

TÍTULO: PROYECTO DE PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA BOMBEO HACIA Balsa BALLABONA (ALMERÍA)

PROMOTOR: SOCIEDAD MERCANTIL ESTATAL DE INFRESTRUCTURAS AGRARIAS (SEIASA)

ANEJO Nº10.- INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN ALTA TENSIÓN



ANEJO Nº 10.- INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN ALTA TENSIÓN

ANEJO Nº10.- INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN ALTA TENSIÓN

ÍNDICE DEL ANEJO

1.	ANTECEDENTES.	4
2.	DESCRIPCIÓN INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN ALTA TENSIÓN.	4
2.1.	CENTRO DE TRANSFORMACIÓN 1.000 KVA.	4
2.1.1.	CALCULO DE NECESIDADES.	5
2.1.2.	CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS DEL C.T.	5
2.1.2.1.	OBRA CIVIL.	5
2.1.2.2.	INSTALACIÓN ELÉCTRICA.	8
2.1.2.3.	CARATERÍSTICAS DEL TRANSFOMADOR.	9
2.1.2.4.	CONEXIÓN EN EL LADO DE BAJA TENSIÓN.	10
2.1.2.5.	CONEXIÓN EN EL LADO DE ALTA TENSIÓN.	10
2.1.2.6.	PUESTA A TIERRA.	11
2.1.2.7.	EQUIPOS AUXILIARES Y DE SEGURIDAD.	11
2.1.2.8.	CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS DEL C.T.	14
2.1.3.	LIMITACIÓN DE CAMPOS MAGNÉTICOS EN INSTALACIONES DE ALTA TENSIÓN. 21	
2.2.	LÍNEA AÉREO-SUBTERRÁNEA EN A.T.	22
2.2.1.	CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA LÍNEA ALTA TENSIÓN SUBTERRÁNEA... 23	
2.2.1.1.	TRAZADO.	23
2.2.1.2.	CONDUCTOR.	23
2.2.1.3.	DESCRIPCIÓN DEL CONEXIONADO DE LAS PANTALLAS.	24

ANEJO Nº10.- INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN ALTA TENSIÓN

2.2.1.4.	CANALIZACIONES.	24
2.2.2.	CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA LÍNEA DE ALTA TENSIÓN AÉREA.....	25
2.2.2.1.	CONDUCTOR DESNUDO DE ALTA TENSIÓN.	25
2.2.2.2.	AISLAMIENTO.	26
2.2.2.3.	APOYOS METÁLICOS.	26
2.2.2.4.	CIMENTACIÓN DE LOS APOYOS.	28
2.2.2.5.	PLACA DE SEÑALIZACIÓN DE LOS APOYOS.	29
2.2.2.6.	AUTOVÁLVULAS.	30
2.2.2.7.	AISLADORES Y HERRAJES.....	31
2.2.3.	DISTANCIAS A OTRAS LÍNEAS ELÉCTRICAS AÉREAS O LÍNEAS AÉREAS DE TELECOMUNICACIÓN.	31
2.2.4.	DISTANCIA A RÍOS, CANALES, NAVIGABLES O FLOTADORES.	31
2.2.5.	NORMAS DE PROTECCIÓN DE LA AVIFAUNA.	32
2.2.6.	CÁLCULOS MECÁNICOS LÍNEA AÉREA.....	36
2.2.7.	PUESTA A TIERRA (ITC-LAT07).....	67
2.2.9	CÁLCULOS ELÉCTRICOS.	76
3.	CONCLUSIONES.	79
APÉNDICE 1. DOCUMENTO ACREDITATIVO DE COMPETENCIAS DEL TÉCNICO REDACTOR		

ANEJO N°10.- INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN ALTA TENSION

1. ANTECEDENTES.

Se redacta el presente documento para definir y dimensionar la parte de la instalación en alta tensión que será desde centro de transformación de 1.000 kVA proyectado hasta el centro de transformación existente en el bombeo "BALLABONA" que es el final de la instalación del presente proyecto.

2. DESCRIPCIÓN INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN ALTA TENSION.

En este apartado realizaremos los cálculos eléctricos en alta tensión, existiendo dos partes bien diferenciadas:

- **Centro de Transformación 1.000 kVA:** Es la parte de la instalación donde se elevará la tensión desde los 400 V (Baja Tensión) que genera el inversor hasta los 25 kV (tensión en Alta Tensión de la zona) para transportar la energía generada desde la balsa hasta el Bombeo "Ballabona" que es la carga final a alimentar.
- **Línea Aéreo-Subterránea de alta tensión:** Es la parte de la instalación que transportará la energía en alta tensión (25 kV) hasta el C.T. existente en el Bombeo "Ballabona" que es la carga final a alimentar.

2.1. CENTRO DE TRANSFORMACIÓN 1.000 kVA.

Se dispondrá de una caseta de hormigón prefabricada modelo PFU-5 de Ormazabal o similar, para albergar además de la máquina transformadora de tensión propiamente dicha de 1.000 kVA, toda la aparamenta de alta y baja tensión, así como los inversores solares y cajas de conexiones necesarias en la instalación.

ANEJO Nº10.- INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN ALTA TENSION

2.1.1. CALCULO DE NECESIDADES.

Las necesidades de potencia para la presente instalación son de 400 kW. Las necesidades de potencia de transformación vienen dadas por la siguiente fórmula:

$$P \text{ (kW)} = S \text{ (kVA)} \times \cos \phi_i \Rightarrow S \text{ (kVA)} = P \text{ (kW)} / \cos \phi_i$$

- Considerando un $\cos \phi_i$ de 0,8 la potencia será de: $S = 400 \text{ kW} / 0,8 = 500 \text{ kVA}$

Se proyecta una máquina transformadora de **1.000 kVA** por requerimientos de la propiedad, para futuras ampliaciones que se pudieran producir en la instalación fotovoltaica actual.

2.1.2. CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS DEL C.T.

Las características constructivas del C.T. son las que se describen a continuación:

2.1.2.1. OBRA CIVIL.

LOCAL.

El Centro de Transformación estará ubicado en caseta independiente destinada únicamente a esta finalidad. En ella se instalarán toda la aparamenta y demás equipos eléctricos.

Para el diseño del centro de transformación se han observado todas las normativas antes indicadas, teniendo en cuenta las distancias necesarias para pasillos, accesos, etc.

La caseta será de construcción prefabricada de hormigón:

- **Centro de transformación:** Modelo PFU-5 de Ormazabal o similar, de dimensiones 6,08 x 2,38 y altura 2,585 m.

CARACTERÍSTICAS DEL LOCAL.

El edificio prefabricado de hormigón está formado por las siguientes piezas principales: una que aglutina la base y las paredes, otra que forma la solera y una tercera que forma el techo. La estanquidad queda garantizada por el empleo de juntas de goma esponjosa.

ANEJO Nº10.- INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN ALTA TENSIÓN

Estas piezas son construidas en hormigón armado, con una resistencia característica de 300 kg/cm². La armadura metálica se une entre sí mediante latiguillos de cobre y a un colector de tierras, formando una superficie equipotencial que envuelve completamente al centro.

Las puertas y rejillas están aisladas eléctricamente, presentando una resistencia de 10.000 ohmios respecto de la tierra de la envolvente.

Ningún elemento metálico unido al sistema equipotencial será accesible desde el exterior.

Las piezas metálicas expuestas al exterior están tratadas adecuadamente contra la corrosión.

En la base de la envolvente irán dispuestos, tanto en el lateral como en la solera, los orificios para la entrada de cables de Alta y Baja Tensión.

CIMENTACIÓN.

Para la ubicación del centro de transformación prefabricado se realizará una excavación, cuyas dimensiones dependen del modelo seleccionado, sobre cuyo fondo se extiende una capa de arena compactada y nivelada de 10 cm de espesor.

La ubicación se realizará en un terreno que sea capaz de soportar una presión de 1 kg/cm², de tal manera que los edificios o instalaciones anejas al CT y situadas en su entorno no modifiquen las condiciones de funcionamiento del edificio prefabricado.

SOLERA, PAVIMENTO Y CERRAMIENTOS EXTERIORES.

Todos estos elementos están fabricados en una sola pieza de hormigón armado, según indicación anterior.

Sobre la placa base, ubicada en el fondo de la excavación, y a una determinada altura se sitúa la solera, que descansa en algunos apoyos sobre dicha placa y en las paredes, permitiendo este espacio el paso de cables de MT y BT, a los que se accede a través de unas troneras cubiertas con losetas.

En el hueco para transformador se disponen dos perfiles en forma de "U", que se pueden desplazar en función de la distancia entre las ruedas del transformador.

En la parte inferior de las paredes frontal y posterior se sitúan los agujeros para los cables de MT, BT y tierras exteriores.

ANEJO Nº10.- INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN ALTA TENSIÓN

En la pared frontal se sitúan las puertas de acceso a peatones, puertas de transformador y rejillas de ventilación. Todos estos materiales están fabricados en chapa de acero galvanizado. Las puertas de acceso disponen de un sistema de cierre con objeto de evitar aperturas intempestivas de las mismas y la violación del centro de transformación. Las puertas estarán abisagradas para que se puedan abatir 180º hacia el exterior, y se podrán mantener en la posición de 90º con un retenedor metálico. Las rejillas están formadas por lamas en forma de "V" invertida, para evitar la entrada de agua de lluvia en el centro de transformación, y rejilla mosquitera, para evitar la entrada de insectos.

