que nos arroja un resultado de 1000V, por lo que sustituyendo los datos conocidos en la fórmula:

$$1000 = \sqrt{3} \cdot 431,32 \cdot (0,389 \cdot 0,9) \cdot L$$

Se obtiene un resultado de **3,81 km**, siendo este muy superior a los **1061,3 metros** de nuestra línea.

1.1.5 Potencia máxima a transportar

La potencia que puede transportar la línea está limitada por la intensidad máxima determinada anteriormente y por la caída de tensión, que no deberá exceder del **5%**.

La máxima potencia a transportar limitada por la intensidad máxima (**431,32A**) es:

$$P_{MAX} = \sqrt{3} \cdot U \cdot I_{MAX} \cdot \cos\varphi = \sqrt{3} \cdot 20 \cdot 431,32 \cdot 0,9 = \mathbf{13447 \text{ kW}}$$

Tendremos que, para un factor de potencia del **0,90**, la potencia máxima que puede transportar la línea en función de la tensión nominal será:

U_N kV	P_{MAX} kW
20	13477

1.1.6 Potencia a transportar

En una granja porcina, la energía consumida se emplea principalmente en la iluminación, la calefacción y la ventilación.

Los factores climáticos y el tipo de equipamiento a emplear serán los factores utilizados para seleccionar el tipo de consumo que requiere de la instalación.

Los datos ofrecidos por el cliente de la distribución de la granja son:

- Zona lactancia 150 m²
- Zona cría/destete 250 m²
- Zona engorde 1200 m²
- Almacén 200 m²
- Oficinas 50 m²
- Zonas de paso 150 m²

Potencia consumida por animal

- *Lactancia*

En la zona destinada a los animales lactantes se respetarán los 5m² por animal, resultando un máximo de **30 animales** para lactancia.

Siguiendo los parámetros de consumos de energía certificados por el IDAE, estos son para el caso de animales lactantes del ámbito porcino de **1,05kWh** y día. Por lo que el consumo de potencia estimado para la totalidad de los animales es de **1,38kW**.

$$P_{lac} = \frac{1,05kWh}{24h} \cdot 30 = 1,38kW$$

- *Cría/destete*

En la zona destinada a los animales lactantes se respetarán los 2,5m² por animal, resultando un máximo de **100 animales** en la zona de cría y destete.

Siguiendo los parámetros de consumos certificados por el IDAE, estos son para el caso de animales durante el proceso de cría es de **0,11kWh** y día. Por lo que el consumo de potencia estimado para la totalidad de los animales es de **0,45kW**.

$$P_{c/des} = \frac{0,11kWh}{24h} \cdot 100 = 0,45kW$$

- *Engorde*

En la zona destinada a los animales lactantes se respetarán los 1,2m² por animal, resultando un máximo de **1000 animales** en la zona de engorde.

Siguiendo los parámetros de consumos certificados por el IDAE, estos son para el caso de animales durante el proceso de cría es de **0,14kWh** y día. Por lo que el consumo de potencia estimado para la totalidad de los animales es de **5,83kW**.

$$P_{eng} = \frac{0,14kWh}{24h} \cdot 1000 = 5,83kW$$

Potencia consumida por uso y mantenimiento

- Almacén

En el almacén debido a que únicamente dispondrá de iluminación, la potencia estimada es de **0,5kW**.

- Oficina

En la oficina se dispondrá de dos ordenadores, climatización e iluminación, por lo que se estima que la potencia necesaria es de **3,5kW**.

- Zonas de paso

En las zonas de paso la potencia estimada es de **0,8kW**.

La **potencia total** requerida por la instalación es de **12,46kW**, a la que se le aplicará un **incremento del 50%** por posibles ampliaciones o diferencias en la granja. Siendo así, la potencia total quedaría en **18,69kW**, muy inferior a los **13477kW** que ofrece la línea, por tanto, la instalación es **válida**.

Esta línea no contempla solo el uso para la instalación del presente proyecto sino que está diseñada de forma que permite la ampliación de la misma para abastecer nuevas instalaciones que así lo requieran.

1.2 ANEXO CÁLCULOS MECÁNICOS

ÍNDICE

1.2	Anexo cálculos mecánicos	
1.2.1	Vano regulador	92
1.2.2	Validez del conductor	93
1.2.3	Tablas de tendido	95
1.2.4	Tablas de regulación	99
1.2.5	Vano máximo admisible	115
1.2.6	Curva de parábola y catenaria	123
1.2.7	Distancia de seguridad	124
1.2.7.1	Distancia de seguridad al terreno	124
1.2.7.2	Distancia mínima entre conductores	125
1.2.8	Clasificación de los apoyos	125
1.2.9	Desvío de cadenas y tiro vertical	171

1.2.1 Vano Regulador

Una vez determinado el perfil de nuestra línea y la situación de los apoyos de forma que respeten tanto la norma como los posibles inconvenientes con los lindes de cada uno de los campos que atraviesa, procedemos al cálculo del vano regulador por medio de:

$$a_R = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^{j=n} a_j^3}{\sum_{j=1}^{j=n} a_j}}$$

La línea proyectada está formada por 2 cantones diferentes, por tanto, habrá dos vanos reguladores:

Vano regulador Cantón 1

Las dimensiones de los vanos del cantón 1 son (en metros):

Vano 1	Vano 2	Vano 3	Vano 4
119,32	115,12	126,53	87,56

Tabla 16: Longitud de los cantones (m)

Por lo que su vano regulador queda como:

$$a_R = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^{j=n} a_j^3}{\sum_{j=1}^{j=n} a_j}} = \sqrt{\frac{119,32^3 + 115,12^3 + 126,53^3 + 87,56^3}{119,32 + 115,12 + 126,53 + 87,56}} = 114,9 \text{ (m)}$$

Con una longitud total del cantón de **448,53 m**.

Vano regulador Cantón 2

Las dimensiones de los vanos del cantón 2 son (en metros):

Vano 5	Vano 6	Vano 7	Vano 8	Vano 9	Vano 10
103,37	91,68	73,26	122,93	124,32	100,46

Tabla 17: Longitud de los cantones (m)

Vano regulador Cantón 2

TOTAL – Vano regulador (m) 107,07 (m)

Longitud total del Cantón 2

TOTAL - Longitud total (m) 616,02 (m)

Por lo que su vano regulador queda como:

$$a_R = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^{j=n} a_j^3}{\sum_{j=1}^{j=n} a_j}} = \sqrt{\frac{103,37^3 + 91,68^3 + 73,26^3 + 122,93^3 + 124,32^3 + 100,46^3}{119,32 + 115,12 + 126,53 + 87,56 + 124,32 + 100,46}} = 107,07 \text{ (m)}$$

Con una longitud total del cantón de **616,02 m**.

1.2.2 Validez del conductor

Los conductores deberán cumplir según el proyecto tipo (MT 2.21.75) las siguientes condiciones:

a) El coeficiente de seguridad a la rotura, sea como mínimo igual a 3 en las condiciones atmosféricas que provoquen la máxima tracción de los conductores, además, el coeficiente de seguridad de los apoyos y cimentaciones en la hipótesis tercera sea el correspondiente a las hipótesis normales.

$$T_{1\max} = \frac{6390}{3 \cdot 181,6} = 11,729 \text{ daN/mm}^2$$

b) La tracción de trabajo de los conductores a 15 °C sin ninguna sobrecarga, no exceda del 15% de la carga de rotura.

$$T_2^2 (T_2 + A) = B$$

Siendo T_2 la tensión de trabajo que necesitamos obtener. Utilizamos las siguientes ecuaciones para resolver este apartado:

$$A = -T_1 + E \alpha (\theta_2 - \theta_1) + \frac{E a_R^2}{24} \frac{m_1^2 w^2}{T_1^2}$$

$$B = \frac{E a_R^2}{24} m_2^2 w^2$$

Siendo:

T_1 : Tensión máxima de rotura (daN/mm²)

E: Modulo de elasticidad (daN/mm²)

m_1 : Coeficiente de sobrecarga en las condiciones de la hipótesis 1

m_2 : Coeficiente de sobrecarga en las condiciones de la hipótesis 2

α : Coeficiente de dilatación lineal

E: Módulo de elasticidad (kg/mm²)

a_R : Vano regulador (m)

w: Peso propio del conductor por unidad de longitud

θ_1 : Temperatura en las condiciones de la hipótesis 1

θ_2 : Temperatura en las condiciones de la hipótesis 2

Falta por determinar el coeficiente de sobrecarga en las condiciones iniciales, por tanto con sobrecarga de hielo en zona A, es decir:

$$m_1 = m_{-15+H} = \frac{p + 0,18 \sqrt{d}}{p} = \frac{0,663 + 0,18 \sqrt{17,5}}{0,663} = 2,1357$$

el peso propio del conductor por unidad de longitud es de:

$$w = \frac{P}{S} = \frac{0,663}{181,6} = 0,00365 \text{ daN} / \text{m mm}^2$$

estamos ya en disposición de calcular los términos que intervienen en la ECC:

$$A = -T_1 + E \alpha (\theta_2 - \theta_1) + \frac{E a_R^2}{24} \frac{m_1^2 w^2}{T_1^2} =$$

$$= -11,729 + 8000 \cdot 17 \cdot 10^{-6} [20 - (-15)] + \frac{8000 \cdot 114,9^2}{24} \frac{2,1357^2 \cdot 0,00365^2}{11,729^2} = 0,599$$

$$B = \frac{E a_R^2}{24} m_2^2 w^2 = \frac{8000 \cdot 114,9^2}{24} 1^2 \cdot 0,00365^2 = 50,9342$$

en la ecuación anterior se ha supuesto una sobrecarga de valor unidad puesto que en las condiciones de trabajo no se indica ningún tipo de sobrecarga.

De donde:

$$T_2^2 (T_2 + A) = B \quad T_{20}^2 (T_{20} - 0,599) = 50,9342$$

resolviendo la ecuación tenemos que:

$$T_{20} = 3,52 \text{ daN} / \text{mm}^2$$

por lo que la fuerza en estas condiciones es de:

$$F_{20} = T_{20} \cdot S = 3,52 \cdot 181,6 = 639,26 \text{ daN}$$

$$639,26 < 6390 \cdot 0,15 = 958,5 \text{ daN}$$

Por tanto nuestro conductor es válido para nuestro cantón más desfavorable (cantón 1)

c) Cumpliendo las condiciones anteriores se contempla una tercera, que consiste en ajustar los tenses máximos a valores inferiores y próximos a los esfuerzos nominales de apoyos normalizados.

Al establecer la condición a) se puede prescindir de la consideración de la 4ª hipótesis en el cálculo de los apoyos de alineación y de ángulo, siempre que en ningún caso las líneas que se proyecten tengan apoyos de anclaje distanciados a más de 3 km (ITC-LAT 07 apartado 3.5.3). En nuestro caso no existe una separación mayor de 126 metros, por tanto, será válida esta tercera hipótesis.

Atendiendo a las condiciones anteriores se establece para las tres zonas reglamentarias, (A, B y C) una tracción mecánica del conductor a 15° C, sin sobrecarga de **958.5 daN** (valor equivalente al 15 % de la carga de rotura).

A efectos de tracción máxima se establece el valor máximo de **1100 daN** en zona A

1.2.3 Tablas de Tendido

En este apartado se obtendrán las tablas de tendido, correspondientes a estados de tendidos diferentes, las cuales nos han permitido elegir en cada caso el tense más adecuado.

Las que corresponden a la tracción máxima, tratan de aprovechar al máximo las características de resistencia mecánica en los conductores, teniendo en cuenta las tres condiciones indicadas en el apartado anterior.

Como se trata de una línea de 3ª categoría, la velocidad de viento es de 120Km/h y la temperatura para la hipótesis de flecha máxima es de 50°C. Los datos del conductor los obtenemos del proyecto tipo Iberdrola.

Tabla de tendido cantón 1

Tensión tendido Cantón 1

TOTAL –Tensión tendido (daN)	2,59 (daN)
-------------------------------------	-------------------

Fuerza a 50° Cantón 1

TOTAL –Fuerza 50° (daN)	470 (daN)
--------------------------------	------------------

Flecha máxima Cantón 1

TOTAL –Flecha máxima (m)	2,33 (m)
---------------------------------	-----------------

Utilizando de nuevo la formulación del apartado anterior y sabiendo que su flecha máxima estará en 50°C:

$$T_2^2 (T_2 + A) = B$$

Siendo T_2 la tensión de trabajo que necesitamos obtener. Utilizamos las siguientes ecuaciones para resolver este apartado:

$$A = - T_1 + E \alpha (\theta_2 - \theta_1) + \frac{E a_R^2}{24} \frac{m_1^2 w^2}{T_1^2}$$

$$B = \frac{E a_R^2}{24} m_2^2 w^2$$

Siendo:

T_1 : Tensión máxima de rotura, daN/mm²

E: Modulo de elasticidad, daN/mm²

m_1 : Coeficiente de sobrecarga en las condiciones de la hipótesis 1

m_2 : Coeficiente de sobrecarga en las condiciones de la hipótesis 2

α : Coeficiente de dilatación lineal

E: Módulo de elasticidad en kg/mm^2

a_R : Vano regulador

w: Peso propio del conductor por unidad de longitud

θ_1 : Temperatura en las condiciones de la hipótesis 1

θ_2 : Temperatura en las condiciones de la hipótesis 2

Falta por determinar el coeficiente de sobrecarga en las condiciones iniciales, por tanto con sobrecarga de hielo en zona A, es decir:

$$m_1 = m_{50} = \frac{p + 0,18 \sqrt{d}}{p} = \frac{0,663 + 0,18 \sqrt{17,5}}{0,663} = 1,656$$

el peso propio del conductor por unidad de longitud es de:

$$w = \frac{p}{S} = \frac{0,663}{181,6} = 0,00365 \text{ daN} / \text{m mm}^2$$

estamos ya en disposición de calcular los términos que intervienen en la ECC:

$$A = -T_1 + E \alpha (\theta_2 - \theta_1) + \frac{E a_R^2}{24} \frac{m_1^2 w^2}{T_1^2} =$$
$$= -11,729 + 8000 \cdot 17 \cdot 10^{-6} [50 - (-5)] + \frac{8000 \cdot 114,9^2}{24} \frac{2,1357^2 \cdot 0,00365^2}{11,729^2} = 6,16$$

$$B = \frac{E a_R^2}{24} m_2^2 w^2 = \frac{8000 \cdot 114,9^2}{24} 1^2 \cdot 0,00365^2 = 58,6474$$

en la ecuación anterior se ha supuesto una sobrecarga de valor unidad puesto que en las condiciones de trabajo no se indica ningún tipo de sobrecarga.

De donde:

$$T_2^2 (T_2 + A) = B \quad T_{50}^2 (T_{50} - 6,16) = 58,6474$$

resolviendo la ecuación tenemos que:

$$T_{50} = 2,59 \text{ daN} / \text{mm}^2$$

por lo que la fuerza en estas condiciones es de:

$$F_{50} = T_{50} \cdot S = 2,59 \cdot 181,6 = 470 \text{ daN}$$

La flecha en estas condiciones está determinada por la ecuación:

$$f_{50} = \frac{1}{8} \frac{a^2 w m_2}{T_{50}} = \frac{1}{8} \frac{114,9^2 \cdot 0,00365 \cdot 1}{2,59} = 2,33 \text{ m}$$

Tabla de tendido cantón 2

Tensión tendido Cantón 2

TOTAL –Tensión tendido (daN) 2,51 (daN)

Fuerza a 50° Cantón 2

TOTAL –Fuerza 50° (daN) 456 (daN)

Flecha máxima Cantón 2

TOTAL – Flecha máxima (m) 2,09 (m)

Utilizando de nuevo la formulación del apartado anterior y sabiendo que su flecha máxima estará en 50°C:

$$T_2^2 (T_2 + A) = B$$

Siendo T₂ la tensión de trabajo que necesitamos obtener. Utilizamos las siguientes ecuaciones para resolver este apartado:

$$A = - T_1 + E \alpha (\theta_2 - \theta_1) + \frac{E a_R^2}{24} \frac{m_1^2 w^2}{T_1^2}$$

$$B = \frac{E a_R^2}{24} m_2^2 w^2$$

Siendo:

T₁: Tensión máxima de rotura, daN/mm²

E: Modulo de elasticidad, daN/mm²

m₁: Coeficiente de sobrecarga en las condiciones de la hipótesis 1

m₂: Coeficiente de sobrecarga en las condiciones de la hipótesis 2

α: Coeficiente de dilatación lineal

E: Módulo de elasticidad en kg/mm²

a_R: Vano regulador

w: Peso propio del conductor por unidad de longitud

θ_1 : Temperatura en las condiciones de la hipótesis 1

θ_2 : Temperatura en las condiciones de la hipótesis 2

Falta por determinar el coeficiente de sobrecarga en las condiciones iniciales, por tanto con sobrecarga de hielo en zona A, es decir:

$$m_1 = m_{-15+H} = \frac{p + 0,18 \sqrt{d}}{p} = \frac{0,663 + 0,18 \sqrt{17,5}}{0,663} = 2,1357$$

el peso propio del conductor por unidad de longitud es de:

$$w = \frac{p}{S} = \frac{0,663}{181,6} = 0,00365 \text{ daN} / \text{m mm}^2$$

estamos ya en disposición de calcular los términos que intervienen en la ECC:

$$\begin{aligned} A &= -T_1 + E \alpha (\theta_2 - \theta_1) + \frac{E a_R^2}{24} \frac{m_1^2 w^2}{T_1^2} = \\ &= -11,729 + 8000 \cdot 17 \cdot 10^{-6} [50 - (-5)] + \frac{8000 \cdot 107,07^2}{24} \frac{2,1357^2 \cdot 0,00365^2}{11,729^2} = 5,5828 \end{aligned}$$

$$B = \frac{E a_R^2}{24} m_2^2 w^2 = \frac{8000 \cdot 107,07^2}{24} 1^2 \cdot 0,00365^2 = 50,9265$$

en la ecuación anterior se ha supuesto una sobrecarga de valor unidad puesto que en las condiciones de trabajo no se indica ningún tipo de sobrecarga.

De donde:

$$T_2^2 (T_2 + A) = B \quad T_{50}^2 (T_{50} - 5,5828) = 50,9265$$

resolviendo la ecuación tenemos que:

$$T_{50} = 2,51 \text{ daN} / \text{mm}^2$$

por lo que la fuerza en estas condiciones es de:

$$F_{50} = T_{50} \cdot S = 2,51 \cdot 181,6 = 456 \text{ daN}$$

La flecha en estas condiciones está determinada por la ecuación:

$$f_{50} = \frac{1}{8} \frac{a^2 w m_2}{T_{50}} = \frac{1}{8} \frac{107,07^2 \cdot 0,00365 \cdot 1}{2,51} = 2,09 \text{ m}$$

Para facilitar cualquier imprevisto, se ha decidido elaborar esta tabla de tendido global con los valores próximos a los vanos reguladores:

Vano Reg.	Fuerza Máxima		Flechas Máximas				Parametro		Cadenas -5° + V/2	TEMPERATURA																
	- 5° + Viento		15° + V		50°		Catenaria			-5°		0°		5°		10°		15°		EDS %	20°		25°		30°	
	F	CS	F	f	F	f	Max	Min		F	f	F	f	F	f	F	f	F	f		F	f	F	f	F	f
50	1100	5,81	753	0,46	294	0,70	888	3,059	1038	1014	0,20	902	0,23	796	0,26	698	0,30	611	0,34	9,55	535	0,39	472	0,44	420	0,49
60	1100	5,81	788	0,63	332	0,90	1,000	2,963	1016	982	0,30	878	0,34	781	0,38	694	0,43	617	0,48	9,66	551	0,54	496	0,60	450	0,66
70	1100	5,81	820	0,82	364	1,11	1,099	2,864	994	949	0,43	854	0,48	767	0,53	690	0,59	623	0,65	9,75	566	0,72	517	0,79	476	0,85
80	1100	5,81	847	1,04	393	1,35	1,186	2,766	973	917	0,58	831	0,64	755	0,70	687	0,77	628	0,84	9,83	578	0,92	534	0,99	497	1,07
90	1100	5,81	872	1,27	419	1,60	1,263	2,673	953	886	0,76	810	0,83	743	0,90	684	0,98	633	1,06	9,90	588	1,14	550	1,22	516	1,30
100	1100	5,81	894	1,54	441	1,88	1,331	2,589	934	858	0,97	792	1,05	733	1,13	682	1,22	637	1,30	9,96	597	1,39	562	1,47	532	1,56
110	1100	5,81	913	1,82	461	2,17	1,392	2,515	918	834	1,20	776	1,29	725	1,38	680	1,48	640	1,57	10,01	605	1,66	574	1,75	546	1,84
120	1100	5,81	930	2,13	479	2,49	1,445	2,451	904	812	1,47	762	1,57	718	1,66	678	1,76	643	1,86	10,06	611	1,95	583	2,05	558	2,14
130	1100	5,81	945	2,45	495	2,83	1,493	2,396	892	794	1,76	750	1,87	711	1,97	676	2,07	645	2,17	10,09	617	2,27	591	2,37	568	2,46
140	1100	5,81	958	2,81	509	3,19	1,535	2,349	882	779	2,09	740	2,19	706	2,30	675	2,41	647	2,51	10,13	622	2,61	598	2,71	577	2,81
150	1100	5,81	970	3,18	522	3,57	1,573	2,309	872	765	2,44	732	2,55	701	2,66	674	2,77	649	2,87	10,15	626	2,98	605	3,08	585	3,19
175	1100	5,81	995	4,23	548	4,63	1,652	2,233	855	740	3,43	716	3,55	693	3,66	672	3,78	652	3,89	10,21	634	4,00	617	4,11	601	4,22
200	1100	5,81	1013	5,42	568	5,84	1,713	2,182	842	723	4,58	704	4,71	687	4,83	670	4,95	655	5,06	10,24	640	5,18	626	5,29	613	5,41
225	1100	5,81	1028	6,76	583	7,19	1,760	2,145	833	711	5,90	696	6,02	682	6,15	669	6,27	656	6,39	10,27	644	6,51	633	6,63	622	6,74

Tabla 18: Tabla de tendido global

1.2.4 Tabla de Regulación

En este apartado del proyecto se desarrollará un estudio más minucioso de los cantones en todo el trazado de la línea.

Una vez han sido obtenidos los resultados de las Tablas de tensiones, queda delimitar según el proyecto tipo 2.21.75 los cambios de tensión y las flechas a diferentes temperaturas. Este aspecto será la principal característica de este apartado, en el cual también se incluyen los coeficientes de seguridad EDS.

Las diferentes hipótesis que serán estudiadas son de temperatura, viento, viento mitad, fuerza de viento y a -5°C.

Tablas de regulación Cantón 1

Primero se obtendrá T_1 , el cual será común para todas las hipótesis, a partir del del coeficiente de seguridad de **5,81** delimitado por la ITC-LAT 07:

$$T_1 = \frac{C_R}{C_S \cdot S} = \frac{6390}{5,81 \cdot 181,6} = 6,056 \text{ daN} / \text{mm}^2$$

Hipótesis 50°C

Tensión tendido Cantón 1 – Hipótesis 50°

TOTAL –Tensión tendido (daN) 2,59 (daN)

Fuerza a 50° Cantón 1

TOTAL –Fuerza 50° (daN) 470 (daN)

Flecha máxima Cantón 1 – Hipótesis 50°

TOTAL – Flecha máxima (m) 2,33 (m)

Utilizando de nuevo la formulación del apartado anterior:

$$T_2^2 (T_2 + A) = B$$

Siendo T_2 la tensión de trabajo que necesitamos obtener. Utilizamos las siguientes ecuaciones para resolver este apartado:

$$A = -T_1 + E \alpha (\theta_2 - \theta_1) + \frac{E a_R^2}{24} \frac{m_1^2 w^2}{T_1^2}$$

$$B = \frac{E a_R^2}{24} m_2^2 w^2$$

Siendo:

T_1 : Tensión máxima de rotura, daN/mm²

E: Modulo de elasticidad, daN/mm²

m_1 : Coeficiente de sobrecarga en las condiciones de la hipótesis 1

m_2 : Coeficiente de sobrecarga en las condiciones de la hipótesis 2

α : Coeficiente de dilatación lineal

E: Módulo de elasticidad en kg/mm²

a_R : Vano regulador

w: Peso propio del conductor por unidad de longitud

θ_1 : Temperatura en las condiciones de la hipótesis 1

θ_2 : Temperatura en las condiciones de la hipótesis 2

Falta por determinar el coeficiente de sobrecarga en las condiciones iniciales, por tanto con sobrecarga de hielo en zona A, es decir:

$$m_1 = \frac{\sqrt{p^2 + (q d)^2}}{p} = \frac{\sqrt{0,663^2 + (50 \cdot 0,0175)^2}}{0,663} = 1,656$$

El peso propio del conductor por unidad de longitud es de:

$$w = \frac{p}{S} = \frac{0,663}{181,6} = 0,00365 \text{ daN} / \text{m mm}^2$$

Estamos ya en disposición de calcular los términos que intervienen en la ECC:

$$\begin{aligned} A &= -T_1 + E \alpha (\theta_2 - \theta_1) + \frac{E a_R^2}{24} \frac{m_1^2 w^2}{T_1^2} = \\ &= -6,056 + 8000 \cdot 17 \cdot 10^{-6} [50 - (-5)] + \frac{8000 \cdot 114,9^2}{24} \frac{1,656^2 \cdot 0,00365^2}{6,056^2} = 6,16 \end{aligned}$$

$$B = \frac{E a_R^2}{24} m_2^2 w^2 = \frac{8000 \cdot 114,9^2}{24} 1^2 \cdot 0,00365^2 = 58,6474$$

En la ecuación anterior se ha supuesto una sobrecarga de valor unidad puesto que en las condiciones de trabajo no se indica ningún tipo de sobrecarga.

