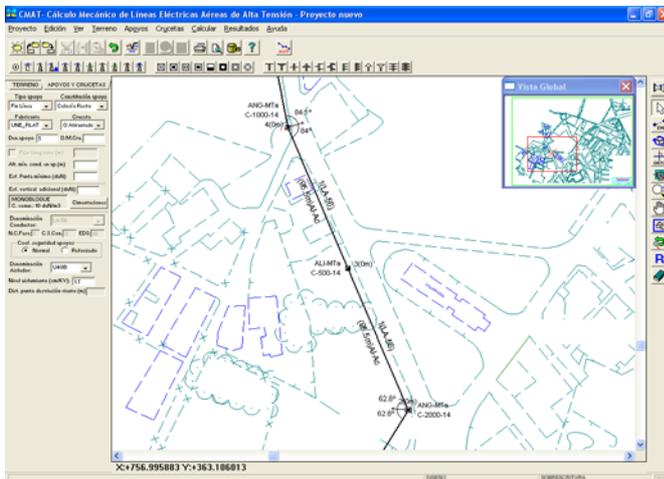


CMAT – Cálculo Mecánico de Líneas Eléctricas Aéreas A.T.

Presentación

A grandes rasgos, el programa CMAT presenta 6 zonas bien diferenciadas.

- **Menú general** de opciones (Proyecto, Edición, Ver, Terreno, Apoyos, Crucetas, Calcular, Resultados y Ayuda).
- Botonera de **acceso directo** a los comandos más usuales (nuevo, abrir, salvar, cortar ramas y/o nudos, copiar ramas y/o nudos, pegar ramas y/o nudos, deshacer, calcular el proyecto completo, acceder al anexo de cálculo, acceder a la medición del proyecto, generar los esquemas en fichero DXF, imprimir, presentación previa, acceso a las bases de datos, ayuda, replanteo automático y ver perfil).
- Paleta de **Componentes Gráficos (tipo de nudos)** para la definición de la topografía del terreno (punto para cambio de cota o dirección, cruce con otra línea eléctrica o de telecomunicaciones, cruce con carreteras, ferrocarriles, etc) y de la línea eléctrica aérea (apoyos metálicos o de hormigón, crucetas de todo tipo, conductores de cualquier sección, etc).
- Paleta de **Herramientas** con todas las **funciones gráficas de diseño** (enlace de nudos, rotar, modo orto, zoom ventana, zoom en tiempo real, encuadre en tiempo real, zoom previo, zoom todo, redibuja y borrar líneas).
- Ventana de **Propiedades de Componentes**, donde definir los datos del terreno (cota, datos de cruzamientos, etc) y de la línea eléctrica aérea (función y constitución de los apoyos, tipo de cruceta, tipo de conductor, tense máximo, etc).
- Zona de **edición gráfica**, donde se dibuja la red eléctrica aérea (es la zona donde se ve reflejado este ejemplo).



Visión general del programa CMAT

- **Control total** de la instalación, pues es posible observar el dibujo completo de la línea de un simple vistazo.
- **Diseño** de la instalación de forma muy sencilla e intuitiva.
- **Accesibilidad** instantánea a todas las opciones y funciones que incorpora el programa.
- **Modificación** instantánea de cualquier dato o parámetro de un nudo, línea o conjunto de éstos, con una simple selección de la zona deseada y aplicación de los nuevos valores.

A la hora de calcular un proyecto, se puede acceder a las **Condiciones Generales** y consultar, definir o modificar los datos o hipótesis de partida. Los valores por defecto son los más usuales.

Condiciones generales del proyecto

CONDICIONES GENERALES

Datos Generales | Distancias de Seguridad

MODO DE CÁLCULO

Diseño Comprobación (Altura apoyos)

DATOS GENERALES DE LA LINEA

Tensión (V): 20000 Tensión máxima de cálculo

Tª máxima flecha (°C): 50 Por línea Por cantón (C.S.C) Por cantón (EDS)

Velocidad del viento (Km/h): 120 EDS máximo (%): 15 Considerar Hipótesis H + V en zonas B y C

Densidad hormigón (Kg/m³): 2200 Velocidad del viento (Km/h): 60

PROTECCIÓN AVIFAUNA

Distancias mínimas seguridad (m)

Suspensión:

Entre conductor y armado: 0,60 Entre conductores: 1 No considerar armados tipo Bóveda

Amarre

Entre conductor y armado: 1 Entre conductores: 1

Armado tresbolillo, bandera y doble circuito

Distancia min. semicruceta inferior y conductor superior (m): 1,5

Armado bóveda

Distancia min. cabeza poste y conductor central (m): 0,88

IMAGEN DE FONDO (Escala DXF y DWG 1:1)

Fichero de Imagen: C:\particion\Mis docum...

FACTORES DE ESCALA

Factor de Escala Vertical: 4

Factor de Escala Símbolos: 1

Factor de Escala Textos: 2

LONG. HERRAJES (m)

Horquilla bola: 0,06

Alojam. rótula: 0,06

Grapa: 0,06

Cambiar Imagen Quitar Imagen

Ayuda

Aceptar Cancelar

- Modo de cálculo: *Diseño*, para el cálculo automático de esfuerzos en punta y altura de apoyos, o *Comprobación*, dando la posibilidad al usuario de fijar la altura de los apoyos y atender a las advertencias del programa si ésta no es correcta.

- Tensión de la línea (V), velocidad del viento y temperatura para la hipótesis de flecha máxima

- Tense máximo de cálculo (igual para toda la línea o posibilidad de ser diferente en cada cantón).

- Posibilidad de considerar la hipótesis de Hielo + Viento en las Hipótesis de Tracción máxima.

- Comprobación del EDS máximo.

- Distancias de seguridad para la protección de la Avifauna.

- Factores de escala gráficos.

- Imagen de fondo (DWG, DXF, BMP y TIF).

- Distancias de seguridad reglamentarias (distancia mínima del conductor al terreno y a masa, distancias horizontales a cruzamientos y distancias verticales a cruzamientos).

Las **bases de datos** del programa muestran las características de los apoyos, crucetas, conductores y aisladores. Es posible su modificación o ampliación. Los valores indicados se utilizarán para realizar el cálculo de la línea aérea (a la hora de seleccionar un apoyo normalizado, calcular la línea con un conductor homologado por las compañías eléctricas, etc).

Bases de Datos de Apoyos y Crucetas

BASE DE DATOS DE APOYOS Y CRUCETAS

Fabricante: UNE_RLAT Añadir Fabricante

Esf. Nominal(daN)	500	1000	2000	3000	4500
Esf. Secundario(daN)					
Esf. punta con T(daN)					
Alt. de apl.esf. (m) hasta la cog.					
Esf. vert. sin T. (daN)	600	600	600	800	800
Esf. vert. con T. (daN)	600	600	600	800	800
T. Esf. torsión (daN)	500	700	1400	1400	1400
Dist. de aplicación esf. de torsión(m)	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
Cogolla(m)	0.51	0.51	0.51	0.51	0.51
Cabeza(m)	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2

DIMENSIONES PARA EL ESFUERZO: 500

Alt. total(m)	10	12	14	16
Base(m)	0.85	1	1.1	1.2
Coefficiente de opacidad	0.245	0.239	0.222	0.214
Peso(daN)				

e (m)	1	1.25	1.5	1.75	2
b(m)					
c(m)					
d(m)					
Peso(daN)	50	55	65	80	100
Esf. Max(daN)	4500	4500	4500	4500	4500

Celosía Cabeza Recta Montaje 0 Atriantado

Salir Salvar Ayuda

- Existe una gran gama de fabricantes y es posible añadir tantos como el usuario desee.

- Figuran todos los tipos de apoyos: de perfiles metálicos, de hormigón vibrado, de hormigón vibrado hueco, de chapa metálica rectangular y de chapa metálica circular o poligonal regular.

- Figuran todos los tipos de crucetas normalizadas: montaje 0 (cruceta plana), montaje I (triángulo), tresbolillo, bandera, boveda normal, bóveda recta y doble circuito.

- Aparecen los esfuerzos normalizados para cada apoyo: esfuerzo nominal o útil en punta, esfuerzo secundario en apoyos de sección asimétrica, esfuerzo vertical, esfuerzo de torsión, etc.

- Se incluyen todas las dimensiones para cada esfuerzo, cogolla del apoyo, longitud de la cabeza para apoyos con cabeza recta, etc.

CONDUCTORES Y AISLADORES

CONDUCTORES

Denominación:	LA-20	LA-28	LA-30	C-35	LA-40
Sección (mm²):	17.8	27.6	31.1	34.9	43.1
Diámetro (mm):	5.4	6.7	7.14	7.56	8.4
Carga de rotura (daN):	578	987	987	1342	1323
Peso propio (daN/m):	0.061	0.094	0.106	0.311	0.147
Módulo de elast. (daN/mm²):	7900	7900	7900	10301	7900
Coef. dilatac. lineal x 1E-6:	19.1	19.1	19.1	17	19.1

AISLADORES

Denominación:	U40B	U70BS	U70BLP	CS70AB-125/550
Carga de rotura (daN):	4000	7000	7000	7000
Diámetro máximo(mm):	175	255	280	200
Long. línea de fuga (mm):	190	295	440	550
Longitud aislador (m):	0.11	0.127	0.146	0.455
Peso (daN):	1.67	3.34	5.2	11.28

Ayuda Salvar Salir

Bases de Datos de Conductores y aisladores

- Existe una gran gama de conductores y aisladores y es posible añadir tantos como el usuario desee.

- Figuran todas las características técnicas de los conductores: denominación, sección, diámetro, carga de rotura, peso propio, etc.

- Figuran todas las características técnicas de los aisladores: denominación, carga de rotura, diámetro, línea de fuga, etc.

Para realizar el cálculo mecánico de una línea eléctrica aérea se comenzará dibujando el perfil longitudinal en planta, por lo tanto, se accederá a la **Paleta de Componentes (tipos de nudos de terreno)**, se hará un clic con el botón izquierdo del ratón sobre el icono deseado (punto de terreno para realizar un cambio de cota o de itinerario, cruzamiento, etc), se desplazará hasta la **zona de edición gráfica** elegida por el usuario y se hará otro clic sobre el botón izquierdo. Cada vez que se hace un clic, se introduce en la línea un nudo de terreno (cambio de cota, de dirección, cruce, etc) y una rama que lo une a un nudo anterior, del que parte (la rama identifica la zona donde está situada la línea, según la altitud sobre el nivel del mar: A, B o C).

De gran ayuda resulta disponer de la planta topográfica cargada como imagen de fondo (DWG, DXF, BMP o TIF), pues con sólo ir colocando los puntos en los lugares deseados por el usuario, quedará establecida automáticamente la distancia entre ellos. También es posible prefiar esta distancia. Más potente aún es la opción de leer los puntos del terreno generados por una estación total, pues el levantamiento del perfil se hará de forma automática.

TERRENO APOYOS Y CRUCETAS

Tipo de nudo terreno:

Denominación cruzamiento:

Fijar dist. parcial (m):

Fijar ángulo:

Zona
 A B C

Desnivel rama(m):

Cota nudo terreno (m):

Datos de cruzamientos

Conductores Línea eléct. AT:

Conductores Línea eléct. BT:

Tipo Carretera Estatal:

Anchura (m)	D.Cruce (m)
<input type="text" value="3"/>	<input type="text" value="20"/>
Altura (m)	U (V)
<input type="text" value="10"/>	<input type="text" value="20000"/>

Ventana de Propiedades de nudos de terreno

- Tipo nudo, para la modificación de uno o varios nudos ya introducidos.
- Denominación de nudos de terreno y cruzamientos.
- Posibilidad de fijar la longitud entre singularidades (puntos) del terreno y el ángulo respecto al tramo anterior (coordenadas polares).
- Definición del perfil en planta, considerando desniveles entre nudos o cotas absolutas.
- Datos de Cruzamientos: anchura, altura, distancia de cruce a líneas existentes y tensión de éstas.

Una vez definido el terreno, para ubicar los apoyos se puede hacer un replanteo automático o situar éstos en los lugares establecidos por el usuario; para ello se accederá a la **Paleta de Componentes (función y constitución de apoyos y tipo de cruceta)**, se hará un clic con el botón izquierdo del ratón sobre el icono deseado (apoyo fin de línea, apoyo de perfiles metálicos, cruceta plana, etc), se desplazará hasta la zona de edición gráfica elegida por el usuario (sobre la topografía definida anteriormente) y se hará otro clic sobre el botón izquierdo. Cada vez que hacemos un clic introducimos un apoyo (ángulo, alineación, etc) y un vano (LA-56, etc) que lo une al nudo anterior, del que parte. Los apoyos y vanos se pueden introducir tanto en planta como en perfil, según sea más cómodo para el usuario.

De esta manera tan sencilla se realiza una línea de gran longitud en muy pocos minutos.

Las **características de apoyos y vanos** (tipo de apoyo, sección del cable, tipo de aislador, etc), en el proceso de introducción de la línea, quedarán definidas en la **Ventana de Propiedades** (datos y parámetros). Esta ventana también se utilizará para modificar características de apoyos y vanos ya dibujados.

Ventana de Propiedades de apoyos y vanos

TERRENO APOYOS Y CRUCETAS

Tipo apoyo: Angulo Amal
Constitución apoyo: Celosía Recto

Fabricante: UNE_RLAT
Cruceca: Trebol. Atir

Den.apoyo: 4 D.M.Cru.

Fijar long.vano (m): 35.5

Alt. mín. cond. en ap.(m)

Esf. Punta mínimo (daN)

Esf. vertical adicional (daN):

MONOBLOQUE
C. comp.: 10 daN/m3 Cimentaciones

Denominación: LA-56
Conductor:

N.C.Fase: 1 C.S.Con: 3 EDS: 10

Coef. seguridad apoyos
 Normal Reforzado

Denominación Aislador: U40B

Nivel aislamiento (cm/KV): 1.7

Dist. punto desviación viento (m)

- Función, constitución y fabricante, para la modificación de uno o varios apoyos ya introducidos. Tipo de cruceca o montaje.
- Denominación de apoyos, para su identificación en el anexo y planos.
- Posibilidad de fijar la dimensión mínima de las crucecas.
- Posibilidad de fijar la longitud de los vanos.
- Posibilidad de fijar la altura de los apoyos.
- Posibilidad de fijar el esfuerzo útil en punta mínimo.
- Posibilidad de incluir esfuerzos verticales adicionales (transformadores, etc).
- Cimentaciones monobloque o por zapatas aisladas.
- Denominación del conductor y número de conductores por fase.
- Coeficiente de seguridad del conductor (para obtener el tense máximo del cantón) y coeficiente de seguridad de apoyos (normal o reforzado).
- Denominación del aislador y nivel de aislamiento requerido.
- Desviación horizontal de las catenarias por la acción del viento.

Una vez diseñada la línea eléctrica, el programa **calcula automáticamente** (según las especificaciones del Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas eléctricas de alta tensión) todas las tensiones y flechas en hipótesis reglamentarias, tensiones y flechas de tendido, cálculo de apoyos, apoyos adoptados, cálculo de cimentaciones, cálculo de las cadenas de aisladores, esfuerzos verticales sin sobrecarga para detectar apoyos colgados y distancias de seguridad, realizando simultáneamente el perfil longitudinal con *dibujo automático de catenarias*. En dicho cálculo, considera la ecuación de la *catenaria*, la ecuación del *cambio de condiciones*, en apoyos los *esfuerzos horizontales, verticales y de torsión*, fórmula de *Sulzberger* para el cálculo de cimentaciones, etc.