El CT tendrá un aislamiento acústico de forma que no transmitan niveles sonoros superiores a los permitidos en las Ordenanzas Municipales y/o distintas legislaciones de la Comunidad Autónoma de Andalucía.

CUBIERTA.

La cubierta está formada por piezas de hormigón armado, habiéndose diseñado de tal forma que se impidan las filtraciones y la acumulación de agua sobre ésta, desaguando directamente al exterior desde su perímetro.

PINTURA.

El acabado de las superficies exteriores se efectúa con pintura acrílica o epoxy, haciéndolas muy resistentes a la corrosión causada por los agentes atmosféricos.

VARIOS.

El índice de protección presentado por el edificio es:

- Edificio prefabricado: IP 23.
- Rejillas: IP 33.

Las sobrecargas admisibles son:

- Sobrecarga de nieve: 250 kg/m².
- Sobrecarga de viento: 100 kg/m² (144 km/h).
- Sobrecarga en el piso: 400 kg/m².

ANEJO Nº10.- INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN ALTA TENSION

2.1.2.2. INSTALACIÓN ELÉCTRICA.

CARACTERÍSTICAS DE LA RED DE ALIMENTACIÓN.

La red de alimentación al centro de transformación será a una tensión de 400 V y 50 Hz de frecuencia, ya que se utilizará como elevador de tensión.

CARACTERÍSTICAS DE LA APARAMENTA DE MEDIA TENSION.

La aparamenta a utilizar en los transformadores será prefabricada bajo envoltorio metálica con dieléctrico y corte en SF6, sus características son las que se enumeran a continuación:

CARACTERÍSTICAS GENERALES	
Tensión asignada	36 kV
Frecuencia	50 Hz
Tensión soportada a 50 Hz a tierra y entre polos	70 kV
Tensión soportada a 50 Hz a la distancia de seccionamiento	80 kV
Tensión soportada a impulso tipo rayo a tierra y entre polos	170 kV
Tensión soportada a impulso tipo rayo a distancia de seccionamiento	195 kV
Corriente admisible de corta duración a 24 kV	16 kA (1 segundo)

Las celdas a utilizar serán de Ormazabal o similar, con las siguientes características descriptivas:

- Entrada/Salida de línea: **CGM3-I Interruptor-seccionador (o similar).**

Se instalará una (1) unidad.

CARACTERÍSTICAS ESPECÍFICAS	
Corriente asignada en función de línea	630 A
Ancho	418 mm
Fondo	850 mm
Alto	1.745 mm
Peso	138 kg

ANEJO Nº10.- INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN ALTA TENSION

- Protección del transformador: **CGM3-P Protección fusibles (o similar).**

Se instalará una (1) unidad.

CARACTERÍSTICAS ESPECÍFICAS	
Corriente asignada al embarrado	630 A
Ancho	480 mm
Fondo	1.010 mm
Alto	1.745 mm
Peso	211 kg

- Medida: **CGM3-M Medida con transformadores de tensión e intensidad (o similar).**

Se instalará una (1) unidad.

CARACTERÍSTICAS ESPECÍFICAS	
Corriente asignada al embarrado	630 A
Ancho	900 mm
Fondo	1.160 mm
Alto	1.950 mm
Peso	290 kg

2.1.2.3. CARATERÍSTICAS DEL TRANSFOMADOR.

El transformador es trifásico ELEVADOR DE TENSION, con neutro accesible en el secundario y refrigeración natural en aceite. Se dispone de una rejilla metálica para defensa del trafo.

La tecnología empleada será la de llenado integral a fin de conseguir una mínima degradación del aceite por oxidación y absorción de humedad, así como unas dimensiones reducidas de la máquina y un mantenimiento mínimo.

ANEJO Nº10.- INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN ALTA TENSIÓN

Sus características mecánicas y eléctricas se ajustarán a la Norma UNESA 5201D y a las normas particulares de la compañía suministradora, siendo las siguientes:

CARACTERÍSTICAS TRANSFORMADORES	
Potencia nominal	1.000 kVA
Tensión nominal primaria	20-25 kV (doble primario)
Regulación en el primario	+/-2,5%+/-5%.
Tensión nominal secundaria en vacío	420 V
Tensión de cortocircuito	6 %
Grupo de conexión	Dyn11
Tensión dieléctrica a frecuencia industrial	70 kV
Tensión de impulso tipo rayo (1,2/50µs)	170 kV

Se proyecta una doble relación en primario (20-25kV), bajo la consideración de una hipotética migración en la tensión de distribución en la zona por parte de la compañía distribuidora, de 25 kV a 20 kV.

2.1.2.4. CONEXIÓN EN EL LADO DE BAJA TENSIÓN.

La conexión entre el transformador y el cuadro B.T. se realiza mediante conductores unipolares de cobre, de aislamiento seco 0,6/1 kV sin armadura, 2(4x150 mm²) RZ1-K (AS), tal y como se justifica en el anejo de BT.

2.1.2.5. CONEXIÓN EN EL LADO DE ALTA TENSIÓN.

La conexión entre las celdas A.T. y el transformador se realiza mediante conductores unipolares de aluminio, de aislamiento seco y terminales enchufables, con un radio de curvatura mínimo de 10(D+d), siendo "D" el diámetro del cable y "d" el diámetro del conductor.

ANEJO Nº10.- INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN ALTA TENSIÓN

La conexión se realizará con un juego de puentes III de cables AT unipolares de aislamiento seco XLPE, aislamiento 18/30 kV, de 240 mm² en Al con sus correspondientes elementos de conexión de acuerdo con la normativa UNESA.

2.1.2.6. PUESTA A TIERRA.

TIERRA DE PROTECCIÓN.

Se conectarán a tierra todas las partes metálicas de la instalación que no estén en tensión normalmente: envolventes de las celdas y cuadros de baja tensión, rejillas de protección, carcasa de los transformadores, etc, así como la armadura del edificio. No se unirán las rejillas y puertas metálicas del centro, si son accesibles desde el exterior.

Las celdas dispondrán de una pletina de tierra que las interconectará, constituyendo el colector de tierras de protección.

La tierra interior de protección se realizará con cable de 50 mm² de cobre desnudo formando un anillo, y conectará a tierra los elementos descritos anteriormente.

TIERRA DE SERVICIO.

Con objeto de evitar tensiones peligrosas en baja tensión, debido a faltas en la red de alta tensión, el neutro del transformador y los circuitos de baja tensión se conectará a una toma de tierra independiente del sistema de alta tensión, de tal forma que no exista influencia de la red general de tierra.

La tierra interior de servicio se realizará con cable de 50 mm² de cobre aislado 0,6/1 kV.

2.1.2.7. EQUIPOS AUXILIARES Y DE SEGURIDAD.

ALUMBRADO.

ANEJO Nº10.- INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN ALTA TENSION

En el interior del centro de transformación se instalará un mínimo de dos puntos de luz, capaces de proporcionar un nivel de iluminación suficiente para la comprobación y maniobra de los elementos del mismo. El nivel medio será como mínimo de 150 lux.

Los focos luminosos estarán colocados sobre soportes rígidos y dispuestos de tal forma que se mantenga la máxima uniformidad posible en la iluminación. Además, se deberá poder efectuar la sustitución de lámparas sin peligro de contacto con otros elementos en tensión.

El interruptor se situará al lado de la puerta de entrada, de forma que su accionamiento no represente peligro por su proximidad a la alta tensión.

Se dispondrá también un punto de luz de emergencia de carácter autónomo que señalará los accesos al centro de transformación.

PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS.

Si va a existir personal itinerante de mantenimiento por parte de la compañía suministradora, no se exige que en el centro de transformación haya un extintor. En caso contrario, se incluirá un extintor de eficacia 89B.

La resistencia ante el fuego de los elementos delimitadores y estructurales será RF-180 y la clase de materiales de suelos, paredes y techos M0 según Norma UNE 23727.

VENTILACIÓN.

La ventilación del centro de transformación se realizará de modo natural mediante rejillas de entrada y salida de aire dispuestas para tal efecto, siendo la superficie mínima de la rejilla de entrada de aire en función de la potencia del mismo.

Estas rejillas se construirán de modo que impidan el paso de pequeños animales, la entrada de agua de lluvia y los contactos accidentales con partes en tensión si se introdujeran elementos metálicos por las mismas.

Puesto que se proyecta un centro homologado para la correcta ventilación de una instalación dotada de un transformador de potencia de 1000 kVA, se puede deducir que debido al bajo factor de carga este equipo, del orden del 40% (disminuyéndose sensiblemente las pérdidas de carga del transformador) y al elevado rendimiento de los inversores proyectados, que no se prevé la necesidad de un apoyo adicional al sistema de ventilación ya contemplado.

ANEJO N°10.- INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN ALTA TENSIÓN

MEDIDAS DE SEGURIDAD.

Las celdas dispondrán de una serie de enclavamientos funcionales descritos a continuación:

- Sólo será posible cerrar el interruptor con el interruptor de tierra abierto y con el panel de acceso cerrado.
- El cierre del seccionador de puesta a tierra sólo será posible con el interruptor abierto.
- La apertura del panel de acceso al compartimiento de cables sólo será posible con el seccionador de puesta a tierra cerrado.
- Con el panel delantero retirado, será posible abrir el seccionador de puesta a tierra para realizar el ensayo de cables, pero no será posible cerrar el interruptor.

Las celdas de entrada y salida serán de aislamiento integral y corte en SF6, y las conexiones entre sus embarrados deberán ser apantalladas, consiguiendo con ello la insensibilidad a los agentes externos, evitando de esta forma la pérdida del suministro en los centros de transformación interconectados con éste, incluso en el eventual caso de inundación del centro de transformación.