De donde:

$$T_2^2 (T_2 + A) = B \quad T_{50}^2 (T_{50} - 6,16) = 58,6474$$

resolviendo la ecuación tenemos que:

$$T_{50} = 2,59 \text{ daN/mm}^2$$

por lo que la fuerza en estas condiciones es de:

$$F_{50} = T_{50} \cdot S = 2,59 \cdot 181,6 = 470 \text{ daN}$$

La flecha en estas condiciones está determinada por la ecuación:

$$f_{50} = \frac{1}{8} \frac{a^2 w m_2}{T_{50}} = \frac{1}{8} \frac{114,9^2 \cdot 0,00365 \cdot 1}{2,59} = 2,33 \text{ m}$$

Hipótesis 15+V

Tensión tendido Cantón 1 – Hipótesis 15°+V

TOTAL –Tensión tendido (daN)	5,07 (daN)
-------------------------------------	-------------------

Fuerza a 15°+V Cantón 1

TOTAL –Fuerza 15°+V (daN)	921 (daN)
----------------------------------	------------------

Flecha máxima Cantón 1 – Hipótesis 15°+V

TOTAL – Flecha máxima (m)	1,97 (m)
----------------------------------	-----------------

Utilizando de nuevo la formulación del apartado anterior:

$$T_2^2 (T_2 + A) = B$$

Siendo T_2 la tensión de trabajo que necesitamos obtener. Utilizamos las siguientes ecuaciones para resolver este apartado:

$$A = -T_1 + E \alpha (\theta_2 - \theta_1) + \frac{E a_R^2}{24} \frac{m_1^2 w^2}{T_1^2}$$

$$B = \frac{E a_R^2}{24} m_2^2 w^2$$

Siendo:

T_1 : Tensión máxima de rotura, daN/mm²

E: Modulo de elasticidad, daN/mm²

m_1 : Coeficiente de sobrecarga en las condiciones de la hipótesis 1

m_2 : Coeficiente de sobrecarga en las condiciones de la hipótesis 2

α : Coeficiente de dilatación lineal

E: Módulo de elasticidad en kg/mm²

a_R : Vano regulador

w: Peso propio del conductor por unidad de longitud

θ_1 : Temperatura en las condiciones de la hipótesis 1

θ_2 : Temperatura en las condiciones de la hipótesis 2

Falta por determinar el coeficiente de sobrecarga en las condiciones iniciales, por tanto con sobrecarga de hielo en zona A, es decir:

$$m_1 = \frac{\sqrt{p^2 + (q d)^2}}{p} = \frac{\sqrt{0,663^2 + (50 \cdot 0,0175)^2}}{0,663} = 1,656$$

el peso propio del conductor por unidad de longitud es de:

$$w = \frac{p}{S} = \frac{0,663}{181,6} = 0,00365 \text{ daN} / m \text{ mm}^2$$

estamos ya en disposición de calcular los términos que intervienen en la ECC:

$$\begin{aligned} A &= -T_1 + E \alpha (\theta_2 - \theta_1) + \frac{E a_R^2}{24} \frac{m_1^2 w^2}{T_1^2} = \\ &= -6,056 + 8000 \cdot 17 \cdot 10^{-6} [15 - (-5)] + \frac{8000 \cdot 114,9^2}{24} \frac{1,656^2 \cdot 0,00365^2}{6,056^2} = 1,176 \end{aligned}$$

$$B = \frac{E a_R^2}{24} m_2^2 w^2 = \frac{8000 \cdot 114,9^2}{24} 1^2 \cdot 0,00365^2 = 160,82$$

en la ecuación anterior se ha supuesto una sobrecarga de valor unidad puesto que en las condiciones de trabajo no se indica ningún tipo de sobrecarga.

De donde:

$$T_2^2 (T_2 + A) = B \quad T_{15+V} (T_{15+V} - 1,176) = 160,82$$

resolviendo la ecuación tenemos que:

$$T_{15+V} = 5,07 \text{ daN/mm}^2$$

por lo que la fuerza en estas condiciones es de:

$$F_{15+V} = T_{15+V} \cdot S = 5,07 \cdot 181,6 = 921 \text{ daN}$$

La flecha en estas condiciones está determinada por la ecuación:

$$f_{15+V} = \frac{1}{8} \frac{a^2 w m_2}{T_{15+V}} = \frac{1}{8} \frac{114,9^2 \cdot 0,00365 \cdot 1}{5,07} = 1,97 \text{ m}$$

Hipótesis 0+H

Tensión tendido Cantón 1 – Hipótesis 0°+H

TOTAL –Tensión tendido (daN)	0,96 (daN)
-------------------------------------	-------------------

Fuerza a 0°+H Cantón 1

TOTAL –Fuerza 0°+H (daN)	174 (daN)
---------------------------------	------------------

Flecha máxima Cantón 1 – Hipótesis 0°+H

TOTAL – Flecha máxima (m)	0 (m)
----------------------------------	--------------

En este apartado y tal como muestra en el proyecto tipo 2.21.75 (Iberdrola), el valor de $m_2=0$, por tanto y utilizando de nuevo la formulación del apartado anterior:

$$T_2^2 (T_2 + A) = B$$

Siendo T_2 la tensión de trabajo que necesitamos obtener. Utilizamos las siguientes ecuaciones para resolver este apartado:

$$A = -T_1 + E \alpha (\theta_2 - \theta_1) + \frac{E a_R^2}{24} \frac{m_1^2 w^2}{T_1^2}$$

$$B = \frac{E a_R^2}{24} m_2^2 w^2$$

Siendo:

T_1 : Tensión máxima de rotura, daN/mm²

E: Modulo de elasticidad, daN/mm²

m_1 : Coeficiente de sobrecarga en las condiciones de la hipótesis 1

m_2 : Coeficiente de sobrecarga en las condiciones de la hipótesis 2

α : Coeficiente de dilatación lineal

E: Módulo de elasticidad en kg/mm²

a_R : Vano regulador

w: Peso propio del conductor por unidad de longitud

θ_1 : Temperatura en las condiciones de la hipótesis 1

θ_2 : Temperatura en las condiciones de la hipótesis 2

Falta por determinar el coeficiente de sobrecarga en las condiciones iniciales, por tanto con sobrecarga de hielo en zona A, es decir:

$$m_1 = \frac{\sqrt{p^2 + (q d)^2}}{p} = \frac{\sqrt{0,663^2 + (50 \cdot 0,0175)^2}}{0,663} = 1,656$$

el peso propio del conductor por unidad de longitud es de:

$$w = \frac{p}{S} = \frac{0,663}{181,6} = 0,00365 \text{ daN} / \text{m mm}^2$$

estamos ya en disposición de calcular los términos que intervienen en la ECC:

$$\begin{aligned} A &= -T_1 + E \alpha (\theta_2 - \theta_1) + \frac{E a_R^2}{24} \frac{m_1^2 w^2}{T_1^2} = \\ &= -6,056 + 8000 \cdot 17 \cdot 10^{-6} [0 - (-5)] + \frac{8000 \cdot 114,9^2}{24} \frac{1,656^2 \cdot 0,00365^2}{6,056^2} = -0,96 \end{aligned}$$

$$B = \frac{E a_R^2}{24} m_2^2 w^2 = \frac{8000 \cdot 114,9^2}{24} 0^2 \cdot 0,00365^2 = 0$$

en la ecuación anterior se ha supuesto una sobrecarga de valor unidad puesto que en las condiciones de trabajo no se indica ningún tipo de sobrecarga.

De donde:

$$T_2^2 (T_2 + A) = B \quad T_{0+H}^2 (T_{0+H} - (-0,96)) = 0$$

resolviendo la ecuación tenemos que:

$$T_{0+H} = 0,96 \text{ daN} / \text{mm}^2$$

por lo que la fuerza en estas condiciones es de:

$$F_{0+H} = T_{0+H} \cdot S = 0,96 \cdot 181,6 = 174 \text{ daN}$$

La flecha en estas condiciones está determinada por la ecuación:

$$f_{0+H} = \frac{1}{8} \frac{a^2 w m_2}{T_{0+H}} = \frac{1}{8} \frac{114,9^2 \cdot 0,00365 \cdot 0}{0,96} = 0 \text{ m}$$

Hipótesis Viento mitad (V/2)

Tensión tendido Cantón 1 – Hipótesis (V/2)

TOTAL –Tensión tendido (daN)	5,02 (daN)
-------------------------------------	-------------------

Fuerza a (V/2) Cantón 1

TOTAL –Fuerza (V/2) (daN)	911 (daN)
----------------------------------	------------------

Flecha máxima Cantón 1 – Hipótesis (V/2)

TOTAL – Flecha máxima (m)	1,44 (m)
----------------------------------	-----------------

En este apartado y tal como muestra en el proyecto tipo 2.21.75 (Iberdrola), el valor de $m_2=0$, por tanto y utilizando de nuevo la formulación del apartado anterior:

$$T_2^2 (T_2 + A) = B$$

Siendo T_2 la tensión de trabajo que necesitamos obtener. Utilizamos las siguientes ecuaciones para resolver este apartado:

$$A = -T_1 + E \alpha (\theta_2 - \theta_1) + \frac{E a_R^2}{24} \frac{m_1^2 w^2}{T_1^2}$$

$$B = \frac{E a_R^2}{24} m_2^2 w^2$$

Siendo:

T_1 : Tensión máxima de rotura, daN/mm²

E: Modulo de elasticidad, daN/mm²

m_1 : Coeficiente de sobrecarga en las condiciones de la hipótesis 1

m_2 : Coeficiente de sobrecarga en las condiciones de la hipótesis 2

α : Coeficiente de dilatación lineal

E: Módulo de elasticidad en kg/mm²

a_R : Vano regulador

w : Peso propio del conductor por unidad de longitud

θ_1 : Temperatura en las condiciones de la hipótesis 1

θ_2 : Temperatura en las condiciones de la hipótesis 2

Falta por determinar el coeficiente de sobrecarga en las condiciones iniciales, por tanto con sobrecarga de hielo en zona A, es decir:

$$m_1 = \frac{\sqrt{p^2 + (q d)^2}}{p} = \frac{\sqrt{0,663^2 + (50 \cdot 0,0175)^2}}{0,663} = 1,656$$

$$m_2 = m_{V/2} = \frac{\sqrt{p^2 + \left(\frac{q_{120}}{2} d\right)^2}}{p} = \frac{\sqrt{0,663^2 + \left(\frac{50}{2} \cdot 0,0175\right)^2}}{0,663} = 1,198$$

el peso propio del conductor por unidad de longitud es de:

$$w = \frac{p}{S} = \frac{0,663}{181,6} = 0,00365 \text{ daN} / \text{m mm}^2$$

estamos ya en disposición de calcular los términos que intervienen en la ECC:

$$A = -T_1 + E \alpha (\theta_2 - \theta_1) + \frac{E a_R^2}{24} \frac{m_1^2 w^2}{T_1^2} =$$
$$= -6,056 + 8000 \cdot 17 \cdot 10^{-6} [(-5) - (-5)] + \frac{8000 \cdot 114,9^2}{24} \frac{1,656^2 \cdot 0,00365^2}{6,056^2} = -1,67$$

$$B = \frac{E a_R^2}{24} m_2^2 w^2 = \frac{8000 \cdot 114,9^2}{24} 1,198^2 \cdot 0,00365^2 = 84,198$$

en la ecuación anterior se ha supuesto una sobrecarga de valor unidad puesto que en las condiciones de trabajo no se indica ningún tipo de sobrecarga.

De donde:

$$T_2^2 (T_2 + A) = B \quad T_{V/2}^2 (T_{V/2} - (-1,67)) = 84,198$$

resolviendo la ecuación tenemos que:

$$T_{V/2} = 5,02 \text{ daN} / \text{mm}^2$$

por lo que la fuerza en estas condiciones es de:

$$F_{V/2} = T_{V/2} \cdot S = 5,02 \cdot 181,6 = 911 \text{ daN}$$

La flecha en estas condiciones está determinada por la ecuación:

$$f_{V/2} = \frac{1}{8} \frac{a^2 w m_2}{T_{V/2}} = \frac{1}{8} \frac{114,9^2 \cdot 0,00365 \cdot 1,198}{0,96} = 1,44 \text{ m}$$

Tabla regulación Cantón 1

TABLA DE REGULACIÓN																	
CANTÓN N° 1																	
LINEAS DE 1º, 2º Y 3º CATEGORÍA																	
ZONA A																	
ALTITUD de 0 a 500 metros																	
TIPO DE TENSE																	
LÍMITE ESTÁTICO-DINÁMICO																	
VELOCIDAD DEL VIENTO (km/h) 120																	
CONDUCTOR:		147-AL1/34-ST1A															
Diámetro mm =		17,5															
F = Fuerza en daN																	
f = Flecha en m																	
CS = Coeficiente de seguridad																	
		Peso Propio daN/m = 0,6630															
		Peso Sobre. Viento daN/m = 1,0978															
		Peso Sobre. V/2 daN/m = 0,7943															
		Carga de Rotura daN = 6390															
		Tensión Maxima daN = 2130															

Vano Reg.	Fuerza Máxima		Flechas Maximas				Parametro Catenaria		Cadenas		TEMPERATURA																			
	- 5º + Viento		15º + V		50º		-5º + V/2		-5º + V/2		-5º		0º		5º		10º		15º		EDS		20º		25º		30º			
	F	CS	F	f	F	f	Max	Min	F	F	f	F	f	F	f	F	f	F	f	%	F	f	F	f	F	f	F	f		
115	1100	5,81	921	1,97	470	2,33	1.418	2.482	911	823	1,33	769	1,42	721	1,52	679	1,61	641	1,71	10,03	608	1,80	578	1,89	552	1,98				

TABLA DE REGULACIÓN

Nº	Vano (m)	Desnivel (m)	Distancia Apoyos	TEMPERATURAS																								
				-5º		0º		5º		10º		15º		20º		25º		30º										
				F	f	F	f	F	f	F	f	F	f	F	f	F	f	F	f	F	f	F	f	F	f			
1	119	8	119,56	823	1,44	769	1,54	721	1,64	679	1,74	641	1,84	608	1,95	578	2,05	552	2,14									
2	115	7	115,35	823	1,34	769	1,43	721	1,53	679	1,62	641	1,72	608	1,81	578	1,90	552	1,99									
3	127	6	126,66	823	1,61	769	1,73	721	1,84	679	1,96	641	2,07	608	2,19	578	2,30	552	2,41									
4	88	3	87,61	823	0,77	769	0,83	721	0,88	679	0,94	641	0,99	608	1,05	578	1,10	552	1,15									

Tabla 19: Tabla regulación Cantón 1

Tablas de regulación Cantón 2

Primero se obtendrá T_1 , el cual será común para todas las hipótesis, a partir del del coeficiente de seguridad de **5,81** delimitado por la ITC-LAT 07:

$$T_1 = \frac{C_R}{C_S \cdot S} = \frac{6390}{5,81 \cdot 181,6} = 6,056 \text{ daN} / \text{mm}^2$$

Hipótesis 50°C

Tensión tendido Cantón 2 – Hipótesis 50°

TOTAL –Tensión tendido (daN) 2,51 (daN)

Fuerza a 50° Cantón 2

TOTAL –Fuerza 50° (daN) 456 (daN)

Flecha máxima Cantón 2 – Hipótesis 50°

TOTAL – Flecha máxima (m) 2,09 (m)

Utilizando de nuevo la formulación del apartado anterior:

$$T_2^2 (T_2 + A) = B$$

Siendo T_2 la tensión de trabajo que necesitamos obtener. Utilizamos las siguientes ecuaciones para resolver este apartado:

$$A = -T_1 + E \alpha (\theta_2 - \theta_1) + \frac{E a_R^2}{24} \frac{m_1^2 w^2}{T_1^2}$$

$$B = \frac{E a_R^2}{24} m_2^2 w^2$$

Siendo:

T_1 : Tensión máxima de rotura, daN/mm²

E: Modulo de elasticidad, daN/mm²

m_1 : Coeficiente de sobrecarga en las condiciones de la hipótesis 1

m_2 : Coeficiente de sobrecarga en las condiciones de la hipótesis 2

α : Coeficiente de dilatación lineal

E: Módulo de elasticidad en kg/mm²

a_R : Vano regulador

w: Peso propio del conductor por unidad de longitud

θ_1 : Temperatura en las condiciones de la hipótesis 1

θ_2 : Temperatura en las condiciones de la hipótesis 2

Falta por determinar el coeficiente de sobrecarga en las condiciones iniciales, por tanto con sobrecarga de hielo en zona A, es decir:

$$m_1 = \frac{\sqrt{p^2 + (q d)^2}}{p} = \frac{\sqrt{0,663^2 + (50 \cdot 0,0175)^2}}{0,663} = 1,656$$

el peso propio del conductor por unidad de longitud es de:

$$w = \frac{p}{S} = \frac{0,663}{181,6} = 0,00365 \text{ daN} / \text{m mm}^2$$

estamos ya en disposición de calcular los términos que intervienen en la ECC:

$$\begin{aligned} A &= -T_1 + E \alpha (\theta_2 - \theta_1) + \frac{E a_R^2}{24} \frac{m_1^2 w^2}{T_1^2} = \\ &= -6,056 + 8000 \cdot 17 \cdot 10^{-6} [50 - (-5)] + \frac{8000 \cdot 107,07^2}{24} \frac{1,656^2 \cdot 0,00365^2}{6,056^2} = 5,58 \end{aligned}$$

$$B = \frac{E a_R^2}{24} m_2^2 w^2 = \frac{8000 \cdot 107,07^2}{24} 1^2 \cdot 0,00365^2 = 50,934$$

en la ecuación anterior se ha supuesto una sobrecarga de valor unidad puesto que en las condiciones de trabajo no se indica ningún tipo de sobrecarga.

De donde:

$$T_2^2 (T_2 + A) = B \quad T_{50}^2 (T_{50} - 5,58) = 50,934$$

resolviendo la ecuación tenemos que:

$$T_{50} = 2,51 \text{ daN/mm}^2$$

por lo que la fuerza en estas condiciones es de:

$$F_{50} = T_{50} \cdot S = 2,51 \cdot 181,6 = 456 \text{ daN}$$

La flecha en estas condiciones está determinada por la ecuación:

$$f_{50} = \frac{1}{8} \frac{a^2 w m_2}{T_{50}} = \frac{1}{8} \frac{107,07^2 \cdot 0,00365 \cdot 1}{2,51} = 2,09 \text{ m}$$

Hipótesis 15+V

Tensión tendido Cantón 2 – Hipótesis 15°+V

TOTAL –Tensión tendido (daN)	5,00 (daN)
-------------------------------------	-------------------

Fuerza a 15°+V Cantón 2

TOTAL –Fuerza 15°+V (daN)	907 (daN)
----------------------------------	------------------

Flecha máxima Cantón 2 – Hipótesis 15°+V

TOTAL – Flecha máxima (m)	1,73 (m)
----------------------------------	-----------------

Utilizando de nuevo la formulación del apartado anterior:

$$T_2^2 (T_2 + A) = B$$

Siendo T_2 la tensión de trabajo que necesitamos obtener. Utilizamos las siguientes ecuaciones para resolver este apartado:

$$A = -T_1 + E \alpha (\theta_2 - \theta_1) + \frac{E a_R^2}{24} \frac{m_1^2 w^2}{T_1^2}$$

$$B = \frac{E a_R^2}{24} m_2^2 w^2$$

Siendo:

T_1 : Tensión máxima de rotura, daN/mm²

E: Modulo de elasticidad, daN/mm²

m_1 : Coeficiente de sobrecarga en las condiciones de la hipótesis 1

m_2 : Coeficiente de sobrecarga en las condiciones de la hipótesis 2

α : Coeficiente de dilatación lineal

E: Módulo de elasticidad en kg/mm²

a_R : Vano regulador

w: Peso propio del conductor por unidad de longitud

θ_1 : Temperatura en las condiciones de la hipótesis 1

θ_2 : Temperatura en las condiciones de la hipótesis 2

Falta por determinar el coeficiente de sobrecarga en las condiciones iniciales, por tanto con sobrecarga de hielo en zona A, es decir:

$$m_1 = \frac{\sqrt{p^2 + (q d)^2}}{p} = \frac{\sqrt{0,663^2 + (50 \cdot 0,0175)^2}}{0,663} = 1,656$$

el peso propio del conductor por unidad de longitud es de:

$$w = \frac{p}{S} = \frac{0,663}{181,6} = 0,00365 \text{ daN} / m \text{ mm}^2$$

estamos ya en disposición de calcular los términos que intervienen en la ECC:

$$\begin{aligned} A &= -T_1 + E \alpha (\theta_2 - \theta_1) + \frac{E a_R^2}{24} \frac{m_1^2 w^2}{T_1^2} = \\ &= -6,056 + 8000 \cdot 17 \cdot 10^{-6} [15 - (-5)] + \frac{8000 \cdot 107,07^2}{24} \frac{1,656^2 \cdot 0,00365^2}{6,056^2} = 0,599 \end{aligned}$$

$$B = \frac{E a_R^2}{24} m_2^2 w^2 = \frac{8000 \cdot 107,07^2}{24} 1^2 \cdot 0,00365^2 = 139,65$$

en la ecuación anterior se ha supuesto una sobrecarga de valor unidad puesto que en las condiciones de trabajo no se indica ningún tipo de sobrecarga.

De donde:

$$T_2^2 (T_2 + A) = B \quad T_{15+V}^2 (T_{15+V} - 0,599) = 139,65$$

resolviendo la ecuación tenemos que:

$$T_{15+V} = 5 \text{ daN/mm}^2$$

por lo que la fuerza en estas condiciones es de:

$$F_{15+V} = T_{15+V} \cdot S = 5 \cdot 181,6 = 907 \text{ daN}$$

La flecha en estas condiciones está determinada por la ecuación:

$$f_{15+V} = \frac{1}{8} \frac{a^2 w m_2}{T_{15+V}} = \frac{1}{8} \frac{107,07^2 \cdot 0,00365 \cdot 1}{5} = 1,73 \text{ m}$$

Hipótesis 0+H

Tensión tendido Cantón 2 – Hipótesis 0°+H

TOTAL –Tensión tendido (daN)	1,54 (daN)
-------------------------------------	-------------------

Fuerza a 0°+H Cantón 2

TOTAL –Fuerza 0°+H (daN)	279 (daN)
---------------------------------	------------------

Flecha máxima Cantón 2 – Hipótesis 0°+H

TOTAL – Flecha máxima (m)	0 (m)
----------------------------------	--------------

En este apartado y tal como muestra en el proyecto tipo 2.21.75 (Iberdrola), el valor de $m_2=0$, por tanto y utilizando de nuevo la formulación del apartado anterior:

$$T_2^2 (T_2 + A) = B$$

Siendo T_2 la tensión de trabajo que necesitamos obtener. Utilizamos las siguientes ecuaciones para resolver este apartado:

$$A = -T_1 + E \alpha (\theta_2 - \theta_1) + \frac{E a_R^2}{24} \frac{m_1^2 w^2}{T_1^2}$$

$$B = \frac{E a_R^2}{24} m_2^2 w^2$$

Siendo:

T_1 : Tensión máxima de rotura, daN/mm²

E: Modulo de elasticidad, daN/mm²

m_1 : Coeficiente de sobrecarga en las condiciones de la hipótesis 1

m_2 : Coeficiente de sobrecarga en las condiciones de la hipótesis 2

α : Coeficiente de dilatación lineal

E: Módulo de elasticidad en kg/mm^2

a_R : Vano regulador

w: Peso propio del conductor por unidad de longitud

θ_1 : Temperatura en las condiciones de la hipótesis 1

θ_2 : Temperatura en las condiciones de la hipótesis 2

Falta por determinar el coeficiente de sobrecarga en las condiciones iniciales, por tanto con sobrecarga de hielo en zona A, es decir:

$$m_1 = \frac{\sqrt{p^2 + (q d)^2}}{p} = \frac{\sqrt{0,663^2 + (50 \cdot 0,0175)^2}}{0,663} = 1,656$$

el peso propio del conductor por unidad de longitud es de:

$$w = \frac{p}{S} = \frac{0,663}{181,6} = 0,00365 \text{ daN} / \text{m mm}^2$$

estamos ya en disposición de calcular los términos que intervienen en la ECC:

$$A = -T_1 + E \alpha (\theta_2 - \theta_1) + \frac{E a_R^2}{24} \frac{m_1^2 w^2}{T_1^2} =$$
$$= -6,056 + 8000 \cdot 17 \cdot 10^{-6} [0 - (-5)] + \frac{8000 \cdot 107,07^2}{24} \frac{1,656^2 \cdot 0,00365^2}{6,056^2} = -1,537$$

$$B = \frac{E a_R^2}{24} m_2^2 w^2 = \frac{8000 \cdot 107,07^2}{24} 0^2 \cdot 0,00365^2 = 0$$

en la ecuación anterior se ha supuesto una sobrecarga de valor unidad puesto que en las condiciones de trabajo no se indica ningún tipo de sobrecarga.

De donde:

$$T_2^2 (T_2 + A) = B \quad T_{0+H}^2 (T_{0+H} - (-1,537)) = 0$$

resolviendo la ecuación tenemos que:

$$T_{0+H} = 1,54 \text{ daN} / \text{mm}^2$$

por lo que la fuerza en estas condiciones es de:

$$F_{0+H} = T_{0+H} \cdot S = 1,54 \cdot 181,6 = 279 \text{ daN}$$

La flecha en estas condiciones está determinada por la ecuación:

$$f_{0+H} = \frac{1}{8} \frac{a^2 w m_2}{T_{20}} = \frac{1}{8} \frac{107,07^2 \cdot 0,00365 \cdot 0}{1,54} = 0 \text{ m}$$

Hipótesis Viento mitad (V/2)

Tensión tendido Cantón 2 – Hipótesis (V/2)

TOTAL –Tensión tendido (daN) 5,08 (daN)

Fuerza a (V/2) Cantón 2

TOTAL –Fuerza (V/2) (daN) 923 (daN)

Flecha máxima Cantón 2 – Hipótesis (V/2)

TOTAL – Flecha máxima (m) 1,23 (m)

En este apartado y tal como muestra en el proyecto tipo 2.21.75 (Iberdrola), el valor de $m_2=0$, por tanto y utilizando de nuevo la formulación del apartado anterior:

$$T_2^2 (T_2 + A) = B$$

Siendo T_2 la tensión de trabajo que necesitamos obtener. Utilizamos las siguientes ecuaciones para resolver este apartado:

$$A = -T_1 + E \alpha (\theta_2 - \theta_1) + \frac{E a_R^2}{24} \frac{m_1^2 w^2}{T_1^2}$$

$$B = \frac{E a_R^2}{24} m_2^2 w^2$$

Siendo:

T_1 : Tensión máxima de rotura, daN/mm²

E: Modulo de elasticidad, daN/mm²

m_1 : Coeficiente de sobrecarga en las condiciones de la hipótesis 1

m_2 : Coeficiente de sobrecarga en las condiciones de la hipótesis 2

α : Coeficiente de dilatación lineal

E: Módulo de elasticidad en kg/mm²

a_R : Vano regulador

w: Peso propio del conductor por unidad de longitud

θ_1 : Temperatura en las condiciones de la hipótesis 1

θ_2 : Temperatura en las condiciones de la hipótesis 2

Falta por determinar el coeficiente de sobrecarga en las condiciones iniciales, por tanto con sobrecarga de hielo en zona A, es decir:

$$m_1 = \frac{\sqrt{p^2 + (q d)^2}}{p} = \frac{\sqrt{0,663^2 + (50 \cdot 0,0175)^2}}{0,663} = 1,656$$

$$m_2 = m_{v/2} = \frac{\sqrt{p^2 + \left(\frac{q_{120}}{2} d\right)^2}}{p} = \frac{\sqrt{0,663^2 + \left(\frac{50}{2} \cdot 0,0175\right)^2}}{0,663} = 1,198$$

el peso propio del conductor por unidad de longitud es de:

$$w = \frac{p}{S} = \frac{0,663}{181,6} = 0,00365 \text{ daN} / \text{m mm}^2$$

estamos ya en disposición de calcular los términos que intervienen en la ECC:

$$A = -T_1 + E \alpha (\theta_2 - \theta_1) + \frac{E a_R^2}{24} \frac{m_1^2 w^2}{T_1^2} =$$
$$= -6,056 + 8000 \cdot 17 \cdot 10^{-6} [(-5) - (-5)] + \frac{8000 \cdot 107,07^2}{24} \frac{1,656^2 \cdot 0,00365^2}{6,056^2} = -2,25$$

$$B = \frac{E a_R^2}{24} m_2^2 w^2 = \frac{8000 \cdot 114,9^2}{24} 1,198^2 \cdot 0,00365^2 = 73,113$$

en la ecuación anterior se ha supuesto una sobrecarga de valor unidad puesto que en las condiciones de trabajo no se indica ningún tipo de sobrecarga.