Una vez calculado el proyecto se puede acceder a los **resultados** desde tres puntos de vista:

- Haciendo un *zoom ventana* sobre la planta o perfil longitudinal y observando minuciosamente todos los datos obtenidos.
- Accediendo a los *resultados del proyecto*: Memoria Descriptiva, Anexo de Cálculos, Pliego de Condiciones, Medición y Planos.
- Abriendo las ventanas de *Tensiones y flechas en hipótesis reglamentarias*, *Tensiones y flechas de tendido*, *Cálculo de apoyos*, *Apoyos adoptados*, *Cálculo de cimentaciones*, *Cálculo de aisladores*, *Esfuerzos verticales sin sobrecarga para detectar apoyos colgados* y *Distancias de seguridad*.

	Vano	Longitud(m)	Desnivel(m)	Vano Reg.(m)	Toh:Tmax(-5+V)(daN)	Toh:Tmax(-10+V)(daN)
2-3	2-3	155	4.34	146.03		453
3-4	3-4	135	-4.49	146.03		453
4-5	4-5	195	-2.1	195		446.4
5-6	5-6	150	1.55	150		453.6
6-7	6-7	150	1.65	150		453.6

Tensiones y flechas en hipótesis reglamentarias

- Vano de regulación, hipótesis de tensión máxima, hipótesis de flecha máxima, hipótesis de flecha mínima, hipótesis de cálculo de apoyos y desviación horizontal de las catenarias por la acción del viento.

	Th(5)(daN)	F(5)(m)	Th(10)(daN)	F(10)(m)	Th(15)(daN)	F(15)(m)	Th(20)(daN)	F(20)(m)	T
2-3	162.4	3.42	156.9	3.54	151.8	3.66	147.1	3.78	14
3-4	162.4	2.6	156.9	2.69	151.8	2.78	147.1	2.87	14
4-5	149.5	5.89	146.8	6	144.2	6.11	141.8	6.21	13
5-6	161.5	3.22	156.3	3.33	151.5	3.44	147.1	3.54	14
6-7	161.5	3.22	156.3	3.33	151.5	3.44	147.1	3.54	14

Tensiones y flechas de tendido

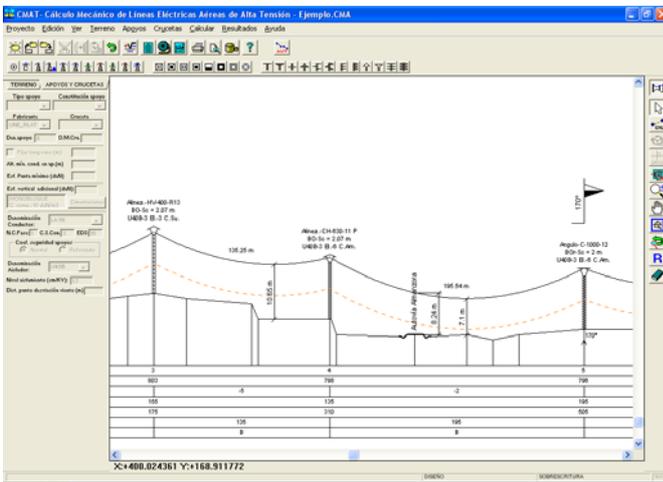
- Tensiones y flechas a diferentes temperaturas (0 °C, 10 °C, etc) para el tendido de la línea.

	Apoyo	Tipo	Angulo Rel.(gr.sexa.)	hip.1º:V:V(daN)	hip.1º:V:T(daN)	hip.1
2	2	Fin Línea		46.3	144.2	1359
3	3	Alin. Susp.		121.6	259.3	
4	4	Alin. Am.		112.3	305.6	
5	5	Ang. Am.	85; apo.4	117.1	552.6	21.5
6	6	Anc. Alin.		113.2	279.8	
7	7	Fin Línea		61.4	139.9	1360.8

Cálculo de apoyos

- Esfuerzos verticales (V) y horizontales (T, L, Lt) sobre los apoyos en las 4 hipótesis reglamentarias (Viento, Hielo, Desequilibrio y Rotura), y distancia mínima de conductores en el apoyo.

Obtención automática del perfil longitudinal.



Perfil longitudinal de la línea

- Plano de comparación, tipo de conductor y tensión (V).

- Denominación de apoyos, cotas del terreno, desniveles, distancias parciales, distancias al origen, longitud de los vanos y zona (A, B o C).

- Tipo y constitución de los apoyos, esfuerzo nominal y altura total, tipo de cruceta o montaje y separación entre conductores, tipo de aislador, nº de elementos por cadena y nº de cadenas de amarre o suspensión.

- Acotado de cruzamientos y señalización de ángulos.

Características Principales

Proyecto

- Crear un proyecto **nuevo**.
- **Abrir** un proyecto existente.
- **Salvar** un proyecto a disco.
- Salvar un proyecto existente con otro nombre diferente al que se identificó por primera vez (**salvar como**) y así tener dos proyectos iguales con nombres diferentes.
- Cargar una **imagen de fondo** en formato DXF, DWG, BMP o TIF (planos vectoriales o escaneados), que nos servirá para diseñar la línea gráficamente, olvidándonos de la incómoda toma de datos previos que siempre era necesaria antes de introducir los trabajos en el ordenador (longitud de ramas, ángulos, etc), pues al diseñar y dibujar sobre un plantilla real, con sólo posicionar el cursor del ratón en la zona de edición gráfica, obtenemos las coordenadas de cada nudo.
- Lectura de la nube de puntos en planta, en formato DXF, generada por una estación total, que servirá para realizar el levantamiento automático del perfil longitudinal.
- Acceder a las **condiciones generales** del proyecto que se vaya a realizar. Esta opción permite:
 - Trabajar en modo *diseño*, para calcular automáticamente la altura y esfuerzo de los apoyos, o en modo *comprobación*, si se desea fijar la altura de éstos.
 - Definir o modificar la *tensión* de trabajo (V).
 - Modificar la *velocidad del viento*.
 - Variar la *temperatura en la hipótesis de flecha máxima*.
 - Indicar la *densidad del hormigón* para calcular las cimentaciones en el sistema de zapatas aisladas.
 - *Tense máximo* igual para toda la línea o posibilidad de ser diferente para cada cantón (tensión adecuada al coeficiente de seguridad reglamentario o al EDS).
 - Comprobación del *EDS máximo*, según disponga la línea o no de amortiguadores.
 - Posibilidad de considerar la hipótesis de *Hielo + Viento* en las Hipótesis de Tracción máxima (si es requerido por la compañía suministradora o el técnico lo considera oportuno).
 - Distancias de seguridad para la *protección de la Avifauna* (RD 1432/2008 y demás disposiciones de CCAA). Distancias entre conductor y armado y entre conductores en suspensión y amarre, distancia entre la semicruceta inferior y el conductor superior en armados tresbolillo, bandera y doble circuito y distancia entre el conductor central y la cabeza del poste en armados tipo bóveda.
 - Modificar el *factor de escala* de apoyos y textos, así como la relación de escalas vertical-horizontal del perfil longitudinal.
 - Posibilidad de modificar la *distancia* de los conductores al suelo y a masa y las *distancias verticales* y *horizontales* a todo tipo de cruzamientos (datos por defecto según RLAT).
- Acceder a las **bases de datos** del programa, para su consulta, modificación o ampliación. Estas contienen:
 - *Apoyos* de perfiles metálicos, de hormigón vibrado, de hormigón vibrado hueco, de chapa metálica con sección rectangular y de chapa metálica con sección circular o poligonal regular. *Esfuerzo* nominal o principal, esfuerzo secundario en apoyos de sección asimétrica, esfuerzo en punta coincidente con torsión, esfuerzo vertical con y sin torsión, esfuerzo de torsión y distancia de aplicación de este esfuerzo. *Dimensiones* de los diferentes tipos de apoyos. *Crucetas* o armados en montaje 0 (plano), I (triángulo), tresbolillo, bandera, bóveda normal, bóveda recta y doble circuito. Diferentes fabricantes y posibilidad de añadir otros por parte del usuario.
 - *Conductores* desnudos de todo tipo (Al-Ac, Cu, etc). Dimensiones, carga de rotura, etc. Posibilidad de especificar otros tipos por parte del usuario.
 - *Aisladores* de tipo caperuza y vástago, poliméricos, etc. Dimensiones, carga de rotura, etc. Posibilidad de especificar otros tipos por parte del usuario.
- Seleccionar o cambiar el **editor de textos** que lleva el programa por defecto y dar la posibilidad de visualizar la memoria descriptiva, el anexo de cálculo, el pliego de condiciones y la medición en otro elegido por el usuario (word, wordperfect, etc).
- **Fijar la escala de impresión** o **ajustar** al formato deseado.

- Hacer una **presentación previa** del esquema de la línea antes de la salida directa a impresora o a ploter.
- **Imprimir** el gráfico que se esté viendo en ese momento en la zona de edición gráfica.

Edición

- **Deshacer** operaciones realizadas anteriormente.
- **Cortar** líneas y nudos de la línea aérea.
- **Copiar** líneas y nudos de la línea aérea.
- **Pegar** líneas y nudos, anteriormente cortados o copiados, en determinados lugares del dibujo.
- **Enlazar** nudos de la línea aérea, si el usuario había dejado tramos desconectados.
- Trabajar en **modo Orto**, definiendo la red según unos ejes ficticios de un sistema de coordenadas cartesianas X,Y.
- **Rotar** partes o toda la línea aérea.
- **Borrar** líneas y nudos de la línea aérea.

Ver

- La **Ventana de Resultados de Tensiones y Flechas en Hipótesis Reglamentarias**, para ver el cálculo del vano de regulación, tense máximo y flecha máxima según zona A, B o C (RLAT), flecha mínima, hipótesis de cálculo de apoyos y desviación horizontal de las catenarias por la acción del viento.
- La **Ventana de Resultados de Tensiones y Flechas de Tendido**, para ver el tense y la flecha de la línea a las diferentes temperaturas (- 20 °C, -15 °C, -10 °C, -5 °C, 0 °C, 5 °C, 10 °C, etc). EDS en cada vano.
- La **Ventana de Cálculo de Apoyos**, para ver el cálculo de los apoyos en las hipótesis reglamentarias (Viento, Hielo, Desequilibrio de Tracciones y Rotura), según Zona A, B o C (RLAT). Esfuerzo horizontal en dirección transversal a la línea (T), esfuerzo horizontal en dirección longitudinal (L), esfuerzo o carga vertical (V) y esfuerzo horizontal de torsión (Lt) descentrado respecto al eje del apoyo.
- La **Ventana de Apoyos Adoptados**, para ver las características de los apoyos seleccionados (esfuerzo nominal o útil en punta, altura total, etc).
- La **Ventana de Crucetas Adoptadas**, para ver las características de las crucetas seleccionadas (dimensiones de brazos, etc).
- La **Ventana de Cálculo de Cimentaciones**, para ver el cálculo de las cimentaciones por el método de Sulzberger en cimentaciones monobloque (momento al vuelco por el conductor, momento al vuelco por el viento, momento absorbido por la cimentación, etc) o el cálculo de cimentaciones mediante zapatas aisladas.
- La **Ventana de Dimensiones de Cimentaciones**, para ver las características de las cimentaciones adoptadas (ancho, alto, etc).
- La **Ventana de Cálculo de Cadenas de Aisladores**, para ver el cálculo eléctrico y mecánico de los aisladores.
- La **Ventana de Cálculo de Esfuerzos verticales sin Sobrecarga**, para detectar apoyos que pudieran quedar colgados.
- La lista de **Mensajes** de errores o advertencias.
- La **Ventana de Datos de los nudos de terreno**, para poder cambiar las cotas del terreno en una ventana particular.
- La **Ventana de Datos de las ramas de terreno**, para poder cambiar la distancia entre puntos y ángulo del terreno en una ventana particular.
- **Redibujar** el esquema.
- **Zooms** de todo tipo (zoom ventana, zoom en tiempo real, encuadre en tiempo real, zoom previo, zoom todo, etc).
- **Vista global**, con el fin de no perder nunca la referencia de la zona del dibujo en la que estamos trabajando.
- Visualizar u ocultar **la imagen** de fondo (planta de un topográfico, etc) anteriormente cargada.
- Visualizar u ocultar los **nudos-ramas**, el texto de los nudos y el texto de las ramas de la red eléctrica.
- Cambiar el **color de fondo** de la zona de edición gráfica.

Nudos

- **Paleta de Componentes Gráficos (nudos de terreno)** para diseñar el perfil longitudinal de la línea aérea (nudo o punto del terreno para cambiar de cota o de dirección, cruzamiento con una línea eléctrica aérea AT existente, cruzamiento con una línea eléctrica aérea BT existente, cruzamiento con una línea de telecomunicaciones existente, cruzamiento con una carretera del estado existente -autopista, autovía, vía rápida, carretera nacional, etc-, cruzamiento con una carretera no estatal, cruzamiento con una línea de ferrocarril no electrificada, cruzamiento con una línea de ferrocarril electrificada, cruzamiento con un teleférico para transporte de personas, cruzamiento con un río o canal (navegable o flotable) y cruzamiento con un edificio.
- **Paleta de Componentes Gráficos (apoyos y crucetas)** para situar apoyos a lo largo del perfil (entronque o conexión a una línea eléctrica aérea ya existente, punto de fijación a una pared o muro, apoyo fin de línea, apoyo de anclaje en alineación, apoyo de anclaje en ángulo, apoyo de alineación con cadenas de suspensión, apoyo de alineación con cadenas de amarre, apoyo de ángulo con cadenas de suspensión, apoyo de ángulo con cadenas de amarre, apoyo de estrellamiento o derivación, apoyo metálico de celosía con cabeza cónica, apoyo metálico de celosía con cabeza recta, apoyo metálico de presilla con cabeza cónica, apoyo metálico de presilla con cabeza recta, apoyo de hormigón vibrado, apoyo de hormigón vibrado hueco, apoyo de chapa metálica con sección rectangular, apoyo de chapa metálica con sección circular o poligonal regular, cruceta plana (montaje 0), cruceta en triángulo (montaje I), cruceta al tresbolillo, cruceta en bandera, cruceta en bóveda normal o recta y cruceta en doble circuito.

Ventana de Propiedades de nudos de terreno

- *Tipo nudo*, para la modificación de uno o varios nudos ya introducidos.
- *Denominación* de cruzamientos.
- Posibilidad de *fijar la distancia y el ángulo entre* singularidades (puntos) del terreno (coordenadas polares).
- *Zona geográfica* donde está situada la línea: A, B o C.
- *Cota* de los puntos del terreno.
- Datos de *cruzamientos*: anchura de carreteras, líneas eléctricas, etc.

Ventana de Propiedades de apoyos y vanos

- *Función o Tipo* de apoyo: entronque, fijación a una pared o muro, fin de línea, anclaje (alineación o ángulo), alineación (suspensión o amarre), ángulo (suspensión o amarre) y estrellamiento.
- *Constitución* del apoyo: celosía cabeza cónica, celosía cabeza recta, presilla cabeza cónica, presilla cabeza recta, hormigón vibrado, hormigón vibrado hueco, chapa metálica con sección rectangular y chapa metálica con sección circular o poligonal regular.
- *Cruceta* empleada: montaje 0 (plano), triángulo (I), tresbolillo, bandera, bóveda normal, bóveda recta y doble circuito.
- Fabricante empleado.
- Posibilidad de fijar la *dimensión mínima de las crucetas*.
- Posibilidad de *fijar la longitud de los vanos*.
- Posibilidad de fijar la *altura total* de los apoyos.
- Posibilidad de fijar el *esfuerzo nominal o útil en punta* mínimo.
- Posibilidad de definir *cargas verticales adicionales* (peso de transformadores, etc).
- Posibilidad de calcular *cimentaciones monobloque (apoyo empotrado o sobre placa base) o por zapatas aisladas*.
- Denominación del *conductor* (LA-30, LA-56, LA-110, etc) y nº de conductores por fase.
- Coeficiente de seguridad del conductor, para obtener el *tense máximo* del cantón.
- Coeficiente de seguridad del apoyo (normal o reforzado).
- Denominación del aislador (U40B, U70BS, etc) y nivel de aislamiento requerido (cm/kV).
- Desviación horizontal de las catenarias por la acción del viento.