Las bornas de conexión de cables y fusibles serán fácilmente accesibles a los operarios de forma que, en las operaciones de mantenimiento, la posición de trabajo normal no carezca de visibilidad sobre estas zonas.

Los mandos de la aparamenta estarán situados frente al operario en el momento de realizar la operación, y el diseño de la aparamenta protegerá al operario de la salida de gases en caso de un eventual arco interno.

El diseño de las celdas impedirá la incidencia de los gases de escape, producidos en el caso de un arco interno, sobre los cables de media tensión y baja tensión. Por ello, esta salida de gases no debe estar enfocada en ningún caso hacia el foso de cables.

La puerta de acceso al CT llevará el Lema Corporativo y estará cerrada con llave.

Las puertas de acceso al CT y, cuando las hubiera, las pantallas de protección, llevarán el cartel con la correspondiente señal triangular distintiva de riesgo eléctrico.

ANEJO Nº10.- INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN ALTA TENSIÓN

En un lugar bien visible del CT se situará un cartel con las instrucciones de primeros auxilios a prestar en caso de accidente. Salvo que en los propios aparatos figuren las instrucciones de maniobra, en el CT, y en lugar bien visible habrá un cartel con las citadas instrucciones.

Deberán estar dotados de bandeja o bolsa portadocumentos. Para realizar maniobras en A.T. el CT dispondrá de banqueta, alfombra aislante, guantes aislantes y pértiga.

Se instalará un equipo de alumbrado que permita la suficiente visibilidad para ejecutar las maniobras y revisiones necesarias en las celdas A.T.

2.1.2.8. CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS DEL C.T.

Se adjuntan cálculos justificativos del Centro de Transformación proyectado:

1. INTENSIDAD EN ALTA TENSIÓN.

En un transformador trifásico la intensidad del circuito primario I_p viene dada por la expresión:

$$I_p = S / (1,732 \cdot U_p); \quad \text{siendo:}$$

S = Potencia del transformador en kVA.

U_p = Tensión compuesta primaria en kV.

I_p = Intensidad primaria en A.

Sustituyendo valores:

Transformador	Potencia (kVA)	U_p (kV)	I_p (A)
trafo 1	1000	25	23.09

2. INTENSIDAD EN BAJA TENSIÓN.

En un transformador trifásico la intensidad del circuito secundario I_s viene dada por la expresión:

$$I_s = (S \cdot 1000) / (1,732 \cdot U_s); \quad \text{siendo:}$$

S = Potencia del transformador en kVA.

U_s = Tensión compuesta secundaria en V.

I_s = Intensidad secundaria en A.

Sustituyendo valores:

Transformador	Potencia (kVA)	U_s (V)	I_s (A)
trafo 1	1000	400	1443.42

3. CORTOCIRCUITOS.

ANEJO Nº10.- INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN ALTA TENSIÓN

3.1. Observaciones.

Para el cálculo de la intensidad primaria de cortocircuito se tendrá en cuenta una potencia de cortocircuito de 350 MVA en la red de distribución, dato proporcionado por la Cía suministradora.

3.2. Cálculo de corrientes de cortocircuito.

Para el cálculo de las corrientes de cortocircuito utilizaremos las siguientes expresiones:

- Intensidad primaria para cortocircuito en el lado de Alta Tensión:

$$I_{ccp} = S_{cc} / (1,732 \cdot U_p); \quad \text{siendo:}$$

S_{cc} = Potencia de cortocircuito de la red en MVA.

U_p = Tensión compuesta primaria en kV.

I_{ccp} = Intensidad de cortocircuito primaria en kA.

- Intensidad secundaria para cortocircuito en el lado de Baja Tensión (despreciando la impedancia de la red de Alta Tensión):

$$I_{ccs} = (100 \cdot S) / (1,732 \cdot U_{cc} (\%) \cdot U_s); \quad \text{siendo:}$$

S = Potencia del transformador en kVA.

$U_{cc} (\%)$ = Tensión de cortocircuito en % del transformador.

U_s = Tensión compuesta en carga en el secundario en V.

I_{ccs} = Intensidad de cortocircuito secundaria en kA.

3.3. Cortocircuito en el lado de Alta Tensión.

Utilizando las expresiones del apartado 3.2.

Scc (MVA)	Up (kV)	Iccp (kA)
350	25	8.08

3.4. Cortocircuito en el lado de Baja Tensión.

Utilizando las expresiones del apartado 3.2.

Transformador	Potencia (kVA)	Us (V)	Ucc (%)	Iccs (kA)
trafo 1	1000	400	6	24.06

4. DIMENSIONADO DEL EMBARRADO.

Las características del embarrado son:

Intensidad asignada: 400 A.

Límite térmico, 1 s.: 16 kA eficaces.

Límite electrodinámico: 40 kA cresta.

Por lo tanto dicho embarrado debe soportar la intensidad nominal sin superar la temperatura de régimen permanente (comprobación por densidad de corriente), así como los esfuerzos electrodinámicos y térmicos que se produzcan durante un cortocircuito.

4.1. Comprobación por densidad de corriente.

La comprobación por densidad de corriente tiene por objeto verificar que el conductor que constituye el embarrado es capaz de conducir la corriente nominal máxima sin sobrepasar la densidad de corriente máxima en régimen permanente. Dado que se utilizan celdas bajo envolvente metálica fabricadas por Orma-SF6 conforme a la normativa vigente, se garantiza lo indicado para la intensidad asignada de 400 A.

ANEJO Nº10.- INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN ALTA TENSION

4.2. Comprobación por sollicitación electrodinámica.

La resistencia mecánica de los conductores deberá verificar, en caso de cortocircuito que:

$$\sigma_{\max} \geq (I_{ccp}^2 \cdot L^2) / (60 \cdot d \cdot W), \text{ siendo:}$$

σ_{\max} = Valor de la carga de rotura de tracción del material de los conductores. Para cobre semiduro 2800 Kg / cm².

I_{ccp} = Intensidad permanente de cortocircuito trifásico, en kA.

L = Separación longitudinal entre apoyos, en cm.

d = Separación entre fases, en cm.

W = Módulo resistente de los conductores, en cm³.

Dado que se utilizan celdas bajo envolvente metálica fabricadas por Orma-SF6 conforme a la normativa vigente se garantiza el cumplimiento de la expresión anterior.

4.3. Comprobación por sollicitación térmica a cortocircuito.

La sobreintensidad máxima admisible en cortocircuito para el embarrado se determina:

$$I_{th} = \alpha \cdot S \cdot \sqrt{(\Delta T / t)}, \text{ siendo:}$$

I_{th} = Intensidad eficaz, en A.

α = 13 para el Cu.

S = Sección del embarrado, en mm².

ΔT = Elevación o incremento máximo de temperatura, 150°C para Cu.

t = Tiempo de duración del cortocircuito, en s.

Puesto que se utilizan celdas bajo envolvente metálica fabricadas por Orma-SF6 conforme a la normativa vigente, se garantiza que:

$$I_{th} \geq 16 \text{ kA durante } 1 \text{ s.}$$

5. SELECCIÓN DE LAS PROTECCIONES DE ALTA Y BAJA TENSION.

Los transformadores están protegidos tanto en AT como en BT. En Alta tensión la protección la efectúan las celdas asociadas a esos transformadores, y en baja tensión la protección se incorpora en los cuadros de BT.

Protección trafo 1.

La protección del transformador en AT de este CT se realiza utilizando una celda de interruptor con fusibles combinados, siendo éstos los que efectúan la protección ante cortocircuitos. Estos fusibles son limitadores de corriente, produciéndose su fusión antes de que la corriente de cortocircuito haya alcanzado su valor máximo.

Los fusibles se seleccionan para:

- Permitir el paso de la punta de corriente producida en la conexión del transformador en vacío.
- Soportar la intensidad nominal en servicio continuo.

La intensidad nominal de los fusibles se escogerá por tanto en función de la potencia:

Potencia (kVA)	In fusibles (A)
1000	40

Para la protección contra sobrecargas se instalará un relé electrónico con captadores de intensidad por fase, cuya señal alimentará a un disparador electromecánico liberando el dispositivo de retención del interruptor.

Protección en Baja Tensión.

ANEJO Nº10.- INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN ALTA TENSION

En el circuito de baja tensión de cada transformador según RU6302 se instalará un Cuadro de Distribución de 4 salidas con posibilidad de extensionamiento. Las protecciones y puentes de baja tensión se presentan y justifican en el anejo de baja tensión.

6. DIMENSIONADO DE LA VENTILACIÓN DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN.

Para el cálculo de la superficie mínima de las rejillas de entrada de aire en el edificio del centro de transformación, se utiliza la siguiente expresión:

$$S_r = (W_{cu} + W_{fe}) / (0,24 \cdot k \cdot \sqrt{(h \cdot \Delta T^3)}), \quad \text{siendo:}$$

W_{cu} = Pérdidas en el cobre del transformador, en kW.

W_{fe} = Pérdidas en el hierro del transformador, en kW.

k = Coeficiente en función de la forma de las rejillas de entrada de aire, 0,5.

h = Distancia vertical entre centros de las rejillas de entrada y salida, en m.

ΔT = Diferencia de temperatura entre el aire de salida y el de entrada, 15°C.

S_r = Superficie mínima de la rejilla de entrada de ventilación del transformador, en m².

No obstante, puesto que se utilizan edificios prefabricados de Orma-mn éstos han sufrido ensayos de homologación en cuanto al dimensionado de la ventilación del centro de transformación.