De donde:

$$T_2^2 (T_2 + A) = B \quad T_{20}^2 (T_{20} - (-2,25)) = 73,113$$

resolviendo la ecuación tenemos que:

$$T_{20} = 5,08 \text{ daN} / \text{mm}^2$$

por lo que la fuerza en estas condiciones es de:

$$F_{20} = T_{20} \cdot S = 5,08 \cdot 181,6 = 923 \text{ daN}$$

La flecha en estas condiciones está determinada por la ecuación:

$$f_{20} = \frac{1}{8} \frac{a^2 w m_2}{T_{20}} = \frac{1}{8} \frac{107,07^2 \cdot 0,00365 \cdot 1,198}{5,08} = 1,23 \text{ m}$$

Tabla regulación Cantón 2

TABLA DE REGULACIÓN																			
CANTÓN N° 2																			
LINEAS DE 1º, 2º Y 3º CATEGORÍA																			
ZONA A																			
ALTITUD de 0 a 500 metros																			
TIPO DE TENSE																			
LÍMITE ESTÁTICO-DINÁMICO																			
VELOCIDAD DEL VIENTO (km/h)										120									

CONDUCTOR:		147-AL1/34-ST1A																	
Diámetro mm =		17,5																	
F = Fuerza en daN																			
f = Flecha en m																			
CS = Coeficiente de seguridad																			
Peso Propio daN/m =										0,6630									
Peso Sobre. Viento daN/m										1,0978									
Peso Sobre. V/2 daN/m =										0,7943									
Carga de Rotura daN =										6390									
Tensión Maxima daN =										2130									

Vano Reg.	Fuerza Máxima - 5º + Viento		Flechas Máximas 15º + V				Parametro Catenaria		Cadenas -5º + V/2		TEMPERATURA															
	F	CS	F	f	F	f	Max	Min	F	F	f	F	f	F	f	F	f	F	f	EDS	F	f	F	f	F	f
107	1100	5,81	907	1,73	456	2,09	1.374	2.535	923	840	1,13	780	1,22	727	1,31	680	1,40	639	1,49	10,00	602	1,58	570	1,67	542	1,75

TABLA DE REGULACIÓN																			
Nº	Vano (m)	Desnivel (m)	Distancia Apoyos	TEMPERATURAS															
				-5º		0º		5º		10º		15º		20º		25º		30º	
				F	f	F	f	F	f	F	f	F	f	F	f	F	f	F	f
1	103	6	103,53	840	1,06	780	1,14	727	1,22	680	1,30	639	1,39	602	1,47	570	1,56	542	1,64
2	92	2	91,69	840	0,83	780	0,89	727	0,96	680	1,02	639	1,09	602	1,16	570	1,22	542	1,29
3	73	1	73,27	840	0,53	780	0,57	727	0,61	680	0,65	639	0,70	602	0,74	570	0,78	542	0,82
4	123	3	123,03	840	1,49	780	1,61	727	1,73	680	1,84	639	1,96	602	2,08	570	2,20	542	2,32
5	124	1	124,21	840	1,52	780	1,64	727	1,76	680	1,88	639	2,00	602	2,12	570	2,24	542	2,36
6	100	2	100,47	840	1,00	780	1,07	727	1,15	680	1,23	639	1,31	602	1,39	570	1,47	542	1,54

Tabla 20: Tabla regulación Cantón 2

1.2.5 Vano máximo admisible

Siguiendo lo establecido en el proyecto tipo MT 2.21.75 (Iberdrola), además de cumplir con la distancia mínima al terreno los apoyos deben estar situados según la ITC-LAT 07 apartado 5.7 a vez y media la altura del apoyo y en todo caso a 50 m de la línea exterior de la calzada, es por lo que se optapor un vano de 130 que seguro que respeta estas distancias.

Por otro lado el vano máximo admisible deberá ser superior al vano real, y este vano máximo admisible es función de la distancia entre conductores, es decir del tipo de cruceta elegido, siendo en nuestro caso una cruceta modelo RC1-12,5-S.

Es necesario determinar el vano máximo admisible de nuestro cantón para comprobar que este valor es mayor que el mínimo según ITC-LAT 07.

Hay que determinar las flechas máximas admisibles para las tres hipótesis, a partir de la distancia entre conductores, que esta determinada por:

$$D = K \sqrt{F + L} + K' D_{pp} \quad (m)$$

Siendo:

D: Separación entre conductores de fase del mismo circuito o circuitos distintos en metros

K: Coeficiente que depende de las oscilación de los conductores por la acción del viento (Tabla 16 ITC-LAT 07)

F: Flecha máxima en metros para las distintas hipótesis, según el apartado 3.2.3 de la ITC-LAT 07.

L: Longitud de la cadena de aisladores en metros. En el caso de conductores fijados al apoyo por cadenas de amarre y/o anclaje, o aisladores rígidos o cadenas en V; L=0

K': Coeficiente que depende de la tensión nominal de la línea

D_{pp}: Distancia mínima aérea especificada

El valor de la constante K para la hipótesis de viento, en función de la tangente del ángulo de desvío bajo la acción del viento es de:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{q d}{p} = \frac{50 \cdot 0,0175}{0,663} = 1,09 \quad \alpha = 52,85^\circ$$

Coeficiente K en función del ángulo de oscilación

Ángulo de oscilación de los conductores	Líneas de tensión nominal superior a 30 KV	Líneas de tensión nominal igual o inferior a 30 KV
> 65 °	0,7	0,65
40 ° ÷ 65 °	0,65	0,6
< 40 °	0,6	0,55

Tabla 21: Tabla coeficiente K

$$K = 0,65$$

Por otro lado para la hipótesis de temperatura, puesto que no existe ángulo de desvío de los conductores, el valor de la constante K para esta hipótesis será de 0,65.

Por otro lado D_{pp} vale 0,25 según la tabla adjunta, puesto que una línea de 20 kV puede tener una tensión más elevada de 24 kV y K' = 0,75 por no ser línea de categoría especial.

Tabla 15. Distancias de aislamiento eléctrico para evitar descargas

Tensión más elevada de la red U_s (kV)	D_{el} (m)	D_{pp} (m)
3,6	0,08	0,10
7,2	0,09	0,10
12	0,12	0,15
17,5	0,16	0,20
24	0,22	0,25
30	0,27	0,33
36	0,35	0,40
52	0,60	0,70
72,5	0,70	0,80
123	1,00	1,15
145	1,20	1,40
170	1,30	1,50
245	1,70	2,00
420	2,80	3,20

Tabla 22: Distancias aislamiento eléctrico

Distancia entre conductores

$$D = K \sqrt{F + L} + K' D_{pp} = 0,65 \sqrt{2,33 + 0,5} + 0,75 \cdot 0,25 = 1,817 \text{ (m)}$$

Vano máximo admisible Cantón 1

Estamos ya en disposición de determinar el valor de $f_{MAX ADMISIBLE}$:

Hipótesis de Viento

$$f_{MAX ADMISIBLE15^\circ + V} = \left(\frac{D - K' D_{pp}}{K} \right)^2 - L = \left(\frac{1,817 - 0,75 \cdot 0,25}{0,65} \right)^2 - 0,5 = 5,787 \text{ m}$$

Hipótesis de temperatura

$$f_{MAX ADMISIBLE50^\circ} = \left(\frac{D - K' D_{pp}}{K} \right)^2 - L = \left(\frac{1,817 - 0,75 \cdot 0,25}{0,65} \right)^2 - 0,5 = 8,281 \text{ m}$$

Siguiendo lo establecido por la ITC-LAT 07, sabemos que el vano máximo admisible viene definido por:

$$a_{MAX ADMISIBLE} = a_R \sqrt{\frac{f_{MAX ADMISIBLE}}{f_{MAX}}}$$

De donde para la hipótesis de viento:

$$a_{MAX ADMISIBLE 15+V} = a_R \sqrt{\frac{f_{MAX ADMISIBLE 15+V}}{f_{MAX}}} = 114,9 \sqrt{\frac{5,787}{1,97}} = 196,93 \text{ (m)}$$

Para las hipótesis de temperatura:

$$a_{MAX ADMISIBLE 50^\circ} = a_R \sqrt{\frac{f_{MAX ADMISIBLE 50^\circ}}{f_{MAX}}} = 114,9 \sqrt{\frac{8,281}{2,33}} = 216,61 \text{ (m)}$$

El vano máximo admisible será el menor de los dos calculados, es decir el de 196,93m, como el vano máximo admisible es superior al vano de 114,9 metros. Es decir este vano sería admisible y por tanto se puede realizar así la línea.

Tabla Vano máximo admisible Cantón 1

VANO MÁXIMO ADMISIBLE	
CANTÓN N° 1	
APOYOS N° 2,3,4	
Conductor	147-AL1/34-ST1A
Diametro (mm)	17,5
Peso (daN/m)	0,66295
K'	0,75
Dpp	0,25
K (Viento)	0,65
K (Temperatura)	0,55
K (Hielo)	0
f MAX VIENTO =	1,97
f MAX TEMPERATURA =	2,33
f MAX HIELO =	0
Vano regulador	114,9
Longitud cad. Aislador	0,5
Distancia entre conductores (m)	
Horizontal	0,25
Vertical	1,8
Ángulo desvío traza α°	0
Distancia entre conductores	1,817
F MAX ADMISIBLE (Viento) =	5,787
F MAX ADMISIBLE (Temperatura) =	8,281
F MAX ADMISIBLE (Hielo) =	0,000
β° VIENTO =	52,85
β° TEMPERATURA =	0
β° HIELO =	0
VANO MÁX. ADMISIBLE a MAX ADMISIBLE, 15°C+ VIENTO =	196,93
VANO MÁX. ADMISIBLE a MAX ADMISIBLE 0°C =	216,61

$$\text{VANO MÁX. ADMISIBLE a}_{\text{MAX ADMISIBLE } 0^{\circ}\text{C}+\text{HIELO}} = \boxed{\text{NO EXISTE}}$$

$$\text{VANO MÁX. ADMISIBLE a}_{\text{MAX ADMISIBLE}} = \boxed{196,93}$$

Tabla 23: Tabla vano máximo admisible Cantón 1

Vano máximo admisible Cantón 2

Estamos ya en disposición de determinar el valor de $f_{\text{MAX ADMISIBLE}}$:

Hipótesis de Viento

$$f_{\text{MAX ADMISIBLE}15^{\circ}+V} = \left(\frac{D - K' D_{PP}}{K} \right)^2 - L = \left(\frac{1,817 - 0,75 \cdot 0,25}{0,65} \right)^2 - 0 = 6,287 \text{ m}$$

Hipótesis de temperatura

$$f_{\text{MAX ADMISIBLE}50^{\circ}} = \left(\frac{D - K' D_{PP}}{K} \right)^2 - L = \left(\frac{1,817 - 0,75 \cdot 0,25}{0,65} \right)^2 - 0 = 8,781 \text{ m}$$

Siguiendo lo establecido por la ITC-LAT 07, sabemos que el vano máximo admisible viene definido por:

$$a_{\text{MAX ADMISIBLE}} = a_R \sqrt{\frac{f_{\text{MAX ADMISIBLE}}}{f_{\text{MAX}}}}$$

De donde para la hipótesis de viento:

$$a_{\text{MAX ADMISIBLE}15^{\circ}+V} = a_R \sqrt{\frac{f_{\text{MAX ADMISIBLE}15^{\circ}+V}}{f_{\text{MAX}}}} = 107,07 \sqrt{\frac{6,287}{1,73}} = 204,11 \text{ (m)}$$

Para las hipótesis de temperatura:

$$a_{\text{MAX ADMISIBLE}50^{\circ}} = a_R \sqrt{\frac{f_{\text{MAX ADMISIBLE}50^{\circ}}}{f_{\text{MAX}}}} = 107,07 \sqrt{\frac{8,781}{2,09}} = 219,46 \text{ (m)}$$

El vano máximo admisible será el menor de los dos calculados, es decir el de 204,11 m, como el vano máximo admisible es superior al vano de 107,07 metros. Es decir este vano sería admisible y por tanto se puede realizar así la línea.

Tabla Vano máximo admisible Cantón 2

VANO MÁXIMO ADMISIBLE		
CANTÓN N° 2		
APOYOS N° 5,6,7,8,9,10		
Conductor	147-AL1/34-ST1A	Distancia entre conductores (m)

Diametro (mm)	17,5	Horizontal	0,25
Peso (daN/m)	0,66295	Vertical	1,8
		Ángulo desvío traza α°	0
K'	0,75	Distancia entre conductores	1,817
Dpp	0,25	F MAX ADMISIBLE (Viento) =	6,287
K (Viento)	0,65	F MAX ADMISIBLE (Temperatura) =	8,781
K (Temperatura)	0,55	F MAX ADMISIBLE (Hielo) =	0,000
K (Hielo)		β° VIENTO =	52,85
f MAX VIENTO =	1,73	β° TEMPERATURA =	0
f MAX TEMPERATURA =	2,09	β° HIELO =	0
f MAX HIELO =	0		
Vano regulador	107,07		
Longitud cad. Aislador	0		

VANO MÁX. ADMISIBLE a MAX ADMISIBLE, 15°C+ VIENTO =	204,11
VANO MÁX. ADMISIBLE a MAX ADMISIBLE 0°C =	219,46
VANO MÁX. ADMISIBLE a MAX ADMISIBLE 0 °C+ HIELO =	NO EXISTE
VANO MÁX. ADMISIBLE a MAX ADMISIBLE =	204,11

Tabla 24: Tabla vano máximo admisible Cantón 2

Tal y como se exige la ITC-LAT 07 en el apartado 3.2.3, se calculan por separado los apoyos de principio y fin de línea para la verificación de la línea:

Vano máximo admisible Cantón 1-APOYO 1

Estamos ya en disposición de determinar el valor de $f_{MAX ADMISIBLE}$:

Hipótesis de Viento

$$f_{MAX ADMISIBLE 15^\circ + V} = \left(\frac{D - K' D_{PP}}{K} \right)^2 - L = \left(\frac{1,817 - 0,75 \cdot 0,25}{0,65} \right)^2 - 0,5 = 5,787 \text{ m}$$

Hipótesis de temperatura

$$f_{MAX ADMISIBLE 50^\circ} = \left(\frac{D - K' D_{PP}}{K} \right)^2 - L = \left(\frac{1,817 - 0,75 \cdot 0,25}{0,65} \right)^2 - 0,5 = 8,281 \text{ m}$$

Siguiendo lo establecido por la ITC-LAT 07, sabemos que el vano máximo admisible viene definido por:

$$a_{MAX ADMISIBLE} = a_R \sqrt{\frac{f_{MAX ADMISIBLE}}{f_{MAX}}}$$

De donde para la hipótesis de viento:

$$a_{MAX ADMISIBLE 15+V} = a_R \sqrt{\frac{f_{MAX ADMISIBLE 15+V}}{f_{MAX}}} = 114,9 \sqrt{\frac{5,787}{1,97}} = 196,93 \text{ (m)}$$

Para las hipótesis de temperatura:

$$a_{MAX ADMISIBLE 50^\circ} = a_R \sqrt{\frac{f_{MAX ADMISIBLE 50^\circ}}{f_{MAX}}} = 114,9 \sqrt{\frac{8,281}{2,33}} = 216,61 \text{ (m)}$$

El vano máximo admisible será el menor de los dos calculados, es decir el de 196,93m, como el vano máximo admisible es superior al vano de 114,9 metros. Es decir este vano sería admisible y por tanto se puede realizar así la línea.

Tabla Vano máximo admisible Cantón 1 – Apoyo 1

VANO MÁXIMO ADMISIBLE			
CANTÓN N° 1 - APOYO 1			
APOYOS N° 1			
Conductor	147-AL1/34-ST1A	Distancia entre conductores (m)	
Diametro (mm)	17,5	Horizontal	0,25
Peso (daN/m)	0,66295	Vertical	1,8
		Ángulo desvío traza α°	0
K'	0,75	Distancia entre conductores	1,817
Dpp	0,25	F MAX ADMISIBLE (Viento) =	5,787
K (Viento)	0,65	F MAX ADMISIBLE (Temperatura) =	8,281
K (Temperatura)	0,55	F MAX ADMISIBLE (Hielo) =	0,000
K (Hielo)		β° VIENTO =	52,85
f MAX VIENTO =	1,97	β° TEMPERATURA =	0
f MAX TEMPERATURA =	2,33	β° HIELO =	0
f MAX HIELO =	0		
Vano regulador	114,9		
Longitud cad. Aislador	0,5		

VANO MÁX. ADMISIBLE a MAX ADMISIBLE, 15°C+ VIENTO =	196,93
VANO MÁX. ADMISIBLE a MAX ADMISIBLE 0°C =	216,61
VANO MÁX. ADMISIBLE a MAX ADMISIBLE 0 °C+ HIELO =	NO EXISTE
VANO MÁX. ADMISIBLE a MAX ADMISIBLE =	196,93

Tabla 25: Tabla vano máximo admisible Cantón 1 – Apoyo 1

Vano máximo admisible Cantón 2 – APOYO 11

Estamos ya en disposición de determinar el valor de $f_{MAX ADMISIBLE}$:

Hipótesis de Viento

$$f_{MAX ADMISIBLE15^{\circ}+V} = \left(\frac{D - K' D_{PP}}{K} \right)^2 - L = \left(\frac{1,817 - 0,75 \cdot 0,25}{0,65} \right)^2 - 0 = 6,287 \text{ m}$$

Hipótesis de temperatura

$$f_{MAX ADMISIBLE50^{\circ}} = \left(\frac{D - K' D_{PP}}{K} \right)^2 - L = \left(\frac{1,817 - 0,75 \cdot 0,25}{0,65} \right)^2 - 0 = 8,781 \text{ m}$$

Siguiendo lo establecido por la ITC-LAT 07, sabemos que el vano máximo admisible viene definido por:

$$a_{MAX ADMISIBLE} = a_R \sqrt{\frac{f_{MAX ADMISIBLE}}{f_{MAX}}}$$

De donde para la hipótesis de viento:

$$a_{MAX ADMISIBLE15^{\circ}+V} = a_R \sqrt{\frac{f_{MAX ADMISIBLE15^{\circ}+V}}{f_{MAX}}} = 107,07 \sqrt{\frac{6,287}{1,73}} = 204,11 \text{ (m)}$$

Para las hipótesis de temperatura:

$$a_{MAX ADMISIBLE50^{\circ}} = a_R \sqrt{\frac{f_{MAX ADMISIBLE50^{\circ}}}{f_{MAX}}} = 107,07 \sqrt{\frac{8,781}{2,09}} = 219,46 \text{ (m)}$$

El vano máximo admisible será el menor de los dos calculados, es decir el de 204,11 m, como el vano máximo admisible es superior al vano de 107,07 metros. Es decir este vano sería admisible y por tanto se puede realizar así la línea.

Tabla Vano máximo admisible Cantón 1 – Apoyo 11

VANO MÁXIMO ADMISIBLE
CANTÓN N° 2 - APOYO 11
APOYOS N° 11

Conductor	147-AL1/34-ST1A	Distancia entre conductores (m)	
Diametro (mm)	17,5	Horizontal	0,25
Peso (daN/m)	0,66295	Vertical	1,8
		Ángulo desvío traza α°	0
K'	0,75	Distancia entre conductores	1,817
Dpp	0,25	F _{MAX ADMISIBLE (Viento)} =	6,287
K (Viento)	0,65	F _{MAX ADMISIBLE (Temperatura)} =	8,781
K (Temperatura)	0,55	F _{MAX ADMISIBLE (Hielo)} =	0,000
K (Hielo)		β° VIENTO =	52,85
f _{MAX VIENTO} =	1,73	β° TEMPERATURA =	0
f _{MAX TEMPERATURA} =	2,09	β° HIELO =	0
f _{MAX HIELO} =	0		
Vano regulador	107,07		
Longitud cad. Aislador	0		

VANO MÁX. ADMISIBLE a MAX ADMISIBLE, 15°C+ VIENTO =	204,11
VANO MÁX. ADMISIBLE a MAX ADMISIBLE 0°C =	219,46
VANO MÁX. ADMISIBLE a MAX ADMISIBLE 0 °C+ HIELO =	NO EXISTE
VANO MÁX. ADMISIBLE a MAX ADMISIBLE =	204,11

Tabla 26: Tabla vano máximo admisible Cantón 2 – Apoyo 11

1.2.6 Curva de Parábola y Catenaria

La curva de la parábola (catenaria) determinará el comportamiento ideal de los conductores de la línea, asemejándose esta al comportamiento real de los mismos.

La curva catenaria correspondiente a cada uno de los cantones de la línea se obtendrá mediante Excel poniendo para su cálculo un vano mucho mayor al vano regulador, simulando así un caso mucho más desfavorable al real.

La ejecución de esta catenaria se realizará con un vano ficticio de 300 metros, desde el cual se comprobarán si cumplen las distancias de seguridad mínimas al terreno de 7 metros (ITC-LAT 07), asegurando así un cierto margen para moverla sin que sea insuficiente el tamaño de esta.

En el caso de que la curva catenaria no cortase el terreno o no se posase sobre el apoyo, siendo para el presente proyecto impuesta la ubicación del apoyo por la cédula de

propiedad y no el corte de la catenaria con el perfil, habría que plantear el uso de una curva más cerrada **elevando el coeficiente de seguridad** y por tanto reduciendo su tense.

Curva catenaria Cantón 1

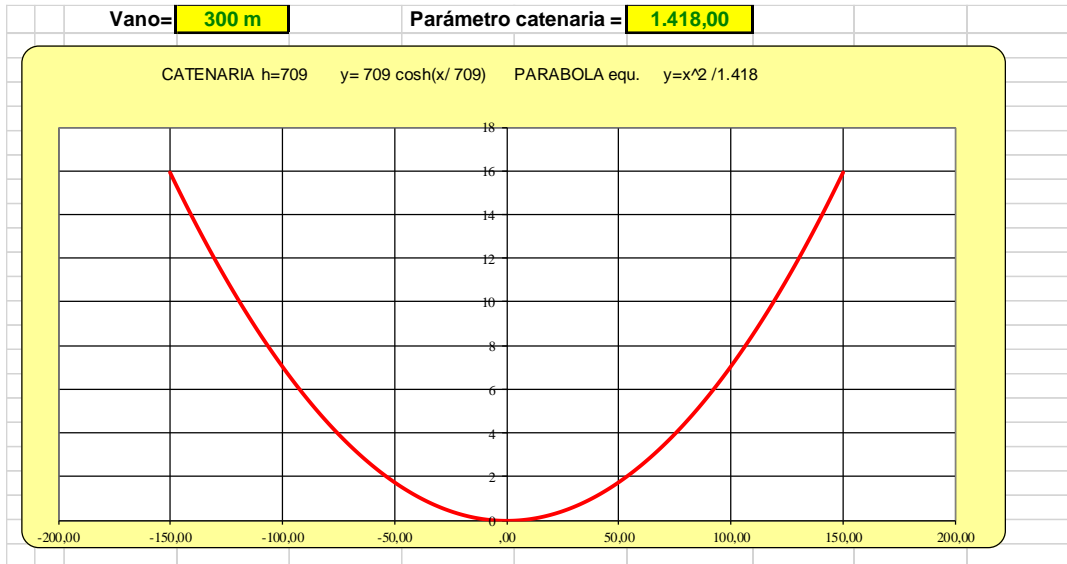


Imagen 7: Curva catenaria Cantón 1

Curva catenaria Cantón 2

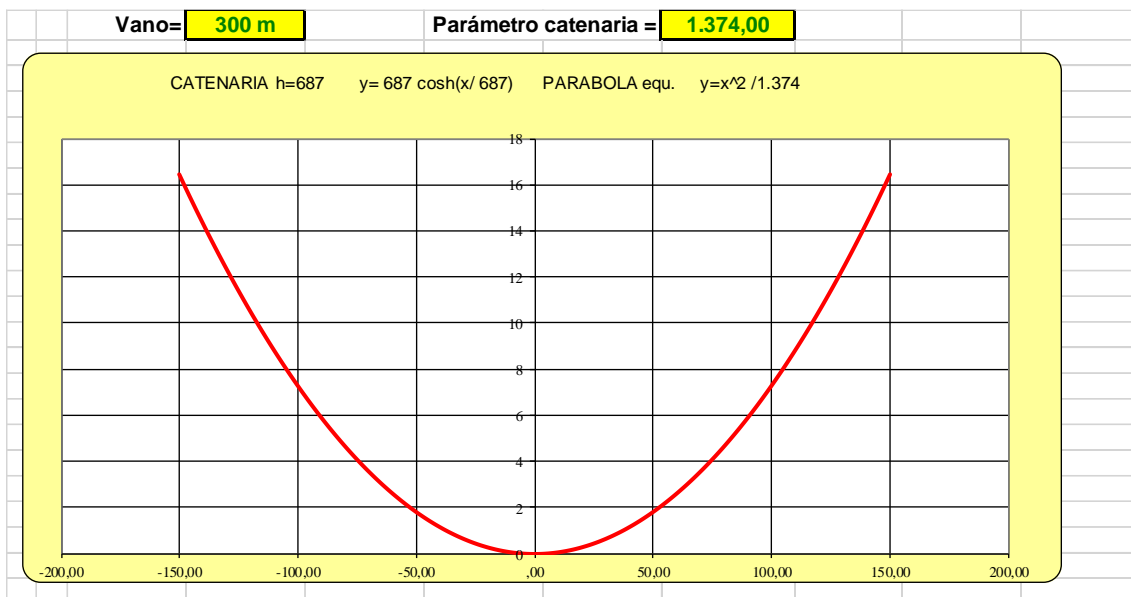


Imagen 8: Curva catenaria Cantón 2

1.2.7 Distancia de seguridad

1.2.7.1 Distancia de seguridad al terreno

Siguiendo la norma establecida en la ITC-LAT-07, la altura de los apoyos al terreno será la necesaria para que los conductores, con su máxima flecha vertical, queden situados por encima de cualquier punto del terreno, a una distancia mínima:

$$D_{add} + D_{el} = 5,3 + D_{el} \text{ (m)}$$

Puesto que según el RLAT en su ITC-LAT 07 apartado 5.7.1 establece que la distancia mínima de los conductores sobre la rasante de la carretera será de:

$$D_{add} + D_{el} \geq 7 \text{ m}$$

Siendo: D_{add} 6,3 m para las líneas de 1ª, 2ª y 3ª categoría, que es nuestro caso (20 kV). Por otro lado D_{el} está definido en el apartado 5.2 de la ITC-LAT 07 con un valor de 0,25 m para las líneas de 20 kV, tensión más elevada de 24 kV. Como:

$$6,3 + 0,25 = 6,55 \text{ m} < 7 \text{ m}$$

Aunque la norma enuncie un **mínimo de 6 metros**, por criterio propio y evitar posibles accidentes, se dispondrán de **7 metros** de altura mínima entre la flecha máxima de cualquier punto del trazado de la línea y el terreno.

Una vez obtenida la curva de la parábola para cada cantón tenemos que trazar a cada una de ellas sobre los apoyos. En nuestro caso, el perfil ha sido elaborado por el programa Cleamt.

Previamente se introducirá la distancia de seguridad de **7 metros**, con lo cual disponemos de un segundo perfil desplazado, por tanto, no hace falta trazar y desplazar 7 metros una curva paralela a la catenaria original, puesto que podemos saber cuándo no cumple.

1.2.7.2 Distancia mínima entre los conductores y partes puestas a tierra

De acuerdo con el apartado 5.4.2 de la ITC-LAT 07, esta distancia no será inferior a D_{el} , con un mínimo de 0,20 m.