Cálculos

- Cálculo de tensiones y flechas en las hipótesis reglamentarias (RLAT), tensiones y flechas para el tendido de línea y EDS, cálculo de apoyos en todas las hipótesis reglamentarias (RLAT), apoyos adoptados, crucetas adoptadas, cálculo de cimentaciones por el método de Sulzberger en cimentaciones monobloque, cálculo de cimentaciones mediante zapatas aisladas, cálculo de las cadenas de aisladores, cálculo de esfuerzos verticales sin sobrecarga para detectar apoyos colgados y distancias de seguridad, o sea, el **cálculo mecánico completo** de la línea eléctrica aérea de alta tensión.

Resultados

- La **Memoria Descriptiva** muestra las características de la línea aérea B.T. Permite ser cargada en el editor de textos del programa o en el seleccionado por el usuario (word, wordperfect, etc, mediante la opción Cambiar Editor), presentar, visualizar, editar, imprimir y generar dicho documento en fichero RTF, de intercambio con cualquier editor de textos.
- El **Anexo de cálculo** proporciona un resumen de fórmulas generales (ecuación de la catenaria, ecuación del cambio de condiciones, esfuerzos en apoyos, etc), datos generales de la línea (zona, tensión eléctrica, etc) y de los conductores (denominación, peso propio, peso propio más sobrecarga de viento, etc), cálculo de la distancia de los conductores al terreno y a masa (al apoyo), cálculo de la distancia entre conductores, desviación de las cadenas de suspensión por la acción del viento (acercamiento de la cadena al apoyo), cálculo de tensiones y flechas en las hipótesis reglamentarias (tensión máxima, flecha máxima, etc), desviación horizontal de las catenarias por la acción del viento (para proximidades a edificaciones, etc), tensiones y flechas de tendido (a todas las temperaturas), cálculo de apoyos (en las 4 hipótesis reglamentarias: Viento, Hielo, Desequilibrio y Rotura), apoyos adoptados (esfuerzos en punta, altura total, esfuerzos de torsión, etc), crucetas adoptadas (brazos, etc), cálculo de cimentaciones, cimentaciones adoptadas, cálculo de las cadenas de aisladores (cálculo eléctrico y mecánico, nº de elementos por cadena, etc) y cálculo de esfuerzos verticales sin sobrecarga.
- El **Pliego de Condiciones** muestra de forma minuciosa las características constructivas y de ejecución de todas las instalaciones proyectadas, así como las responsabilidades que debe asumir cada una de las partes que intervienen en la ejecución de la obra. Permite ser cargado en el editor de textos del programa o en el seleccionado por el usuario (word, wordperfect, etc, mediante la opción Cambiar Editor), presentar, visualizar, editar, imprimir y generar dicho documento en fichero RTF, de intercambio con cualquier editor de textos.
- La **Medición** muestra el cómputo de toda la aparamenta eléctrica que interviene en el cálculo (cableado eléctrico, apoyos y cimentaciones). Permite cargar los resultados en el editor de textos del programa o en el seleccionado por el usuario (word, wordperfect, etc, mediante la opción Cambiar Editor), presentar, visualizar, editar, imprimir y generar dicho documento en fichero RTF, de intercambio con cualquier editor de textos.
- Los **Planos** muestran las características generales del proyecto calculado, en planta y perfil, con dibujo automático de catenarias. Planos de cimentaciones y crucetas acotadas. Salida directa a impresora o generación en fichero DXF, de intercambio con cualquier programa de CAD.

Ayudas

- El programa proporciona **ayudas técnicas** muy didácticas de cada una de las opciones y campos establecidos. Incorpora también filosofía de trabajo del programa, ejemplos prácticos resueltos, etc. Toda esta información queda además recogida en los manuales correspondientes.

Memoria Descriptiva

1. ANTECEDENTES Y FINALIDAD DE LA INSTALACION.
2. OBJETO DEL PROYECTO.
3. REGLAMENTACION Y DISPOSICIONES OFICIALES Y PARTICULARES.
4. TRAZADO DE LA LINEA.
5. CRUZAMIENTOS Y PARALELISMOS.
 - 5.1. GENERALIDADES.
 - 5.2. DISTANCIAS A OTRAS LINEAS ELECTRICAS AEREAS O DE TELECOMUNICACION.
 - 5.3. DISTANCIAS A CARRETERAS.
 - 5.4. DISTANCIAS A FERROCARRILES SIN ELECTRIFICAR.
 - 5.5. DISTANCIAS A FERROCARRILES ELECTRIFICADOS, TRANVIAS Y TROLEBUSES.
 - 5.6. DISTANCIAS A TELEFERICOS Y CABLES TRANSPORTADORES.
 - 5.7. DISTANCIAS A RIOS Y CANALES, NAVEGABLES O FLOTABLES.
 - 5.8. PASO POR ZONAS.
6. MATERIALES.
7. CONDUCTORES.
 - 7.1. CONDUCTORES DE ALUMINIO.
 - 7.2. CONDUCTORES DE ACERO.
 - 7.3. CONDUCTORES DE COBRE.
 - 7.4. EMPALMES Y CONEXIONES.
8. HERRAJES Y ACCESORIOS.
9. AISLADORES.
10. CRUCETAS.
11. APOYOS.
 - 11.1. APOYOS METALICOS.
 - 11.2. APOYOS DE HORMIGON.
 - 11.3. NUMERACION, MARCADO Y AVISOS DE RIESGO ELECTRICO.
12. ELEMENTOS DEL SISTEMA DE PUESTA A TIERRA Y CONDICIONES DE MONTAJE.
 - 12.1. ELECTRODOS DE PUESTA A TIERRA.
 - 12.2. LINEAS DE TIERRA.

- 12.3. CONEXION DE LOS APOYOS A TIERRA.
- 13. CIMENTACIONES.
- 14. ENTRONQUE.
- 15. PROTECCION DE LA AVIFAUNA.
 - 15.1. PROTECCION CONTRA LA ELECTROCUCION.
 - 15.2. PROTECCION CONTRA LA COLISION.
- 16. PLANOS
- 17. CONCLUSION

SEGURIDAD, HIGIENE Y SALUD EN EL TRABAJO

- 1. PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES.
 - 1.1. INTRODUCCION.
 - 1.2. DERECHOS Y OBLIGACIONES.
 - 1.3. SERVICIOS DE PREVENCIÓN.
 - 1.4. CONSULTA Y PARTICIPACION DE LOS TRABAJADORES.
- 2. DISPOSICIONES MINIMAS EN MATERIA DE SEÑALIZACION DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO.
 - 2.1. INTRODUCCION.
 - 2.2. OBLIGACION GENERAL DEL EMPRESARIO.
- 3. DISPOSICIONES MINIMAS DE SEGURIDAD Y SALUD PARA LA UTILIZACION POR LOS TRABAJADORES DE LOS EQUIPOS DE TRABAJO.
 - 3.1. INTRODUCCION.
 - 3.2. OBLIGACION GENERAL DEL EMPRESARIO.
- 4. DISPOSICIONES MINIMAS DE SEGURIDAD Y SALUD EN LAS OBRAS DE CONSTRUCCION.
 - 4.1. INTRODUCCION.
 - 4.2. ESTUDIO BASICO DE SEGURIDAD Y SALUD.
 - 4.3. DISPOSICIONES ESPECIFICAS DE SEGURIDAD Y SALUD DURANTE LA EJECUCION DE LAS OBRAS.
- 5. DISPOSICIONES MINIMAS DE SEGURIDAD Y SALUD RELATIVAS A LA UTILIZACION POR LOS TRABAJADORES DE EQUIPOS DE PROTECCION INDIVIDUAL
 - 5.1. INTRODUCCION.
 - 5.2. OBLIGACIONES GENERALES DEL EMPRESARIO.

Anexo de Cálculos

1. RESUMEN DE FORMULAS.
2. DATOS GENERALES DE LA INSTALACION.
3. TENSION MAXIMA EN LA LINEA Y COMPONENTE HORIZONTAL.
4. VANO DE REGULACION.
5. TENSIONES HORIZONTALES Y FLECHAS EN DETERMINADAS CONDICIONES.
6. LIMITE DINAMICO EDS.
7. APOYOS.
8. CIMENTACIONES.
9. CADENAS DE AISLADORES.
10. DISTANCIAS DE SEGURIDAD.
11. ANGULO DE DESVIACION DE LA CADENA DE AISLADORES.
12. TABLAS RESUMEN.

1. RESUMEN DE FORMULAS.

1.1. TENSION MAXIMA EN UN VANO (Apdo. 3.2.1).

La tensión máxima en un vano se produce en los puntos de fijación del conductor a los apoyos.

$$T_A = P_0 \cdot Y_A = P_0 \cdot c \cdot \cosh (X_A/c) = P_0 \cdot c \cdot \cosh [(X_m - a/2) / c]$$

$$T_B = P_0 \cdot Y_B = P_0 \cdot c \cdot \cosh (X_B/c) = P_0 \cdot c \cdot \cosh [(X_m + a/2) / c]$$

$$P_v = K \cdot d / 1000 \quad K=60 \cdot (v/120)^2 \text{ daN/m}^2 \text{ si } d \leq 16 \text{ mm y } v \geq 120 \text{ Km/h}$$

$$P_{vh} = K \cdot D / 1000 \quad K=50 \cdot (v/120)^2 \text{ daN/m}^2 \text{ si } d > 16 \text{ mm y } v \geq 120 \text{ Km/h}$$

$$P_h = K \cdot \sqrt{d} \quad K=60 \cdot (v/120)^2 \text{ daN/m}^2 \text{ si } d \leq 16 \text{ mm y } v \geq 60 \text{ Km/h}$$

$$P_h = K \cdot \sqrt{d} \quad K=50 \cdot (v/120)^2 \text{ daN/m}^2 \text{ si } d > 16 \text{ mm y } v \geq 60 \text{ Km/h}$$

$$P_h = K \cdot \sqrt{d} \quad K=0.18 \text{ Zona B}$$

$$K=0.36 \text{ Zona C}$$

$$P_0 = \sqrt{(P_p^2 + P_v^2)} \quad \text{Zona A, B y C. Hipótesis de viento.}$$

$$P_0 = P_p + P_h \quad \text{Zonas B y C. Hipótesis de hielo.}$$

$$P_0 = \sqrt{[(P_p + P_h)^2 + P_{vh}^2]} \quad \text{Zonas B y C. Hipótesis de hielo + viento.}$$

Cuando sea requerida por la empresa eléctrica.

$$c = T_{0h} / P_0$$

$$X_m = c \cdot \ln [z + \sqrt{(1+z^2)}]$$

$$z = h / (2 \cdot c \cdot \sinh a/2c)$$

Siendo:

v = Velocidad del viento (Km/h).

T_A = Tensión total del conductor en el punto de fijación al primer apoyo del vano (daN).

T_B = Tensión total del conductor en el punto de fijación al segundo apoyo del vano (daN).

P₀ = Peso total del conductor en las condiciones más desfavorables (daN/m).

P_p = Peso propio del conductor (daN/m).

P_v = Sobrecarga de viento (daN/m).

P_{vh} = Sobrecarga de viento incluido el manguito de hielo (daN/m).

P_h = Sobrecarga de hielo (daN/m).

d = diámetro del conductor (mm).

D = diámetro del conductor incluido el espesor del manguito de hielo (mm).

Y = c · cosh (x/c) = Ecuación de la catenaria.

c = constante de la catenaria.

Y_A = Ordenada correspondiente al primer apoyo del vano (m).

Y_B = Ordenada correspondiente al segundo apoyo del vano (m).

X_A = Abcisa correspondiente al primer apoyo del vano (m).

X_B = Abcisa correspondiente al segundo apoyo del vano (m).

X_m = Abcisa correspondiente al punto medio del vano (m).

a = Proyección horizontal del vano (m).

h = Desnivel entre los puntos de fijación del conductor a los apoyos (m).

T_{0h} = Componente Horizontal de la Tensión en las condiciones más desfavorables o Tensión Máxima Horizontal (daN). Es constante en todo el vano.

1.2. VANO DE REGULACION.

Para cada tramo de línea comprendida entre apoyos con cadenas de amarre, el vano de regulación se obtiene del siguiente modo:

$$a_r = \sqrt{\sum a^3 / \sum a}$$

1.3. TENSIONES Y FLECHAS DE LA LINEA EN DETERMINADAS CONDICIONES. ECUACION DEL CAMBIO DE CONDICIONES.

Partiendo de una situación inicial en las condiciones de tensión máxima horizontal (T_{0h}), se puede obtener una tensión horizontal final (T_h) en otras condiciones diferentes para cada vano de regulación (tramo de línea), y una flecha (F) en esas condiciones finales, para cada vano real de ese tramo.

La tensión horizontal en unas condiciones finales dadas, se obtiene mediante la Ecuación del Cambio de Condiciones:

$$[\delta \cdot L_0 \cdot (t - t_0)] + [L_0/(S \cdot E) \cdot (T_h - T_{0h})] = L - L_0$$

$$L_0 = c_0 \cdot \sinh[(X_{m0} + a/2) / c_0] - c_0 \cdot \sinh[(X_{m0} - a/2) / c_0]$$

$$c_0 = T_{0h}/P_0 ; X_{m0} = c_0 \cdot \ln[z_0 + \sqrt{(1+z_0^2)}]$$

$$z_0 = h / (2 \cdot c_0 \cdot \sinh a/2c_0)$$

$$L = c \cdot \sinh[(X_m + a/2) / c] - c \cdot \sinh[(X_m - a/2) / c]$$

$$c = T_h/P ; X_m = c \cdot \ln[z + \sqrt{(1+z^2)}]$$

$$z = h / (2 \cdot c \cdot \sinh a/2c)$$

Siendo:

δ = Coeficiente de dilatación lineal.

L_0 = Longitud del arco de catenaria en las condiciones iniciales para el vano de regulación (m).

L = Longitud del arco de catenaria en las condiciones finales para el vano de regulación (m).

t_0 = Temperatura en las condiciones iniciales (°C).

t = Temperatura en las condiciones finales (°C).

S = Sección del conductor (mm²).

E = Módulo de elasticidad (daN/mm²).

T_{0h} = Componente Horizontal de la Tensión en las condiciones más desfavorables o Tensión Máxima Horizontal (daN).

T_h = Componente Horizontal de la Tensión o Tensión Horizontal en las condiciones finales consideradas, para el vano de regulación (daN).

$a = a_r$ (vano de regulación, m).

h = Desnivel entre los puntos de fijación del conductor a los apoyos, en tramos de un solo vano (m).

$h = 0$, para tramos compuestos por más de un vano.

Obtención de la flecha en las condiciones finales (F), para cada vano real de la línea:

$$F = Y_B - [h/a \cdot (X_B - X_{fm})] - Y_{fm}$$

$$X_{fm} = c \cdot \ln[h/a + \sqrt{(1+(h/a)^2)}]$$

$$Y_{fm} = c \cdot \cosh(X_{fm}/c)$$

Siendo:

Y_B = Ordenada de uno de los puntos de fijación del conductor al apoyo (m).