7. DIMENSIONADO DEL POZO APAGAFUEGOS.

El pozo de recogida de aceite será capaz de alojar la totalidad del volumen que contiene el transformador, y así es dimensionado por el fabricante al tratarse de un edificio prefabricado.

8. CÁLCULO DE LAS INSTALACIONES DE PUESTA A TIERRA.

8.1. Investigación de las características del suelo.

Según la investigación previa del terreno donde se instalará este Centro de Transformación, se determina una resistividad media superficial de 150 Ωxm.

8.2. Determinación de las corrientes máximas de puesta a tierra y del tiempo máximo correspondiente a la eliminación del defecto.

En instalaciones de Alta Tensión de tercera categoría los parámetros de la red que intervienen en los cálculos de faltas a tierras son:

Tipo de neutro.

El neutro de la red puede estar aislado, rígidamente unido a tierra, o a través de impedancia (resistencia o reactancia), lo cual producirá una limitación de las corrientes de falta a tierra.

Tipo de protecciones en el origen de la línea.

Cuando se produce un defecto, éste es eliminado mediante la apertura de un elemento de corte que actúa por indicación de un relé de intensidad, el cual puede actuar en un tiempo fijo (relé a tiempo independiente), o según una curva de tipo inverso (relé a tiempo dependiente).

Asimismo pueden existir reenganches posteriores al primer disparo que sólo influirán en los cálculos si se producen en un tiempo inferior a 0,5 s.

Según los datos de la red proporcionados por la compañía suministradora, se tiene:

- Intensidad máxima de defecto a tierra (Inicial, $I_{dm\acute{a}x}$ (A): 300.

- Duración de la falta.

Desconexión inicial:

Tiempo máximo de eliminación del defecto (s): 0.7.

8.3. Diseño de la instalación de tierra.

ANEJO Nº10.- INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN ALTA TENSION

Para los cálculos a realizar se emplearán los procedimientos del "Método de cálculo y proyecto de instalaciones de puesta a tierra para centros de transformación de tercera categoría", editado por UNESA.

TIERRA DE PROTECCIÓN.

Se conectarán a este sistema las partes metálicas de la instalación que no estén en tensión normalmente pero pueden estarlo por defectos de aislamiento, averías o causas fortuitas, tales como chasis y bastidores de los aparatos de maniobra, envolventes metálicas de las cabinas prefabricadas y carcasas de los transformadores.

TIERRA DE SERVICIO.

Se conectarán a este sistema el neutro del transformador y la tierra de los secundarios de los transformadores de tensión e intensidad de la celda de medida.

Para la puesta a tierra de servicio se utilizarán picas en hilera de diámetro 14 mm. y longitud 2 m., unidas mediante conductor desnudo de Cu de 50 mm² de sección. El valor de la resistencia de puesta a tierra de este electrodo deberá ser inferior a 37 Ω.

La conexión desde el centro hasta la primera pica del electrodo se realizará con cable de Cu de 50 mm², aislado de 0,6/1 kV bajo tubo plástico con grado de protección al impacto mecánico de 7 como mínimo.

8.4. Cálculo de la resistencia del sistema de tierra.

Las características de la red de alimentación son:

- Tensión de servicio, U = 25000 V.
- Puesta a tierra del neutro:
 - Rígidamente unida a tierra.
- Nivel de aislamiento de las instalaciones de Baja Tensión, U_{bt} = 10000 V.
- Características del terreno:
 - ρ terreno (Ωxm): 150.
 - ρ_H hormigón (Ωxm): 3000.

TIERRA DE PROTECCIÓN.

Para el cálculo de la resistencia de la puesta a tierra de las masas (R_t), la intensidad y tensión de defecto (I_d, U_E), se utilizarán las siguientes fórmulas:

- Resistencia del sistema de puesta a tierra, R_t:

$$R_t = K_r \cdot \rho \ (\Omega)$$

- Intensidad de defecto, I_d:

$$I_d = I_{d\text{máx}} \ (A)$$

- Aumento del potencial de tierra, U_E:

$$U_E = R_t \cdot I_d \ (V)$$

El electrodo adecuado para este caso tiene las siguientes propiedades:

- Configuración seleccionada: 70-25/5/82.
- Geometría: Anillo.
- Dimensiones (m): 7x2,5
- Profundidad del electrodo (m): 0.5.
- Número de picas: 8.
- Diámetro picas (mm): 14.

ANEJO Nº10.- INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN ALTA TENSION

- Longitud de las picas (m): 2.

Los parámetros característicos del electrodo son:

- De la resistencia, $K_r (\Omega/\Omega \cdot m) = 0.116$.
- De la tensión de paso, $K_p (V/((\Omega \cdot m)A)) = 0.029$.
- De la tensión de contacto exterior, $K_c (V/((\Omega \cdot m)A)) = 0.0548$.

Sustituyendo valores en las expresiones anteriores, se tiene:

$$R_t = K_r \cdot \rho = 0.116 \cdot 150 = 17.4 \Omega.$$

$$I_d = I_{d\text{máx}} = 300 \text{ A.}$$

$$U_E = R_t \cdot I_d = 17.4 \cdot 300 = 5220 \text{ V.}$$

TIERRA DE SERVICIO.

El electrodo adecuado para este caso tiene las siguientes propiedades:

- Configuración seleccionada: 5/32.
- Geometría: Picas en hilera.
- Profundidad del electrodo (m): 0.5.
- Número de picas: 3.
- Longitud de las picas (m): 2.
- Diámetro picas (mm): 14.
- Separación entre picas (m): 3.

Los parámetros característicos del electrodo son:

- De la resistencia, $K_r (\Omega/\Omega \cdot m) = 0.135$.

Sustituyendo valores:

$$R_{t\text{NEUTRO}} = K_r \cdot \rho = 0.135 \cdot 150 = 20.25 \Omega.$$

8.5. Cálculo de las tensiones en el exterior de la instalación.

Con el fin de evitar la aparición de tensiones de contacto elevadas en el exterior de la instalación, las puertas y rejillas metálicas que dan al exterior del centro no tendrán contacto eléctrico alguno con masas conductoras que, a causa de defectos o averías, sean susceptibles de quedar sometidas a tensión.

Con estas medidas de seguridad, no será necesario calcular las tensiones de contacto en el exterior, ya que estas serán prácticamente nulas. Por otra parte, la tensión de paso en el exterior vendrá dada por las características del electrodo y la resistividad del terreno según la expresión:

$$U'_p = K_p \cdot \rho \cdot I_d = 0.029 \cdot 150 \cdot 300 = 1305 \text{ V.}$$

8.6. Cálculo de las tensiones en el interior de la instalación.

En el piso del Centro de Transformación se instalará un mallazo electrosoldado, con redondos de diámetro no inferior a 4 mm formando una retícula no superior a 0,30x0,30 m. Este mallazo se conectará como mínimo en dos puntos opuestos de la puesta a tierra de protección del Centro.

Dicho mallazo estará cubierto por una capa de hormigón de 10 cm. como mínimo.

Con esta medida se consigue que la persona que deba acceder a una parte que pueda quedar en tensión, de forma eventual, estará sobre una superficie equipotencial, con lo que desaparece el riesgo de la tensión de contacto y de paso interior.

ANEJO Nº10.- INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN ALTA TENSION

De esta forma no será necesario el cálculo de las tensiones de contacto y de paso en el interior, ya que su valor será prácticamente cero.

Asimismo la existencia de una superficie equipotencial conectada al electrodo de tierra, hace que la tensión de paso en el acceso sea equivalente al valor de la tensión de contacto exterior.

$$U_p(\text{acc}) = K_c \cdot \rho \cdot I_d = 0.0548 \cdot 150 \cdot 300 = 2466 \text{ V.}$$

8.7. Cálculo de las tensiones aplicadas.

Para la obtención de los valores máximos admisibles de la tensión de paso exterior y en el acceso, se utilizan las siguientes expresiones:

$$U_p = 10 \cdot U_{ca} \cdot (1 + (2 \cdot R_{ac} + 6 \cdot \rho_s \cdot C_s) / 1000) \text{ V.}$$

$$U_p(\text{acc}) = 10 \cdot U_{ca} \cdot (1 + (2 \cdot R_{ac} + 3 \cdot \rho_s \cdot C_s + 3 \cdot \rho_H \cdot C_H) / 1000) \text{ V.}$$

$$C_s = 1 - 0,106 \cdot [(1 - \rho / \rho_s) / (2 \cdot h_s + 0,106)].$$

$$C_H = 1 - 0,106 \cdot [(1 - \rho / \rho_H) / (2 \cdot h_H + 0,106)].$$

$$t = t' + t'' \text{ s.}$$

Siendo:

U_p = Tensión de paso admisible en el exterior, en voltios.

$U_p(\text{acc})$ = Tensión en el acceso admisible, en voltios.

U_{ca} = Tensión de contacto aplicada admisible según ITC-RAT 13 (Tabla 1), en voltios.

R_{ac} = Resistencias adicionales, como calzado, aislamiento de la torre, etc, en Ω .

C_s = Coeficiente reductor de la resistencia superficial del suelo.

C_H = Coeficiente reductor de la resistencia del hormigón.

h_s = Espesor de la capa superficial del terreno, en m.

h_H = Espesor de la capa de hormigón, en m.

ρ = Resistividad natural del terreno, en Ωm .

ρ_s = Resistividad superficial del suelo, en Ωm .