En nuestro caso, según la norma corresponde un $D_{el} = 0,22 \text{ m}$.

1.2.8 Clasificación de los apoyos

De acuerdo con el apartado 2.4.1 de la ITC-LAT 07, los apoyos, se procede a la clasificación de los apoyos mediante las distintas hipótesis de esfuerzos.

Los datos según el proyecto tipo de Iberdrola muestran que el área elegida será Zona A y la velocidad de viento correspondiente a esta zona será de 120Km/h.

La cimentación de todos ellos vendrá determinada según la norma NI 52.10.01 en la que se especifica mediante la **Tabla 1.3** de la misma la mínima profundidad de excavación según el tipo de apoyo.

Estudio Apoyo 1 – Principio de línea

Se requiere del cálculo los esfuerzos que debe soportar un apoyo de principio de línea, del tipo metálica según las distintas hipótesis de la tabla 7 de la ITC-LAT 07, en la que indica por líneas de zona A se utilizará la fuerza resultante a **-5°** y velocidades de viento de **120km/h**, resultando:

1º) HIPOTESIS DE VIENTO:

1.3 Cargas permanentes Verticales (V):

c) Peso de conductores:

$$n \cdot p \left[\frac{a_1}{2} + \frac{F_{-\theta+V}}{P'_V} \cdot \left(\frac{h_0 - h_1}{a_1} \right) \right] = 6 \cdot 0,633 \left[\frac{119,32}{2} + \frac{1100}{1,0978} \left(\frac{269,77 - 262,17}{119,32} \right) \right] = 468,98 \text{ daN}$$

1.1.b Peso de El peso del conductor más la sobrecarga de viento está determinada por

$$P'_V = \sqrt{p^2 + (q d)^2} = \sqrt{0,66295^2 + (50 \cdot 0,0175)^2} = 1,0978 \text{ daN/m}$$

d) Peso de aisladores:

$$n P_{\text{Aisladores}} = 6 \cdot 5 = 30 \text{ (daN)}$$

c) Peso de cruceta:

$$PeSO_{\text{cruceta}} = 2 \cdot 31,6 + 44,6 = 107,8 \text{ (daN)}$$

TOTAL 1.1.- Cargas permanentes 628,98 (daN)

1.2 Esfuerzo del viento sobre conductores a la línea (T):

b) Sobre conductores:

$$d \cdot q \cdot \frac{a_1}{2} \cdot K_1 = 0,0175 \cdot 50 \cdot \frac{119,32}{2} \cdot 5,283 = 275,78 \text{ daN}$$

b) Sobre aisladores:

$$n_{\text{Aisladores/Cadena}} \cdot F_{\text{Viento-Aislador}} \left(\frac{K_1}{2} \right) = 2 \cdot 2,1 \cdot \left(\frac{5,283}{2} \right) = 11,09 \text{ (daN)}$$

c) Sobre cruceta:

A la hora de considerar la acción del viento sobre la cruceta y definir el factor de armado de esta fuerza, se supone que el esfuerzo generado, está aplicado en el punto medio de la cruceta, por lo que respetaremos el armado ya calculado.

Por lo que el viento ejerce una fuerza sobre la cruceta y referida a cogolla de valor:

$$F_{cru} = 8,5 \cdot \left(\frac{5,283}{2}\right) = 22,49 daN$$

TOTAL 1.2.- Esfuerzos por viento 309,35 (daN)

1.3 Desequilibrio de tracciones (L)

Se considera la fuerza a $-5^{\circ}C$ con sobrecarga de viento, y teniendo en cuenta el factor de armado el desequilibrio será de:

$$DESEQUILIBRIO = F_{\theta-5^{\circ}} \cdot K_1 = 1100 \cdot 5,283 = 5811,68 daN$$

TOTAL 1.3.- Desequilibrio (L) 5881,68 (daN)

Esfuerzo resultante 1.2 y 1.3 (L)

Este esfuerzo es la suma de viento más desequilibrio y es longitudinal, es decir:

$$L = VIENTO + DESEQUILIBRIO = 309,35 + 5881,68 = 6121,03 daN$$

En resumen en 1º Hipótesis con viento normal a la línea los esfuerzos verticales (V) y longitudinales (L) son:

$$V = 628,98 daN \qquad L = 6121,03 daN$$

2º Esfuerzos según la 2ª hipótesis (HIELO).-

Puesto que la línea discurre por zona A no es necesario considerar esta hipótesis.

3º Esfuerzos según la 4ª hipótesis (ROTURA DE CONDUCTORES).-

4.1 Cargas permanentes (V)

Estas cargas han sido ya calculadas en la 2ª hipótesis y su valor es de 628,98 daN.

TOTAL 4.1.- Cargas permanentes (V) 628,98 (daN)

4.2 Esfuerzo por rotura de conductores

Como más desfavorable se considera la rotura de un conductor de las fases extremos, y la fuerza del conductor es bajo la hipótesis de $-5^{\circ}C$. Por otro lado el brazo de cruceta para una cruceta bóveda plana es de 1,25 metros, como el fabricante de apoyos según norma UNE 207017:2005 ensaya su apoyo con un brazo de 1,25 metros se cumple:

$$F = 1100 \cdot 1,25 = 1375 daN$$

En resumen en la 4ª Hipótesis rotura de conductores, los esfuerzos verticales (V) y la fuerza torsora son de:

$$V = 628,98 \text{ daN} \quad T = 1375 \text{ daN}$$

4º) Elección de apoyo.

Tenemos todos los datos necesarios para elegir el apoyo mínimo necesario. En efecto conocemos que la ecuación resistente del apoyo es de la forma $V + 5 H = \text{cte}$ cuyo valor tomado de la tabla 2 de la norma UNE 207017:2005 es:

Tabla 2
Ecuación resistente para K = 5

Carga nominal daN	Cargas especificadas		Ecuación resistente V+K·H	Valor máximo de H daN
	Carga de trabajo más sobrecarga daN			
	V	H		
500	600	500	3 100	500
1 000	600	1 000	5 600	1 000
2 000	600	2 000	10 600	2 000
3 000	800	3 000	15 800	3 000
4 500	800	4 500	23 300	4 500
7 000	1 200	7 000	36 200	7 000
9 000	1 200	9 000	46 200	9 000

En relación con la rotura sabemos que los apoyos de celosía según norma UNE 207017:2005 soportan los esfuerzos indicados por la tabla 1 de la mencionada norma.

Para este tipo de apoyos debido a los esfuerzos de los mismos, son de celosía **C-7000**, con un fuste de **18 metros** de cimentación empotrable (E), con cruceta recta simple **RC1-12,5S** cuya distancia entre conductores es de 1,25 metros.

La nomenclatura es **C-7000 18E** con crucetas **RC1-12,5S**

$$\text{Altura libre} = 18 - 2,93 = \mathbf{15,07 \text{ metros}}$$

Tabla Apoyo 1 – Principio de línea

**APOYO Nº 1 - Apoyos de PRINCIPIO O FIN DE LÍNEA DOBLE CIRCUITO
CON CADENAS DE AMARRE DE COMPOSITE Y APOYO DE CELOSÍA**

Conductor	147-AL1/34-ST1A	Vanos (m)	
Diametro (mm)	17,5	Anterior	119,32
Peso (daN/m)	0,66295	Medio	59,66
		Regulador	114,9
Zona	A		
Velocidad Viento km/h	120	Distancia crucetas (m)	1,8

Altitud de la línea (Zona C)	0	Extensionamiento	NO
Fh (daN)		Peso Extensionamiento	0
Fv (daN)	1100	Tipo de cruceta	RECTA SIMPLE
Desnivel (m)		Cruceta intermedia	RC1-12,5-S
h0	269,77	Crucetas extremas	RC1-10-S
h1	262,17	Altura libre del apoyo	15,07
N	0,0637	Factor de armado	5,283
		Seguridad	1

ESFUERZOS EN EL APOYO

1ª HIPÓTESIS: VIENTO

Esf. Horiz (T), daN

6121,03

Esf. Vertical (V) daN

628,98

2ª HIPÓTESIS: HIELO

Esf. Horiz (T), daN

0,00

Esf. Vertical (V) daN

0,00

4º HIPÓTESIS: ROTURA

Esf. Rotura, daN

1100,00

Esf. Torsor, daN.m

1375,00

TIPO DE APOYO	CELOSÍA	ESFUERZO	ALTURA
CARACTERÍSTICAS	C -	7000	18

ESFUERZOS EN CRUCETA

	1ª HIPÓTESIS	2ª HIPÓTESIS	4ª HIPÓTESIS
VERTICALES, daN	86,86	0,00	86,86
HORIZONTALES, daN	1154,30	0,00	1100,00
CRUCETA ELEGIDA	RC1-10-S	RC1-10-S	RC1-12,5-S
VALIDEZ DE LA CRUCETA	VÁLIDA	VÁLIDA	VÁLIDA

Tabla 27: Tabla estudio Apoyo 1

Estudio Apoyo 2 - Alineación

Se requiere del cálculo los esfuerzos que debe soportar un apoyo de alineación, del tipo de chapa metálica según las distintas hipótesis según la tabla 7 de la ITC-LAT 07, resulta:

1º) HIPOTESIS DE VIENTO:

1.1 Cargas permanentes Verticales (V):

c) Peso de conductores:

$$\begin{aligned}
P_{cond} &= n p \left[\frac{a_1 + a_2}{2} + \frac{F_{-10+V}}{P'_V} \left(\frac{h_0 - h_1}{a_1} + \frac{h_0 - h_2}{a_2} \right) \right] = \\
&= 6 \cdot 0,66295 \left[\frac{119,52 + 115,12}{2} + \frac{1100}{1,0978} \left(\frac{260,97 - 269,77}{119,52} + \frac{260,97 - 253,67}{115,12} \right) \right] = \\
&= 425,057 \text{ (daN)}
\end{aligned}$$

El peso del conductor más la sobrecarga de viento está determinada por

$$P'_V = \sqrt{p^2 + (q d)^2} = \sqrt{0,66295^2 + (50 \cdot 0,0175)^2} = 1,0978 \text{ daN/m}$$

d) Peso de aisladores:

$$n P_{Aisladores} = 6 \cdot 5 = 30 \text{ (daN)}$$

c) Peso de cruceta:

$$P_{SO_{cruceta}} = 2 \cdot 31,6 + 44,6 = 107,8 \text{ (daN)}$$

TOTAL 1.1.- Cargas permanentes 562,86 (daN)

1.2 Esfuerzo del viento normal a la línea (T):

a) Sobre conductores:

Los esfuerzos del viento sobre conductores por fase tienen por valor:

$$\frac{a_1 + a_2}{2} d q = \frac{119,52 + 115,12}{2} \cdot 0,0175 \cdot 50 = 102,55 \text{ (daN)}$$

Puesto que estos esfuerzos están aplicados en puntos distintos es preciso calcular el factor de armado de cada uno de ellos, teniendo en cuenta que se emplea un apoyo del tipo CH y los esfuerzos están producidos por encima de cogolla de apoyo, tenemos:

$$K_1 = \frac{4,85 + H_5}{4,6} = \frac{4,85 + 7,2}{4,6} = 2,611$$

por lo que aplicando el factor de armado sobre cada uno de los conductores de la línea:

$$\left(\frac{a_1 + a_2}{2} d q \right) (2 \cdot K_1) = 102,55 (2 \cdot 2,611) = 535,54 \text{ (daN)}$$

b) Sobre aisladores:

$$n_{\text{Aisladores' Cadena}} \cdot F_{\text{Viento-Aislador}} \left(\frac{K_1}{2} \right) = 2 \cdot 2,1 \cdot \left(\frac{5,221}{2} \right) = 10,97 \text{ (daN)}$$

c) Sobre cruceta:

A la hora de considerar la acción del viento sobre la cruceta y definir el factor de armado de esta fuerza, se supone que el esfuerzo generado, está aplicado en el punto medio de la cruceta, por lo que respetaremos el armado ya calculado.

Por lo que el viento ejerce una fuerza sobre la cruceta y referida a cogolla de valor:

$$F_{\text{cru}} = 8,5 \cdot \left(\frac{5,221}{2} \right) = 22,19 \text{ daN}$$

TOTAL 1.2.- Esfuerzos producidos por el viento 568.70 (daN)

2°) HIPOTESIS DE HIELO:

Esta hipótesis aparece por estar la línea en zona A, no se tendrá en cuenta según el RLAT 2.21.75.

3°) HIPOTESIS DESEQUILIBRIO DE TRACCIONES:

HIPOTESIS 3ª: Desequilibrio de tracciones.

3.1 Cargas permanentes Verticales (V):

Para el caso de las cargas permanentes Verticales (V), según la ITC-LAT 07, en la **tercera hipótesis** y para la **zona A** en la que nos encontramos, estas serán iguales que las de la **Hipótesis 1**.

TOTAL 1.1.- Cargas permanentes 562,86 (daN)

3.2. Desequilibrio de tracciones (L):

En sentido longitudinal (L) y por fase el desequilibrio de tracciones para un apoyo de alineación y ángulo, por ser el caso más general, tiene por valor:

$$F_L = \frac{8}{100} F_M = \frac{8}{100} 1100 = 88(\text{daN})$$

Para determinar una fuerza equivalente que tenga en cuenta la suma de esfuerzos que provocan los desequilibrios en los conductores aplicaremos el factor de armado, resulta:

$$R_{des} = F_L \cdot K_1 = 88 \cdot (5,221) = 459,48 (\text{daN})$$

TOTAL 3.2.- Desequilibrio de tracciones (L) 459,48 (daN)

HIPOTESIS 4ª: Rotura de conductores (L).

No se considera este esfuerzo en las líneas de tensión nominal hasta 66 kV, en los apoyos de alineación y de ángulo con cadenas de suspensión y amarre con conductores de carga mínima de rotura inferior a 6600 daN.

A partir de los valores calculados estamos en disposición de elegir el tipo de apoyo adecuado.

Para apoyo debido a los esfuerzos del mismo, seleccionamos un apoyo de celosía **C-1000**, con un fuste de **16 metros** de cimentación empotrable (E), cuya designación es **C-1000-16E**.

La cimentación de todos ellos vendrá determinada según la norma NI 52.10.01 en la que se especifica mediante la Tabla 1.3 de la misma la mínima profundidad de excavación según el tipo de apoyo.

Por tanto la altura libre para el **apoyo 2** será de:

$$h_{libre} = 16 - 2,13 = \mathbf{13,87 \text{ metros}}$$

La cruceta a utilizar es del tipo cruceta recta simple cuya designación es RC1-12,5S con distancia entre conductores de 1,25 metros.

Tabla Apoyo 2 - Alineación

APOYO N° 2 - Apoyos de ALINEACIÓN-ANGULO DOBLE CIRCUITO CON CADENAS DE SUSPENSIÓN DE COMPOSITE Y APOYO DE CELOSÍA			
Conductor	147-AL1/34-ST1A	Vanos (m)	
Diametro (mm)	17,5	Anterior	119,32
Peso (daN/m)	0,66295	Posterior	115,12
		Medio	117,22
Zona	A	Regulador	114,9

Velocidad Viento km/h	120
Altitud de la línea (Zona C)	0

Fh (daN)	
Fv (daN)	1100

Desnivel (m)	
h0	260,97
h1	269,77
h2	253,67
N	-0,0103

Factor de armado	5,221
Seguridad	1

Distancia crucetas (m)	1,8
Extensionamiento	NO
Peso Extensionamiento	0
Tipo de cruceta	RECTA SIMPLE
Cruceta intermedia	RC1-12,5-S
Crucetas extremas	RC1-10-S
Altura libre del apoyo	13,87

Ángulo de desvío de la traza	
Grados °	0
Minutos ´	0
Segundos ´´	0
Total	0,00

ESFUERZOS EN EL APOYO

1ª HIPÓTESIS: VIENTO

Esf. Horiz (T), daN	568,70	Esf. Vertical (V) daN	562,86
---------------------	---------------	-----------------------	---------------

2ª HIPÓTESIS: HIELO

Esf. Horiz (T), daN	0,00	Esf. Vertical (V) daN	0,00
---------------------	-------------	-----------------------	-------------

3ª HIPÓTESIS: DESEQUILIBRIO

Esf. Desequilibrio, daN	459,48	Esf. Equival..(L) daN	459,48
-------------------------	---------------	-----------------------	---------------

TIPO DE APOYO	CELOSÍA	ESFUERZO	ALTURA
CARACTERÍSTICAS	C -	1000	16

ESFUERZOS EN CRUCETA

	1ª HIPÓTESIS	2ª HIPÓTESIS	3ª HIPÓTESIS
VERTICALES, daN	75,84	0,00	75,84
HORIZONTALES, daN	104,67	0,00	88,00
CRUCETA ELEGIDA	RC1-10-S	RC1-12,5-S	
VALIDEZ DE LA CRUCETA	VÁLIDA	VÁLIDA	

Tabla 28: Tabla estudio Apoyo 2

Estudio Apoyo 3 – Alineación

Se requiere del cálculo los esfuerzos que debe soportar un apoyo de alineación, del tipo de chapa metálica según las distintas hipótesis según la tabla 7 de la ITC-LAT 07, resulta:

1º) HIPOTESIS DE VIENTO:

1.3 Cargas permanentes Verticales (V):

e) Peso de conductores:

$$P_{cond} = n p \left[\frac{a_1 + a_2}{2} + \frac{F_{-10+V}}{P'_v} \left(\frac{h_0 - h_1}{a_1} + \frac{h_0 - h_2}{a_2} \right) \right] =$$
$$= 6. 0,66295 \left[\frac{115,12 + 126,33}{2} + \frac{1100}{1,0978} \left(\frac{253,67 - 260,97}{115,12} + \frac{253,67 - 2247,87}{126,33} \right) \right] =$$
$$= 425,057 \text{ (daN)}$$

El peso del conductor más la sobrecarga de viento está determinada por

$$P'_v = \sqrt{p^2 + (q d)^2} = \sqrt{0,66295^2 + (50 \cdot 0,0175)^2} = 1,0978 \text{ daN / m}$$

f) Peso de aisladores:

$$n P_{Aisladores} = 6 \cdot 5 = 30 \text{ (daN)}$$

c) Peso de cruceta:

$$Peso_{cruce} = 2 \cdot 31,6 + 44,6 = 107,8 \text{ (daN)}$$

TOTAL 1.1.- Cargas permanentes 548,26 (daN)

1.4 Esfuerzo del viento normal a la línea (T):

b) Sobre conductores:

Los esfuerzos del viento sobre conductores por fase tienen por valor:

$$\frac{a_1 + a_2}{2} d q = \frac{119,52 + 115,12}{2} 0,0175 \cdot 50 = 102,55 \text{ (daN)}$$

Puesto que estos esfuerzos están aplicados en puntos distintos es preciso calcular el factor de armado de cada uno de ellos, teniendo en cuenta que se emplea un apoyo del tipo CH y los esfuerzos están producidos por encima de cogolla de apoyo, tenemos:

$$K_1 = \frac{4,85 + H_5}{4,6} = \frac{4,85 + 7,2}{4,6} = 2,611$$

por lo que aplicando el factor de armado sobre cada uno de los conductores de la línea:

$$\left(\frac{a_1 + a_2}{2} d q \right) (2 \cdot K_1) = 102,55 (2 \cdot 2,611) = 535,54 \text{ (daN)}$$

b) Sobre aisladores:

$$n_{\text{Aisladores Cadena}} \cdot F_{\text{Viento-Aislador}} \left(\frac{K_1}{2} \right) = 2 \cdot 2,1 \cdot \left(\frac{5,221}{2} \right) = 10,97 \text{ (daN)}$$

c) Sobre cruceta:

A la hora de considerar la acción del viento sobre la cruceta y definir el factor de armado de esta fuerza, se supone que el esfuerzo generado, está aplicado en el punto medio de la cruceta, por lo que respetaremos el armado ya calculado.

Por lo que el viento ejerce una fuerza sobre la cruceta y referida a cogolla de valor:

$$F_{\text{cru}} = 8,5 \cdot \left(\frac{5,221}{2} \right) = 22,19 \text{ daN}$$

TOTAL 1.2.- Esfuerzos producidos por el viento 584,71 (daN)

2°) HIPOTESIS DE HIELO:

Esta hipótesis aparece por estar la línea en zona A, no se tendrá en cuenta según el RLAT 2.21.75.

3°) HIPOTESIS DESEQUILIBRIO DE TRACCIONES:

HIPOTESIS 3ª: Desequilibrio de tracciones.

3.1 Cargas permanentes Verticales (V):

Para el caso de las cargas permanentes Verticales (V), según la ITC-LAT 07, en la **tercera hipótesis** y para la **zona A** en la que nos encontramos, estas serán iguales que las de la **Hipótesis 1**.

TOTAL 1.1.- Cargas permanentes 459,48 (daN)

3.2. Desequilibrio de tracciones (L):

En sentido longitudinal (L) y por fase el desequilibrio de tracciones para un apoyo de alineación y ángulo, por ser el caso más general, tiene por valor:

$$F_L = \frac{8}{100} F_M = \frac{8}{100} 1100 = 88 (daN)$$

Para determinar una fuerza equivalente que tenga en cuenta la suma de esfuerzos que provocan los desequilibrios en los conductores aplicaremos el factor de armado, resulta:

$$R_{des} = F_L \cdot K_1 = 88 \cdot (5,221) = 459,48 (daN)$$

TOTAL 3.2.- Desequilibrio de tracciones (L) 459,48 (daN)

HIPOTESIS 4ª: Rotura de conductores (L).

No se considera este esfuerzo en las líneas de tensión nominal hasta 66 kV, en los apoyos de alineación y de ángulo con cadenas de suspensión y amarre con conductores de carga mínima de rotura inferior a 6600 daN.

A partir de los valores calculados estamos en disposición de elegir el tipo de apoyo adecuado.

Para apoyo debido a los esfuerzos del mismo, seleccionamos un apoyo de celosía **C-1000**, con un fuste de **16 metros** de cimentación empotrable (E), cuya designación es **C-1000-16E**.

La cimentación de todos ellos vendrá determinada según la norma NI 52.10.01 en la que se especifica mediante la Tabla 1.3 de la misma la mínima profundidad de excavación según el tipo de apoyo.

Por tanto la altura libre para el **apoyo 3** será de:

$$h_{libre} = 16 - 2,13 = \mathbf{13,87 \text{ metros}}$$

La cruceta a utilizar es del tipo cruceta recta simple cuya designación es RC1-12,5S con distancia entre conductores de 1,25 metros.

Tabla apoyo 3 - Alineación

APOYO N° 3 - Apoyos de ALINEACIÓN-ANGULO DOBLE CIRCUITO
CON CADENAS DE SUSPENSIÓN DE COMPOSITE Y APOYO DE CELOSÍA

Conductor	147-AL1/34-ST1A
Diametro (mm)	17,5
Peso (daN/m)	0,66295

Vanos (m)	
Anterior	115,12
Posterior	126,33
Medio	120,725
Regulador	114,9

Zona	A
Velocidad Viento km/h	120
Altitud de la línea (Zona C)	0

Distancia crucetas (m)	1,8
Extensionamiento	NO
Peso Extensionamiento	0
Tipo de cruceta	RECTA SIMPLE
Cruceta intermedia	RC1-12,5-S
Crucetas extremas	RC1-10-S
Altura libre del apoyo	13,87

Fh (daN)	
Fv (daN)	1100

Desnivel (m)	
h0	253,67
h1	260,97
h2	247,87
N	-0,0175

Ángulo de desvío de la traza	
Grados °	0
Minutos ´	0
Segundos ´´	0
Total	0,00

Factor de armado	5,221
Seguridad	1

ESFUERZOS EN EL APOYO

1ª HIPÓTESIS: VIENTO

Esf. Horiz (T), daN	584,71	Esf. Vertical (V) daN	548,26
---------------------	---------------	-----------------------	---------------

2ª HIPÓTESIS: HIELO

Esf. Horiz (T), daN	0,00	Esf. Vertical (V) daN	0,00
---------------------	-------------	-----------------------	-------------

3ª HIPÓTESIS: DESEQUILIBRIO

Esf. Desequilibrio, daN	459,48	Esf. Equival..(L) daN	459,48
-------------------------	---------------	-----------------------	---------------

TIPO DE APOYO	CELOSÍA	ESFUERZO	ALTURA
CARACTERÍSTICAS	C -	1000	16

ESFUERZOS EN CRUCETA

	1ª HIPÓTESIS	2ª HIPÓTESIS	3ª HIPÓTESIS
VERTICALES, daN	73,41	0,00	73,41
HORIZONTALES, daN	107,73	0,00	88,00

CRUCETA ELEGIDA	RC1-10-S	RC1-12,5-S
VALIDEZ DE LA CRUCETA	VÁLIDA	VÁLIDA

Tabla 29: Tabla estudio Apoyo 3

Estudio Apoyo 4 – Alineación

Se requiere del cálculo los esfuerzos que debe soportar un apoyo de alineación, del tipo de chapa metálica según las distintas hipótesis según la tabla 7 de la ITC-LAT 07, resulta:

1º) HIPOTESIS DE VIENTO:

1.5 Cargas permanentes Verticales (V):

g) Peso de conductores:

$$P_{cond} = n p \left[\frac{a_1 + a_2}{2} + \frac{F_{-10+V}}{P'_v} \left(\frac{h_0 - h_1}{a_1} + \frac{h_0 - h_2}{a_2} \right) \right] =$$

$$= 6 \cdot 0,66295 \left[\frac{126,33 + 87,56}{2} + \frac{1100}{1,0978} \left(\frac{247,87 - 253,67}{126,33} + \frac{247,87 - 244,77}{87,56} \right) \right] =$$

$$= 415,053 \text{ (daN)}$$

El peso del conductor más la sobrecarga de viento está determinada por

$$P'_v = \sqrt{p^2 + (q d)^2} = \sqrt{0,66295^2 + (50 \cdot 0,0175)^2} = 1,0978 \text{ daN/m}$$

h) Peso de aisladores:

$$n P_{Aisladores} = 6 \cdot 5 = 30 \text{ (daN)}$$

c) Peso de cruceta:

$$Peso_{cruceta} = 2 \cdot 31,6 + 44,6 = 107,8 \text{ (daN)}$$

TOTAL 1.1.- Cargas permanentes 521,32(daN)

1.6 Esfuerzo del viento normal a la línea (T):

c) Sobre conductores:

Los esfuerzos del viento sobre conductores por fase tienen por valor:

$$\frac{a_1 + a_2}{2} d q = \frac{119,52 + 115,12}{2} 0,0175 \cdot 50 = 102,55 \text{ (daN)}$$

Puesto que estos esfuerzos están aplicados en puntos distintos es preciso calcular el factor de armado de cada uno de ellos, teniendo en cuenta que se

emplea un apoyo del tipo CH y los esfuerzos están producidos por encima de cogolla de apoyo, tenemos:

$$K_1 = \frac{4,85 + H_5}{4,6} = \frac{4,85 + 7,2}{4,6} = 2,611$$

por lo que aplicando el factor de armado sobre cada uno de los conductores de la línea:

$$\left(\frac{a_1 + a_2}{2} d q \right) (2 \cdot K_1) = 102,55 (2 \cdot 2,611) = 535,54 \text{ (daN)}$$

b) Sobre aisladores:

$$n_{\text{Aisladores Cadena}} \cdot F_{\text{Viento-Aislador}} \left(\frac{K_1}{2} \right) = 2 \cdot 2,1 \cdot \left(\frac{5,221}{2} \right) = 10,97 \text{ (daN)}$$

c) Sobre cruceta:

A la hora de considerar la acción del viento sobre la cruceta y definir el factor de armado de esta fuerza, se supone que el esfuerzo generado, está aplicado en el punto medio de la cruceta, por lo que respetaremos el armado ya calculado.