X_B = Abcisa de uno de los puntos de fijación del conductor al apoyo (m).

Y_{fm} = Ordenada del punto donde se produce la flecha máxima (m).

X_{fm} = Abcisa del punto donde se produce la flecha máxima (m).

h = Desnivel entre los puntos de fijación del conductor a los apoyos (m).

a = proyección horizontal del vano (m).

1.3.1. Tensión máxima (Apdo. 3.2.1).

Condiciones iniciales a considerar en la ecuación del cambio de condiciones.

a) Zona A.

- Tracción máxima viento.

$t = -5$ °C.

Sobrecarga: viento (P_v).

b) Zona B.

- Tracción máxima viento.

$t = -10$ °C.

Sobrecarga: viento (P_v).

- Tracción máxima hielo.

$t = -15$ °C.

Sobrecarga: hielo (P_h).

- Tracción máxima hielo + viento. (Cuando sea requerida por la empresa eléctrica).

$t = -15$ °C.

Sobrecarga: viento (P_{vh}).

Sobrecarga: hielo (P_h).

c) Zona C.

- Tracción máxima viento.

$t = -15$ °C.

Sobrecarga: viento (P_v).

- Tracción máxima hielo.

$t = -20$ °C.

Sobrecarga: hielo (P_h).

- Tracción máxima hielo + viento. (Cuando sea requerida por la empresa eléctrica).

$t = -20$ °C.

Sobrecarga: viento (P_{vh}).

Sobrecarga: hielo (P_h).

1.3.2. Flecha máxima (Apdo. 3.2.3).

Condiciones finales a considerar en la ecuación del cambio de condiciones.

a) Hipótesis de viento.

$t = +15$ °C.

Sobrecarga: Viento (P_v).

b) Hipótesis de temperatura.

$t = + 50 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

Sobrecarga: ninguna.

c) Hipótesis de hielo.

$t = 0 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

Sobrecarga: hielo (P_H).

Zona A: Se consideran las hipótesis a) y b).

Zonas B y C: Se consideran las hipótesis a), b) y c).

1.3.3. Flecha mínima.

Condiciones finales a considerar en la ecuación del cambio de condiciones.

a) Zona A.

$t = -5 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

Sobrecarga: ninguna.

b) Zona B.

$t = -15 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

Sobrecarga: ninguna.

c) Zona C.

$t = -20 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

Sobrecarga: ninguna.

1.3.4. Desviación cadena aisladores.

Condiciones finales a considerar en la ecuación del cambio de condiciones.

$t = -5 \text{ }^{\circ}\text{C}$ en zona A, $-10 \text{ }^{\circ}\text{C}$ en zona B y $-15 \text{ }^{\circ}\text{C}$ en zona C.

Sobrecarga: mitad de Viento ($P_V/2$).

1.3.5. Hipótesis de Viento. Cálculo de apoyos.

Condiciones finales a considerar en la ecuación del cambio de condiciones.

$t = -5 \text{ }^{\circ}\text{C}$ en zona A, $-10 \text{ }^{\circ}\text{C}$ en zona B y $-15 \text{ }^{\circ}\text{C}$ en zona C.

Sobrecarga: Viento (P_V).

1.3.6. Tendido de la línea.

Condiciones finales a considerar en la ecuación del cambio de condiciones.

$t = -20 \text{ }^{\circ}\text{C}$ (Sólo zona C).

$t = -15 \text{ }^{\circ}\text{C}$ (Sólo zonas B y C).

$t = -10 \text{ }^{\circ}\text{C}$ (Sólo zonas B y C).

$t = -5 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

$t = 0 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

$t = + 5 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

$t = + 10 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

$t = + 15 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

$t = + 20 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

$t = + 25 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

$t = + 30 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

$t = + 35 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

$t = + 40 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

$t = + 45 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

$t = + 50 \text{ }^\circ\text{C}$.

Sobrecarga: ninguna.

1.4. LIMITE DINAMICO "EDS".

$$\text{EDS} = (T_h / Q_r) \cdot 100 < 15$$

Siendo:

EDS = Every Day Estress, esfuerzo al cual están sometidos los conductores de una línea la mayor parte del tiempo, correspondiente a la temperatura media o a sus proximidades, en ausencia de sobrecarga.

T_h = Componente Horizontal de la Tensión o Tensión Horizontal en las condiciones finales consideradas, para el vano de regulación (daN). Zonas A, B y C, $t^a = 15 \text{ }^\circ\text{C}$. Sobrecarga: ninguna.

Q_r = Carga de rotura del conductor (daN).

1.5. HIPOTESIS CALCULO DE APOYOS (Apdo. 3.5.3).

Apoyos de líneas situadas en zona A (Altitud inferior a 500 m).

TIPO DE APOYO	TIPO DE ESFUERZO	HIPOTESIS 1ª (Viento)	HIPOTESIS 2ª (Hielo)	HIPOTESIS 3ª (Des. Tracciones)	HIPOTESIS 4ª (Rotura cond.)
Alineación Suspensión	V	Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Viento. (apdo. 3.1.2) $V = P_{cv} + P_{ca-nc}$		Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Viento. (apdo. 3.1.2) $V = P_{cv} + P_{ca-nc}$	Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Viento. (apdo. 3.1.2) $V = P_{cv} - P_{cvr} + P_{ca-nc}$
	T	Viento. (apdo. 3.1.2) $T = F_{vc} + E_{ca-nc}$			
	L			Des. Tracc. (apdo. 3.1.4.1) $L = D_{tv}$	Rot. Cond. (apdo. 3.1.5.1) $L_t = Rot_v$
Alineación Amarre	V	Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Viento. (apdo. 3.1.2) $V = P_{cv} + P_{ca-nc}$		Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Viento. (apdo. 3.1.2) $V = P_{cv} + P_{ca-nc}$	Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Viento. (apdo. 3.1.2) $V = P_{cv} - P_{cvr} + P_{ca-nc}$
	T	Viento. (apdo. 3.1.2) $T = F_{vc} + E_{ca-nc}$			
	L			Des. Tracc. (apdo. 3.1.4.2) $L = D_{tv}$	Rot. Cond. (apdo. 3.1.5.2) $L_t = Rot_v$
Angulo Suspensión	V	Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Viento. (apdo. 3.1.2) $V = P_{cv} + P_{ca-nc}$		Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Viento. (apdo. 3.1.2) $V = P_{cv} + P_{ca-nc}$	Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Viento. (apdo. 3.1.2) $V = P_{cv} - P_{cvr} + P_{ca-nc}$
	T	Viento. (apdo. 3.1.2) Res. Angulo (apdo. 3.1.6) $T = F_{vc} + E_{ca-nc} + RavT$		Des. Tracc. (apdo. 3.1.4.1) Res. Angulo (apdo. 3.1.6) $T = RavdT$	Rot. Cond. (apdo. 3.1.5.1) Res. Angulo (apdo. 3.1.6) $T = RavrT$
	L			Des. Tracc. (apdo. 3.1.4.1) Res. Angulo (apdo. 3.1.6) $L = RavdL$	Rot. Cond. (apdo. 3.1.5.1) Res. Angulo (apdo. 3.1.6) $L = RavrL ; L_t = Rot_v$
Angulo Amarre	V	Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Viento. (apdo. 3.1.2) $V = P_{cv} + P_{ca-nc}$		Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Viento. (apdo. 3.1.2) $V = P_{cv} + P_{ca-nc}$	Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Viento. (apdo. 3.1.2) $V = P_{cv} - P_{cvr} + P_{ca-nc}$
	T	Viento. (apdo. 3.1.2) Res. Angulo (apdo. 3.1.6) $T = F_{vc} + E_{ca-nc} + RavT$		Des. Tracc. (apdo. 3.1.4.2) Res. Angulo (apdo. 3.1.6) $T = RavdT$	Rot. Cond. (apdo. 3.1.5.2) Res. Angulo (apdo. 3.1.6) $T = RavrT$
	L	Res. Angulo (apdo. 3.1.6) $L = RavL$		Des. Tracc. (apdo. 3.1.4.2) Res. Angulo (apdo. 3.1.6) $L = RavdL$	Rot. Cond. (apdo. 3.1.5.2) Res. Angulo (apdo. 3.1.6) $L = RavrL ; L_t = Rot_v$
Anclaje Alineación	V	Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Viento. (apdo. 3.1.2) $V = P_{cv} + P_{ca-nc}$		Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Viento. (apdo. 3.1.2) $V = P_{cv} + P_{ca-nc}$	Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Viento. (apdo. 3.1.2) $V = P_{cv} - P_{cvr} + P_{ca-nc}$
	T	Viento. (apdo. 3.1.2) $T = F_{vc} + E_{ca-nc}$			
	L			Des. Tracc. (apdo. 3.1.4.3) $L = D_{tv}$	Rot. Cond. (apdo. 3.1.5.3) $L_t = Rot_v$
Anclaje Angulo y Estrellam.	V	Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Viento. (apdo. 3.1.2) $V = P_{cv} + P_{ca-nc}$		Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Viento. (apdo. 3.1.2) $V = P_{cv} + P_{ca-nc}$	Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Viento. (apdo. 3.1.2) $V = P_{cv} - P_{cvr} + P_{ca-nc}$
	T	Viento. (apdo. 3.1.2) Res. Angulo (apdo. 3.1.6) $T = F_{vc} + E_{ca-nc} + RavT$		Des. Tracc. (apdo. 3.1.4.3) Res. Angulo (apdo. 3.1.6) $T = RavdT$	Rot. Cond. (apdo. 3.1.5.3) Res. Angulo (apdo. 3.1.6) $T = RavrT$
	L	Res. Angulo (apdo. 3.1.6) $L = RavL$		Des. Tracc. (apdo. 3.1.4.3) Res. Angulo (apdo. 3.1.6) $L = RavdL$	Rot. Cond. (apdo. 3.1.5.3) Res. Angulo (apdo. 3.1.6) $L = RavrL ; L_t = Rot_v$
Fin de línea	V	Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Viento. (apdo. 3.1.2) $V = P_{cv} + P_{ca-nc}$			Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Viento. (apdo. 3.1.2) $V = P_{cv} - P_{cvr} + P_{ca-nc}$
	T	Viento. (apdo. 3.1.2) $T = F_{vc} + E_{ca-nc}$			
	L	Des. Tracc. (apdo. 3.1.4.4) $L = D_{tv}$			Rot. Cond. (apdo. 3.1.5.4) $L_t = Rot_v$

V = Esfuerzo vertical

T = Esfuerzo transversal

L = Esfuerzo longitudinal

Lt = Esfuerzo de torsión

Para la determinación de las tensiones de los conductores se considerarán sometidos a una sobrecarga de viento (apdo. 3.1.2) correspondiente a una velocidad mínima de 120 Km/h y a la temperatura de -5 °C.

En los apoyos de alineación y ángulo con cadenas de suspensión y amarre se prescinde de la 4ª hipótesis si se verifican simultáneamente las siguientes condiciones (apdo. 3.5.3) :

- Tensión nominal de la línea hasta 66 kV.
- La carga de rotura del conductor es inferior a 6600 daN.
- Los conductores tienen un coeficiente de seguridad de 3, como mínimo.
- El coeficiente de seguridad de los apoyos y cimentaciones en la hipótesis tercera es el correspondiente a las hipótesis normales.
- Se instalen apoyos de anclaje cada 3 kilómetros como máximo.

Apoyos de líneas situadas en zonas B y C (Altitud igual o superior a 500 m).

TIPO DE APOYO	TIPO DE ESFUERZO	HIPOTESIS 1ª (Viento)	HIPOTESIS 2ª (Hielo)	HIPOTESIS 3ª (Des. Tracciones)	HIPOTESIS 4ª (Rotura cond.)
Alineación Suspensión	V	Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Viento. (apdo. 3.1.2) $V = P_{cv} + P_{ca-nc}$	Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Hielo (apdo. 3.1.3) $V = P_{ch} + P_{ca-nc}$	Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Hielo (apdo. 3.1.3) $V = P_{ch} + P_{ca-nc}$	Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Hielo (apdo. 3.1.3) $V = P_{ch} - P_{chr} + P_{ca-nc}$
	T	Viento. (apdo. 3.1.2) $T = F_{vc} + E_{ca-nc}$			
	L			Des. Tracc. (apdo. 3.1.4.1) $L = D_{th}$	Rot. Cond. (apdo. 3.1.5.1) $L_t = R_{oth}$
Alineación Amarre	V	Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Viento. (apdo. 3.1.2) $V = P_{cv} + P_{ca-nc}$	Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Hielo (apdo. 3.1.3) $V = P_{ch} + P_{ca-nc}$	Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Hielo (apdo. 3.1.3) $V = P_{ch} + P_{ca-nc}$	Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Hielo (apdo. 3.1.3) $V = P_{ch} - P_{chr} + P_{ca-nc}$
	T	Viento. (apdo. 3.1.2) $T = F_{vc} + E_{ca-nc}$			
	L			Des. Tracc. (apdo. 3.1.4.2) $L = D_{th}$	Rot. Cond. (apdo. 3.1.5.2) $L_t = R_{oth}$
Angulo Suspensión	V	Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Viento. (apdo. 3.1.2) $V = P_{cv} + P_{ca-nc}$	Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Hielo (apdo. 3.1.3) $V = P_{ch} + P_{ca-nc}$	Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Hielo (apdo. 3.1.3) $V = P_{ch} + P_{ca-nc}$	Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Hielo (apdo. 3.1.3) $V = P_{ch} - P_{chr} + P_{ca-nc}$
	T	Viento. (apdo. 3.1.2) Res. Angulo (apdo. 3.1.6) $T = F_{vc} + E_{ca-nc} + R_{avT}$	Res. Angulo (apdo. 3.1.6) $T = R_{ahT}$	Des. Tracc. (apdo. 3.1.4.1) Res. Angulo (apdo. 3.1.6) $T = R_{ahdT}$	Rot. Cond. (apdo. 3.1.5.1) Res. Angulo (apdo. 3.1.6) $T = R_{ahrT}$
	L			Des. Tracc. (apdo. 3.1.4.1) Res. Angulo (apdo. 3.1.6) $L = R_{ahdL}$	Rot. Cond. (apdo. 3.1.5.1) Res. Angulo (apdo. 3.1.6) $L = R_{ahrL}; L_t = R_{oth}$
Angulo Amarre	V	Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Viento. (apdo. 3.1.2) $V = P_{cv} + P_{ca-nc}$	Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Hielo (apdo. 3.1.3) $V = P_{ch} + P_{ca-nc}$	Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Hielo (apdo. 3.1.3) $V = P_{ch} + P_{ca-nc}$	Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Hielo (apdo. 3.1.3) $V = P_{ch} - P_{chr} + P_{ca-nc}$
	T	Viento. (apdo. 3.1.2) Res. Angulo (apdo. 3.1.6) $T = F_{vc} + E_{ca-nc} + R_{avT}$	Res. Angulo (apdo. 3.1.6) $T = R_{ahT}$	Des. Tracc. (apdo. 3.1.4.2) Res. Angulo (apdo. 3.1.6) $T = R_{ahdT}$	Rot. Cond. (apdo. 3.1.5.2) Res. Angulo (apdo. 3.1.6) $T = R_{ahrT}$
	L	Res. Angulo (apdo. 3.1.6) $L = R_{avL}$	Res. Angulo (apdo. 3.1.6) $L = R_{ahL}$	Des. Tracc. (apdo. 3.1.4.2) Res. Angulo (apdo. 3.1.6) $L = R_{ahdL}$	Rot. Cond. (apdo. 3.1.5.2) Res. Angulo (apdo. 3.1.6) $L = R_{ahrL}; L_t = R_{oth}$
Anclaje Alineación	V	Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Viento. (apdo. 3.1.2) $V = P_{cv} + P_{ca-nc}$	Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Hielo (apdo. 3.1.3) $V = P_{ch} + P_{ca-nc}$	Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Hielo (apdo. 3.1.3) $V = P_{ch} + P_{ca-nc}$	Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Hielo (apdo. 3.1.3) $V = P_{ch} - P_{chr} + P_{ca-nc}$
	T	Viento. (apdo. 3.1.2) $T = F_{vc} + E_{ca-nc}$			
	L			Des. Tracc. (apdo. 3.1.4.3) $L = D_{th}$	Rot. Cond. (apdo. 3.1.5.3) $L_t = R_{oth}$
Anclaje Angulo y Estrellam.	V	Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Viento. (apdo. 3.1.2) $V = P_{cv} + P_{ca-nc}$	Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Hielo (apdo. 3.1.3) $V = P_{ch} + P_{ca-nc}$	Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Hielo (apdo. 3.1.3) $V = P_{ch} + P_{ca-nc}$	Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Hielo (apdo. 3.1.3) $V = P_{ch} - P_{chr} + P_{ca-nc}$
	T	Viento. (apdo. 3.1.2) Res. Angulo (apdo. 3.1.6) $T = F_{vc} + E_{ca-nc} + R_{avT}$	Res. Angulo (apdo. 3.1.6) $T = R_{ahT}$	Des. Tracc. (apdo. 3.1.4.3) Res. Angulo (apdo. 3.1.6) $T = R_{ahdT}$	Rot. Cond. (apdo. 3.1.5.3) Res. Angulo (apdo. 3.1.6) $T = R_{ahrT}$
	L	Res. Angulo (apdo. 3.1.6) $L = R_{avL}$	Res. Angulo (apdo. 3.1.6) $L = R_{ahL}$	Des. Tracc. (apdo. 3.1.4.3) Res. Angulo (apdo. 3.1.6) $L = R_{ahdL}$	Rot. Cond. (apdo. 3.1.5.3) Res. Angulo (apdo. 3.1.6) $L = R_{ahrL}; L_t = R_{oth}$
Fin de línea	V	Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Viento. (apdo. 3.1.2) $V = P_{cv} + P_{ca-nc}$	Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Hielo (apdo. 3.1.3) $V = P_{ch} + P_{ca-nc}$		Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Hielo (apdo. 3.1.3) $V = P_{ch} - P_{chr} + P_{ca-nc}$
	T	Viento. (apdo. 3.1.2) $T = F_{vc} + E_{ca-nc}$			
	L	Des. Tracc. (apdo. 3.1.4.4) $L = D_{tv}$	Des. Tracc. (apdo. 3.1.4.4) $L = D_{th}$		Rot. Cond. (apdo. 3.1.5.4) $L_t = R_{oth}$