ρ_H = Resistividad del hormigón, 3000 Ωm .

t = Tiempo de duración de la falta, en segundos.

t' = Tiempo de desconexión inicial, en segundos.

t'' = Tiempo de la segunda desconexión, en segundos.

Según el punto 8.2. El tiempo de duración de la falta es:

$$t' = 0.7 \text{ s.}$$

$$t = t' = 0.7 \text{ s.}$$

Sustituyendo valores:

$$U_p = 10 \cdot U_{ca} \cdot (1 + (2 \cdot R_{ac} + 6 \cdot \rho_s \cdot C_s) / 1000) = 10 \cdot 165.2 \cdot (1 + (2 \cdot 2000 + 6 \cdot 150 \cdot 1) / 1000) = 9746.8 \text{ V.}$$

$$U_p(\text{acc}) = 10 \cdot U_{ca} \cdot (1 + (2 \cdot R_{ac} + 3 \cdot \rho_s \cdot C_s + 3 \cdot \rho_H \cdot C_H) / 1000) = 10 \cdot 165.2 \cdot (1 + (2 \cdot 2000 + 3 \cdot 150 \cdot 1 + 3 \cdot 3000 \cdot 0.67) / 1000) = 18978.56 \text{ V.}$$

$$C_s = 1 - 0,106 \cdot [(1 - \rho / \rho_s) / (2 \cdot h_s + 0,106)] = 1 - 0,106 \cdot [(1 - 150 / 150) / (2 \cdot 0.1 + 0,106)] = 1$$

$$C_H = 1 - 0,106 \cdot [(1 - \rho / \rho_H) / (2 \cdot h_H + 0,106)] = 1 - 0,106 \cdot [(1 - 150 / 3000) / (2 \cdot 0.1 + 0,106)] =$$

ANEJO Nº10.- INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN ALTA TENSION

0.67

Los resultados obtenidos se presentan en la siguiente tabla:

Tensión de paso en el exterior y de paso en el acceso.

Concepto	Valor calculado	Condición	Valor admisible
Tensión de paso en el exterior	$U_p = 1305 \text{ V.}$	\leq	$U_p = 9746.8 \text{ V.}$
Tensión de paso en el acceso	$U_p (\text{acc}) = 2466 \text{ V.}$	\leq	$U_p (\text{acc}) = 18978.56 \text{ V.}$

Tensión e intensidad de defecto.

Concepto	Valor calculado	Condición	Valor admisible
Aumento del potencial de tierra	$U_E = 5220 \text{ V.}$	\leq	$U_{bt} = 10000 \text{ V.}$
Intensidad de defecto	$I_d = 300 \text{ A.}$	$>$	

8.8. Investigación de las tensiones transferibles al exterior.

Al no existir medios de transferencia de tensiones al exterior no se considera necesario un estudio para su reducción o eliminación.

No obstante, para garantizar que el sistema de puesta a tierra de servicio no alcance tensiones elevadas cuando se produce un defecto, existirá una distancia de separación mínima (D_{n-p}), entre los electrodos de los sistemas de puesta a tierra de protección y de servicio.

$$D_{n-p} \geq (\rho \cdot I_d) / (2000 \cdot \pi) = (150 \cdot 300) / (2000 \cdot \pi) = 7.16 \text{ m.}$$

Siendo:

ρ = Resistividad del terreno en Ωm .

I_d = Intensidad de defecto en A.

La conexión desde el centro hasta la primera pica del electrodo de servicio se realizará con cable de Cu de 50 mm^2 , aislado de 0,6/1 kV bajo tubo plástico con grado de protección al impacto mecánico de 7 como mínimo.

8.9. Corrección del diseño inicial.

No se considera necesario la corrección del sistema proyectado según se pone de manifiesto en las tablas del punto 8.7.

2.1.3. LIMITACIÓN DE CAMPOS MAGNÉTICOS EN INSTALACIONES DE ALTA TENSION.

De acuerdo al apartado 4.7 de la ITC-RAT 14 del RD 337/2014, se debe comprobar que no se supera el valor establecido en el Real Decreto 1066/2001, de 28 de septiembre.

Mediante ensayo tipo, realizado por el fabricante del centro de transformación, se comprueba que no se superan los siguientes valores del campo magnético a 200 mm del exterior del centro de transformación, según el Real Decreto 1066/2001:

- Inferior a $100 \mu\text{T}$ para el público en general

ANEJO Nº10.- INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN ALTA TENSION

- Inferior a 500 μ T para los trabajadores (medido a 200 mm de la zona de operación)

Dicho ensayo tipo se realiza de acuerdo al Technical Report IEC/TR 62271-208, indicado en la norma de obligado cumplimiento UNE-EN 62271-202 como método válido de ensayo para la evaluación de campos electromagnéticos en centros de transformación prefabricados de alta/baja tensión.

En el caso específico en el que los centros de transformación se encuentren ubicados en edificios habitables o anexos a los mismos, se observarán las siguientes condiciones de diseño:

- Las entradas y salidas al centro de transformación de la red de alta tensión se efectuarán por el suelo y adoptarán una disposición en triángulo y formando ternas.
- La red de baja tensión se diseñará igualmente con el criterio anterior.
- Se procurará que las interconexiones sean lo más cortas posibles y se diseñarán evitando paredes y techos colindantes con viviendas.
- No se ubicarán cuadros de baja tensión sobre paredes medianeras con locales habitables y se procurará que el lado de conexión de baja tensión del transformador quede lo más alejado de estos locales.

2.2. LÍNEA AÉREO-SUBTERRÁNEA EN A.T.

El cableado de la instalación se realizará acorde con el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión y sus Instrucciones Técnicas Complementarias (ITC'S) y a los cálculos eléctricos adjuntos al final del presente apartado. Serán adecuados para uso en intemperie, al aire o enterrado, distinguiendo 3 tramos:

- 1) Tramo subterráneo, desde la salida del CT proyectado hasta el apoyo metálico nº 1:

RHZ1-OL 18/30 kV 1 x 240 K Al+H25

- 2) Tramo aéreo, desde el apoyo metálico nº 1 hasta el apoyo metálico nº 8:

LA-56, Al-Ac

- 3) Tramo subterráneo, desde el apoyo metálico nº 8 hasta CT existente, bombeo "Ballabona":

ANEJO Nº10.- INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN ALTA TENSION

RHZ1-OL 18/30 kV 1 x 240 K Al+H25

2.2.1. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA LÍNEA ALTA TENSION SUBTERRÁNEA.

Como se ha indicado anteriormente los tramos subterráneos en la instalación proyectada son los 1 y 3, sus características generales son las que se describen a continuación:

2.2.1.1. TRAZADO.

Los conductores se alojarán en zanja, a una profundidad de 1,20 m. a la generatriz superior de los tubos. Los tubos serán de polietileno (PE) de doble pared (interior lisa y exterior corrugada) de 200 mm. ϕ y 2,5 atmósferas de presión, y sobre los mismos se situarán cintas de señalización con indicación "Peligro Alta Tensión". El tipo de zanja y arquetas figuran en los planos de detalles, representando las profundidades, anchuras y tipo de rellenos. Todo el recorrido de la línea se hará bajo zona de servicios, si existe, o bajo aceras. Se adjunta plano de planta en el que figura el trazado proyectado de la línea que nos ocupa, viéndose en él, el emplazamiento de las arquetas previstas.

2.2.1.2. CONDUCTOR.

El conductor que se empleará en la línea de A. T. será el normalizado para líneas subterráneas con sección de 240 mm² de aluminio, tipo 18/30 kV aislamiento de polietileno reticulado.

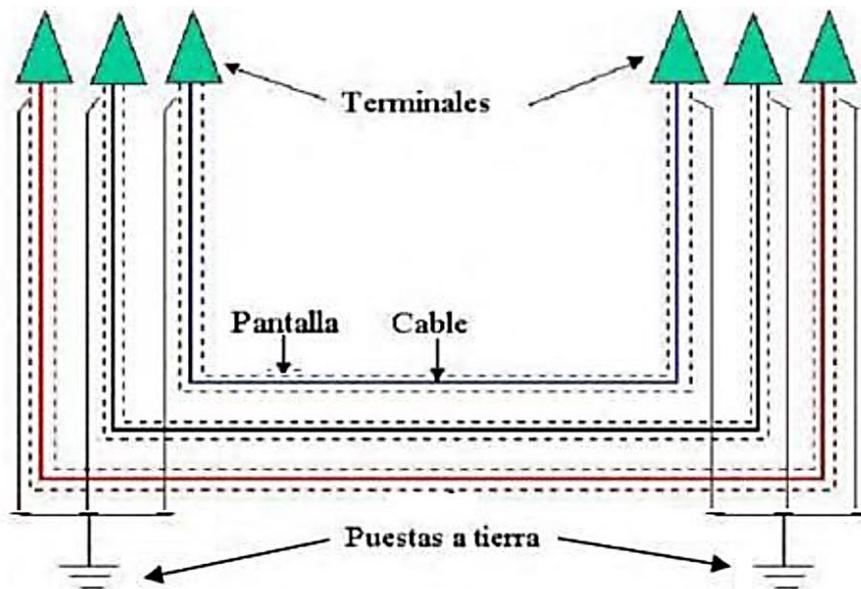
RHZ1-OL 18/30 kV 1 x 240 K Al	
Sección mm ²	240 mm ²
Tensión Nominal	18/30 kV
Tensión Máxima de Utilización	36 kV
Tensión de Ensayo a Frecuencia Industrial	70 kV
Tensión de Ensayo con Onda Tipo Rayo	170 kV
Intensidad Admisible Enterrado (25 °C)	320 A
Límite Térmico en el Conductor	22,3 kA (T=250 °C 1s)
Límite Térmico en Pantalla (mín.)	2,9 kA (T=160 °C 1s)

ANEJO N°10.- INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN ALTA TENSIÓN

RHZ1-OL 18/30 kV 1 x 240 K Al	
Material Aislante (R.H.V.)	Polietileno Reticulado 8 mm (espesor)
Cubierta Color Rojo	Poliolefina 2 mm (espesor)
Ø Aparente Conductor (Cuerda)	17,8-19,2 mm
Radio mínimo curvatura mm	620

2.2.1.3. DESCRIPCIÓN DEL CONEXIONADO DE LAS PANTALLAS.

Las pantallas de los cables de alta tensión se conectarán directamente a tierra en sus extremos (solid bonding), como se indica en la siguiente figura.