Por lo que el viento ejerce una fuerza sobre la cruceta y referida a cogolla de valor:

$$F_{\text{cru}} = 8,5 \cdot \left(\frac{5,221}{2} \right) = 22,19 \text{ daN}$$

TOTAL 1.2.- Esfuerzos producidos por el viento 521,75 (daN)

2º) HIPOTESIS DE HIELO:

Esta hipótesis aparece por estar la línea en zona A, no se tendrá en cuenta según el RLAT 2.21.75.

3º) HIPOTESIS DESEQUILIBRIO DE TRACCIONES:

HIPOTESIS 3ª: Desequilibrio de tracciones.

3.1 Cargas permanentes Verticales (V):

Para el caso de las cargas permanentes Verticales (V), según la ITC-LAT 07, en la **tercera hipótesis** y para la **zona A** en la que nos encontramos, estas serán iguales que las de la **Hipótesis 1**.

TOTAL 3.1.- Cargas permanentes 459,48 (daN)

3.2. Desequilibrio de tracciones (L):

En sentido longitudinal (L) y por fase el desequilibrio de tracciones para un apoyo de alineación y ángulo, por ser el caso más general, tiene por valor:

$$F_L = \frac{8}{100} F_M = \frac{8}{100} 1100 = 88 (daN)$$

Para determinar una fuerza equivalente que tenga en cuenta la suma de esfuerzos que provocan los desequilibrios en los conductores aplicaremos el factor de armado, resulta:

$$R_{des} = F_L \cdot K_1 = 88 \cdot (5,221) = 459,48 (daN)$$

TOTAL 3.2.- Desequilibrio de tracciones (L) 459,48 (daN)

HIPOTESIS 4ª: Rotura de conductores (L).

No se considera este esfuerzo en las líneas de tensión nominal hasta 66 kV, en los apoyos de alineación y de ángulo con cadenas de suspensión y amarre con conductores de carga mínima de rotura inferior a 6600 daN.

A partir de los valores calculados estamos en disposición de elegir el tipo de apoyo adecuado.

Para apoyo debido a los esfuerzos del mismo, seleccionamos un apoyo de celosía **C-1000**, con un fuste de **16 metros** de cimentación empotrable (E), cuya designación es **C-1000-16E**.

La cimentación de todos ellos vendrá determinada según la norma NI 52.10.01 en la que se especifica mediante la Tabla 1.3 de la misma la mínima profundidad de excavación según el tipo de apoyo.

Por tanto la altura libre para el **apoyo 4** será de:

$$h_{libre} = 16 - 2,13 = \mathbf{13,87 \text{ metros}}$$

La cruceta a utilizar es del tipo cruceta recta simple cuya designación es **RC1-12,5S** con distancia entre conductores de 1,25 metros.

Tabla Apoyo 4 - Alineación

APOYO N° 4 - Apoyos de ALINEACIÓN-ANGULO DOBLE CIRCUITO CON CADENAS DE SUSPENSIÓN DE COMPOSITE Y APOYO DE CELOSÍA			
Conductor	147-AL1/34-ST1A	Vanos (m)	
Diametro (mm)	17,5	Anterior	126,33
Peso (daN/m)	0,66295	Posterior	87,56
Zona	A	Medio	106,945
Velocidad Viento km/h	120	Regulador	114,9
Altitud de la línea (Zona C)	0	Distancia crucetas (m)	1,8
Fh (daN)		Extensionamiento	NO
Fv (daN)	1100	Peso Extensionamiento	0
Desnivel (m)		Tipo de cruceta	RECTA SIMPLE
h0	247,87	Cruceta intermedia	RC1-12,5-S
h1	253,67	Crucetas extremas	RC1-10-S
h2	244,77	Altura libre del apoyo	13,87
N	-0,0105	Ángulo de desvío de la traza	
Factor de armado	5,221	Grados °	0
Seguridad	1	Minutos ´	0
		Segundos ´´	0
		Total	0,00

ESFUERZOS EN EL APOYO

1ª HIPÓTESIS: VIENTO

Esf. Horiz (T), daN

521,75

Esf. Vertical (V) daN

521,32

2ª HIPÓTESIS: HIELO

Esf. Horiz (T), daN

0,00

Esf. Vertical (V) daN

0,00

3º HIPÓTESIS: DESEQUILIBRIO

Esf. Desequilibrio, daN

459,48

Esf. Equival..(L) daN

459,48

TIPO DE APOYO	CELOSÍA	ESFUERZO	ALTURA
CARACTERÍSTICAS	C -	1000	16

ESFUERZOS EN CRUCETA

	1ª HIPÓTESIS	2ª HIPÓTESIS	3ª HIPÓTESIS
VERTICALES, daN	68,92	0,00	68,92
HORIZONTALES, daN	95,68	0,00	88,00
CRUCETA ELEGIDA		RC1-10-S	RC1-12,5-S
VALIDEZ DE LA CRUCETA		VÁLIDA	VÁLIDA

Tabla 30: Tabla estudio Apoyo 4

Estudio Apoyo 5 - Ángulo

Se requiere del cálculo los esfuerzos que debe soportar un apoyo de ángulo, del tipo de chapa metálica según las distintas hipótesis según la tabla 7 de la ITC-LAT 07, resulta:

1º) HIPOTESIS DE VIENTO:

1.7 Cargas permanentes Verticales (V):

i) Peso de conductores:

$$P_{cond} = n p \left[\frac{a_1 + a_2}{2} + \frac{F_{-10+V}}{P'_V} \left(\frac{h_0 - h_1}{a_1} + \frac{h_0 - h_2}{a_2} \right) \right] =$$

$$= 6. 0,66295 \left[\frac{125,35 + 117,56}{2} + \frac{1100}{1,0978} \left(\frac{247,87 - 253,67}{125,35} + \frac{247,87 - 244,77}{117,56} \right) \right] =$$

$$= 660,76 \text{ (daN)}$$

El peso del conductor más la sobrecarga de viento está determinada por

$$P'_V = \sqrt{p^2 + (q d)^2} = \sqrt{0,66295^2 + (50 \cdot 0,0175)^2} = 1,0978 \text{ daN / m}$$

j) Peso de aisladores:

$$n P_{Aisladores} = 6 \cdot 5 = 30 \text{ (daN)}$$

c) Peso de cruceta:

$$P_{SO_{cruceta}} = 2 \cdot 31,6 + 44,6 = 107,8 \text{ (daN)}$$

TOTAL 1.1.- Cargas permanentes 787,57 (daN)

1.8 Esfuerzo del viento normal a la línea (T):

d) Sobre conductores:

Los esfuerzos del viento sobre conductores por fase tienen por valor:

$$\frac{a_1 + a_2}{2} d q = \frac{119,52 + 115,12}{2} 0,0175 \cdot 50 = 102,55 \text{ (daN)}$$

Puesto que estos esfuerzos están aplicados en puntos distintos es preciso calcular el factor de armado de cada uno de ellos, teniendo en cuenta que se emplea un apoyo del tipo CH y los esfuerzos están producidos por encima de cogolla de apoyo, tenemos:

$$K_1 = \frac{4,85 + H_5}{4,6} = \frac{4,85 + 7,2}{4,6} = 2,611$$

por lo que aplicando el factor de armado sobre cada uno de los conductores de la línea:

$$\left(\frac{a_1 + a_2}{2} d q \right) (2 \cdot K_1) = 102,55 (2 \cdot 2,611) \cdot 6 = 4872,34 \text{ (daN)}$$

b) Sobre aisladores:

$$n_{\text{Aisladores Cadena}} \cdot F_{\text{Viento-Aislador}} \left(\frac{K_1}{2} \right) = 2 \cdot 2,1 \cdot \left(\frac{5,221}{2} \right) = 10,97 \text{ (daN)}$$

c) Sobre cruceta:

A la hora de considerar la acción del viento sobre la cruceta y definir el factor de armado de esta fuerza, se supone que el esfuerzo generado, está aplicado en el punto medio de la cruceta, por lo que respetaremos el armado ya calculado.

Por lo que el viento ejerce una fuerza sobre la cruceta y referida a cogolla de valor:

$$F_{\text{cru}} = 8,5 \cdot \left(\frac{5,221}{2} \right) = 22,19 \text{ daN}$$

TOTAL 1.2.- Esfuerzos producidos por el viento 4998,27 (daN)

2º) HIPOTESIS DE HIELO:

Esta hipótesis aparece por estar la línea en zona A, no se tendrá en cuenta según el RLAT 2.21.75.

3º) HIPOTESIS DESEQUILIBRIO DE TRACCIONES:

HIPOTESIS 3ª: Desequilibrio de tracciones.

3.1 Cargas permanentes Verticales (V):

Para el caso de las cargas permanentes Verticales (V), según la ITC-LAT 07, en la **tercera hipótesis** y para la **zona A** en la que nos encontramos, estas serán iguales que las de la **Hipótesis 1**.

TOTAL 3.1.- Cargas permanentes 3792,26 (daN)

3.2. Desequilibrio de tracciones (L):

En sentido longitudinal (L) y por fase el desequilibrio de tracciones para un apoyo de alineación y ángulo, por ser el caso más general, tiene por valor:

$$F_L = \frac{8}{100} F_M = \frac{8}{100} 1100 = 88 (daN)$$

Para determinar una fuerza equivalente que tenga en cuenta la suma de esfuerzos que provocan los desequilibrios en los conductores aplicaremos el factor de armado, resulta:

$$R_{des} = F_L \cdot K_1 = 88 \cdot (5,221) = 459,48 (daN)$$

TOTAL 3.2.- Desequilibrio de tracciones (L) 5362,87 (daN)

HIPOTESIS 4ª: Rotura de conductores (L).

A partir de los valores calculados estamos en disposición de elegir el tipo de apoyo adecuado.

TOTAL 4.1.- Cargas permanentes 1045,34 (daN)

TOTAL 4.2.- Desequilibrio de tracciones (L) 1306,68 (daN)

Para apoyo debido a los esfuerzos del mismo, seleccionamos un apoyo de celosía **C-7000**, con un fuste de **16 metros** de cimentación empotrable (E), cuya designación es **C-7000-16E**.

La cimentación de todos ellos vendrá determinada según la norma NI 52.10.01 en la que se especifica mediante la Tabla 1.3 de la misma la mínima profundidad de excavación según el tipo de apoyo.

Por tanto la altura libre para el **apoyo 5** será de:

$$h_{\text{libre}} = 16 - 2,13 = \mathbf{13,09 \text{ metros}}$$

La cruceta a utilizar es del tipo cruceta recta simple cuya designación es **RC1-12,5S** con distancia entre conductores de 1,25 metros.

Tabla Apoyo 5 – Ángulo

**APOYO N° 5 - Apoyos de ANCLAJE-ANGULO DOBLE CIRCUITO
CON CADENAS DE AMARRE DE COMPOSITE Y APOYO DE CELOSÍA**

Conductor	147-AL1/34-STIA
Diametro (mm)	17,5
Peso (daN/m)	0,66295

Zona	A
Velocidad Viento km/h	120
Altitud de la línea (Zona C)	0

Fh (daN)	0
Fv (daN)	1100

Desnivel (m)	
h0	243,99
h1	247,09
h2	238,19
N	0,0207

Factor de armado	5,175
Seguridad	1,25

Vanos (m)	
Anterior	87,56
Posterior	103,37
Medio	95,465
Regulador	114,9

Distancia crucetas (m)	1,8
Extensionamiento	NO
Peso Extensionamiento	0
Tipo de cruceta	RECTA SIMPLE
Cruceta intermedia	RC1-12,5-S
Crucetas extremas	RC1-10-S
Altura libre del apoyo	13,09

Ángulo de desvío de la traza	
Grados °	36,275
Minutos ´	0
Segundos ´´	0
Total	36,28

ESFUERZOS EN EL APOYO

1ª HIPÓTESIS: VIENTO

Esf. Horiz (T), daN	4998,27
---------------------	----------------

Esf. Vertical (V) daN	787,57
-----------------------	---------------

2ª HIPÓTESIS: HIELO

Esf. Horiz (T), daN	0,00
---------------------	-------------

Esf. Vertical (V) daN	0,00
-----------------------	-------------

3ª HIPÓTESIS: DESEQUILIBRIO

Esf. Desequilibrio, daN	3792,26
-------------------------	----------------

Esf. Equival..(L) daN	5362,87
-----------------------	----------------

4ª HIPÓTESIS: ROTURA

Esf. Rotura, daN

1045,34

Esf.Torsor, daN.m

1306,68

TIPO DE APOYO	CELOSÍA	ESFUERZO	ALTURA
CARACTERÍSTICAS	C -	7000	16

	ESFUERZOS EN CRUCETA			
	1ª HIPÓTESIS	2ª HIPÓTESIS	3ª HIPÓTESIS	4ª HIPÓTESIS
VERTICALES, daN	108,80	0,00	87,04	87,04
HORIZONTALES, daN	960,55	0,00	732,81	1045,34
CRUCETA ELEGIDA			RC1-10-S	RC1-12,5-S
VALIDEZ DE LA CRUCETA			VÁLIDA	VÁLIDA

Tabla 30: Tabla estudio Apoyo 5

Estudio Apoyo 6 - Alineación

Se requiere del cálculo los esfuerzos que debe soportar un apoyo de alineación, del tipo de chapa metálica según las distintas hipótesis según la tabla 7 de la ITC-LAT 07, resulta:

1º) HIPOTESIS DE VIENTO:

1.9 Cargas permanentes Verticales (V):

k) Peso de conductores:

$$P_{cond} = n p \left[\frac{a_1 + a_2}{2} + \frac{F_{-10+V}}{P'_V} \left(\frac{h_0 - h_1}{a_1} + \frac{h_0 - h_2}{a_2} \right) \right] =$$

$$= 6. 0,66295 \left[\frac{103,37 + 91,68}{2} + \frac{1100}{1,0978} \left(\frac{238,97 - 244,77}{103,37} + \frac{238,97 - 237,47}{91,68} \right) \right] =$$

$$= 312,783 \text{ (daN)}$$

El peso del conductor más la sobrecarga de viento está determinada por

$$P'_V = \sqrt{p^2 + (q d)^2} = \sqrt{0,66295^2 + (50 \cdot 0,0175)^2} = 1,0978 \text{ daN/m}$$

l) Peso de aisladores:

$$n P_{Aisladores} = 6 \cdot 5 = 30 \text{ (daN)}$$

c) Peso de cruceta:

$$P_{SOcruceta} = 2 \cdot 31,6 + 44,6 = 107,8 \text{ (daN)}$$

TOTAL 1.1.- Cargas permanentes 367,30 (daN)

1.10 Esfuerzo del viento normal a la línea (T):

e) Sobre conductores:

Los esfuerzos del viento sobre conductores por fase tienen por valor:

$$\frac{a_1 + a_2}{2} \cdot d \cdot q = \frac{119,52 + 115,12}{2} \cdot 0,0175 \cdot 50 = 102,55 \text{ (daN)}$$

Puesto que estos esfuerzos están aplicados en puntos distintos es preciso calcular el factor de armado de cada uno de ellos, teniendo en cuenta que se emplea un apoyo del tipo CH y los esfuerzos están producidos por encima de cogolla de apoyo, tenemos:

$$K_1 = \frac{4,85 + H_5}{4,6} = \frac{4,85 + 7,2}{4,6} = 2,611$$

por lo que aplicando el factor de armado sobre cada uno de los conductores de la línea:

$$\left(\frac{a_1 + a_2}{2} \cdot d \cdot q \right) (2 \cdot K_1) = 102,55 (2 \cdot 2,611) = 535,54 \text{ (daN)}$$

b) Sobre aisladores:

$$n_{\text{Aisladores/Cadena}} \cdot F_{\text{Viento-Aislador}} \left(\frac{K_1}{2} \right) = 2 \cdot 2,1 \cdot \left(\frac{5,221}{2} \right) = 10,97 \text{ (daN)}$$

c) Sobre cruceta:

A la hora de considerar la acción del viento sobre la cruceta y definir el factor de armado de esta fuerza, se supone que el esfuerzo generado, está aplicado en el punto medio de la cruceta, por lo que respetaremos el armado ya calculado.

Por lo que el viento ejerce una fuerza sobre la cruceta y referida a cogolla de valor:

$$F_{\text{cru}} = 8,5 \cdot \left(\frac{5,221}{2} \right) = 22,19 \text{ daN}$$

TOTAL 1.2.- Esfuerzos producidos por el viento 459,48 (daN)

2º) HIPOTESIS DE HIELO:

Esta hipótesis aparece por estar la línea en zona A, no se tendrá en cuenta según el RLAT 2.21.75.

3º) HIPOTESIS DESEQUILIBRIO DE TRACCIONES:

HIPOTESIS 3ª: Desequilibrio de tracciones.

3.1 Cargas permanentes Verticales (V):

Para el caso de las cargas permanentes Verticales (V), según la ITC-LAT 07, en la **tercera hipótesis** y para la **zona A** en la que nos encontramos, estas serán iguales que las de la **Hipótesis 1**.

TOTAL 3.1.- Cargas permanentes 459,48 (daN)

3.2. Desequilibrio de tracciones (L):

En sentido longitudinal (L) y por fase el desequilibrio de tracciones para un apoyo de alineación y ángulo, por ser el caso más general, tiene por valor:

$$F_L = \frac{8}{100} F_M = \frac{8}{100} 1100 = 88 (daN)$$

Para determinar una fuerza equivalente que tenga en cuenta la suma de esfuerzos que provocan los desequilibrios en los conductores aplicaremos el factor de armado, resulta:

$$R_{des} = F_L \cdot K_1 = 88 \cdot (5,221) = 459,48 (daN)$$

TOTAL 3.2.- Desequilibrio de tracciones (L) 459,48 (daN)

HIPOTESIS 4ª: Rotura de conductores (L).

No se considera este esfuerzo en las líneas de tensión nominal hasta 66 kV, en los apoyos de alineación y de ángulo con cadenas de suspensión y amarre con conductores de carga mínima de rotura inferior a 6600 daN.

A partir de los valores calculados estamos en disposición de elegir el tipo de apoyo adecuado.

Para apoyo debido a los esfuerzos del mismo, seleccionamos un apoyo de celosía **C-1000**, con un fuste de **16 metros** de cimentación empotrable (E), cuya designación es **C-1000-16E**.

La cimentación de todos ellos vendrá determinada según la norma NI 52.10.01 en la que se especifica mediante la Tabla 1.3 de la misma la mínima profundidad de excavación según el tipo de apoyo.

Por tanto la altura libre para el **apoyo 6** será de:

$$h_{\text{libre}} = 16 - 2,13 = \mathbf{13,87 \text{ metros}}$$

La cruceta a utilizar es del tipo cruceta recta simple cuya designación es **RC1-12,5S** con distancia entre conductores de 1,25 metros.

Tabla Apoyo 6 - Alineación

APOYO N° 6 - Apoyos de ALINEACIÓN-ANGULO DOBLE CIRCUITO			
CON CADENAS DE SUSPENSIÓN DE COMPOSITE Y APOYO DE CELOSÍA			
Conductor	147-AL1/34-ST1A	Vanos (m)	
Diametro (mm)	17,5	Anterior	103,37
Peso (daN/m)	0,66295	Posterior	91,68
Zona	A	Medio	97,525
Velocidad Viento km/h	120	Regulador	107,07
Altitud de la línea (Zona C)	0	Distancia crucetas (m)	1,8
Fh (daN)		Extensionamiento	NO
Fv (daN)	1100	Peso Extensionamiento	0
Desnivel (m)		Tipo de cruceta	RECTA SIMPLE
h0	238,97	Cruceta intermedia	RC1-12,5-S
h1	244,77	Crucetas extremas	RC1-10-S
h2	237,47	Altura libre del apoyo	13,87
N	-0,0397	Ángulo de desvío de la traza	
Factor de armado	5,221	Grados °	0
Seguridad	1	Minutos ´	0
		Segundos ´´	0
		Total	0,00

ESFUERZOS EN EL APOYO

1ª HIPÓTESIS: VIENTO

Esf. Horiz (T), daN

478,72

Esf. Vertical (V) daN

367,30

2ª HIPÓTESIS: HIELO

Esf. Horiz (T), daN

0,00

Esf. Vertical (V) daN

0,00

3ª HIPÓTESIS: DESEQUILIBRIO

Esf. Desequilibrio, daN

459,48

Esf. Equival..(L) daN

459,48

TIPO DE APOYO	CELOSÍA	ESFUERZO	ALTURA
CARACTERÍSTICAS	C -	500	16

	ESFUERZOS EN CRUCETA		
	1ª HIPÓTESIS	2ª HIPÓTESIS	3ª HIPÓTESIS
VERTICALES, daN	43,25	0,00	43,25
HORIZONTALES, daN	87,43	0,00	88,00
CRUCETA ELEGIDA		RC1-10-S	RC1-12,5-S
VALIDEZ DE LA CRUCETA		VÁLIDA	VÁLIDA

Tabla 31: Tabla estudio Apoyo 6

Estudio Apoyo 7 - Alineación

Se requiere del cálculo los esfuerzos que debe soportar un apoyo de alineación, del tipo de chapa metálica según las distintas hipótesis según la tabla 7 de la ITC-LAT 07, resulta:

1º) HIPOTESIS DE VIENTO:

1.11

Cargas

permanentes

Verticales (V):

a) Peso de conductores:

$$P_{cond} = n p \left[\frac{a_1 + a_2}{2} + \frac{F_{-10+V}}{P'_V} \left(\frac{h_0 - h_1}{a_1} + \frac{h_0 - h_2}{a_2} \right) \right] =$$

$$= 6 \cdot 0,66295 \left[\frac{126,33 + 87,56}{2} + \frac{1100}{1,0978} \left(\frac{247,87 - 253,67}{126,33} + \frac{247,87 - 244,77}{87,56} \right) \right] =$$

$$= 415,053 \text{ (daN)}$$

El peso del conductor más la sobrecarga de viento está determinada por

$$P'_V = \sqrt{p^2 + (q d)^2} = \sqrt{0,66295^2 + (50 \cdot 0,0175)^2} = 1,0978 \text{ daN / m}$$

b) Peso de aisladores:

$$n P_{Aisladores} = 6 \cdot 5 = 30 \text{ (daN)}$$

c) Peso de cruceta:

$$P_{SO_{cruceta}} = 2 \cdot 31,6 + 44,6 = 107,8 \text{ (daN)}$$

TOTAL 1.1.- Cargas permanentes 566,78(daN)

1.12 Esfuerzo del viento normal a la línea (T):

f) Sobre conductores:

Los esfuerzos del viento sobre conductores por fase tienen por valor:

$$\frac{a_1 + a_2}{2} d q = \frac{119,52 + 115,12}{2} 0,0175 \cdot 50 = 102,55(daN)$$

Puesto que estos esfuerzos están aplicados en puntos distintos es preciso calcular el factor de armado de cada uno de ellos, teniendo en cuenta que se emplea un apoyo del tipo CH y los esfuerzos están producidos por encima de cogolla de apoyo, tenemos:

$$K_1 = \frac{4,85 + H_5}{4,6} = \frac{4,85 + 7,2}{4,6} = 2,611$$

por lo que aplicando el factor de armado sobre cada uno de los conductores de la línea:

$$\left(\frac{a_1 + a_2}{2} d q \right) (2 \cdot K_1) = 102,55 (2 \cdot 2,611) = 535,54 (daN)$$

b) Sobre aisladores:

$$n_{\text{Aisladores Cadena}} \cdot F_{\text{Viento-Aislador}} \left(\frac{K_1}{2} \right) = 2 \cdot 2,1 \cdot \left(\frac{5,221}{2} \right) = 10,97 (daN)$$

c) Sobre cruceta:

A la hora de considerar la acción del viento sobre la cruceta y definir el factor de armado de esta fuerza, se supone que el esfuerzo generado, está aplicado en el punto medio de la cruceta, por lo que respetaremos el armado ya calculado.

Por lo que el viento ejerce una fuerza sobre la cruceta y referida a cogolla de valor:

$$F_{\text{cru}} = 8,5 \cdot \left(\frac{5,221}{2} \right) = 22,19 daN$$

TOTAL 1.2.- Esfuerzos producidos por el viento 512,42 (daN)

2º) HIPOTESIS DE HIELO:

Esta hipótesis aparece por estar la línea en zona A, no se tendrá en cuenta según el RLAT 2.21.75.

3º) HIPOTESIS DESEQUILIBRIO DE TRACCIONES:

HIPOTESIS 3ª: Desequilibrio de tracciones.

3.1 Cargas permanentes Verticales (V):

Para el caso de las cargas permanentes Verticales (V), según la ITC-LAT 07, en la **tercera hipótesis** y para la **zona A** en la que nos encontramos, estas serán iguales que las de la **Hipótesis 1**.

TOTAL 3.1.- Cargas permanentes 459,48 (daN)

3.2. Desequilibrio de tracciones (L):

En sentido longitudinal (L) y por fase el desequilibrio de tracciones para un apoyo de alineación y ángulo, por ser el caso más general, tiene por valor:

$$F_L = \frac{8}{100} F_M = \frac{8}{100} 1100 = 88 (daN)$$

Para determinar una fuerza equivalente que tenga en cuenta la suma de esfuerzos que provocan los desequilibrios en los conductores aplicaremos el factor de armado, resulta:

$$R_{des} = F_L \cdot K_1 = 88 \cdot (5,221) = 459,48 (daN)$$

TOTAL 3.2.- Desequilibrio de tracciones (L) 459,48 (daN)

HIPOTESIS 4ª: Rotura de conductores (L).

No se considera este esfuerzo en las líneas de tensión nominal hasta 66 kV, en los apoyos de alineación y de ángulo con cadenas de suspensión y amarre con conductores de carga mínima de rotura inferior a 6600 daN.

A partir de los valores calculados estamos en disposición de elegir el tipo de apoyo adecuado.

Para apoyo debido a los esfuerzos del mismo, seleccionamos un apoyo de celosía **C-1000**, con un fuste de **16 metros** de cimentación empotrable (E), cuya designación es **C-1000-16E**.

La cimentación de todos ellos vendrá determinada según la norma NI 52.10.01 en la que se especifica mediante la Tabla 1.3 de la misma la mínima profundidad de excavación según el tipo de apoyo.

Por tanto la altura libre para el **apoyo 7** será de:

$$h_{\text{libre}} = 16 - 2,13 = \mathbf{13,87 \text{ metros}}$$

La cruceta a utilizar es del tipo cruceta recta simple cuya designación es **RC1-12,5S** con distancia entre conductores de 1,25 metros.