V = Esfuerzo vertical

T = Esfuerzo transversal

L = Esfuerzo longitudinal

L_t = Esfuerzo de torsión

Para la determinación de las tensiones de los conductores se considerará:

Hipótesis 1ª : Sometidos a una sobrecarga de viento (apdo. 3.1.2) correspondiente a una velocidad mínima de 120 Km/h y a la temperatura de -10 °C en zona B y -15 °C en zona C.

Resto hipótesis : Sometidos a una sobrecarga de hielo mínima (apdo. 3.1.3) y a la temperatura de -15 °C en zona B y -20 °C en zona C.

En los apoyos de alineación y ángulo con cadenas de suspensión y amarre se prescinde de la 4ª hipótesis si se verifican simultáneamente las siguientes condiciones (apdo. 3.5.3) :

- Tensión nominal de la línea hasta 66 kV.
- La carga de rotura del conductor es inferior a 6600 daN.
- Los conductores tienen un coeficiente de seguridad de 3, como mínimo.
- El coeficiente de seguridad de los apoyos y cimentaciones en la hipótesis tercera es el correspondiente a las hipótesis normales.
- Se instalen apoyos de anclaje cada 3 kilómetros como máximo.

1.5.1. Cargas permanentes (Apdo. 3.1.1).

Se considerarán las cargas verticales debidas al peso de los distintos elementos: conductores con sobrecarga (según hipótesis), aisladores, herrajes.

En todas las hipótesis en zona A y en la hipótesis de viento en zonas B y C, el peso que gravita sobre los apoyos debido al conductor y su sobrecarga "Pcv" será:

$$P_{cv} = L_v \cdot P_{pv} \cdot \cos \alpha \cdot n \text{ (daN)}$$

$$P_{cvr} = L_v \cdot P_{pv} \cdot \cos \alpha \cdot n_r \text{ (daN)}$$

Siendo:

L_v = Longitud del conductor que gravita sobre el apoyo en las condiciones de -5 °C (zona A), -10 °C (zona B) o -15 °C (zona C) con sobrecarga de viento (m).

P_{pv} = Peso propio del conductor con sobrecarga de viento (daN/m).

P_{cvr} = Peso que gravita sobre los apoyos de los conductores rotos con sobrecarga de viento para la 4ª hipótesis (daN).

α = Angulo que forma la resultante del viento con el peso propio del conductor.

n = número total de conductores.

n_r = número de conductores rotos en la 4ª hipótesis.

En todas las hipótesis en zonas B y C, excepto en la hipótesis 1ª de Viento, el peso que gravita sobre los apoyos debido al conductor y su sobrecarga "Pch" será:

$$P_{ch} = L_h \cdot P_{ph} \cdot n \text{ (daN)}$$

$$P_{chr} = L_h \cdot P_{ph} \cdot n_r \text{ (daN)}$$

Siendo:

L_h = Longitud del conductor que gravita sobre el apoyo en las condiciones de -15 °C (zona B) o -20 °C (zona C) con sobrecarga de hielo (m).

P_{ph} = Peso propio del conductor con sobrecarga de hielo (daN/m).

P_{chr} = Peso que gravita sobre los apoyos de los conductores rotos con sobrecarga de hielo para la 4ª hipótesis (daN).

n = número total de conductores.

n_r = número de conductores rotos en la 4ª hipótesis.

En todas las zonas y en todas las hipótesis habrá que considerar el peso de los herrajes y la cadena de aisladores "Pca", así como el número de cadenas de aisladores del apoyo "nc".

1.5.2. Esfuerzos del viento (Apdo. 3.1.2).

- El esfuerzo del viento sobre los conductores "Fvc" en la hipótesis 1ª para las zonas A, B y C se obtiene de la siguiente forma:

Apoyos alineación

$$F_{vc} = (a_1 \cdot d_1 \cdot n_1 + a_2 \cdot d_2 \cdot n_2) / 2 \cdot k \text{ (daN)}$$

Apoyos fin de línea

$$F_{vc} = a/2 \cdot d \cdot n \cdot k \text{ (daN)}$$

Apoyos de ángulo y estrellamiento

$$F_{vc} = \sum a_p / 2 \cdot d_p \cdot n_p \cdot k \text{ (daN)}$$

Siendo:

a_1 = Proyección horizontal del conductor que hay a la izquierda del apoyo (m).

a_2 = Proyección horizontal del conductor que hay a la derecha del apoyo (m).

a = Proyección horizontal del conductor (m).

a_p = Proyección horizontal del conductor en la dirección perpendicular a la bisectriz del ángulo (apoyos de ángulo) y en la dirección perpendicular a la resultante (apoyos de estrellamiento) (m).

d, d_1, d_2, d_p = Diámetro del conductor(m).

n, n_1, n_2, n_p = nº de haces de conductores.

v = Velocidad del viento (Km/h).

$K=60 \cdot (v/120)^2$ daN/m² si $d \leq 16$ mm y $v \geq 120$ Km/h

$K=50 \cdot (v/120)^2$ daN/m² si $d > 16$ mm y $v \geq 120$ Km/h

- En la hipótesis 1^a para las zonas A, B y C habrá que considerar el esfuerzo del viento sobre los herrajes y la cadena de aisladores "Eca", así como el número de cadenas de aisladores del apoyo "nc".

1.5.3. Desequilibrio de tracciones (Apdo. 3.1.4)

- En la hipótesis 1^a (sólo apoyos fin de línea) en zonas A, B y C y en la hipótesis 3^a en zona A (apoyos alineación, ángulo, estrellamiento y anclaje), el desequilibrio de tracciones "Dtv" se obtiene:

Apoyos de alineación con cadenas de suspensión.

$$Dtv = 8/100 \cdot T_h \cdot n \text{ (daN)}$$

$$Dtv = \text{Abs}((T_{h1} \cdot n_1) - (T_{h2} \cdot n_2)) \text{ (daN)}$$

Apoyos de alineación con cadenas de amarre.

$$Dtv = 15/100 \cdot T_h \cdot n \text{ (daN)}$$

$$Dtv = \text{Abs}((T_{h1} \cdot n_1) - (T_{h2} \cdot n_2)) \text{ (daN)}$$

Apoyos de ángulo con cadenas de suspensión.

$$Dtv = 8/100 \cdot T_h \cdot n \text{ (daN)}$$

Este esfuerzo se combinará con la resultante de ángulo.

Apoyos de ángulo con cadenas de amarre.

$$Dtv = 15/100 \cdot T_h \cdot n \text{ (daN)}$$

Este esfuerzo se combinará con la resultante de ángulo.

Apoyos de anclaje de alineación.

$$Dtv = 50/100 \cdot T_h \cdot n \text{ (daN)}$$

$$Dtv = \text{Abs}((T_{h1} \cdot n_1) - (T_{h2} \cdot n_2)) \text{ (daN)}$$

Apoyos de anclaje en ángulo y estrellamiento.

$$Dtv = 50/100 \cdot T_h \cdot n \text{ (daN)}$$

Este esfuerzo se combinará con la resultante de ángulo.

Apoyos fin de línea

$$Dtv = 100/100 \cdot T_h \cdot n \text{ (daN)}$$

Siendo:

n, n_1, n_2 = número total de conductores.

T_h, T_{h1}, T_{h2} = Componente horizontal de la tensión en las condiciones de -5 °C (zona A), -10 °C (zona B) y -15 °C (zona C) con sobrecarga de viento (daN).

- En la hipótesis 2ª (fin de línea) y 3ª (alineación, ángulo, estrellamiento y anclaje) en zonas B y C, el desequilibrio de tracciones "Dth" se obtiene:

Apoyos de alineación con cadenas de suspensión.

$$Dth = 8/100 \cdot T_{0h} \cdot n \text{ (daN)}$$

$$Dth = \text{Abs}((T_{0h1} \cdot n_1) - (T_{0h2} \cdot n_2)) \text{ (daN)}$$

Apoyos de alineación con cadenas de amarre.

$$Dth = 15/100 \cdot T_{0h} \cdot n \text{ (daN)}$$

$$Dth = \text{Abs}((T_{0h1} \cdot n_1) - (T_{0h2} \cdot n_2)) \text{ (daN)}$$

Apoyos de ángulo con cadenas de suspensión.

$$Dth = 8/100 \cdot T_{0h} \cdot n \text{ (daN)}$$

Este esfuerzo se combinará con la resultante de ángulo.

Apoyos de ángulo con cadenas de amarre.

$$Dth = 15/100 \cdot T_{0h} \cdot n \text{ (daN)}$$

Este esfuerzo se combinará con la resultante de ángulo.

Apoyos de anclaje en alineación.

$$Dth = 50/100 \cdot T_{0h} \cdot n \text{ (daN)}$$

$$Dth = \text{Abs}((T_{0h1} \cdot n_1) - (T_{0h2} \cdot n_2)) \text{ (daN)}$$

Apoyos de anclaje en ángulo y estrellamiento.

$$Dth = 50/100 \cdot T_{0h} \cdot n \text{ (daN)}$$

Este esfuerzo se combinará con la resultante de ángulo.

Apoyos fin de línea

$$Dth = 100/100 \cdot T_{0h} \cdot n \text{ (daN)}$$

Siendo:

n, n_1, n_2 = número total de conductores.

T_{0h}, T_{0h1}, T_{0h2} = Componente horizontal de la tensión en las condiciones -15 °C (Zona B) y -20 °C (Zona C) con sobrecarga de hielo (daN).

1.5.4. Rotura de conductores (Apdo. 3.1.5)

- El esfuerzo debido a la rotura de conductores "Rotv" en zona A, aplicado en el punto donde produzca la sollicitación más desfavorable produciendo un esfuerzo de torsión, se obtiene:

Apoyos de alineación y de ángulo con cadenas de suspensión

- Se prescinde siempre que se cumplan las condiciones especificadas en el apdo 3.5.3.

- Si no se cumplen esas condiciones, se considerará el esfuerzo unilateral correspondiente a la rotura de un solo conductor "Rotv", aplicado en el punto que produzca la sollicitación más desfavorable.

$$\text{Rotv} = T_{0h} \text{ (daN)}$$

Apoyos de alineación y de ángulo con cadenas de amarre

- Se prescinde siempre que se cumplan las condiciones especificadas en el apdo 3.5.3.
- Si no se cumplen esas condiciones, se considerará el esfuerzo unilateral correspondiente a la rotura de un solo conductor "Rotv", aplicado en el punto que produzca la sollicitación más desfavorable.

$$\text{Rotv} = T_{0h} \text{ (daN)}$$

Apoyos de anclaje en alineación, anclaje en ángulo y estrellamiento

$$\text{Rotv} = T_{0h} \text{ (simplex, un sólo conductor por fase) (daN)}$$

$$\text{Rotv} = T_{0h} \cdot \text{ncf} \cdot 0,5 \text{ (dúplex, tríplex, cuadruplex; dos, tres o cuatro conductores por fase) (daN)}$$

Fin de línea

$$\text{Rotv} = T_{0h} \cdot \text{ncf} \text{ (daN)}$$

$$\text{Rotv} = 2 \cdot T_{0h} \cdot \text{ncf} \text{ (montaje tresbolillo y bandera) (daN)}$$

Siendo:

ncf = número de conductores por fase.

T_{0h} = Componente horizontal de la tensión en las condiciones de -5 °C (zona A), -10 °C (zona B) y -15 °C (zona C) con sobrecarga de viento (daN).

- El esfuerzo debido a la rotura de conductores "Roth" en zonas B y C, aplicado en el punto donde produzca la sollicitación más desfavorable produciendo un esfuerzo de torsión, se obtiene:

Apoyos de alineación y de ángulo con cadenas de suspensión

- Se prescinde siempre que se cumplan las condiciones especificadas en el apdo 3.5.3.
- Si no se cumplen esas condiciones, se considerará el esfuerzo unilateral correspondiente a la rotura de un solo conductor "Roth", aplicado en el punto que produzca la sollicitación más desfavorable.

$$\text{Roth} = T_{0h} \text{ (daN)}$$

Apoyos de alineación y de ángulo con cadenas de amarre

- Se prescinde siempre que se cumplan las condiciones especificadas en el apdo 3.5.3.
- Si no se cumplen esas condiciones, se considerará el esfuerzo unilateral correspondiente a la rotura de un solo conductor "Roth", aplicado en el punto que produzca la sollicitación más desfavorable.

$$\text{Roth} = T_{0h} \text{ (daN)}$$

Apoyos de anclaje en alineación, anclaje en ángulo y estrellamiento

$$\text{Roth} = T_{0h} \text{ (simplex, un sólo conductor por fase) (daN)}$$

$$\text{Roth} = T_{0h} \cdot \text{ncf} \cdot 0,5 \text{ (dúplex, tríplex, cuadruplex; dos, tres o cuatro conductores por fase) (daN)}$$

Fin de línea

$$\text{Roth} = T_{0h} \cdot \text{ncf} \text{ (daN)}$$

$$\text{Roth} = 2 \cdot T_{0h} \cdot \text{ncf} \text{ (montaje tresbolillo y bandera) (daN)}$$

Siendo:

ncf = número de conductores por fase.