2.2.1.4. CANALIZACIONES.

- **Canalización en A.T.**, canalización subterránea mediante 2 tubos de polietileno corrugado PE de 200 mm de diámetro en zanja de 1,20 x 0,51 m.

ANEJO Nº10.- INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN ALTA TENSIÓN

Una vez abierta la zanja para la canalización eléctrica, se actuará de la manera que se describe a continuación:

- Se colocan los tubos a una distancia vertical de 6 cm desde la base de la zanja. En horizontal se instalarán centrados en la misma con una separación entre ejes de 25 cm.
- Relleno de los tubos 15 cm por encima de su generatriz superior con hormigón en masa HM-20.
- Relleno con zahorra artificial de 51 cm de altura con zahorra artificial compactada al 95% del proctor normal.
- Colocación de cinta señalizadora encima de cada uno de los dos tubos en línea de la zanja.
- Reposición de firme y compactado hasta llegar a la cota natural del terreno.

2.2.2. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA LÍNEA DE ALTA TENSIÓN AÉREA.

Como se ha indicado anteriormente el tramo aéreo en la instalación proyectada es el 2, sus características generales son las que se describen a continuación:

2.2.2.1. CONDUCTOR DESNUDO DE ALTA TENSIÓN.

El conductor que se instalará en la línea de media tensión, será del tipo LA-56, de $S=54,6 \text{ mm}^2$, cable de aluminio "ALUMOWELD" o similar con alma de acero recubierta de aluminio por compresión, según la carta de condiciones técnicas de la C.S.E., cumpliendo con ello las condiciones de seguridad reforzada exigidas por el R.A.T. para cruzamientos y paralelismos.

Características del conductor, según norma UNE 21.018:

CONDUCTOR LA-56	
Sección mm^2	54,60 mm^2
Sección transversal Al	46,80 mm^2

ANEJO Nº10.- INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN ALTA TENSIÓN

Sección transversal Ac	7,80 mm ²
Diámetro cable completo	9,45 mm
Carga de rotura	1.678 Kg
Peso lineal	179,5 Kg/Km
Conductividad	29,8
Resistencia eléctrica a 20 ° C	0,58077 Ohm/Km
Densidad de corriente admisible	3,89 A/mm ²
Módulo de elasticidad	8.100 Kg/mm ²
Coefficiente de dilatación lineal	19,1 x 10 ⁻⁶
Nº hilos de aluminio	6
Nº hilos de acero	1
Nº hilos total	7

2.2.2.2. AISLAMIENTO.

El aislamiento a emplear será del tipo CS70AB-170/555 (referencia de material EDE 6702343) con material polimérico cuyas características principales son:

AISLAMIENTO	
Tensión nominal	30 kV
Tensión más elevada de la red	36 kV
Tensión soportada a impulso tipo rayo	170 kV
Tensión soportada a frecuencia industrial bajo lluvia	70 kV
Carga mecánica específica	70 kN
Diámetro de aislamiento	200 mm
Longitud de la línea de fuga	835 mm
Longitud de aislamiento	555 mm
Peso aislamiento	1,41 kg

2.2.2.3. APOYOS METÁLICOS.

ANEJO N°10.- INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN ALTA TENSIÓN

Los apoyos serán galvanizados serie norma UNE 207017 Tipo C montaje tresbolillo atirantado (distancia entre conductores 1,20 m), siendo los esfuerzos y la altura de los mismos según se indica a continuación:

- **Apoyo nº 1.-** Apoyo Inicio de Línea C-3000-16, esfuerzo nominal 3.000 daN, altura total 16 m. Se instalarán en el mismo tres (3) cadenas de amarre del tipo polimérico, tres (3) autoválvulas de 36 kV, 10 kA y 3 Kits terminales para paso de aéreo a subterráneo con cable seco de sección 240 mm² Al.
- **Apoyo nº 2.-** Apoyo de ángulo amarre C-1000-16 (158,8°), esfuerzo nominal 1.000 daN, altura total 16 m. Se instalarán en el mismo seis (6) cadenas de amarre del tipo polimérico.
- **Apoyo nº 3.-** Apoyo de ángulo amarre C-2000-18 (146,5°), esfuerzo nominal 2.000 daN, altura total 18 m. Se instalarán en el mismo seis (6) cadenas de amarre del tipo polimérico.
- **Apoyo nº 4.-** Apoyo de ángulo amarre C-1000-22 (167,8°), esfuerzo nominal 1.000 daN, altura total 22 m. Se instalarán en el mismo seis (6) cadenas de amarre del tipo polimérico.
- **Apoyo nº 5.-** Apoyo de ángulo amarre C-3000-24 (98,6°), esfuerzo nominal 3.000 daN, altura total 24 m. Se instalarán en el mismo seis (6) cadenas de amarre del tipo polimérico.
- **Apoyo nº 6.-** Apoyo de ángulo amarre C-3000-20 (102,6°), esfuerzo nominal 3.000 daN, altura total 20 m. Se instalarán en el mismo seis (6) cadenas de amarre del tipo polimérico.
- **Apoyo nº 7.-** Apoyo de ángulo amarre C-2000-18 (94,6°), esfuerzo nominal

ANEJO N°10.- INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN ALTA TENSIÓN

2.000 daN, altura total 18 m. Se instalarán en el mismo seis (6) cadenas de amarre del tipo polimérico.

- **Apoyo nº 8.-** Apoyo Fin de Línea C-2000-16, esfuerzo nominal 2.000 daN, altura total 16 m. Se instalarán en el mismo tres (3) cadenas de amarre del tipo polimérico, tres (3) autoválvulas de 36 kV, 10 kA y 3 Kits terminales para paso de aéreo a subterráneo con cable seco de sección 240 mm² Al.

Los apoyos 1 y 8 se consideran como apoyos frecuentados.

2.2.2.4. CIMENTACIÓN DE LOS APOYOS.

La cimentación de los apoyos se hará siguiendo las indicaciones reflejadas en la memoria de cálculo y los planos de detalle, para cada tipo de apoyo. Como base de nivelación del fondo de la excavación del apoyo se echará una capa de 10 cm. de hormigón en masa (hormigón de limpieza).

En los casos de fácil acceso hasta los apoyos, se cimentará con camiones hormigoneras procedentes de planta de hormigonado homologado por la administración correspondiente, se utilizará hormigón del tipo HM-35, como mínimo.

En los casos de difícil acceso, donde no sea posible hormigonar con camión hormigonera, el mencionado HM-35, se fabricará este in situ.

Los macizos sobrepasarán el nivel del suelo 10 cm. como mínimo en terrenos normales, y 20 cm. en terreno de cultivo. La parte superior del macizo se terminará en forma de punta de diamante a base de mortero rico en cemento. La punta tendrá una pendiente de un 10 % como mínimo, sirviendo esta de vierteaguas en caso de lluvias.

Se dejará un conducto de P.V.C. flexible (tubo forroplast Ø=32 mm., como mínimo) empotrado en la cimentación del apoyo para poder pasar el cable de tierra del apoyo. Este conducto deberá salir unos 30 cm. bajo el nivel del suelo y en la parte superior de la cimentación saldrá junto al angular o montante del propio apoyo.

Dimensiones (Lado x Lado x Profundidad):

ANEJO Nº10.- INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN ALTA TENSIÓN

- **Apoyo nº 1.-** Apoyo Inicio de Línea, esfuerzo 3.000 daN, altura total 16 m.
1,44 x 1,44 x 2,40 m.
- **Apoyo nº 2.-** Apoyo de ángulo, esfuerzo 1.000 daN, altura total 16 m.
1,41 x 1,41 x 1,85 m.
- **Apoyo nº 3.-** Apoyo de ángulo, esfuerzo 2.000 daN, altura total 18 m.
1,45 x 1,45 x 2,25 m.
- **Apoyo nº 4.-** Apoyo de ángulo, esfuerzo 1.000 daN, altura total 22 m.
1,66 x 1,66 x 1,95 m.
- **Apoyo nº 5.-** Apoyo de ángulo, esfuerzo 3.000 daN, altura total 24 m.
1,80 x 1,80 x 2,55 m.
- **Apoyo nº 6.-** Apoyo de ángulo, esfuerzo 3.000 daN, altura total 20 m.
1,49 x 1,49 x 2,55 m.
- **Apoyo nº 7.-** Apoyo de ángulo, esfuerzo 2.000 daN, altura total 18 m.
1,45 x 1,45 x 2,25 m.
- **Apoyo nº 8.-** Apoyo Fin de Línea, esfuerzo 2.000 daN, altura total 16 m.
1,39 x 1,39 x 2,20 m.