Tabla Apoyo 7 - Alineación

APOYO Nº 7 - Apoyos de ALINEACIÓN-ANGULO DOBLE CIRCUITO			
CON CADENAS DE SUSPENSIÓN DE COMPOSITE Y APOYO DE CELOSÍA			
Conductor	147-AL1/34-ST1A	Vanos (m)	
Diametro (mm)	17,5	Anterior	91,68
Peso (daN/m)	0,66295	Posterior	73,26
Zona	A	Medio	82,47
Velocidad Viento km/h	120	Regulador	107,07
Altitud de la línea (Zona C)	0	Distancia crucetas (m)	1,8
Fh (daN)		Extensionamiento	NO
Fv (daN)	1100	Peso Extensionamiento	0
Desnivel (m)		Tipo de cruceta	RECTA SIMPLE
h0	237,47	Cruceta intermedia	RC1-12,5-S
h1	238,97	Crucetas extremas	RC1-10-S
h2	237,97	Altura libre del apoyo	13,87
N	-0,0232	Ángulo de desvío de la traza	
Factor de armado	5,221	Grados °	0
Seguridad	1,25	Minutos ´	0
		Segundos ´´	0
		Total	0,00

ESFUERZOS EN EL APOYO			
1ª HIPÓTESIS: VIENTO			
Esf. Horiz (T), daN	512,42	Esf. Vertical (V) daN	466,78
2ª HIPÓTESIS: HIELO			
Esf. Horiz (T), daN	0,00	Esf. Vertical (V) daN	0,00
3ª HIPÓTESIS: DESEQUILIBRIO			
Esf. Desequilibrio, daN	459,48	Esf. Equival..(L) daN	459,48

TIPO DE APOYO	CELOSÍA	ESFUERZO	ALTURA
CARACTERÍSTICAS	C -	1000	16

ESFUERZOS EN CRUCETA			
	1ª HIPÓTESIS	2ª HIPÓTESIS	3ª HIPÓTESIS
VERTICALES, daN	55,34	0,00	44,27
HORIZONTALES, daN	92,83	0,00	88,00
CRUCETA ELEGIDA		RC1-10-S	RC1-12,5-S
VALIDEZ DE LA CRUCETA		VÁLIDA	VÁLIDA

Tabla 32: Tabla estudio Apoyo 7

Estudio Apoyo 8 - Alineación

Se requiere del cálculo los esfuerzos que debe soportar un apoyo de alineación, del tipo de chapa metálica según las distintas hipótesis según la tabla 7 de la ITC-LAT 07, resulta:

1º) HIPOTESIS DE VIENTO:

1.1 Cargas permanentes Verticales (V):

m) Peso de conductores:

$$P_{cond} = n p \left[\frac{a_1 + a_2}{2} + \frac{F_{-10+V}}{P'_V} \left(\frac{h_0 - h_1}{a_1} + \frac{h_0 - h_2}{a_2} \right) \right] =$$

$$= 6 \cdot 0,66295 \left[\frac{126,33 + 87,56}{2} + \frac{1100}{1,0978} \left(\frac{247,87 - 253,67}{126,33} + \frac{247,87 - 244,77}{87,56} \right) \right] =$$

$$= 512,754 \text{ (daN)}$$

El peso del conductor más la sobrecarga de viento está determinada por

$$P'_V = \sqrt{p^2 + (q d)^2} = \sqrt{0,66295^2 + (50 \cdot 0,0175)^2} = 1,0978 \text{ daN/m}$$

n) Peso de aisladores:

$$n P_{Aisladores} = 6 \cdot 5 = 30 \text{ (daN)}$$

c) Peso de cruceta:

$$\text{Peso}_{\text{cruceta}} = 2 \cdot 31,6 + 44,6 = 107,8 \text{ (daN)}$$

TOTAL 1.1.- Cargas permanentes 639,49 (daN)

1.2 Esfuerzo del viento normal a la línea (T):

g) Sobre conductores:

Los esfuerzos del viento sobre conductores por fase tienen por valor:

$$\frac{a_1 + a_2}{2} \cdot d \cdot q = \frac{119,52 + 115,12}{2} \cdot 0,0175 \cdot 50 = 102,55 \text{ (daN)}$$

Puesto que estos esfuerzos están aplicados en puntos distintos es preciso calcular el factor de armado de cada uno de ellos, teniendo en cuenta que se emplea un apoyo del tipo CH y los esfuerzos están producidos por encima de cogolla de apoyo, tenemos:

$$K_1 = \frac{4,85 + H_5}{4,6} = \frac{4,85 + 7,2}{4,6} = 2,611$$

por lo que aplicando el factor de armado sobre cada uno de los conductores de la línea:

$$\left(\frac{a_1 + a_2}{2} \cdot d \cdot q \right) (2 \cdot K_1) = 102,55 (2 \cdot 2,611) = 535,54 \text{ (daN)}$$

b) Sobre aisladores:

$$n_{\text{Aisladores/Cadena}} \cdot F_{\text{Viento-Aislador}} \left(\frac{K_1}{2} \right) = 2 \cdot 2,1 \cdot \left(\frac{5,221}{2} \right) = 10,97 \text{ (daN)}$$

c) Sobre cruceta:

A la hora de considerar la acción del viento sobre la cruceta y definir el factor de armado de esta fuerza, se supone que el esfuerzo generado, está aplicado en el punto medio de la cruceta, por lo que respetaremos el armado ya calculado.

Por lo que el viento ejerce una fuerza sobre la cruceta y referida a cogolla de valor:

$$F_{cru} = 8,5 \cdot \left(\frac{5,221}{2}\right) = 22,19 daN$$

TOTAL 1.2.- Esfuerzos producidos por el viento 481,32 (daN)

2°) HIPOTESIS DE HIELO:

Esta hipótesis aparece por estar la línea en zona A, no se tendrá en cuenta según el RLAT 2.21.75.

3°) HIPOTESIS DESEQUILIBRIO DE TRACCIONES:

HIPOTESIS 3ª: Desequilibrio de tracciones.

3.1 Cargas permanentes Verticales (V):

Para el caso de las cargas permanentes Verticales (V), según la ITC-LAT 07, en la **tercera hipótesis** y para la **zona A** en la que nos encontramos, estas serán iguales que las de la **Hipótesis 1**.

TOTAL 3.1.- Cargas permanentes 459,48 (daN)

3.2. Desequilibrio de tracciones (L):

En sentido longitudinal (L) y por fase el desequilibrio de tracciones para un apoyo de alineación y ángulo, por ser el caso más general, tiene por valor:

$$F_L = \frac{8}{100} F_M = \frac{8}{100} 1100 = 88 (daN)$$

Para determinar una fuerza equivalente que tenga en cuenta la suma de esfuerzos que provocan los desequilibrios en los conductores aplicaremos el factor de armado, resulta:

$$R_{des} = F_L \cdot K_1 = 88 \cdot (5,221) = 459,48 (daN)$$

TOTAL 3.2.- Desequilibrio de tracciones (L) 459,48 (daN)

HIPOTESIS 4ª: Rotura de conductores (L).

No se considera este esfuerzo en las líneas de tensión nominal hasta 66 kV, en los apoyos de alineación y de ángulo con cadenas de suspensión y amarre con conductores de carga mínima de rotura inferior a 6600 daN.

A partir de los valores calculados estamos en disposición de elegir el tipo de apoyo adecuado.

Para apoyo debido a los esfuerzos del mismo, seleccionamos un apoyo de celosía **C-1000**, con un fuste de **16 metros** de cimentación empotrable (E), cuya designación es **C-1000-16E**.

La cimentación de todos ellos vendrá determinada según la norma NI 52.10.01 en la que se especifica mediante la Tabla 1.3 de la misma la mínima profundidad de excavación según el tipo de apoyo.

Por tanto la altura libre para el **apoyo 8** será de:

$$h_{\text{libre}} = 16 - 2,13 = \mathbf{13,87 \text{ metros}}$$

La cruceta a utilizar es del tipo cruceta recta simple cuya designación es **RC1-12,5S** con distancia entre conductores de 1,25 metros.

Tabla Apoyo 8 - Alineación

APOYO Nº 8 - Apoyos de ALINEACIÓN-ANGULO DOBLE CIRCUITO	
CON CADENAS DE SUSPENSIÓN DE COMPOSITE Y APOYO DE CELOSÍA	
Conductor	147-AL1/34-ST1A
Diametro (mm)	17,5
Peso (daN/m)	0,66295
Zona	A
Velocidad Viento km/h	120
Altitud de la línea (Zona C)	0
Fh (daN)	
Fv (daN)	1100
Desnivel (m)	
h0	237,97
h1	237,47
h2	235,37
N	0,0280
Factor de armado	5,221
Vanos (m)	
Anterior	73,26
Posterior	122,93
Medio	98,095
Regulador	107,07
Distancia crucetas (m)	1,8
Extensionamiento	NO
Peso Extensionamiento	0
Tipo de cruceta	RECTA SIMPLE
Cruceta intermedia	RC1-12,5-S
Crucetas extremas	RC1-10-S
Altura libre del apoyo	13,87
Ángulo de desvío de la traza	
Grados °	0
Minutos ´	0

Seguridad	1	Segundos "	0
		Total	0,00

ESFUERZOS EN EL APOYO

1ª HIPÓTESIS: VIENTO

Esf. Horiz (T), daN	481,32	Esf. Vertical (V) daN	639,49
---------------------	--------	-----------------------	--------

2ª HIPÓTESIS: HIELO

Esf. Horiz (T), daN	0,00	Esf. Vertical (V) daN	0,00
---------------------	------	-----------------------	------

3ª HIPÓTESIS: DESEQUILIBRIO

Esf. Desequilibrio, daN	459,48	Esf. Equival..(L) daN	459,48
-------------------------	--------	-----------------------	--------

TIPO DE APOYO	CELOSÍA	ESFUERZO	ALTURA
CARACTERÍSTICAS	C -	500	16

ESFUERZOS EN CRUCETA

	1ª HIPÓTESIS	2ª HIPÓTESIS	3ª HIPÓTESIS
VERTICALES, daN	88,62	0,00	88,62
HORIZONTALES, daN	87,93	0,00	88,00
CRUCETA ELEGIDA		RC1-10-S	RC1-12,5-S
VALIDEZ DE LA CRUCETA		VÁLIDA	VÁLIDA

Tabla 33: Tabla estudio Apoyo 8

Estudio Apoyo 9 - Alineación

Se requiere del cálculo los esfuerzos que debe soportar un apoyo de alineación, del tipo de chapa metálica según las distintas hipótesis según la tabla 7 de la ITC-LAT 07, resulta:

1º) HIPOTESIS DE VIENTO:

1.1 Cargas permanentes Verticales (V):

o) Peso de conductores:

$$P_{cond} = n p \left[\frac{a_1 + a_2}{2} + \frac{F_{-10+V}}{P'_V} \left(\frac{h_0 - h_1}{a_1} + \frac{h_0 - h_2}{a_2} \right) \right] =$$

$$= 6 \cdot 0,66295 \left[\frac{122,93 + 124,32}{2} + \frac{1100}{1,0978} \left(\frac{235,37 - 237,97}{122,93} + \frac{235,37 - 234,17}{124,32} \right) \right] =$$

$$= 435,363 \text{ (daN)}$$

El peso del conductor más la sobrecarga de viento está determinada por

$$P'_V = \sqrt{p^2 + (q d)^2} = \sqrt{0,66295^2 + (50 \cdot 0,0175)^2} = 1,0978 \text{ daN/m}$$

p) Peso de aisladores:

$$n P_{\text{Aisladores}} = 6 \cdot 5 = 30 \text{ (daN)}$$

c) Peso de cruceta:

$$P_{\text{SOcruceta}} = 2 \cdot 31,6 + 44,6 = 107,8 \text{ (daN)}$$

TOTAL 1.1.- Cargas permanentes 583,72 (daN)

1.13 Esfuerzo del viento normal a la línea (T):

h) Sobre conductores:

Los esfuerzos del viento sobre conductores por fase tienen por valor:

$$\frac{a_1 + a_2}{2} d q = \frac{119,52 + 115,12}{2} 0,0175 \cdot 50 = 102,55 \text{ (daN)}$$

Puesto que estos esfuerzos están aplicados en puntos distintos es preciso calcular el factor de armado de cada uno de ellos, teniendo en cuenta que se emplea un apoyo del tipo CH y los esfuerzos están producidos por encima de cogolla de apoyo, tenemos:

$$K_1 = \frac{4,85 + H_5}{4,6} = \frac{4,85 + 7,2}{4,6} = 2,611$$

por lo que aplicando el factor de armado sobre cada uno de los conductores de la línea:

$$\left(\frac{a_1 + a_2}{2} d q \right) (2 \cdot K_1) = 102,55 (2 \cdot 2,611) = 535,54 \text{ (daN)}$$

b) Sobre aisladores:

$$n_{\text{Aisladores/Cadena}} \cdot F_{\text{Viento-Aislador}} \left(\frac{K_1}{2} \right) = 2 \cdot 2,1 \cdot \left(\frac{5,221}{2} \right) = 10,97 \text{ (daN)}$$

c) Sobre cruceta:

A la hora de considerar la acción del viento sobre la cruceta y definir el factor de armado de esta fuerza, se supone que el esfuerzo generado, está aplicado en el punto medio de la cruceta, por lo que respetaremos el armado ya calculado.

Por lo que el viento ejerce una fuerza sobre la cruceta y referida a cogolla de valor:

$$F_{cru} = 8,5 \cdot \left(\frac{5,221}{2}\right) = 22,19 daN$$

TOTAL 1.2.- Esfuerzos producidos por el viento 597,96 (daN)

2°) HIPOTESIS DE HIELO:

Esta hipótesis aparece por estar la línea en zona A, no se tendrá en cuenta según el RLAT 2.21.75.

3°) HIPOTESIS DESEQUILIBRIO DE TRACCIONES:

HIPOTESIS 3ª: Desequilibrio de tracciones.

3.1 Cargas permanentes Verticales (V):

Para el caso de las cargas permanentes Verticales (V), según la ITC-LAT 07, en la **tercera hipótesis** y para la **zona A** en la que nos encontramos, estas serán iguales que las de la **Hipótesis 1**.

TOTAL 3.1.- Cargas permanentes 459,48 (daN)

3.2. Desequilibrio de tracciones (L):

En sentido longitudinal (L) y por fase el desequilibrio de tracciones para un apoyo de alineación y ángulo, por ser el caso más general, tiene por valor:

$$F_L = \frac{8}{100} F_M = \frac{8}{100} 1100 = 88(daN)$$

Para determinar una fuerza equivalente que tenga en cuenta la suma de esfuerzos que provocan los desequilibrios en los conductores aplicaremos el factor de armado, resulta:

$$R_{des} = F_L \cdot K_1 = 88 \cdot (5,221) = 459,48 (daN)$$

TOTAL 3.2.- Desequilibrio de tracciones (L) 459,48 (daN)

HIPOTESIS 4ª: Rotura de conductores (L).

No se considera este esfuerzo en las líneas de tensión nominal hasta 66 kV, en los apoyos de alineación y de ángulo con cadenas de suspensión y amarre con conductores de carga mínima de rotura inferior a 6600 daN.

A partir de los valores calculados estamos en disposición de elegir el tipo de apoyo adecuado.

Para apoyo debido a los esfuerzos del mismo, seleccionamos un apoyo de celosía **C-1000**, con un fuste de **16 metros** de cimentación empotrable (E), cuya designación es **C-1000-16E**.

La cimentación de todos ellos vendrá determinada según la norma NI 52.10.01 en la que se especifica mediante la Tabla 1.3 de la misma la mínima profundidad de excavación según el tipo de apoyo.

Por tanto la altura libre para el **apoyo 9** será de:

$$h_{\text{libre}} = 16 - 2,13 = \mathbf{13,87 \text{ metros}}$$

La cruceta a utilizar es del tipo cruceta recta simple cuya designación es **RC1-12,5S** con distancia entre conductores de 1,25 metros.

Tabla Apoyo 9 - Alineación

APOYO Nº 9 - Apoyos de ALINEACIÓN-ANGULO DOBLE CIRCUITO CON CADENAS DE SUSPENSIÓN DE COMPOSITE Y APOYO DE CELOSÍA			
Conductor	147-AL1/34-ST1A	Vanos (m)	
Diametro (mm)	17,5	Anterior	122,93
Peso (daN/m)	0,66295	Posterior	124,32
Zona	A	Medio	123,625
Velocidad Viento km/h	120	Regulador	107,07
Altitud de la línea (Zona C)	0	Distancia crucetas (m)	1,8
Fh (daN)		Extensionamiento	NO
Fv (daN)	1100	Peso Extensionamiento	0
Desnivel (m)		Tipo de cruceta	RECTA SIMPLE
h0	235,37	Cruceta intermedia	RC1-12,5-S
h1	237,97	Crucetas extremas	RC1-10-S
h2	234,17	Altura libre del apoyo	13,87
N	-0,0115	Ángulo de desvio de la traza	

Factor de armado	5,221	Grados °	0
Seguridad	1	Minutos ´	0
		Segundos ´´	0
		Total	0,00

ESFUERZOS EN EL APOYO

1ª HIPÓTESIS: VIENTO

Esf. Horiz (T), daN	597,96	Esf. Vertical (V) daN	583,72
---------------------	--------	-----------------------	--------

2ª HIPÓTESIS: HIELO

Esf. Horiz (T), daN	0,00	Esf. Vertical (V) daN	0,00
---------------------	------	-----------------------	------

3ª HIPÓTESIS: DESEQUILIBRIO

Esf. Desequilibrio, daN	459,48	Esf. Equival..(L) daN	459,48
-------------------------	--------	-----------------------	--------

TIPO DE APOYO	CELOSÍA	ESFUERZO	ALTURA
CARACTERÍSTICAS	C -	1000	16

	ESFUERZOS EN CRUCETA		
	1ª HIPÓTESIS	2ª HIPÓTESIS	3ª HIPÓTESIS
VERTICALES, daN	79,32	0,00	79,32
HORIZONTALES, daN	110,27	0,00	88,00
CRUCETA ELEGIDA		RC1-10-S	RC1-12,5-S
VALIDEZ DE LA CRUCETA		VÁLIDA	VÁLIDA

Tabla 34: Tabla estudio Apoyo 9

Estudio Apoyo 10 - Alineación

Se requiere del cálculo los esfuerzos que debe soportar un apoyo de alineación, del tipo de chapa metálica según las distintas hipótesis según la tabla 7 de la ITC-LAT 07, resulta:

1º) HIPOTESIS DE VIENTO:

1.1 Cargas permanentes Verticales (V):

q) Peso de conductores:

$$\begin{aligned}
 P_{cond} &= n \cdot p \left[\frac{a_1 + a_2}{2} + \frac{F_{-10+V}}{P'_V} \left(\frac{h_0 - h_1}{a_1} + \frac{h_0 - h_2}{a_2} \right) \right] = \\
 &= 6 \cdot 0,66295 \left[\frac{126,33 + 87,56}{2} + \frac{1100}{1,0978} \left(\frac{247,87 - 253,67}{126,33} + \frac{247,87 - 244,77}{87,56} \right) \right] = \\
 &= 609,785 \text{ (daN)}
 \end{aligned}$$

El peso del conductor más la sobrecarga de viento está determinada por

$$P'_v = \sqrt{p^2 + (q d)^2} = \sqrt{0,66295^2 + (50 \cdot 0,0175)^2} = 1,0978 \text{ daN/m}$$

r) Peso de aisladores:

$$n P_{\text{Aisladores}} = 6 \cdot 5 = 30 \text{ (daN)}$$

c) Peso de cruceta:

$$\text{Peso}_{\text{cruceta}} = 2 \cdot 31,6 + 44,6 = 107,8 \text{ (daN)}$$

TOTAL 1.1.- Cargas permanentes 761,82 (daN)

1.2 Esfuerzo del viento normal a la línea (T):

i) Sobre conductores:

Los esfuerzos del viento sobre conductores por fase tienen por valor:

$$\frac{a_1 + a_2}{2} d q = \frac{119,52 + 115,12}{2} 0,0175 \cdot 50 = 102,55 \text{ (daN)}$$

Puesto que estos esfuerzos están aplicados en puntos distintos es preciso calcular el factor de armado de cada uno de ellos, teniendo en cuenta que se emplea un apoyo del tipo CH y los esfuerzos están producidos por encima de cogolla de apoyo, tenemos:

$$K_1 = \frac{4,85 + H_5}{4,6} = \frac{4,85 + 7,2}{4,6} = 2,611$$

por lo que aplicando el factor de armado sobre cada uno de los conductores de la línea:

$$\left(\frac{a_1 + a_2}{2} d q \right) (2 \cdot K_1) = 102,55 (2 \cdot 2,611) = 535,54 \text{ (daN)}$$

b) Sobre aisladores:

$$n_{\text{Aisladores Cadena}} \cdot F_{\text{Viento-Aislador}} \left(\frac{K_1}{2} \right) = 2 \cdot 2,1 \cdot \left(\frac{5,221}{2} \right) = 10,97 \text{ (daN)}$$

c) Sobre cruceta:

A la hora de considerar la acción del viento sobre la cruceta y definir el factor de armado de esta fuerza, se supone que el esfuerzo generado, está

aplicado en el punto medio de la cruceta, por lo que respetaremos el armado ya calculado.

Por lo que el viento ejerce una fuerza sobre la cruceta y referida a cogolla de valor:

$$F_{cru} = 8,5 \cdot \left(\frac{5,221}{2}\right) = 22,19 daN$$

TOTAL 1.2.- Esfuerzos producidos por el viento 682,43 (daN)

2°) HIPOTESIS DE HIELO:

Esta hipótesis aparece por estar la línea en zona A, no se tendrá en cuenta según el RLAT 2.21.75.

3°) HIPOTESIS DESEQUILIBRIO DE TRACCIONES:

HIPOTESIS 3ª: Desequilibrio de tracciones.

3.1 Cargas permanentes Verticales (V):

Para el caso de las cargas permanentes Verticales (V), según la ITC-LAT 07, en la **tercera hipótesis** y para la **zona A** en la que nos encontramos, estas serán iguales que las de la **Hipótesis 1**.

TOTAL 3.1.- Cargas permanentes 459,48 (daN)

3.2. Desequilibrio de tracciones (L):

En sentido longitudinal (L) y por fase el desequilibrio de tracciones para un apoyo de alineación y ángulo, por ser el caso más general, tiene por valor:

$$F_L = \frac{8}{100} F_M = \frac{8}{100} 1100 = 88 (daN)$$

Para determinar una fuerza equivalente que tenga en cuenta la suma de esfuerzos que provocan los desequilibrios en los conductores aplicaremos el factor de armado, resulta:

$$R_{des} = F_L \cdot K_1 = 88 \cdot (5,221) = 459,48 (daN)$$

TOTAL 3.2.- Desequilibrio de tracciones (L) 459,48 (daN)

HIPOTESIS 4ª: Rotura de conductores (L).

No se considera este esfuerzo en las líneas de tensión nominal hasta 66 kV, en los apoyos de alineación y de ángulo con cadenas de suspensión y amarre con conductores de carga mínima de rotura inferior a 6600 daN.

A partir de los valores calculados estamos en disposición de elegir el tipo de apoyo adecuado.

Para apoyo debido a los esfuerzos del mismo, seleccionamos un apoyo de celosía **C-1000**, con un fuste de **16 metros** de cimentación empotrable (E), cuya designación es **C-1000-16E**.

La cimentación de todos ellos vendrá determinada según la norma NI 52.10.01 en la que se especifica mediante la Tabla 1.3 de la misma la mínima profundidad de excavación según el tipo de apoyo.

Por tanto la altura libre para el **apoyo 10** será de:

$$h_{\text{libre}} = 16 - 2,13 = \mathbf{13,87 \text{ metros}}$$

La cruceta a utilizar es del tipo cruceta recta simple cuya designación es **RC1-12,5S** con distancia entre conductores de 1,25 metros.

Tabla Apoyo 10 - Alineación

**APOYO N° 10 - Apoyos de ALINEACIÓN-ANGULO DOBLE CIRCUITO
CON CADENAS DE SUSPENSIÓN DE COMPOSITE Y APOYO DE CELOSÍA**

Conductor	147-AL1/34-ST1A	Vanos (m)	
Diametro (mm)	17,5	Anterior	124,32
Peso (daN/m)	0,66295	Posterior	100,16
Zona	A	Medio	112,24
Velocidad Viento km/h	120	Regulador	107,07
Altitud de la línea (Zona C)	0	Distancia crucetas (m)	1,8
Fh (daN)		Extensionamiento	NO
Fv (daN)	1100	Peso Extensionamiento	0
Desnivel (m)		Tipo de cruceta	RECTA SIMPLE
h0	234,17	Cruceta intermedia	RC1-12,5-S
		Crucetas extremas	RC1-10-S

h1	235,37	Altura libre del apoyo	13,87
h2	232,57		
N	0,0063	Ángulo de desvío de la traza	
		Grados °	0
Factor de armado	5,221	Minutos ´	0
Seguridad	1,25	Segundos ´´	0
		Total	0,00

ESFUERZOS EN EL APOYO

1ª HIPÓTESIS: VIENTO

Esf. Horiz (T), daN	682,43	Esf. Vertical (V) daN	761,82
---------------------	--------	-----------------------	--------

2ª HIPÓTESIS: HIELO

Esf. Horiz (T), daN	0,00	Esf. Vertical (V) daN	0,00
---------------------	------	-----------------------	------

3ª HIPÓTESIS: DESEQUILIBRIO

Esf. Desequilibrio, daN	459,48	Esf. Equival..(L) daN	459,48
-------------------------	--------	-----------------------	--------

TIPO DE APOYO	CELOSÍA	ESFUERZO	ALTURA
CARACTERÍSTICAS	C -	1000	16

ESFUERZOS EN CRUCETA

	1ª HIPÓTESIS	2ª HIPÓTESIS	3ª HIPÓTESIS
VERTICALES, daN	104,51	0,00	83,61
HORIZONTALES, daN	125,39	0,00	88,00
CRUCETA ELEGIDA		RC1-10-S	RC1-12,5-S
VALIDEZ DE LA CRUCETA		VÁLIDA	VÁLIDA

Tabla 35: Tabla estudio Apoyo 10

Estudio Apoyo 11 – Fin de línea

Se requiere del cálculo los esfuerzos que debe soportar un apoyo de fin de línea, del tipo metálica según las distintas hipótesis según la tabla 7 de la ITC-LAT 07, en la que indica que por líneas de zona A se utilizará la fuerza resultante a -5° y velocidades de viento de **120km/h**, resultando:

1º) HIPOTESIS DE VIENTO:

1.4 Cargas permanentes Verticales (V):

e) Peso de conductores:

$$n \cdot p \left[\frac{a_1}{2} + \frac{F_{-\theta+V}}{P'_V} \cdot \left(\frac{h_0 - h_1}{a_1} \right) \right] = 6 \cdot 0,633 \left[\frac{119,32}{2} + \frac{1100}{1,0978} \left(\frac{269,77 - 262,17}{119,32} \right) \right] = 468,98 \text{ daN}$$

1.1.b Peso de El peso del conductor más la sobrecarga de viento está determinada por

$$P'_v = \sqrt{p^2 + (q d)^2} = \sqrt{0,66295^2 + (50 \cdot 0,0175)^2} = 1,0978 \text{ daN} / m$$

f) Peso de aisladores:

$$n P_{\text{Aisladores}} = 6 \cdot 5 = 30 \text{ (daN)}$$

c) Peso de cruceta:

$$\text{Peso}_{\text{cruceta}} = 2 \cdot 31,6 + 44,6 = 107,8 \text{ (daN)}$$

TOTAL 1.1.- Cargas permanentes 341,67 (daN)

1.2 Esfuerzo del viento sobre conductores a la línea (T):

s) Sobre conductores:

$$d \cdot q \cdot \frac{a_1}{2} \cdot K_1 = 0,0175 \cdot 50 \cdot \frac{119,32}{2} \cdot 5,283 = 275,78 \text{ daN}$$

b) Sobre aisladores:

$$n_{\text{Aisladores' Cadena}} \cdot F_{\text{Viento-Aislador}} \left(\frac{K_1}{2} \right) = 2 \cdot 2,1 \cdot \left(\frac{5,283}{2} \right) = 11,09 \text{ (daN)}$$

c) Sobre cruceta:

A la hora de considerar la acción del viento sobre la cruceta y definir el factor de armado de esta fuerza, se supone que el esfuerzo generado, está aplicado en el punto medio de la cruceta, por lo que respetaremos el armado ya calculado.