T_{0h} = Componente horizontal de la tensión en las condiciones de -15 °C (Zona B) y -20 °C (Zona C) con sobrecarga de hielo (daN).

1.5.5. Resultante de ángulo (Apdo. 3.1.6)

El esfuerzo resultante de ángulo "Rav" de las tracciones de los conductores en la hipótesis 1ª para las zonas A, B y C se obtiene del siguiente modo:

$$Rav = \sqrt{((T_{h1} \cdot n_1)^2 + (T_{h2} \cdot n_2)^2 - 2 \cdot (T_{h1} \cdot n_1) \cdot (T_{h2} \cdot n_2) \cdot \cos [180 - \alpha])} \text{ (daN)}$$

El esfuerzo resultante de ángulo "Rav" se descompondrá en dos esfuerzos, uno en dirección longitudinal a la línea "RavL" y otro en dirección transversal a la línea "RavT".

Siendo:

n_1, n_2 = Número de conductores.

T_{h1}, T_{h2} = Tensiones horizontales en las condiciones de -5 °C (zona A), -10 °C (zona B) y -15 °C (zona C) con sobrecarga de viento (daN).

α = Angulo que forman T_{h1} y T_{h2} (gr. sexa.).

El esfuerzo resultante de ángulo "Rah" de las tracciones de los conductores en la hipótesis 2ª para las zonas B y C se obtiene del siguiente modo:

$$Rah = \sqrt{((T_{h1} \cdot n_1)^2 + (T_{h2} \cdot n_2)^2 - 2 \cdot (T_{h1} \cdot n_1) \cdot (T_{h2} \cdot n_2) \cdot \cos [180 - \alpha])} \text{ (daN)}$$

El esfuerzo resultante de ángulo "Rah" se descompondrá en dos esfuerzos, uno en dirección longitudinal a la línea "RahL" y otro en dirección transversal a la línea "RahT".

Siendo:

n_1, n_2 = Número de conductores.

T_{h1}, T_{h2} = Tensiones horizontales en las condiciones de -15 °C (zona B) y -20 °C (zona C) con sobrecarga de hielo (daN).

α = Angulo que forman T_{h1} y T_{h2} (gr. sexa.).

El esfuerzo resultante de ángulo "Ravd" de las tracciones de los conductores en la hipótesis 3ª para la zona A se obtiene del siguiente modo:

$$Ravd = \sqrt{((T_{h1} \cdot n_1)^2 + (T_{h1} \cdot n_1 + Dtv)^2 - 2 \cdot (T_{h1} \cdot n_1) \cdot (T_{h1} \cdot n_1 + Dtv) \cdot \cos [180 - \alpha])} \text{ (daN)}$$

El esfuerzo resultante de ángulo "Ravd" se descompondrá en dos esfuerzos, uno en dirección longitudinal a la línea "RavdL" y otro en dirección transversal a la línea "RavdT".

Siendo:

n_1 = Número de conductores.

T_{h1} = Tensiones horizontales en las condiciones de -5 °C (zona A), -10 °C (zona B) y -15 °C (zona C) con sobrecarga de viento (daN).

Dtv = Desequilibrio de tracciones en la hipótesis de viento.

α = Angulo que forman T_{h1} y $(T_{h1} + Dtv)$ (gr. sexa.).

El esfuerzo resultante de ángulo "Rahd" de las tracciones de los conductores en la hipótesis 3ª para las zonas B y C se obtiene del siguiente modo:

$$Rahd = \sqrt{((T_{h1} \cdot n_1)^2 + (T_{h1} \cdot n_1 + Dth)^2 - 2 \cdot (T_{h1} \cdot n_1) \cdot (T_{h1} \cdot n_1 + Dth) \cdot \cos [180 - \alpha])} \text{ (daN)}$$

El esfuerzo resultante de ángulo "Rahd" se descompondrá en dos esfuerzos, uno en dirección longitudinal a la línea "RahdL" y otro en dirección transversal a la línea "RahdT".

Siendo:

n_1 = Número de conductores.

T_{h1} = Tensiones horizontales en las condiciones de -15 °C (zona B) y -20 °C (zona C) con sobrecarga de hielo (daN).

Dth = Desequilibrio de tracciones en la hipótesis de hielo.

α = Angulo que forman T_{h1} y $(T_{h1} + Dth)$ (gr. sexa.).

El esfuerzo resultante de ángulo "Ravr" de la rotura de conductores en la hipótesis 4ª para la zona A se obtiene del siguiente modo:

$$Ravr = \sqrt{((T_{h1} \cdot n_1)^2 + (T_{h2} \cdot n_2)^2 - 2 \cdot (T_{h1} \cdot n_1) \cdot (T_{h2} \cdot n_2) \cdot \cos [180 - \alpha])} \text{ (daN)}$$

El esfuerzo resultante de ángulo "Ravr" se descompondrá en dos esfuerzos, uno en dirección longitudinal a la línea "RavrL" y otro en dirección transversal a la línea "RavrT".

Siendo:

n_1, n_2 = Número de conductores quitando los conductores que se han roto.

T_{h1}, T_{h2} = Tensiones horizontales en las condiciones de -5 °C (zona A), -10 °C (zona B) y -15 °C (zona C) con sobrecarga de viento (daN).

α = Angulo que forman T_{h1} y T_{h2} (gr. sexa.).

El esfuerzo resultante de ángulo "Rahr" de la rotura de conductores en la hipótesis 4ª para las zonas B y C se obtiene del siguiente modo:

$$Rahr = \sqrt{((T_{h1} \cdot n_1)^2 + (T_{h2} \cdot n_2)^2 - 2 \cdot (T_{h1} \cdot n_1) \cdot (T_{h2} \cdot n_2) \cdot \cos [180 - \alpha])} \text{ (daN)}$$

El esfuerzo resultante de ángulo "Rahr" se descompondrá en dos esfuerzos, uno en dirección longitudinal a la línea "RahrL" y otro en dirección transversal a la línea "RahrT".

Siendo:

n_1, n_2 = Número de conductores quitando los conductores que se han roto.

T_{h1}, T_{h2} = Tensiones horizontales en las condiciones de -15 °C (zona B) y -20 °C (zona C) con sobrecarga de hielo (daN).

α = Angulo que forman T_{h1} y T_{h2} (gr. sexa.).

*Nota: En los apoyos de estrellamiento las operaciones anteriores se han realizado tomando las tensiones dos a dos para conseguir la resultante total.

1.5.6. Esfuerzos descentrados

En los apoyos fin de línea, cuando tienen el montaje al tresbolillo o bandera, aparecen por la disposición de la cruceta esfuerzos descentrados en condiciones normales, cuyo valor será:

$$Esdt = T_{0h} \cdot ncf \text{ (daN) (tresbolillo)}$$

$$Esdb = 3 \cdot T_{0h} \cdot ncf \text{ (daN) (bandera)}$$

Siendo:

ncf = número de conductores por fase.

T_{0h} = Componente horizontal de la tensión en las condiciones más desfavorables de tensión máxima.

1.5.7. Apoyo adoptado

El apoyo adoptado deberá soportar la combinación de esfuerzos considerados en cada hipótesis:

V = Cargas verticales.

T = Esfuerzos transversales.

L = Esfuerzos longitudinales.

Lt = Esfuerzos de torsión.

1.6. CIMENTACIONES (Apdo. 3.6).

Las cimentaciones se podrán realizar mediante zapatas monobloque o zapatas aisladas. En ambos casos se producirán dos momentos, uno debido al esfuerzo en punta y otro debido al viento sobre el apoyo.

Estarán situados los dos momentos, horizontalmente en el centro del apoyo y verticalmente a ras de tierra.

Momento debido al esfuerzo en punta

El momento debido al esfuerzo en punta "Mep" se obtiene:

$$M_{ep} = E_p \cdot H_{rc}$$

Siendo:

E_p = Esfuerzo en punta (daN).

H_{rc} = Altura de la resultante de los conductores (m).

Momento debido al viento sobre el apoyo

El momento debido al esfuerzo del viento sobre el apoyo "Mev" se obtiene:

$$M_{ev} = E_{va} \cdot H_v$$

Siendo:

E_{va} = Esfuerzo del viento sobre el apoyo (daN). Según apdo. 3.1.2.3 se obtiene:

$E_{va} = 170 \cdot (v/120)^2 \cdot \eta \cdot S$ (apoyos de celosía).

$E_{va} = 100 \cdot (v/120)^2 \cdot S$ (apoyos con superficies planas).

$E_{va} = 70 \cdot (v/120)^2 \cdot S$ (apoyos con superficies cilíndricas).

v = Velocidad del viento (Km/h).

S = Superficie definida por la silueta del apoyo (m^2).

η = Coeficiente de opacidad. Relación entre la superficie real de la cara y el área definida por su silueta.

H_v = Altura del punto de aplicación del esfuerzo del viento (m). Se obtiene:

$$H_v = H/3 \cdot (d_1 + 2 \cdot d_2) / (d_1 + d_2) \text{ (m)}$$

H = Altura total del apoyo (m).

d_1 = anchura del apoyo en el empotramiento (m).

d_2 = anchura del apoyo en la cogolla (m).

1.6.1. Zapatas Monobloque.

Las zapatas monobloque están compuestas por macizos de hormigón de un solo bloque.

Momento de fallo al vuelco

Para que un apoyo permanezca en su posición de equilibrio, el momento creado por las fuerzas exteriores a él ha de ser absorbido por la cimentación, debiendo cumplirse por tanto:

$$M_f \geq 1,65 \cdot (M_{ep} + M_{ev})$$

Siendo:

M_f = Momento de fallo al vuelco. Momento absorbido por la cimentación (daN · m).

M_{ep} = Momento producido por el esfuerzo en punta (daN · m).

M_{ev} = Momento producido por el esfuerzo del viento sobre el apoyo (daN · m).

Momento absorbido por la cimentación

El momento absorbido por la cimentación "Mf" se calcula por la fórmula de Sulzberger:

$$M_f = [139 \cdot C_2 \cdot a \cdot h^4] + [a^3 \cdot (h + 0,20) \cdot 2420 \cdot (0,5 - 2/3 \cdot \sqrt{1,1 \cdot h/a \cdot 1/10 \cdot C_2})]$$

Siendo:

C_2 = Coeficiente de compresibilidad del terreno a la profundidad de 2 m (daN/cm³).

a = Anchura del cimientado (m).

h = Profundidad del cimientado (m).

1.6.2. Zapatas Aisladas.

Las zapatas aisladas están compuestas por un macizo de hormigón para cada pata del apoyo.

Fuerza de rozamiento de las tierras

Cuando la zapata intenta levantar un volumen de tierra, este opone una resistencia cuyo valor será:

$$F_{rt} = \delta_t \cdot \sum (\gamma^2 \cdot L) \cdot \text{tg} [\phi/2]$$

Siendo:

δ_t = Densidad de las tierras de que se trata (1600 daN/ m³).

γ = Longitudes parciales del macizo, en m.

L = Perímetro de la superficie de contacto, en m.

ϕ = Angulo de las tierras (generalmente = 45°).

Peso de la tierra levantada

El peso de la tierra levantada será:

$$P_t = V_t \cdot \delta_t, \text{ en daN.}$$

Siendo:

$V_t = 1/3 \cdot h \cdot (S_s + S_i + \sqrt{S_s \cdot S_i})$; volumen de tierra levantada, que corresponde a un tronco de pirámide, en m³ .

δ_t = Densidad de la tierra, en daN/ m³ .

h = Altura del tronco de pirámide de la tierra levantada, en m.

S_s = Superficie superior del tronco de pirámide de la tierra levantada, en m² .

S_i = Superficie inferior del tronco de pirámide de la tierra levantada, en m² .

Al volumen de tierra " V_t ", habrá que quitarle el volumen del macizo de hormigón que hay enterrado.

Peso del macizo de hormigón

El peso del macizo de hormigón de la zapata será:

$$P_h = V_h \cdot \delta_h, \text{ en daN.}$$

Siendo:

δ_h = Densidad del macizo de hormigón, en daN/ m³ .

$V_h = \sum V_{hi}$; los volúmenes " V_{hi} " pueden ser cubos, pirámides o troncos de pirámide, en m^3 .

$V_i = 1/3 \cdot h \cdot (S_s + S_i + \sqrt{S_s \cdot S_i})$; volumen del tronco de pirámide, en m^3 .

$V_i = 1/3 \cdot h \cdot S$; volumen de la pirámide, en m^3 .

$V_i = h \cdot S$; volumen del cubo, en m^3 .

h = Altura del cubo, pirámide o tronco de pirámide, en m.

S_s = Superficie superior del tronco de pirámide, en m^2 .

S_i = Superficie inferior del tronco de pirámide, en m^2 .

S = Superficie de la base del cubo o pirámide, en m^2 .

Esfuerzo vertical debido al esfuerzo en punta

El esfuerzo vertical que tiene que soportar la zapata debido al esfuerzo en punta "Fep" se obtiene:

$$F_{ep} = 0,5 \cdot (M_{ep} + M_{ev} \cdot f) / \text{Base}, \text{ en daN.}$$

Siendo:

M_{ep} = Momento producido por el esfuerzo en punta, en daN · m.

M_{ev} = Momento producido por el esfuerzo del viento sobre el apoyo, en daN · m.

f = Factor que vale 1 si el coeficiente de seguridad del apoyo es normal y 1,25 si el coeficiente de seguridad es reforzado.

Base = Base del apoyo, en m.

Esfuerzo vertical debido a los pesos

Sobre la zapata actuarán esfuerzos verticales debidos a los pesos, el valor será:

$$F_V = T_V / 4 + P_a / 4 + P_t + P_h, \text{ en daN.}$$

Siendo:

T_V = Esfuerzos verticales del cálculo de los apoyos, en daN.

P_a = Peso del apoyo, en daN.

P_t = Peso de la tierra levantada, en daN.

P_h = Peso del hormigón de la zapata, en daN.

Esfuerzo total sobre la zapata

El esfuerzo total que actúa sobre la zapata será:

$$F_T = F_{ep} + F_V, \text{ en daN.}$$

Siendo:

F_{ep} = Esfuerzo debido al esfuerzo en punta, en daN.

F_V = Esfuerzo debido a los esfuerzos verticales, en daN.

Comprobación de las zapatas

Si el esfuerzo total que actúa sobre la zapata tiende a levantar el macizo de hormigón, habrá que comprobar el coeficiente de seguridad " C_s ", cuyo valor será:

$$C_s = (F_V + F_{rt}) / F_{ep} > 1,5.$$

Si el esfuerzo total que actúa sobre la zapata tiende a hundir el macizo de hormigón, habrá que comprobar que el terreno tiene la debida resistencia " R_t ", cuyo valor será:

$$R_t = F_T / S, \text{ en daN/cm}^2.$$

Siendo:

F_V = Esfuerzo debido a los esfuerzos verticales, en daN.

F_{rt} = Esfuerzo de rozamiento de las tierras, en daN.

F_{ep} = Esfuerzo debido al esfuerzo en punta, en daN.

F_T = Esfuerzo total sobre la zapata, en daN.

S = Superficie de la base del macizo, en cm^2 .