2.2.2.5. PLACA DE SEÑALIZACIÓN DE LOS APOYOS.

A una altura de 3 m. del suelo y en la cara más visible de cada apoyo se instalará placas de peligro de muerte metálicas, con sujeción roscada, así como una placa con la numeración del apoyo contando a partir del apoyo más cercano al generador fotovoltaico.

ANEJO Nº10.- INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN ALTA TENSIÓN

2.2.2.6. AUTOVÁLVULAS.

De acuerdo con la ITC-RAT 09, se dispondrá para la protección contra sobretensiones de pararrayos autovalvulares con explosores para 25 kV, que tendrán una intensidad de descarga mínima de 10 kA.

Los bornes de tierra de estas autoválvulas se unirán a la toma de tierra de acuerdo con lo establecido en la ITC-RAT 09, art. 2, se conectarán a la puesta a tierra del aparato que protejan, su recorrido deberá ser el mínimo posible y sin cambios bruscos de dirección, se empleará para su puesta a tierra conductor de cobre de sección $S=50 \text{ mm}^2$, con aislamiento en polietileno reticulado a 0,6/1 kV., bajo tubo de acero de $D=16 \text{ mm}$.

Las características de las mismas serán:

AUTOVÁLVULAS	
Corriente nominal de descarga	10 kA
Corriente de descarga de larga duración	300 A/2.000 μs
Tensión asignada (U_r)	30 kV ef.
Tensión máxima de servicio continuo (U_c)	25 kV ef.
Tensión residual, Onda 8/20 μs a 10 kA (U_{res})	81,1 kV
Margen de protección	80%
Línea de fuga	1.200 mm
Sobretensión temporal (50 Hz, 1.000 s, 4/10 μs)	31,5 kV
Nivel de aislamiento (NA). Onda impulso tipo rayo (1,2/50 μs)	170 kV
Peso	3,1 kg

ANEJO Nº10.- INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN ALTA TENSIÓN

2.2.2.7. AISLADORES Y HERRAJES.

Para la elaboración del presente proyecto se ha atendido a lo indicado en el Proyecto Tipo Línea Aérea de Media Tensión (AYZ10000) elaborado por EDE, aplicable al diseño de líneas aéreas de media tensión se simple o doble circuito y de tensión nominal igual o inferior a 30 kV (3ª categoría). Por lo que los elementos aisladores y herrajes proyectados presentan las características y constitución indicadas en dicho proyecto tipo, no siendo necesario aportar planos específicos de detalle para los mismos.

2.2.3. DISTANCIAS A OTRAS LÍNEAS ELÉCTRICAS AÉREAS O LÍNEAS AÉREAS DE TELECOMUNICACIÓN.

En las inmediaciones de la línea de Alta Tensión proyectada existen otras dos líneas de alta tensión existentes. Según el R. D. 223/2018, de 15 de febrero, en su ITC-LAT 07, apartado 5.6.2, la distancia de separación no podrá ser inferior a 1,5 veces la altura del apoyo más alto.

El apoyo más cercano a las dos LAT existentes es el nº 8:

- **Apoyo nº 8.-** Apoyo Fin de Línea del tipo tresbolillo altura total 16 m, esfuerzo nominal 2.000 daN.
- **Una vez y media la altura del apoyo a la LAT existente nº 1:**
30,67 m > (16 x 1,50 = 24 m). CUMPLE
- **Una vez y media la altura del apoyo a la LAT existente nº 2:**
30,83 m > (16 x 1,50 = 24 m). CUMPLE

2.2.4. DISTANCIA A RÍOS, CANALES, NAVIGABLES O FLOTADORES.

La línea de Alta Tensión proyectada discurrirá cercana al Canal de Remo y Piragüismo de Cuevas del Almanzora. Según el R. D. 223/2018, de 15 de febrero, en su ITC-LAT 07, apartado 5.11.a, la distancia de apoyos se realizará a una distancia de 25 m y como mínimo, vez y media la altura de los apoyos desde el borde del canal.

El apoyo más cercano al canal es el nº 4:

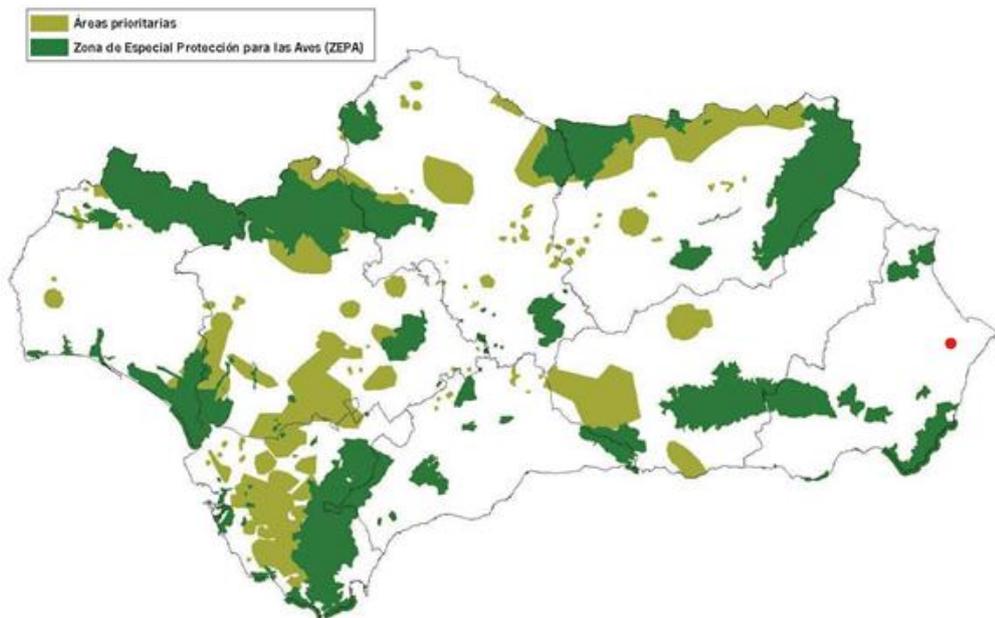
ANEJO Nº10.- INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN ALTA TENSIÓN

- **Apoyo nº 5.-** Apoyo de ángulo del tipo tresbolillo altura total 24 m, esfuerzo nominal 3.000 daN.
- **Distancia al borde del canal:** 62,57 m > 25 m. CUMPLE
- **Una vez y media la altura del apoyo:** 62,57 m > (24 x 1,50 = 36 m). CUMPLE

2.2.5. NORMAS DE PROTECCIÓN DE LA AVIFAUNA.

Según el artículo 4 del **Real Decreto 1432/2008** a efectos de este real decreto las Zonas de Especial Protección para las Aves (ZEPA) serán zonas de protección.

En la Orden de 4 de junio de 2.009 de la Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía se delimitan las zonas de protección para la Avifauna, vemos que nuestra instalación (punto rojo en el mapa) está fuera de las ZEPAS de Almería. Por tanto no es una zona de protección y **no le es de aplicación el R. D. 1432/2008. No obstante, se incluyen como medida ambiental.**



Por otro lado según lo establecido en el Decreto 178/2006 en su Artículo 3 Apartado 2, nuestra instalación está a más de 2 km de la línea de máxima crecida del humedal más cercano a la zona, por lo cual no es necesario adoptar medidas de anticollisión. Aunque no son necesarias las medidas anticollisiones, según se justifica en la Memoria Ambiental, se instalarán balizas salva pájaros tipo BESP, con las siguientes características:

ANEJO Nº10.- INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN ALTA TENSIÓN

- Modelo helicoidal de doble empotramiento (amarillo o naranja).
- Instalación manual.
- Cadencia, cada 5 metros en cada conductor.

Según el Artículo 3 Apartado 1 del mismo Decreto nuestra instalación anteriormente descrita estará sometida a la aplicación de las medidas de prevención contra la electrocución.

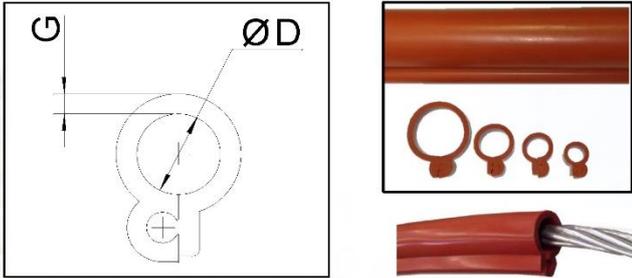
Las instalaciones eléctricas a que se refiere el presente Decreto, deberán cumplir las siguientes medidas anti electrocución:

- Los apoyos que se emplearán serán de la serie UNESA 6704 A. en montaje tresbolillo con crucetas atirantadas y distancia entre ellas de 1,20 m.
- El aislamiento es tipo CS70AB-170/555 (polimérico) con longitud de aislamiento 555 mm y línea de fuga de 835 mm.
- Se procederá al aislamiento de los puentes de unión entre los elementos en tensión.

CARACTERÍSTICAS NOMINALES DEL MATERIAL	
Denominación	Caucho de Silicona (Negro de carbón blanco)
Tipo	HTV. Componente de caucho de silicona sólido con vulcanización a elevada temperatura (180°C)
Modelo	110-2 (película molecular 60W a 65W)
Rev. Hidrófugo	Nivel Hc2 – WC2 de permeabilidad al agua
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS.	
Inflamabilidad	HILO INC. 650°C (UNE 60695-2-11) LLAMA VERT. V0 (UNE 60695-11-10)
Densidad	>1,1 g/cm 3 (ISO-868)
Dureza	>50 Shore A (ISO-868)
Tensión de Rotura	>4N/mm 2 (EN 60811-501)
Alargamiento de Rotura	>200% (EN 60811-501)
Resistencia al Desgarro	>10N/mm 2 (UNE-HD-605)
Rigidez Dieléctrica	>18kV/mm (UNE 60243-1)
Resistencia al Ozono	250ppm (UNE 60811-403:2012)

ANEJO Nº10.- INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN ALTA TENSIÓN

- Se aislará 1 m de conductor LA56 a cada lado de las cadenas de amarre de los apoyos.