Por lo que el viento ejerce una fuerza sobre la cruceta y referida a cogolla de valor:

$$F_{\text{cru}} = 8,5 \cdot \left(\frac{5,283}{2} \right) = 22,49 \text{ daN}$$

TOTAL 1.2.- Esfuerzos por viento 341,67 (daN)

1.3 Desequilibrio de tracciones (L)

Se considera la fuerza a -5°C con sobrecarga de viento, y teniendo en cuenta el factor de armado el desequilibrio será de:

$$DESEQUILIBRIO = F_{\theta-5^{\circ}} \cdot K_1 = 1100 \cdot 6,163 = 6123,52 \text{ daN}$$

TOTAL 1.3.- Desequilibrio (L) 6123,52 (daN)

Esfuerzo resultante 1.2 y 1.3 (L)

Este esfuerzo es la suma de viento más desequilibrio y es longitudinal, es decir:

$$L = VIENTO + DESEQUILIBRIO = 309,35 + 5881,68 = 6121,03 \text{ daN}$$

En resumen en 1º Hipótesis con viento normal a la línea los esfuerzos verticales (V) y longitudinales (L) son:

$$V = 341,67 \text{ daN} \qquad L = 7423,54 \text{ daN}$$

2º Esfuerzos según la 2ª hipótesis (HIELO).

Puesto que la línea discurre por zona A no es necesario considerar esta hipótesis.

3º Esfuerzos según la 4ª hipótesis (ROTURA DE CONDUCTORES).

4.1 Cargas permanentes (V)

Estas cargas han sido ya calculadas en la 2ª hipótesis y su valor es de 1100 daN.

TOTAL 4.1.- Cargas permanentes (V) 1100 (daN)

4.2 Esfuerzo por rotura de conductores

Como más desfavorable se considera la rotura de un conductor de las fases extremos, y la fuerza del conductor es bajo la hipótesis de -5°C . Por otro lado el brazo de cruceta para una cruceta bóveda plana es de 1,25 metros, como el fabricante de apoyos según norma UNE 207017:2005 ensaya su apoyo con un brazo de 1,25 metros se cumple:

$$F = 1100 \cdot 1,25 = 1375 \text{ daN}$$

En resumen en la 4ª Hipótesis rotura de conductores, los esfuerzos verticales (V) y la fuerza torsora son de:

$$V = 1100 \text{ daN} \quad T = 1375 \text{ daN}$$

4º Elección de apoyo.

Tenemos todos los datos necesarios para elegir el apoyo mínimo necesario. En efecto conocemos que la ecuación resistente del apoyo es de la forma $V + 5 H = \text{cte}$ cuyo valor tomado de la tabla 2 de la norma UNE 207017:2005 es:

Tabla 2
Ecuación resistente para K = 5

Carga nominal daN	Cargas especificadas		Ecuación resistente V+K·H	Valor máximo de H daN
	Carga de trabajo más sobrecarga daN			
	V	H		
500	600	500	3 100	500
1 000	600	1 000	5 600	1 000
2 000	600	2 000	10 600	2 000
3 000	800	3 000	15 800	3 000
4 500	800	4 500	23 300	4 500
7 000	1 200	7 000	36 200	7 000
9 000	1 200	9 000	46 200	9 000

En relación con la rotura sabemos que los apoyos de celosía según norma UNE 207017:2005 soportan los esfuerzos indicados por la tabla 1 de la mencionada norma.

Para este tipo de apoyos debido a los esfuerzos de los mismos, son de celosía **C-7000**, con un fuste de **18 metros** de cimentación empotrable (E), con cruceta recta simple **RC1-12,5S** cuya distancia entre conductores es de 1,25 metros.

La nomenclatura es **C-7000 18E** con crucetas **RC1-12,5S**

$$h_{\text{libre}} = 16 - 3,09 = \mathbf{12,91 \text{ metros}}$$

Tabla Apoyo 11 - Fin de línea

APOYO N° 1 - Apoyos de PRINCIPIO O FIN DE LÍNEA DOBLE CIRCUITO			
CON CADENAS DE AMARRE DE COMPOSITE Y APOYO DE CELOSÍA			
Conductor	147-AL1/34-ST1A	Vanos (m)	
Diametro (mm)	17,5	Anterior	100,16
Peso (daN/m)	0,66295	Medio	50,08
		Regulador	107,07
Zona	A	Distancia crucetas (m)	1,8
Velocidad Viento km/h	120	Extensionamiento	NO
Altitud de la línea (Zona C)	0	Peso Extensionamiento	0
Fh (daN)		Tipo de cruceta	RECTA SIMPLE
Fv (daN)	1100	Cruceta intermedia	RC1-12,5-S
		Crucetas extremas	RC1-10-S
Desnivel (m)		Altura libre del apoyo	12,91
h0	231,61		
h1	233,21		

N	-0,0160	Factor de armado	5,163
		Seguridad	1,25

ESFUERZOS EN EL APOYO

1ª HIPÓTESIS: VIENTO

Esf. Horiz (T), daN	7423,54	Esf. Vertical (V) daN	341,67
---------------------	---------	-----------------------	--------

2ª HIPÓTESIS: HIELO

Esf. Horiz (T), daN	0,00	Esf. Vertical (V) daN	0,00
---------------------	------	-----------------------	------

4ª HIPÓTESIS: ROTURA

Esf. Rotura, daN	1100,00	Esf. Torsor, daN.m	1375,00
------------------	---------	--------------------	---------

TIPO DE APOYO	CELOSÍA	ESFUERZO	ALTURA
CARACTERÍSTICAS	C -	9000	16

ESFUERZOS EN CRUCETA			
	1ª HIPÓTESIS	2ª HIPÓTESIS	4ª HIPÓTESIS
VERTICALES, daN	34,49	0,00	27,59
HORIZONTALES, daN	1432,40	0,00	1100,00
CRUCETA ELEGIDA		RC1-10-S	RC1-12,5-S
VALIDEZ DE LA CRUCETA		VÁLIDA	VÁLIDA

Tabla 36: Tabla estudio Apoyo 11

Tabla final resumen Apoyos

DENOMINACIÓN	FUNCIÓN	TIPO	CRUCETA
APOYO N°1	PRINCIPIO LINEA	C-7000 18E	RC1-12,5-S/RC1-10-S
APOYO N°2	ALINEACION	C-1000 16E	RC1-12,5-S/RC1-10-S
APOYO N°3	ALINEACION	C-1000 16E	RC1-12,5-S/RC1-10-S
APOYO N°4	ALINEACION	C-1000 16E	RC1-12,5-S/RC1-10-S
APOYO N°5	ANCLAJE-ANGULO	C-7000 16E	RC1-12,5-S/RC1-10-S
APOYO N°6	ALINEACION	C-1000 16E	RC1-12,5-S/RC1-10-S
APOYO N°7	ALINEACION	C-1000 16E	RC1-12,5-S/RC1-10-S
APOYO N°8	ALINEACION	C-1000 16E	RC1-12,5-S/RC1-10-S
APOYO N°9	ALINEACION	C-1000 16E	RC1-12,5-S/RC1-10-S
APOYO N°10	ALINEACION	C-1000 16E	RC1-12,5-S/RC1-10-S
APOYO N°11	FIN DE LINEA	C-9000 16E	RC1-12,5-S/RC1-10-S

Tabla 37: Tabla final resumen Apoyos

1.2.9 Desvío de Cadenas y Tiro Vertical

Tras el cálculo de las alturas libres se realiza la comprobación según la ITC-LAT 07 y los parámetros correspondientes de la empresa distribuidora (Iberdrola). El estudio se realizará únicamente en los apoyos de alineación, siendo estos los únicos donde las cadenas de aisladores trabajan en posición vertical.

Para determinar el ángulo de inclinación de las cadenas de aisladores se adoptaran a efectos de cálculo un valor de inclinación de **72,953°** como dicta Iberdrola en apoyos que presenten tiros verticales ascendentes.

Por otro lado, el peso del conductor va en función del valor de la fuerza, para su estudio se ha seleccionado como fuerza más desfavorable **F-5°C sin sobrecarga de viento** de cada uno de los vanos reguladores.

De acuerdo con el apartado 5.4.2 de la ITC-LAT 07, la distancia entre conductores y partes puestas a tierra, bajo una presión de viento mitad sobre conductores y cadenas de suspensión no deberá ser inferior a D_{el} ; en nuestro caso según el apartado 5.2 de la ITC, el valor de $D_{el} = 0.22 \text{ m}$.

La tracción a aplicar esta hipótesis será la del vano de regulación con presión de viento mitad a -5°C en zona A.

Para el estudio de ángulo de desvío como para el peso del conductor, los apoyos no se encuentran situados al mismo nivel por lo que no son de las mismas características, lo cual hace necesario además de la cota, el punto de engrape de cada uno de los apoyos.

Se considera, que tanto aisladores y herrajes están contenidos en un cilindro de longitud L y diámetro D. Siguiendo el esquema anterior y tomando momentos respecto a "O", que es el punto de giro de la cadena.

La expresión a utilizar para determinar si existe tiro vertical es:

$$P_c = p a_v + F_{-5^\circ} \cdot \left(\frac{h_0 - h_1}{a_1} + \frac{h_0 - h_2}{a_2} \right)$$

La tangente del ángulo de desvío de cadenas de suspensión respecto a la vertical, vendrá definida por la siguiente expresión:

$$tg \delta = \frac{2 F_{\theta + \frac{v}{2}} \operatorname{sen} \frac{\alpha}{2} + \frac{q}{2} d a_v \cos \frac{\alpha}{2} + \frac{Q_v}{2}}{p a_v + F_{\theta + \frac{v}{2}} \left(\frac{h_0 - h_1}{a_1} + \frac{h_0 - h_2}{a_2} \right) + \frac{Q}{2}}$$

En el apartado correspondiente de anexo de cálculo se resolverá el tiro y la tangente del ángulo correspondiente a cada apoyo.

Estudio Apoyo 2

1.3 Tiro vertical apoyo 2

TOTAL 1.1.- Tiro vertical 66,34(daN) > 0 daN

NO existe tiro vertical

1.4 Tangente del ángulo de desvío

TOTAL 1.2.- Tangente del ángulo de desvío 0,732 (daN)

1.2.1- Ángulo de desvío 36,2° < 72,93°

NO existe desvío de cadenas

Tiro vertical apoyo 2

$$P_c = p a_v + F_{-5^\circ} \cdot \left(\frac{h_0 - h_1}{a_1} + \frac{h_0 - h_2}{a_2} \right)$$

Siendo:

P_c: Peso del conductor daN

p: Peso del conductor (por metro) daN/m

h₀: Altura respecto el nivel del mar del apoyo anterior (m)

h₁: Altura respecto el nivel del mar del apoyo estudiado (m)

h₂: Altura respecto el nivel del mar del apoyo posterior (m)

a₁: Longitud del apoyo anterior (m)

a₂: Longitud del apoyo posterior (m)

Sustituyendo los valores pertinentes:

$$P_c = 0,633 \cdot \frac{119,32+115,12}{2} + 1100 \cdot \left(\frac{260,97-269,77}{119,32} + \frac{260,97-253,67}{115,12} \right) = 66,34 \text{ daN}$$

66,34 daN > 0 daN No existe tiro vertical

Tangente del ángulo de desvío

$$\operatorname{tg} \delta = \frac{2 F_{\theta + \frac{v}{2}} \operatorname{sen} \frac{\alpha}{2} + \frac{q}{2} d a_v \cos \frac{\alpha}{2} + \frac{Q_v}{2}}{p a_v + F_{\theta + \frac{v}{2}} \left(\frac{h_0 - h_1}{a_1} + \frac{h_0 - h_2}{a_2} \right) + \frac{Q}{2}}$$

Siendo:

h₀: Altura respecto el nivel del mar del apoyo anterior (m)

h₁: Altura respecto el nivel del mar del apoyo estudiado (m)

h₂: Altura respecto el nivel del mar del apoyo posterior (m)

a₁: Longitud del apoyo anterior (m)

a₂: Longitud del apoyo posterior (m)

a_v: Aelovano (m)

Q: Peso aislador daN

Sustituyendo los valores pertinentes:

$$tg \delta = \frac{2 \cdot 911 \cdot \sin \frac{0}{2} + \frac{50}{2} \cdot 17,5 \cdot 117,22 \cdot \cos \frac{0}{2} + \frac{5}{2}}{0,633 \cdot 117,22 + 911 \cdot \left(\frac{260,97 - 269,77}{119,32} + \frac{260,97 - 253,67}{115,12} \right) + \frac{5}{2}} = 0,732$$

$$\delta = 36,2 < 72,93$$

Tabla Excel apoyo 2

APOYO N° 2- INCLINACIÓN DE CADENAS

Conductor	147-AL1/34-ST1A	Vanos (m)	
Diametro (mm)	17,5	Anterior	119,32
Peso (daN/m)	0,66295	Posterior	115,12
		Medio	117,22
Fuerza con V/2	911	Regulador	114,9

Desnivel (m)		Ángulo de desvío de la traza	
h0	260,97	Grados °	0
h1	269,77	Minutos ´	0
h2	253,67	Segundos ´´	0
N	-0,0103	Total	0,00

N° aisladores/cadena	1	Ángulo máximo de desvío	72,93
Tipo de aislador	SINTÉTICO	Fuerza del viento "q"	50
Peso aislador	5		
Viento sobre aislador	1,05		

Tangente de δ°	0,732
Ángulo de desvío	36,20

Valido Suspensión	VALIDO
-------------------	---------------

APOYO N° 2 - TIRO VERTICAL

Fuerza más desfavorable	1100	Peso conductor daN	66,34
-------------------------	-------------	--------------------	--------------

Tiro vertical	NO EXISTE TIRO
---------------	-----------------------

Tabla 38: Tabla Excel Apoyo 2

Estudio Apoyo 3

1.3 Tiro vertical apoyo 3

TOTAL 1.1.- Tiro vertical 60,78 (daN) > 0 daN

NO existe tiro vertical

1.4 Tangente del ángulo de desvío

TOTAL 1.2.- Tangente del ángulo de desvío 0,802 (daN)

1.2.1- Ángulo de desvío 38,72° < 72,93°

NO existe desvío de cadenas

Tiro vertical apoyo 3

$$P_c = pa_v + F_{-5^\circ} \cdot \left(\frac{h_0 - h_1}{a_1} + \frac{h_0 - h_2}{a_2} \right)$$

Siendo:

Pc: Peso del conductor daN

p: Peso del conductor (por metro) daN/m

h₀: Altura respecto el nivel del mar del apoyo anterior (m)

h₁: Altura respecto el nivel del mar del apoyo estudiado (m)

h₂: Altura respecto el nivel del mar del apoyo posterior (m)

a₁: Longitud del apoyo anterior (m)

a₂: Longitud del apoyo posterior (m)

Sustituyendo los valores pertinentes :

$$P_C = 0,633 \cdot \frac{115,12+126,53}{2} + 1100 \cdot \left(\frac{253,67-260,97}{115,12} + \frac{253,67-247,87}{126,53} \right) = 60,77 \text{ daN}$$

60,77 daN > 0 daN No existe tiro vertical

Tangente del ángulo de desvío

$$tg \delta = \frac{2 F_{\theta + \frac{V}{2}} \operatorname{sen} \frac{\alpha}{2} + \frac{q}{2} d a_v \cos \frac{\alpha}{2} + \frac{Q_v}{2}}{p a_v + F_{\theta + \frac{V}{2}} \left(\frac{h_0 - h_1}{a_1} + \frac{h_0 - h_2}{a_2} \right) + \frac{Q}{2}}$$

Siendo:

h₀: Altura respecto el nivel del mar del apoyo anterior (m)

h₁: Altura respecto el nivel del mar del apoyo estudiado (m)

h₂: Altura respecto el nivel del mar del apoyo posterior (m)

a₁: Longitud del apoyo anterior (m)

a₂: Longitud del apoyo posterior (m)

a_v: Aelovano (m)

Q: Peso aislador daN

Sustituyendo los valores pertinentes:

$$tg \delta = \frac{2 \cdot 911 \cdot \operatorname{sen} \frac{0}{2} + \frac{50}{2} \cdot 17,5 \cdot 120,83 \cdot \cos \frac{0}{2} + \frac{5}{2}}{0,633 \cdot 120,83 + 911 \cdot \left(\frac{253,67 - 260,97}{115,12} + \frac{253,67 - 247,87}{126,53} \right) + \frac{5}{2}} = 0,802$$

$$\delta = 38,72 < 72,93$$

Tabla Excel apoyo 3

APOYO N° 3- INCLINACIÓN DE CADENAS

Conductor	147-AL1/34-ST1A	Vanos (m)	
Diametro (mm)	17,5	Anterior	115,12
Peso (daN/m)	0,66295	Posterior	126,53
		Medio	120,825
Fuerza con V/2	911	Regulador	114,9
Desnivel (m)		Ángulo de desvío de la traza	
h ₀	253,67	Grados °	0
h ₁	260,97	Minutos ´	0

h2	247,87	Segundos "	0
N	-0,0176	Total	0,00

N° aisladores/cadena	1	Ángulo máximo de desvío	72,93
Tipo de aislador	SINTÉTICO	Fuerza del viento "q"	50
Peso aislador	5		
Viento sobre aislador	1,05		

Tangente de δ°	0,802
Ángulo de desvío	38,72
Valido Suspensión	VALIDO

APOYO N° 3 - TIRO VERTICAL

Fuerza más desfavorable	1100	Peso conductor daN	60,77
-------------------------	------	--------------------	-------

Tiro vertical	NO EXISTE TIRO
---------------	----------------

Tabla 39: Tabla Excel Apoyo 3

Estudio Apoyo 4

1.3 Tiro vertical apoyo 4

TOTAL 1.1.- Tiro vertical 59,49 (daN) > 0 daN

NO existe tiro vertical

1.4 Tangente del ángulo de desvío

TOTAL 1.2.- Tangente del ángulo de desvío 0,74 (daN)

1.2.1- Ángulo de desvío 36,52° < 72,93°

NO existe desvío de cadenas

Tiro vertical apoyo 4

$$P_c = pa_v + F_{-5^\circ} \cdot \left(\frac{h_0 - h_1}{a_1} + \frac{h_0 - h_2}{a_2} \right)$$

Siendo:

Pc: Peso del conductor daN

p: Peso del conductor (por metro) daN/m

h_0 : Altura respecto el nivel del mar del apoyo anterior (m)

h_1 : Altura respecto el nivel del mar del apoyo estudiado (m)

h_2 : Altura respecto el nivel del mar del apoyo posterior (m)

a_1 : Longitud del apoyo anterior (m)

a_2 : Longitud del apoyo posterior (m)

Sustituyendo los valores pertinentes :

$$P_C = 0,633 \cdot \frac{126,53+87,56}{2} + 1100 \cdot \left(\frac{247,87-253,67}{126,53} + \frac{247,87-244,77}{87,56} \right) = 59,49 \text{ daN}$$

59,49 daN > 0 daN No existe tiro vertical

Tangente del ángulo de desvío

$$\operatorname{tg} \delta = \frac{2 F_{\theta + \frac{v}{2}} \operatorname{sen} \frac{\alpha}{2} + \frac{q}{2} d a_v \cos \frac{\alpha}{2} + \frac{Q_v}{2}}{p a_v + F_{\theta + \frac{v}{2}} \left(\frac{h_0 - h_1}{a_1} + \frac{h_0 - h_2}{a_2} \right) + \frac{Q}{2}}$$

Siendo:

h_0 : Altura respecto el nivel del mar del apoyo anterior (m)

h_1 : Altura respecto el nivel del mar del apoyo estudiado (m)

h_2 : Altura respecto el nivel del mar del apoyo posterior (m)

a_1 : Longitud del apoyo anterior (m)

a_2 : Longitud del apoyo posterior (m)

a_v : Aelovano (m)

Q: Peso aislador daN

Sustituyendo los valores pertinentes:

$$\operatorname{tg} \delta = \frac{2 \cdot 911 \cdot \operatorname{sen} \frac{0}{2} + \frac{50}{2} \cdot 17,5 \cdot 107,05 \cdot \cos \frac{0}{2} + \frac{5}{2}}{0,633 \cdot 107,05 + 911 \cdot \left(\frac{247,87 - 253,67}{126,53} + \frac{247,87 - 244,77}{87,56} \right) + \frac{5}{2}} = 0,74$$

$$\delta = 36,52 < 72,93$$

Tabla Excel apoyo 4

APOYO N° 4- INCLINACIÓN DE CADENAS

Conductor	147-AL1/34-ST1A	Vanos (m)	
Diametro (mm)	17,5	Anterior	126,53
Peso (daN/m)	0,66295	Posterior	87,56
Fuerza con V/2		Medio	107,045
		Regulador	114,9

Desnivel (m)		Ángulo de desvío de la traza	
h0	247,87	Grados °	0
h1	253,67	Minutos ´	0
h2	244,77	Segundos ´´	0
N	-0,0104	Total	0,00

Nº aisladores/cadena	1	Ángulo máximo de desvío	72,93
Tipo de aislador	SINTÉTICO	Fuerza del viento "q"	50
Peso aislador	5		
Viento sobre aislador	1,05		

Tangente de δ°	0,740
Ángulo de desvío	36,52
Valido Suspensión	VALIDO

APOYO Nº 4 - TIRO VERTICAL

Fuerza más desfavorable	1100	Peso conductor daN	59,49
-------------------------	-------------	--------------------	--------------

Tiro vertical	NO EXISTE TIRO
---------------	-----------------------

Tabla 40: Tabla Excel Apoyo 4

Estudio Apoyo 5

1.3 Tiro vertical apoyo 5

TOTAL 1.1.- Tiro vertical **86,06 (daN) > 0 daN**

NO existe tiro vertical

1.4 Tangente del ángulo de desvío

TOTAL 1.2.- Tangente del ángulo de desvío **7,242 (daN)**

1.2.1- Ángulo de desvío

$$82,14^\circ < 72,93^\circ$$

NO existe desvío de cadenas

Para este apartado, al tratarse de anclaje-ángulo, se incluirá en el ángulo de desvío de la traza ($36,275^\circ$), resolviéndose como:

Tiro vertical apoyo 3

$$P_c = p a_v + F_{-5^\circ} \cdot \left(\frac{h_0 - h_1}{a_1} + \frac{h_0 - h_2}{a_2} \right)$$

Siendo:

P_c: Peso del conductor daN

p: Peso del conductor (por metro) daN/m

h₀: Altura respecto el nivel del mar del apoyo anterior (m)

h₁: Altura respecto el nivel del mar del apoyo estudiado (m)

h₂: Altura respecto el nivel del mar del apoyo posterior (m)

a₁: Longitud del apoyo anterior (m)

a₂: Longitud del apoyo posterior (m)

Sustituyendo los valores pertinentes :

$$P_c = 0,633 \cdot \frac{87,56+103,37}{2} + 1100 \cdot \left(\frac{243,99-247,09}{87,56} + \frac{243,99-238,19}{103,37} \right) = 86,06 \text{ daN}$$

$$86,06 \text{ daN} > 0 \text{ daN} \quad \text{No existe tiro vertical}$$

Tangente del ángulo de desvío

$$\operatorname{tg} \delta = \frac{2 F_{\theta + \frac{v}{2}} \operatorname{sen} \frac{\alpha}{2} + \frac{q}{2} d a_v \cos \frac{\alpha}{2} + \frac{Q_v}{2}}{p a_v + F_{\theta + \frac{v}{2}} \left(\frac{h_0 - h_1}{a_1} + \frac{h_0 - h_2}{a_2} \right) + \frac{Q}{2}}$$

Siendo:

h₀: Altura respecto el nivel del mar del apoyo anterior (m)

h₁: Altura respecto el nivel del mar del apoyo estudiado (m)

h₂: Altura respecto el nivel del mar del apoyo posterior (m)

a₁: Longitud del apoyo anterior (m)

a₂: Longitud del apoyo posterior (m)

a_v: Aelovano (m)

Q: Peso aislador daN

Sustituyendo los valores pertinentes:

$$tg \delta = \frac{2 \cdot 923 \cdot \text{sen} \frac{36,28}{2} + \frac{50}{2} \cdot 17,5 \cdot 95,465 \cdot \cos \frac{36,28}{2} + \frac{5}{2}}{0,633 \cdot 95,465 + 923 \cdot \left(\frac{243,99 - 247,09}{87,56} + \frac{243,99 - 238,19}{103,37} \right) + \frac{5}{2}} = 7,242$$

$$\delta = 82,14 > 72,93$$

Al tratarse de un apoyo de ángulo (no alineación como el resto estudiados), su ángulo de desvío es superior al máximo, por lo que se sustituyen los aisladores de suspensión por unos de amarre.