1.7. CADENA DE AISLADORES.

1.7.1. Cálculo eléctrico

El grado de aislamiento respecto a la tensión de la línea se obtiene colocando un número de aisladores suficiente "NAis", cuyo número se obtiene:

$$NAis = N_{ia} \cdot U_{me} / L_{if}$$

Siendo:

NAis = número de aisladores de la cadena.

N_{ia} = Nivel de aislamiento recomendado según las zonas por donde atraviesa la línea (cm/kV).

U_{me} = Tensión más elevada de la línea (kV).

L_{if} = Longitud de la línea de fuga del aislador elegido (cm).

1.7.2. Cálculo mecánico

Mecánicamente, el coeficiente de seguridad a la rotura de los aisladores "Csm" ha de ser mayor de 3.

El aislador debe soportar las cargas normales que actúan sobre él.

$$C_{smv} = Q_a / (P_v + P_{ca}) > 3$$

Siendo:

C_{smv} = coeficiente de seguridad a la rotura de los aisladores con cargas normales.

Q_a = Carga de rotura del aislador (daN).

P_v = El esfuerzo vertical transmitido por los conductores al aislador (daN).

P_{ca} = Peso de la cadena de aisladores y herrajes (daN).

El aislador debe soportar las cargas anormales que actúan sobre él.

$$C_{smh} = Q_a / (T_{oh} \cdot n_{cf}) > 3$$

Siendo:

C_{smh} = coeficiente de seguridad a la rotura de los aisladores con cargas anormales.

Q_a = Carga de rotura del aislador (daN).

T_{oh} = Tensión horizontal máxima en las condiciones más desfavorables (daN).

n_{cf} = número de conductores por fase.

1.7.3. Longitud de la cadena

La longitud de la cadena L_{ca} será:

$$L_{ca} = NAis \cdot LAis \text{ (m)}$$

Siendo:

L_{ca} = Longitud de la cadena (m).

NAis = número de aisladores de la cadena.

LAis = Longitud de un aislador (m).

1.7.4. Peso de la cadena

El peso de la cadena Pca será:

$$Pca = NAis \cdot PAis \text{ (daN)}$$

Siendo:

Pca = Peso de la cadena (daN).

NAis = número de aisladores de la cadena.

PAis = Peso de un aislador (daN).

1.7.5. Esfuerzo del viento sobre la cadena

El esfuerzo del viento sobre la cadena Eca será:

$$Eca = k \cdot (DAis / 1000) \cdot Lca \text{ (daN)}$$

Siendo:

Eca = Esfuerzo del viento sobre la cadena (daN).

$k = 70 \cdot (v/120)^2$. Según apdo 3.1.2.2.

v = Velocidad del viento (Km/h).

DAis = Diámetro máximo de un aislador (mm).

Lca = Longitud de la cadena (m).

1.8. DISTANCIAS DE SEGURIDAD.

1.8.1. Distancia de los conductores al terreno

La altura de los apoyos será la necesaria para que los conductores, con su máxima flecha vertical, queden situados por encima de cualquier punto del terreno o superficies de agua no navegables a una altura mínima de.

$$D = Dadd + Del = 5,3 + Del \text{ (m), mínimo 6 m.}$$

Siendo:

Dadd = Distancia de aislamiento adicional (m).

Del = Distancia de aislamiento en el aire mínima especificada, para prevenir una descarga disruptiva entre conductores de fase y objetos a potencial de tierra en sobretensiones de frente lento o rápido, según tabla 15 del apdo. 5.2 (m).

1.8.2. Distancia de los conductores entre sí

La distancia de los conductores entre sí "D" debe ser como mínimo:

$$D = k \cdot \sqrt{(F + L)} + k' \cdot Dpp \text{ (m).}$$

Siendo:

k = Coeficiente que depende de la oscilación de los conductores con el viento, según tabla 16 del apdo. 5.4.1.

L = Longitud de la cadena de suspensión (m). Si la cadena es de amarre L=0.

F = Flecha máxima (m).

$k' = 0,75$.

Dpp = Distancia de aislamiento en el aire mínima especificada, para prevenir una descarga disruptiva entre conductores de fase durante sobretensiones de frente lento o rápido, según tabla 15 del apdo. 5.2 (m).

1.8.3. Distancia de los conductores al apoyo

La distancia mínima de los conductores al apoyo "ds" será de:

ds = Del (m), mínimo de 0,2 m.

Siendo:

Del = Distancia de aislamiento en el aire mínima especificada, para prevenir una descarga disruptiva entre conductores de fase y objetos a potencial de tierra en sobretensiones de frente lento o rápido, según tabla 15 del apdo. 5.2 (m).

1.9. ANGULO DE DESVIACION DE LA CADENA DE SUSPENSION.

Debido al esfuerzo del viento sobre los conductores, las cadenas de suspensión en apoyos de alineación y de ángulo sufren una desviación respecto a la vertical. El ángulo máximo de desviación de la cadena " γ " no podrá ser superior al ángulo " μ " máximo permitido para que se mantenga la distancia del conductor al apoyo.

$\text{tg } \gamma = (P_v + E_{ca}/2) / (P_{-X^\circ C+V/2} + P_{ca}/2) = E_{tv} / P_t$, en apoyos de alineación.

$\text{tg } \gamma = (P_v \cdot \cos[(180-\alpha)/2] + R_{av} + E_{ca}/2) / (P_{-X^\circ C+V/2} + P_{ca}/2) = E_{tv} / P_t$, en apoyos de ángulo.

Siendo:

$\text{tg } \gamma$ = Tangente del ángulo que forma la cadena de suspensión con la vertical, al desviarse por la acción del viento.

P_v = Esfuerzo de la mitad de la presión de viento sobre el conductor (120 km/h) (daN).

E_{ca} = Esfuerzo de la mitad de la presión de viento sobre la cadena de aisladores y herrajes (120 km/h) (daN).

$P_{-X^\circ C+V/2}$ = Peso total del conductor que gravita sobre el apoyo en las condiciones de una T^a X (-5 °C en zona A, -10 °C en zona B, -15 °C en zona C) con sobrecarga mitad de la presión de viento (120 km/h) (daN).

P_{ca} = Peso de la cadena de aisladores y herrajes (daN).

α = Angulo que forman los conductores de la línea (gr. sexa.).

R_{av} = Resultante de ángulo en las condiciones de -5 °C en zona A, -10 °C en zona B y -15 °C en zona C con sobrecarga mitad de la presión de viento (120 km/h) (daN).

Si el valor del ángulo de desviación de la cadena " γ " es mayor del ángulo máximo permitido " μ ", se deberá colocar un contrapeso de valor:

$$G = E_{tv} / \text{tg } \mu - P_t$$

1.10. DESVIACION HORIZONTAL DE LAS CATENARIAS POR LA ACCION DEL VIENTO.

$$d_H = z \cdot \text{sen } \alpha$$

Siendo:

d_H = Desviación horizontal de las catenarias por la acción del viento (m).

z = Distancia entre el punto de la catenaria y la recta de unión de los puntos de sujeción (m).

α = Angulo que forma la resultante del viento con el peso propio del conductor.

2. DATOS GENERALES DE LA INSTALACION.

Tensión de la línea: 20 kV.
Tensión más elevada de la línea: 24 kV.
Velocidad del viento: 120 km/h.
Zonas: B.

CONDUCTOR.

Denominación: LA-56.
Sección: 54.6 mm² .
Diámetro: 9.45 mm.
Carga de Rotura: 1640 daN.
Módulo de elasticidad: 7900 daN/mm² .
Coeficiente de dilatación lineal: $19.1 \cdot 10^{-6}$.
Peso propio: 0.185 daN/m.
Peso propio más sobrecarga de viento: 0.596 daN/m.
Peso propio más sobrecarga con la mitad del viento: 0.339 daN/m.
Peso propio más sobrecarga de hielo (Zona B): 0.738 daN/m.
Peso propio más sobrecarga de hielo (Zona C): 1.292 daN/m.

3. TENSION MAXIMA EN LA LINEA Y COMPONENTE HORIZONTAL.

Ver en la tabla de TENSIONES Y FLECHAS EN HIPOTESIS REGLAMENTARIAS.

4. VANO DE REGULACION.

Ver en la tabla de TENSIONES Y FLECHAS EN HIPOTESIS REGLAMENTARIAS.

5. TENSIONES HORIZONTALES Y FLECHAS EN DETERMINADAS CONDICIONES.

Ver en la tabla de TENSIONES Y FLECHAS EN HIPOTESIS REGLAMENTARIAS.

Ver en la tabla de TENSIONES Y FLECHAS DE TENDIDO.

6. LIMITE DINAMICO EDS.

Ver en la tabla de TENSIONES Y FLECHAS DE TENDIDO.

7. APOYOS.

Ver en la tabla de CALCULO DE APOYOS.

8. CIMENTACIONES.

Ver en la tabla de CALCULO DE CIMENTACIONES.

9. CADENAS DE AISLADORES.

Ver en la tabla de CALCULO DE CADENAS DE AISLADORES.

10. DISTANCIAS DE SEGURIDAD.

10.1. Distancia de los conductores al terreno

La altura de los apoyos será la necesaria para que los conductores, con su máxima flecha vertical, queden situados por encima de cualquier punto del terreno o superficies de agua no navegables a una altura mínima de.

$dst = D_{add} + D_{el} = 5,3 + 0,22 = 5,52 \text{ m.};$ mínimo 6m.
 $dst = 6 \text{ m.}$

Siendo:

D_{add} = Distancia de aislamiento adicional, para asegurar el valor D_{el} con el terreno.

D_{el} = Distancia de aislamiento en el aire mínima especificada, para prevenir una descarga disruptiva entre conductores de fase y objetos a potencial de tierra en sobretensiones de frente lento o rápido.

10.2. Distancia de los conductores entre sí

La distancia de los conductores entre sí D debe ser como mínimo:

$$D = k \cdot \sqrt{(F + L)} + k' \cdot D_{pp}$$

Siendo:

k = Coeficiente que depende de la oscilación de los conductores con el viento, según tabla 16 del apdo. 5.4.1.

L = Longitud de la cadena de suspensión (m). Si la cadena es de amarre $L=0$.

F = Flecha máxima (m).

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

apoyo 2

$$D = 0,65 \cdot \sqrt{(4,43 + 0)} + 0,75 \cdot 0,25 = 1,56 \text{ m}$$

apoyo 3

$$D = 0,65 \cdot \sqrt{(4,43 + 0,51)} + 0,75 \cdot 0,25 = 1,63 \text{ m}$$

apoyo 4

$$D = 0,65 \cdot \sqrt{(6,81 + 0)} + 0,75 \cdot 0,25 = 1,88 \text{ m}$$

apoyo 5

$$D = 0,65 \cdot \sqrt{(6,81 + 0)} + 0,75 \cdot 0,25 = 1,88 \text{ m}$$

apoyo 6

$$D = 0,65 \cdot \sqrt{(4,12 + 0)} + 0,75 \cdot 0,25 = 1,51 \text{ m}$$

apoyo 7

$$D = 0,65 \cdot \sqrt{(4,12 + 0)} + 0,75 \cdot 0,25 = 1,51 \text{ m}$$

10.3. Distancia de los conductores al apoyo

La distancia mínima de los conductores al apoyo d_{sa} será de:

$d_{sa} = D_{el} = 0,22 \text{ m.};$ mínimo 0,2 m.

$d_{sa} = 0,22 \text{ m.}$

Siendo:

D_{el} = Distancia de aislamiento en el aire mínima especificada, para prevenir una descarga disruptiva entre conductores de fase y objetos a potencial de tierra en sobretensiones de frente lento o rápido.

11. ANGULO DE DESVIACION DE LA CADENA DE SUSPENSION.

Debido al esfuerzo del viento sobre los conductores, las cadenas de suspensión en los apoyos sufren una desviación respecto a la vertical. El ángulo máximo de desviación de la cadena no podrá ser superior al ángulo máximo permitido para que se mantenga la distancia del conductor al apoyo.

$$\operatorname{tg} \gamma = (P_v + E_{ca}/2) / (P_{-X^{\circ}C+V/2} + P_{ca}/2) = E_{tv} / P_t, \text{ en apoyos de alineación.}$$

$$\operatorname{tg} \gamma = (P_v \cdot \cos[(180-\alpha)/2] + R_{av} + E_{ca}/2) / (P_{-X^{\circ}C+V/2} + P_{ca}/2) = E_{tv} / P_t, \text{ en apoyos de ángulo.}$$

Siendo:

$\operatorname{tg} \gamma$ = Tangente del ángulo que forma la cadena de suspensión con la vertical, al desviarse por la acción del viento.

P_v = Esfuerzo de la mitad de la presión de viento sobre el conductor (120 km/h) (daN).

E_{ca} = Esfuerzo de la mitad de la presión de viento sobre la cadena de aisladores y herrajes (120 km/h) (daN).

$P_{-X^{\circ}C+V/2}$ = Peso total del conductor que gravita sobre el apoyo en las condiciones de una $T^{\circ} X$ (- 5 °C en zona A, -10 °C en zona B, -15 °C en zona C) con sobrecarga mitad de la presión de viento (120 km/h) (daN).

P_{ca} = Peso de la cadena de aisladores y herrajes (daN).

α = Ángulo que forman los conductores de la línea (gr. sexa.).

R_{av} = Resultante de ángulo en las condiciones de -5 °C en zona A, -10 °C en zona B y -15 °C en zona C con sobrecarga mitad de la presión de viento (120 km/h) (daN).