Tabla Excel apoyo 5

APOYO N° 5- INCLINACIÓN DE CADENAS

Conductor	147-AL1/34-ST1A	Vanos (m)	
Diametro (mm)	17,5	Anterior	87,56
Peso (daN/m)	0,66295	Posterior	103,37
		Medio	95,465
		Regulador	107,07
Fuerza con V/2	923		

Desnivel (m)		Ángulo de desvío de la traza	
h0	243,99	Grados °	36,275
h1	247,09	Minutos ´	0
h2	238,19	Segundos ´´	0
N	0,0207	Total	36,28

N° aisladores/cadena	1	Ángulo maximo de desvío	72,93
Tipo de aislador	SINTÉTICO	Fuerza del viento "q"	50
Peso aislador	5		
Viento sobre aislador	1,05		

Tangente de δ°	7,242
Ángulo de desvío	82,14
Valido Suspensión	VALIDO

APOYO N° 5 - TIRO VERTICAL

Fuerza más desfavorable	1100	Peso conductor daN	86,06
-------------------------	-------------	--------------------	--------------

Tiro vertical	NO EXISTE TIRO
---------------	-----------------------

Tabla 41: Tabla Excel Apoyo 5

Estudio Apoyo 6

1.3 Tiro vertical apoyo 6

TOTAL 1.1.- Tiro vertical 20,93 (daN) > 0 daN

NO existe tiro vertical

1.4 Tangente del ángulo de desvío

TOTAL 1.2.- Tangente del ángulo de desvío 1,418 (daN)

1.2.1- Ángulo de desvío 54,80° < 72,93°

NO existe desvío de cadenas

Tiro vertical apoyo 6

$$P_c = pa_v + F_{-5^\circ} \cdot \left(\frac{h_0 - h_1}{a_1} + \frac{h_0 - h_2}{a_2} \right)$$

Siendo:

P_c: Peso del conductor daN

p: Peso del conductor (por metro) daN/m

h₀: Altura respecto el nivel del mar del apoyo anterior (m)

h₁: Altura respecto el nivel del mar del apoyo estudiado (m)

h₂: Altura respecto el nivel del mar del apoyo posterior (m)

a₁: Longitud del apoyo anterior (m)

a₂: Longitud del apoyo posterior (m)

Sustituyendo los valores pertinentes :

$$P_c = 0,633 \cdot \frac{103,37+91,68}{2} + 1100 \cdot \left(\frac{238,97-244,77}{103,37} + \frac{238,97-237,47}{91,68} \right) = 20,93 \text{ daN}$$

20,93 daN > 0 daN No existe tiro vertical

Tangente del ángulo de desvío

$$tg \delta = \frac{2 F_{\theta + \frac{V}{2}} \cdot \sin \frac{\alpha}{2} + \frac{q}{2} d a_v \cos \frac{\alpha}{2} + \frac{Q_v}{2}}{p a_v + F_{\theta + \frac{V}{2}} \left(\frac{h_0 - h_1}{a_1} + \frac{h_0 - h_2}{a_2} \right) + \frac{Q}{2}}$$

Siendo:

h_0 : Altura respecto el nivel del mar del apoyo anterior (m)

h_1 : Altura respecto el nivel del mar del apoyo estudiado (m)

h_2 : Altura respecto el nivel del mar del apoyo posterior (m)

a_1 : Longitud del apoyo anterior (m)

a_2 : Longitud del apoyo posterior (m)

a_v : Aelovano (m)

Q: Peso aislador daN

Sustituyendo los valores pertinentes:

$$tg \delta = \frac{2 \cdot 923 \cdot \sin \frac{0}{2} + \frac{50}{2} \cdot 17,5 \cdot 97,525 \cdot \cos \frac{0}{2} + \frac{5}{2}}{0,633 \cdot 97,525 + 923 \cdot \left(\frac{238,97 - 244,77}{103,37} + \frac{238,97 - 237,47}{91,68} \right) + \frac{5}{2}} = 1,418$$

$$\delta = 54,80 < 72,93$$

Tabla Excel apoyo 6

APOYO N° 6- INCLINACIÓN DE CADENAS

Conductor	147-AL1/34-ST1A	Vanos (m)	
Diametro (mm)	17,5	Anterior	103,37
Peso (daN/m)	0,66295	Posterior	91,68
		Medio	97,525
Fuerza con V/2	923	Regulador	107,07

Desnivel (m)		Ángulo de desvío de la traza	
h0	238,97	Grados °	0
h1	244,77	Minutos ´	0
h2	237,47	Segundos ´´	0
N	-0,0397	Total	0,00

N° aisladores/cadena	1	Ángulo máximo de desvío	72,93
Tipo de aislador	SINTÉTICO	Fuerza del viento "q"	50

Peso aislador	5
Viento sobre aislador	1,05

Tangente de δ°	1,418
Ángulo de desvío	54,80
Valido Suspensión	VALIDO

APOYO N° 6 - TIRO VERTICAL

Fuerza más desfavorable	1100	Peso conductor daN	20,93
-------------------------	-------------	--------------------	--------------

Tiro vertical	NO EXISTE TIRO
---------------	-----------------------

Tabla 42: Tabla Excel Apoyo 6

Estudio Apoyo 7

1.3 Tiro vertical apoyo 7

TOTAL 1.1.- Tiro vertical 29,17 (daN) > 0 daN

NO existe tiro vertical

1.4 Tangente del ángulo de desvío

TOTAL 1.2.- Tangente del ángulo de desvío 1,023 (daN)

1.2.1- Ángulo de desvío 45,66° < 72,93°

NO existe desvío de cadenas

Tiro vertical apoyo 7

$$P_c = pa_v + F_{-5^\circ} \cdot \left(\frac{h_0 - h_1}{a_1} + \frac{h_0 - h_2}{a_2} \right)$$

Siendo:

Pc: Peso del conductor daN

p: Peso del conductor (por metro) daN/m

h₀: Altura respecto el nivel del mar del apoyo anterior (m)

h₁: Altura respecto el nivel del mar del apoyo estudiado (m)

h_2 : Altura respecto el nivel del mar del apoyo posterior (m)

a_1 : Longitud del apoyo anterior (m)

a_2 : Longitud del apoyo posterior (m)

Sustituyendo los valores pertinentes :

$$P_C = 0,633 \cdot \frac{91,68+73,26}{2} + 1100 \cdot \left(\frac{237,47-238,97}{91,68} + \frac{237,47-237,97}{73,26} \right) = 29,17 \text{ daN}$$

29,17 daN > 0 daN No existe tiro vertical

Tangente del ángulo de desvío

$$tg \delta = \frac{2 F_{\theta + \frac{v}{2}} \operatorname{sen} \frac{\alpha}{2} + \frac{q}{2} d a_v \cos \frac{\alpha}{2} + \frac{Q_v}{2}}{p a_v + F_{\theta + \frac{v}{2}} \left(\frac{h_0 - h_1}{a_1} + \frac{h_0 - h_2}{a_2} \right) + \frac{Q}{2}}$$

Siendo:

h_0 : Altura respecto el nivel del mar del apoyo anterior (m)

h_1 : Altura respecto el nivel del mar del apoyo estudiado (m)

h_2 : Altura respecto el nivel del mar del apoyo posterior (m)

a_1 : Longitud del apoyo anterior (m)

a_2 : Longitud del apoyo posterior (m)

a_v : Aelovano (m)

Q: Peso aislador daN

Sustituyendo los valores pertinentes:

$$tg \delta = \frac{2 \cdot 923 \cdot \operatorname{sen} \frac{0}{2} + \frac{50}{2} \cdot 17,5 \cdot 82,47 \cdot \cos \frac{0}{2} + \frac{5}{2}}{0,633 \cdot 82,47 + 923 \cdot \left(\frac{237,47 - 238,97}{91,68} + \frac{237,47 - 237,97}{73,26} \right) + \frac{5}{2}} = 1,023$$

$$\delta = 45,66 < 72,93$$

Tabla Excel apoyo 7

APOYO N° 7- INCLINACIÓN DE CADENAS

Conductor	147-AL1/34-ST1A	Vanos (m)	
Diametro (mm)	17,5	Anterior	91,68
Peso (daN/m)	0,66295	Posterior	73,26
		Medio	82,47

Fuerza con V/2	923	Regulador	107,07
----------------	------------	-----------	---------------

Desnivel (m)		Ángulo de desvío de la traza	
h0	237,47	Grados °	0
h1	238,97	Minutos ´	0
h2	237,97	Segundos ´´	0
N	-0,0232	Total	0,00

Nº aisladores/cadena	1	Ángulo máximo de desvío	72,93
Tipo de aislador	SINTÉTICO	Fuerza del viento "q"	50
Peso aislador	5		
Viento sobre aislador	1,05		

Tangente de δ°	1,023
Ángulo de desvío	45,66
Valido Suspensión	VALIDO

APOYO Nº 7 - TIRO VERTICAL

Fuerza más desfavorable	1100	Peso conductor daN	29,17
-------------------------	-------------	--------------------	--------------

Tiro vertical	NO EXISTE TIRO
---------------	-----------------------

Tabla 43: Tabla Excel Apoyo 7

Estudio Apoyo 8

1.3 Tiro vertical apoyo 8

TOTAL 1.1.- Tiro vertical 95,80 (daN) > 0 daN

NO existe tiro vertical

1.4 Tangente del ángulo de desvío

TOTAL 1.2.- Tangente del ángulo de desvío 0,465 (daN)

1.2.1- Ángulo de desvío 24,95° < 72,93°

NO existe desvío de cadenas

Tiro vertical apoyo 8

$$P_c = p a_v + F_{-5^\circ} \cdot \left(\frac{h_0 - h_1}{a_1} + \frac{h_0 - h_2}{a_2} \right)$$

Siendo:

P_c: Peso del conductor daN

p: Peso del conductor (por metro) daN/m

h₀: Altura respecto el nivel del mar del apoyo anterior (m)

h₁: Altura respecto el nivel del mar del apoyo estudiado (m)

h₂: Altura respecto el nivel del mar del apoyo posterior (m)

a₁: Longitud del apoyo anterior (m)

a₂: Longitud del apoyo posterior (m)

Sustituyendo los valores pertinentes :

$$P_c = 0,633 \cdot \frac{73,26+122,93}{2} + 1100 \cdot \left(\frac{237,97-237,47}{73,26} + \frac{237,97-235,35}{122,93} \right) = 95,80 \text{ daN}$$

$$95,80 \text{ daN} > 0 \text{ daN} \quad \text{No existe tiro vertical}$$

Tangente del ángulo de desvío

$$\operatorname{tg} \delta = \frac{2 F_{\theta + \frac{v}{2}} \operatorname{sen} \frac{\alpha}{2} + \frac{q}{2} d a_v \cos \frac{\alpha}{2} + \frac{Q_v}{2}}{p a_v + F_{\theta + \frac{v}{2}} \left(\frac{h_0 - h_1}{a_1} + \frac{h_0 - h_2}{a_2} \right) + \frac{Q}{2}}$$

Siendo:

h₀: Altura respecto el nivel del mar del apoyo anterior (m)

h₁: Altura respecto el nivel del mar del apoyo estudiado (m)

h₂: Altura respecto el nivel del mar del apoyo posterior (m)

a₁: Longitud del apoyo anterior (m)

a₂: Longitud del apoyo posterior (m)

a_v: Aelovano (m)

Q: Peso aislador daN

Sustituyendo los valores pertinentes:

$$\operatorname{tg} \delta = \frac{2 \cdot 923 \cdot \operatorname{sen} \frac{0}{2} + \frac{50}{2} \cdot 17,5 \cdot 98,095 \cdot \cos \frac{0}{2} + \frac{5}{2}}{0,633 \cdot 98,095 + 923 \cdot \left(\frac{237,97 - 238,47}{73,26} + \frac{237,97 - 235,37}{122,93} \right) + \frac{5}{2}} = 0,465$$

$$\delta = 24,95 < 72,93$$

Tabla Excel apoyo 8

APOYO N° 8- INCLINACIÓN DE CADENAS

Conductor	147-AL1/34-ST1A	Vanos (m)	
Diametro (mm)	17,5	Anterior	73,26
Peso (daN/m)	0,66295	Posterior	122,93
		Medio	98,095
Fuerza con V/2	923	Regulador	107,07

Desnivel (m)		Ángulo de desvío de la traza	
h0	237,97	Grados °	0
h1	237,47	Minutos ´	0
h2	235,37	Segundos ´´	0
N	0,0280	Total	0,00

N° aisladores/cadena	1	Ángulo maximo de desvío	72,93
Tipo de aislador	SINTÉTICO	Fuerza del viento "q"	50
Peso aislador	5		
Viento sobre aislador	1,05		

Tangente de δ°	0,465
Ángulo de desvío	24,95
Valido Suspensión	VALIDO

APOYO N° 8 - TIRO VERTICAL

Fuerza más desfavorable	1100	Peso conductor daN	95,80
-------------------------	-------------	--------------------	--------------

Tiro vertical	NO EXISTE TIRO
---------------	-----------------------

Tabla 44: Tabla Excel Apoyo 8

Estudio Apoyo 9

1.3 Tiro vertical apoyo 9

TOTAL 1.1.- Tiro vertical 69,31 (daN) > 0 daN

NO existe tiro vertical

1.4 Tangente del ángulo de desvío

TOTAL 1.2.- Tangente del ángulo de desvío 0,74 (daN)

1.2.1- Ángulo de desvío 36,48° < 72,93°

NO existe desvío de cadenas

Tiro vertical apoyo 9

$$P_c = p a_v + F_{-5^\circ} \cdot \left(\frac{h_0 - h_1}{a_1} + \frac{h_0 - h_2}{a_2} \right)$$

Siendo:

P_c: Peso del conductor daN

p: Peso del conductor (por metro) daN/m

h₀: Altura respecto el nivel del mar del apoyo anterior (m)

h₁: Altura respecto el nivel del mar del apoyo estudiado (m)

h₂: Altura respecto el nivel del mar del apoyo posterior (m)

a₁: Longitud del apoyo anterior (m)

a₂: Longitud del apoyo posterior (m)

Sustituyendo los valores pertinentes :

$$P_C = 0,633 \cdot \frac{122,93+124,33}{2} + 1100 \cdot \left(\frac{235,37-237,97}{122,93} + \frac{235,37-234,17}{124,33} \right) = 69,31 \text{ daN}$$

69,31 daN > 0 daN No existe tiro vertical

Tangente del ángulo de desvío

$$\operatorname{tg} \delta = \frac{2 F_{\theta + \frac{v}{2}} \operatorname{sen} \frac{\alpha}{2} + \frac{q}{2} d a_v \cos \frac{\alpha}{2} + \frac{Q_v}{2}}{p a_v + F_{\theta + \frac{v}{2}} \left(\frac{h_0 - h_1}{a_1} + \frac{h_0 - h_2}{a_2} \right) + \frac{Q}{2}}$$

Siendo:

h₀: Altura respecto el nivel del mar del apoyo anterior (m)

h₁: Altura respecto el nivel del mar del apoyo estudiado (m)

h₂: Altura respecto el nivel del mar del apoyo posterior (m)

a₁: Longitud del apoyo anterior (m)

a₂: Longitud del apoyo posterior (m)

av: Aelovano (m)

Q: Peso aislador daN

Sustituyendo los valores pertinentes:

$$tg \delta = \frac{2 \cdot 923 \cdot \sin \frac{0}{2} + \frac{50}{2} \cdot 17,5 \cdot 123,63 \cdot \cos \frac{0}{2} + \frac{5}{2}}{0,633 \cdot 123,63 + 923 \cdot \left(\frac{235,37 - 237,97}{122,93} + \frac{235,37 - 234,17}{124,33} \right) + \frac{5}{2}} = 0,74$$

$$\delta = 36,48 < 72,93$$

Tabla Excel apoyo 9

APOYO N° 9- INCLINACIÓN DE CADENAS

Conductor	147-AL1/34-ST1A	Vanos (m)	
Diametro (mm)	17,5	Anterior	122,93
Peso (daN/m)	0,66295	Posterior	124,33
		Medio	123,63
Fuerza con V/2	923	Regulador	107,07

Desnivel (m)		Ángulo de desvio de la traza	
h0	235,37	Grados °	0
h1	237,97	Minutos ´	0
h2	234,17	Segundos ´´	0
N	-0,0115	Total	0,00

N° aisladores/cadena	1	Ángulo maximo de desvio	72,93
Tipo de aislador	SINTÉTICO	Fuerza del viento "q"	50
Peso aislador	5		
Viento sobre aislador	1,05		

Tangente de δ°	0,740
Ángulo de desvio	36,48
Valido Suspensión	VALIDO

APOYO N° 9 - TIRO VERTICAL

Fuerza más desfavorable	1100	Peso conductor daN	69,31
-------------------------	-------------	--------------------	--------------

Tiro vertical	NO EXISTE TIRO
---------------	-----------------------

Tabla 45: Tabla Excel Apoyo 9

Estudio Apoyo 10

1.5 Tiro vertical apoyo 10

TOTAL 1.1.- Tiro vertical 81,42 (daN) > 0 daN

NO existe tiro vertical

1.6 Tangente del ángulo de desvío

TOTAL 1.2.- Tangente del ángulo de desvío 0,600 (daN)

1.2.1- Ángulo de desvío 30,97° < 72,93°

NO existe desvío de cadenas

Tiro vertical apoyo 10

$$P_c = p a_v + F_{-5^\circ} \cdot \left(\frac{h_0 - h_1}{a_1} + \frac{h_0 - h_2}{a_2} \right)$$

Siendo:

P_c: Peso del conductor daN

p: Peso del conductor (por metro) daN/m

h₀: Altura respecto el nivel del mar del apoyo anterior (m)

h₁: Altura respecto el nivel del mar del apoyo estudiado (m)

h₂: Altura respecto el nivel del mar del apoyo posterior (m)

a₁: Longitud del apoyo anterior (m)

a₂: Longitud del apoyo posterior (m)

Sustituyendo los valores pertinentes :

$$P_c = 0,633 \cdot \frac{124,33+100,47}{2} + 1100 \cdot \left(\frac{234,17-235,37}{124,33} + \frac{234,17-232,57}{100,47} \right) = 81,42 \text{ daN}$$

81,42 daN > 0 daN No existe tiro vertical

Tangente del ángulo de desvío

$$tg \delta = \frac{2 F_{\theta + \frac{V}{2}} \cdot \frac{\sin \frac{\alpha}{2}}{2} + \frac{q}{2} d a_v \cos \frac{\alpha}{2} + \frac{Q_v}{2}}{p a_v + F_{\theta + \frac{V}{2}} \left(\frac{h_0 - h_1}{a_1} + \frac{h_0 - h_2}{a_2} \right) + \frac{Q}{2}}$$

Siendo:

h_0 : Altura respecto el nivel del mar del apoyo anterior (m)

h_1 : Altura respecto el nivel del mar del apoyo estudiado (m)

h_2 : Altura respecto el nivel del mar del apoyo posterior (m)

a_1 : Longitud del apoyo anterior (m)

a_2 : Longitud del apoyo posterior (m)

a_v : Aelovano (m)

Q : Peso aislador daN

Sustituyendo los valores pertinentes:

$$tg \delta = \frac{2 \cdot 923 \cdot \frac{\sin \frac{0}{2}}{2} + \frac{50}{2} \cdot 17,5 \cdot 112,4 \cdot \cos \frac{0}{2} + \frac{5}{2}}{0,633 \cdot 112,4 + 923 \cdot \left(\frac{234,17 - 235,37}{124,33} + \frac{234,17 - 232,57}{100,47} \right) + \frac{5}{2}} = 0,6$$

$$\delta = 30,97 < 72,93$$

Tabla Excel apoyo 10

APOYO N° 10- INCLINACIÓN DE CADENAS

Conductor	147-AL1/34-ST1A	Vanos (m)	
Diametro (mm)	17,5	Anterior	124,33
Peso (daN/m)	0,66295	Posterior	100,47
		Medio	112,4
Fuerza con V/2	923	Regulador	107,07

Desnivel (m)		Ángulo de desvio de la traza	
h0	234,17	Grados °	0
h1	235,37	Minutos ´	0
h2	232,57	Segundos ´´	0
N	0,0063	Total	0,00

N° aisladores/cadena	1	Ángulo maximo de desvio	72,93
----------------------	----------	-------------------------	--------------

Tipo de aislador	SINTÉTICO	Fuerza del viento "q"	50
Peso aislador	5		
Viento sobre aislador	1,05		

Tangente de δ°	0,600
Ángulo de desvío	30,97
Valido Suspensión	VALIDO

APOYO N° 10 - TIRO VERTICAL

Fuerza más desfavorable	1100	Peso conductor daN	81,42
-------------------------	-------------	--------------------	--------------

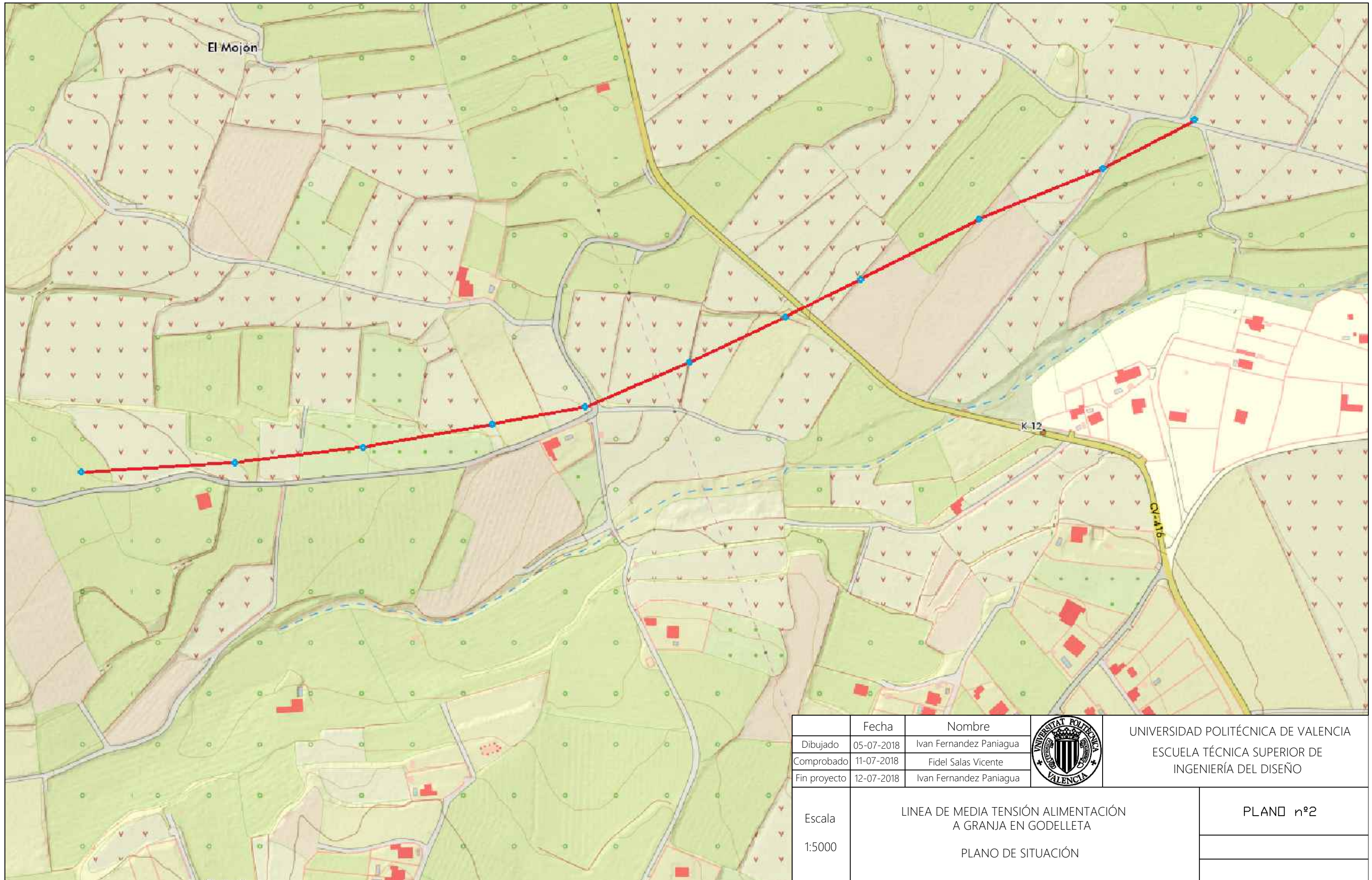
Tiro vertical	NO EXISTE TIRO
---------------	-----------------------

Tabla 46: Tabla Excel Apoyo 10

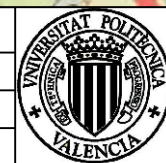
PLANOS

ÍNDICE

- 1. Plano 1 - Perfil línea**
- 2. Plano 2 – Plano situación Godelleta (1:5000)**
- 3. Plano 3 – Plano situación Godelleta (1:20000)**

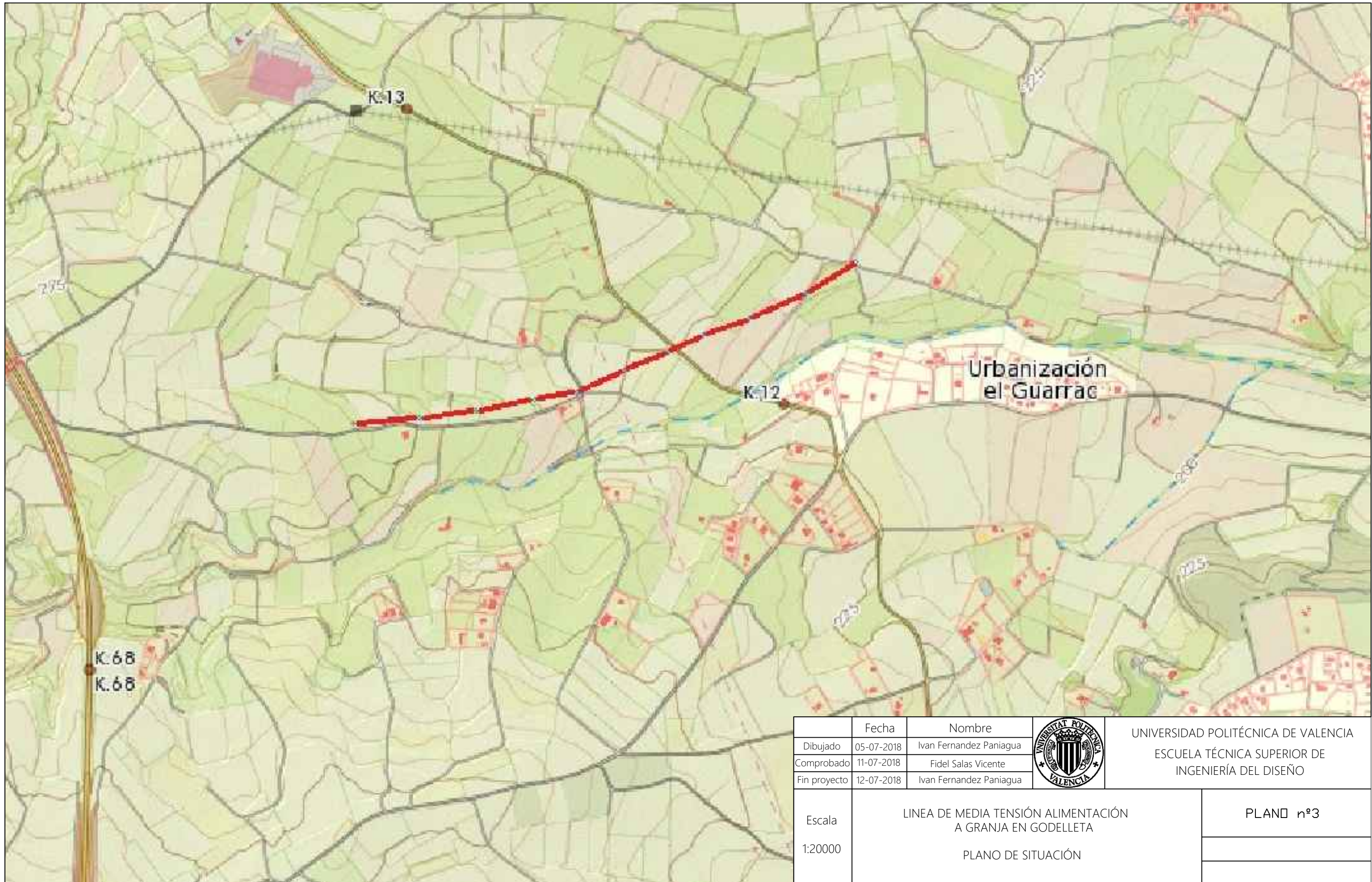


	Fecha	Nombre
Dibujado	05-07-2018	Ivan Fernandez Paniagua
Comprobado	11-07-2018	Fidel Salas Vicente
Fin proyecto	12-07-2018	Ivan Fernandez Paniagua



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA
 ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE
 INGENIERÍA DEL DISEÑO

Escala 1:5000	LÍNEA DE MEDIA TENSIÓN ALIMENTACIÓN A GRANJA EN GODELLETA	PLANO nº2
	PLANO DE SITUACIÓN	



	Fecha	Nombre
Dibujado	05-07-2018	Ivan Fernandez Paniagua
Comprobado	11-07-2018	Fidel Salas Vicente
Fin proyecto	12-07-2018	Ivan Fernandez Paniagua



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA
 ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE
 INGENIERÍA DEL DISEÑO

Escala 1:20000	LINEA DE MEDIA TENSIÓN ALIMENTACIÓN A GRANJA EN GODELLETA PLANO DE SITUACIÓN	PLANO nº3