Si el valor del ángulo de desviación de la cadena " γ " es mayor del ángulo máximo permitido " μ ", se deberá colocar un contrapeso de valor:

$$G = E_{tv} / \operatorname{tg} \mu - P_t$$

Apoyos con cadenas de suspensión.

apoyo 3

$$\operatorname{tg} \gamma = (P_v + E_{ca}/2) / (P_{-10^{\circ}C+V/2} + P_{ca}/2) = (41.17 + 2.02/2) / (36.75 + 5.01/2) = 1.07.$$

$$\gamma = 47.06^{\circ}$$

$$\mu = 57.58^{\circ}$$

12. TABLAS RESUMEN.

12.1. TENSIONES Y FLECHAS EN HIPOTESIS REGLAMENTARIAS.

Vano	Longit. (m)	Desni. (m)	Vano Regula. (m)	Hipótesis de Tensión Máxima							
				-5°C+V Toh(da N)	-10°C+V Toh(da N)	-15°C+V Toh(da N)	-15°C+H Toh(da N)	-20°C+H Toh(da N)	-15°C+H+V Toh(daN)	-20°C+H+V Toh(daN)	
2-3	155	4.34	146.03		453		541.8				
3-4	135	-4.49	146.03		453		541.8				
4-5	195	-2.1	195		446.4		541				
5-6	150	1.55	150		453.6		543.2				
6-7	150	1.65	150		453.6		543.2				

Vano	Longit. (m)	Desni. (m)	Vano Regula. (m)	Hipótesis de Flecha Máxima						Hipótesis Flecha Mínima		
				15°C+V		50°C		0°C+H		-5°C	-15°C	-20°C
				Th(daN)	F(m)	Th(daN)	F(m)	Th(daN)	F(m)	F(m)	F(m)	F(m)
2-3	155	4.34	146.03	406.7	4.41	125.6	4.43	509.8	4.36		2.92	
3-4	135	-4.49	146.03	406.7	3.35	125.6	3.36	509.8	3.3		2.21	
4-5	195	-2.1	195	417.2	6.81	129.3	6.81	520.3	6.76		5.44	
5-6	150	1.55	150	408.9	4.11	126.4	4.12	512.2	4.06		2.77	
6-7	150	1.65	150	408.9	4.11	126.4	4.12	512.2	4.06		2.77	

Vano	Longit. (m)	Desni. (m)	Vano Regula. (m)	Hipótesis de Cálculo Apoyos					Desviación Cadenas Aisladores			Desviación horizontal viento (m)	
				-5°C+V Th(daN)	-10°C+V Th(daN)	-15°C+V Th(daN)	-15°C+H Th(daN)	-20°C+H Th(daN)	-5°C+V/2 Th(daN)	-10°C+V/2 Th(daN)	-15°C+V/2 Th(daN)		
2-3	155	4.34	146.03		453		541.8				294.6		
3-4	135	-4.49	146.03		453		541.8				294.6		
4-5	195	-2.1	195		446.4		541				273.5		
5-6	150	1.55	150		453.6		543.2				293.3		
6-7	150	1.65	150		453.6		543.2				293.3		

12.2. TENSIONES Y FLECHAS DE TENDIDO.

Vano	Long. (m)	Desni. (m)	V.Reg. (m)	-20°C		-15°C		-10°C		-5°C		0°C		5°C		10°C		15°C	
				T(daN)	F(m)														
2-3	155	4.34	146.03			190.7	2.92	182.5	3.05	175.1	3.18	168.5	3.3	162.4	3.42	156.9	3.54	151.8	3.66
3-4	135	-4.49	146.03			190.7	2.21	182.5	2.31	175.1	2.41	168.5	2.5	162.4	2.6	156.9	2.69	151.8	2.78
4-5	195	-2.1	195			161.8	5.44	158.4	5.56	155.3	5.67	152.3	5.78	149.5	5.89	146.8	6	144.2	6.11
5-6	150	1.55	150			187.9	2.77	180.3	2.89	173.5	3	167.2	3.11	161.5	3.22	156.3	3.33	151.5	3.44
6-7	150	1.65	150			187.9	2.77	180.4	2.89	173.5	3	167.2	3.11	161.5	3.22	156.3	3.33	151.5	3.44

Vano	Long. (m)	Desni. (m)	V.Reg. (m)	20°C		25°C		30°C		35°C		40°C		45°C		50°C		EDS
				T(daN)	F(m)													
2-3	155	4.34	146.03	147.1	3.78	142.8	3.9	138.9	4	135.2	4.11	131.8	4.22	128.6	4.33	125.6	4.43	9.26
3-4	135	-4.49	146.03	147.1	2.87	142.8	2.95	138.9	3.04	135.2	3.12	131.8	3.2	128.6	3.28	125.6	3.36	9.26
4-5	195	-2.1	195	141.8	6.21	139.5	6.31	137.3	6.41	135.2	6.51	133.1	6.62	131.2	6.71	129.3	6.81	8.79
5-6	150	1.55	150	147.1	3.54	143	3.64	139.2	3.74	135.6	3.84	132.3	3.94	129.3	4.03	126.4	4.12	9.24
6-7	150	1.65	150	147.1	3.54	143	3.64	139.2	3.74	135.6	3.84	132.3	3.94	129.3	4.03	126.4	4.12	9.24

12.3. CALCULO DE APOYOS.

Apoyo	Tipo	Ang. Rel. gr.sex.a.	Hipótesis 1ª (Viento) (-5:A/-10:B/-15:C)°C+V				Hipótesis 2ª (Hielo) (-15:B/-20:C)°C+H				
			V (daN)	T (daN)	L (daN)	Lt (daN)	V (daN)	T (daN)	L (daN)	Lt (daN)	
2	Fin Línea		46.3	144.2	1359		141.4		1625.3		
3	Alin. Susp.		121.6	259.3			436.8				
4	Alin. Am.		112.3	305.6			359.9				
5	Ang. Am.	85; apo.4	117.1	552.6	21.5		378.6	283.5	6.6		
6	Anc. Alin.		113.2	279.8			361.8				
7	Fin Línea		61.4	139.9	1360.8		199.4		1629.5		

Apoyo	Tipo	Ang. Rel. gr.sex.a.	Hipótesis 3ª (Desequilibrio de tracciones) (-5:A)°C+V (-15:B/-20:C)°C+H				Hipótesis 4ª (Rotura de conductores) (-5:A)°C+V (-15:B/-20:C)°C+H				Dist.Con d. (m)	Dist.Lt (m)
			V (daN)	T (daN)	L (daN)	Lt (daN)	V (daN)	T (daN)	L (daN)	Lt (daN)		
2	Fin Línea						99.3			541.8	1.56	1.75
3	Alin. Susp.		436.8		130						1.63	2
4	Alin. Am.		359.9		243.8						1.88	2
5	Ang. Am.	85; apo.4	378.6	305.3	243.5						1.88	2
6	Anc. Alin.		361.8		814.8			312.3		543.2	1.51	1.25
7	Fin Línea						138			543.2	1.51	1.75

12.5. APOYOS ADOPTADOS.

Apoyo	Tipo	Constitución	Coefic. Segur.	Angulo gr.sex	Altura Total (m)	Esf. Nominal (daN)	Esf. Secund (daN)	Esf.punta c.Tors. (daN)	Esf.Ver s.Tors. (daN)	Esf.Ver c.Tors. (daN)	Esfuer. Torsión (daN)	Dist. Torsión (m)	Peso (daN)
2	Fin Línea	Celosia recto	N		12	2000			600	600	1400	1.5	
3	Alin. Susp.	Chapa met. rect.	N		11	400 (T)	200 (L)		450				
4	Alin. Am.	Chapa met. rect.	R		11	630 (T)	350 (L)		540				
5	Ang. Am.	Celosia recto	R	170	12	1000			600	600	700	1.5	
6	Anc. Alin.	Celosia recto	N		16	1000			600	600	700	1.5	
7	Fin Línea	Celosia recto	N		14	2000			600	600	1400	1.5	

12.6. CRUCETAS ADOPTADAS.

Apoyo	Tipo	Constitución	Montaje	D.Cond Cruceta (m)	a Brazo Superior (m)	b Brazo Medio (m)	c Brazo Inferior (m)	d D.Vert. Brazos (m)	e Altura Tirante (m)	Peso (daN)
2	Fin Línea	Celosia recto	Montaje O A.	1.75	1.75				0.6	80
3	Alin. Susp.	Chapa met. rect.	Boveda	2.07	2	0.55		1		195
4	Alin. Am.	Chapa met. rect.	Boveda	2.07	2	0.55		1		195
5	Ang. Am.	Celosia recto	Boveda R.	2	2			1.5		195
6	Anc. Alin.	Celosia recto	Tresbolillo A.	2.33	1	1	1.25	1.2	0.6	75
7	Fin Línea	Celosia recto	Montaje O A.	1.75	1.75				0.6	80

12.7. CALCULO DE CIMENTACIONES.

Apoyo	Tipo	Esf.Util Punta (daN)	Alt.Res conduc (m)	Mom.Producido por el conduc. (daN.m)	Esf.Vie. Apoyos (daN)	Alt.Vie. Apoyos (m)	Mom.Producido Viento Apoyos (daN.m)	Momento Total Fuerzas externas (daN.m)
2	Fin Línea	2000	10.15	20300	341.6	4.59	1566.5	21866.5
3	Alin. Susp.	400	11.67	4669.3	286.5	4.69	1343.1	6012.4
4	Alin. Am.	630	12.18	7675.5	347	4.83	1675.8	9351.3
5	Ang. Am.	1000	11.9	11900	306.5	4.69	1437.6	13337.6
6	Anc. Alin.	1000	12.65	12650	460.2	6.31	2904.3	15554.3
7	Fin Línea	2000	12.1	24200	412.3	5.38	2217.1	26417.1

Apoyo	Tipo	Ancho Cimen A(m)	Alto Cimen H(m)	MONOBLOQUE		ZAPATAS					AISLADAS				
				Coefic. Comp.	Mom.Absorbido por la cimentac. (daN.m)	Volum. Horm. (m ³)	Peso Horm. (daN)	Volum. Tierra (m ³)	Dens. Tierra (Kg/m ³)	Peso Tierra (daN)	Esf.Roz. Tierra (daN)	Esf. Montan. (daN)	Esf. Vert. (daN)	Coef. Seg.	Res.Cálculo Tierra (daN/cm ²)
2	Fin Línea	1.2	2.1	10	36358.8										
3	Alin. Susp.	0.6	1.85	10	10099.7										
4	Alin. Am.	0.64	2.05	10	16273.5										
5	Ang. Am.	1.19	1.85	10	22826.5										
6	Anc. Alin.	1.39	1.8	10	25747.3										
7	Fin Línea	1.3	2.15	10	43734.7										

12.8. CALCULO DE CADENAS DE AISLADORES.

Apoyo	Tipo	Denom.	Qa (daN)	Diam. Aisl. (mm)	Lif (mm)	Long. Aisl. (m)	Peso Aisl. (daN)
2	Fin Línea	U40B	4000	175	190	0.11	1.67
3	Alin. Susp.	U40B	4000	175	190	0.11	1.67
4	Alin. Am.	U40B	4000	175	190	0.11	1.67
5	Ang. Am.	U40B	4000	175	190	0.11	1.67
6	Anc. Alin.	U40B	4000	175	190	0.11	1.67
7	Fin Línea	U40B	4000	175	190	0.11	1.67

Apoyo	Tipo	N.Cad.	Denom.	N.Ais.	Nia (cm/KV)	Lca (m)	L.Alarg. (m)	Pca (daN)	Eca (daN)	Pv+Pca (daN)	Csmv	Toh-ncf (daN)	Csmh
2	Fin Línea	3 C.Am.	U40B	3	1.7	0.51		5.01	4.04	47.13	84.86	541.77	7.38
3	Alin. Susp.	3 C.Su.	U40B	3	1.7	0.51		5.01	4.04	145.59	27.47	0	40000
4	Alin. Am.	6 C.Am.	U40B	3	1.7	0.51		5.01	4.04	83.07	48.15	540.97	7.39
5	Ang. Am.	6 C.Am.	U40B	3	1.7	0.51		5.01	4.04	71.35	56.06	543.17	7.36
6	Anc. Alin.	6 C.Am.	U40B	3	1.7	0.51		5.01	4.04	66.12	60.5	543.17	7.36
7	Fin Línea	3 C.Am.	U40B	3	1.7	0.51		5.01	4.04	66.48	60.17	543.17	7.36

12.9. CALCULO DE ESFUERZOS VERTICALES SIN SOBRECARGA.

Apoyo	Tipo	Esf.Vert. -20°C (daN)	Esf.Vert. -15°C (daN)	Esf.Vert. -5°C (daN)
2	Fin Línea		42.05	43.37
3	Alin. Susp.		130.71	127.86
4	Alin. Am.		107.99	109.35
5	Ang. Am.		114.87	115.54
6	Anc. Alin.		113.01	113.06
7	Fin Línea		62.91	62.44

Pliego de Condiciones

Condiciones Generales

1. OBJETO.
2. CAMPO DE APLICACION.
3. DISPOSICIONES GENERALES.
 - 3.1. CONDICIONES FACULTATIVAS LEGALES.
 - 3.2. SEGURIDAD EN EL TRABAJO.
 - 3.3. SEGURIDAD PUBLICA.
4. ORGANIZACION DEL TRABAJO.
 - 4.1. DATOS DE LA OBRA.
 - 4.2. REPLANTEO DE LA OBRA.
 - 4.3. MEJORAS Y VARIACIONES DEL PROYECTO.
 - 4.4. RECEPCION DEL MATERIAL.
 - 4.5. ORGANIZACION.
 - 4.6. FACILIDADES PARA LA INSPECCION.
 - 4.7. ENSAYOS.
 - 4.8. LIMPIEZA Y SEGURIDAD EN LAS OBRAS.
 - 4.9. MEDIOS AUXILIARES.
 - 4.10. EJECUCION DE LAS OBRAS.
 - 4.11. SUBCONTRATACION DE OBRAS.
 - 4.12. PLAZO DE EJECUCION.
 - 4.13. RECEPCION PROVISIONAL.
 - 4.14. PERIODOS DE GARANTIA.
 - 4.15. RECEPCION DEFINITIVA.
 - 4.16. PAGO DE OBRAS.
 - 4.17. ABONO DE MATERIALES ACOPIADOS.
5. DISPOSICION FINAL.

Condiciones Técnicas para la Obra Civil y Montaje de Líneas Eléctricas Aéreas de Alta Tensión

1. OBJETO Y CAMPO DE APLICACION.

2. EJECUCION DEL TRABAJO.

2.1. REPLANTEO DE LOS APOYOS.

2.2. APERTURA DE HOYOS.

2.3. TRANSPORTE, ACARREO Y ACOPIO A PIE DE HOYO.

2.4. CIMENTACIONES.

2.5. ARMADO E IZADO DE APOYOS.

2.6. PROTECCION DE LAS SUPERFICIES METALICAS.

2.7. TENDIDO, TENSADO Y ENGRAPADO DE LOS CONDUCTORES.

2.8. REPOSICION DEL TERRENO.

2.9. NUMERACION DE APOYOS. AVISOS DE PELIGRO ELECTRICO.

2.10. TOMAS DE TIERRA.

3. MATERIALES.

3.1. RECONOCIMIENTO Y ADMISION DE MATERIALES.

3.2. APOYOS.

3.3. HERRAJES.

3.4. AISLADORES.

3.5. CONDUCTORES.

4. RECEPCION DE OBRA.

4.1. CALIDAD DE CIMENTACIONES.

4.2. TOLERANCIAS DE EJECUCION.

4.3. TOLERANCIAS DE UTILIZACION.

Medición

MEDICION DE CONDUCTORES

<u>Sección(mm²)</u>	<u>Metal</u>	<u>Design</u>	<u>Total(m)</u>	<u>Pu(Euros)</u>	<u>Ptotal(Euros)</u>
54.6	Al-Ac	LA-56	2359.63		

MEDICION DE CADENAS DE AISLADORES

<u>Designación</u>	<u>Total(ud.)</u>	<u>Pu(Euros)</u>	<u>Ptotal(Euros)</u>
U40B	-3 El.	27	

MEDICION DE APOYOS

<u>Constitución</u>	<u>Esf.Util</u>	<u>Altura</u>	<u>Total</u>	<u>Total(ud.)</u>	<u>Pu(Euros)</u>	<u>Ptotal(Euros)</u>
Celosia recto	1000	12		1		
Celosia recto	1000	16		1		
Celosia recto	2000	12		1		
Celosia recto	2000	14		1		
Chapa met.	400	11		1		
Chapa met.	630	11		1		

MEDICION DE CRUCETAS

<u>Constitución</u>	<u>Esf.Max.</u>	<u>Dist.Cond.</u>	<u>Total(ud.)</u>	<u>Pu(Euros)</u>	<u>Ptotal(Euros)</u>
Montaje O Atir.	4500	1.75	2		
Tresbolillo Atir.	4500	2.33	1		
Boveda N.	2500	2.07	2		
Boveda R.	9000	2	1		

MEDICION DE CIMENTACIONES

EXCAVACION

<u>Apoyo</u>	<u>Excav.Pozo</u>	<u>Zap.(m³)</u>	<u>N.Zapatas</u>	<u>Pu(Euros)</u>	<u>Ptotal(Euros)</u>
2	3.02		1		
3	0.66		1		
4	0.84		1		
5	2.62		1		
6	3.48		1		
7	3.63		1		

HORMIGON

<u>Apoyo</u>	<u>Vol.Horm.Zap.(m³)</u>	<u>N.Zapatas</u>	<u>Pu(Euros)</u>	<u>Ptotal(Euros)</u>
2	3.43	1		
3	0.76	1		
4	0.96	1		
5	3.02	1		
6	4.03	1		
7	4.11	1		