Modelo	D (mm)	G (mm)	Rollos	Um (kV) / Ø Conductor
SWP-12	12 +1/-0	3 +0,1/-0	20m	36 / ≤ 12
SWP-16	16 +1/-0	3 +0,1/-0	20m	36 / ≤ 16
SWP-22	22 + 1/-0	3,5+0,1/-0	20m	36 / ≤ 18
SWP-38	38 + 2/-0	4,0+0,1/-0	20m	36kV/≤32,8 45kV/≤18



Bridas de Acero Inox AISI-316
4,6x0.25x200mm



Cinta de Silicona
Autovulcanizable
25mmx0,5mmx3m



Fig. A : Eficacia del
Dispositivo SWP al cubrir
arcos de Radio Reducido,



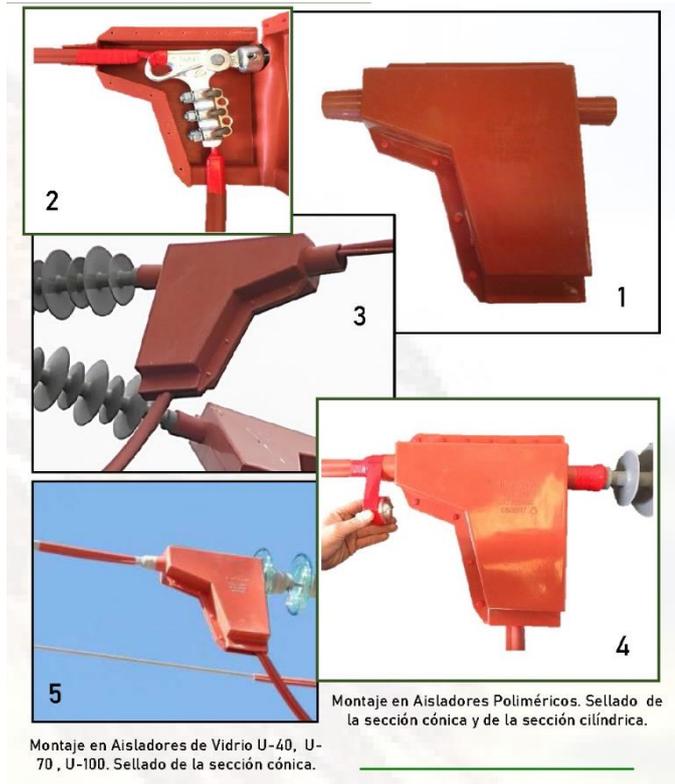
Fig. B

Formato de Suministro: Envases con Rollos de 20m

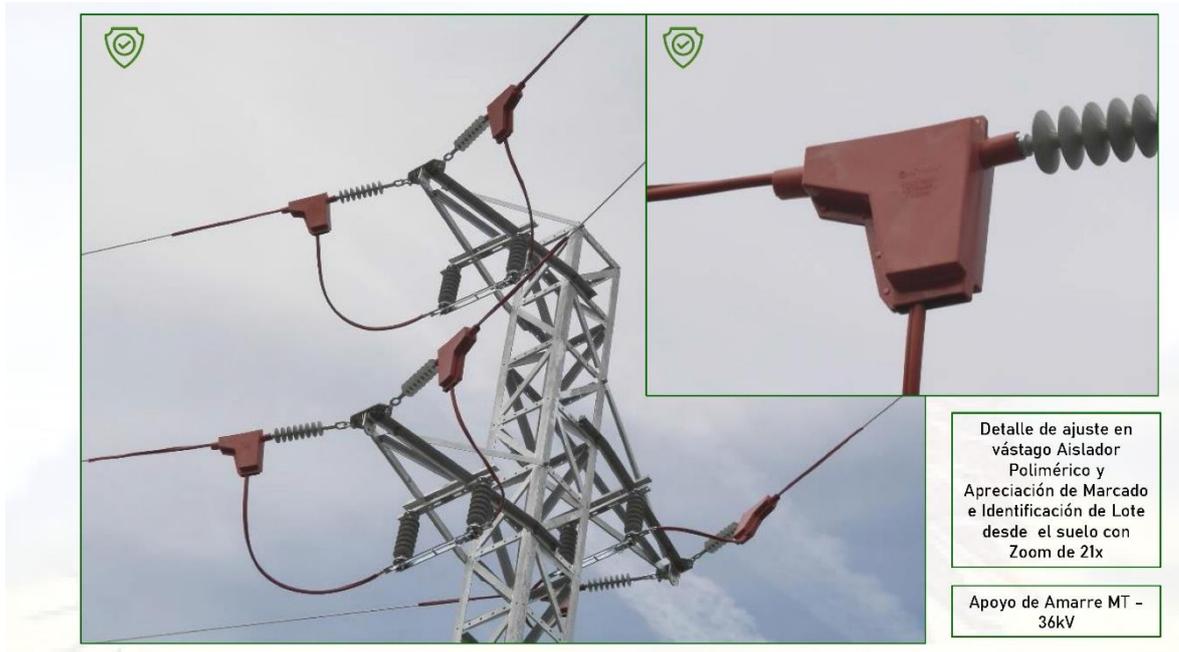


ANEJO Nº10.- INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN ALTA TENSIÓN

- Se aislarán las grapas de amarre entre el aislador y el conductor.



ANEJO Nº10.- INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN ALTA TENSIÓN



2.2.6. CÁLCULOS MECÁNICOS LÍNEA AÉREA.

Se adjuntan cálculos MECÁNICOS justificativos de la Línea de Alta Tensión Aérea:

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.

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

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

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

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

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

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

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

$$P_h = K \cdot \sqrt{d} \quad K=0.36 \text{ Zona C}$$

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

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

ANEJO Nº10.- INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN ALTA TENSION

$P_0 = \sqrt{[(P_p + P_h)^2 + P_{vh}^2]}$ 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).

P_0 = 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).

$Y = c \cdot \cosh (x/c)$ = 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_f) 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:

ANEJO Nº10.- INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN ALTA TENSION

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

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

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

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

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

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

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

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).

ANEJO Nº10.- INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN ALTA TENSIÓN

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

a) Zona A.

- Tracción máxima viento.

$t = -5\text{ °C}$.

Sobrecarga: viento (P_v).

b) Zona B.

- Tracción máxima viento.

$t = -10\text{ °C}$.

Sobrecarga: viento (P_v).

- Tracción máxima hielo.

$t = -15\text{ °C}$.

Sobrecarga: hielo (P_h).

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

$t = -15\text{ °C}$.

Sobrecarga: viento (P_{vh}).

Sobrecarga: hielo (P_h).

c) Zona C.

- Tracción máxima viento.

$t = -15\text{ °C}$.

Sobrecarga: viento (P_v).

- Tracción máxima hielo.

$t = -20\text{ °C}$.

Sobrecarga: hielo (P_h).

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

$t = -20\text{ °C}$.

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.

$t = +15\text{ °C}$.

Sobrecarga: Viento (P_v).

b) Hipótesis de temperatura.

$t = +50\text{ °C}$.

Sobrecarga: ninguna.

c) Hipótesis de hielo.

$t = 0\text{ °C}$.

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.

ANEJO Nº10.- INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN ALTA TENSIÓN

a) Zona A.
t = -5 °C.
Sobrecarga: ninguna.

b) Zona B.
t = -15 °C.
Sobrecarga: ninguna.

c) Zona C.
t = -20 °C.
Sobrecarga: ninguna.

1.3.4. Desviación cadena aisladores.

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

t = -5 °C en zona A, -10 °C en zona B y -15 °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 °C en zona A, -10 °C en zona B y -15 °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 °C (Sólo zona C).
t = -15 °C (Sólo zonas B y C).
t = -10 °C (Sólo zonas B y C).
t = -5 °C.
t = 0 °C.
t = + 5 °C.
t = + 10 °C.
t = + 15 °C.
t = + 20 °C.
t = + 25 °C.
t = + 30 °C.
t = + 35 °C.
t = + 40 °C.
t = + 45 °C.
t = + 50 °C.
Sobrecarga: ninguna.

1.4. LIMITE DINAMICO "EDS".

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

Siendo:

ANEJO N°10.- INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN ALTA TENSION

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 CÁLCULO 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) $V = P_{cv} + P_{ca} \cdot nc$		Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Viento. (apdo. 3.1.2) $V = P_{cv} + P_{ca} \cdot nc$	Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Viento. (apdo. 3.1.2) $V = P_{cv} - P_{cvr} + P_{ca} \cdot nc$
	T	Viento. (apdo. 3.1.2) $T = F_{vc} + E_{ca} \cdot nc$			
	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) $V = P_{cv} + P_{ca} \cdot nc$		Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Viento. (apdo. 3.1.2) $V = P_{cv} + P_{ca} \cdot nc$	Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Viento. (apdo. 3.1.2) $V = P_{cv} - P_{cvr} + P_{ca} \cdot nc$
	T	Viento. (apdo. 3.1.2) $T = F_{vc} + E_{ca} \cdot nc$			
	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) $V = P_{cv} + P_{ca} \cdot nc$		Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Viento. (apdo. 3.1.2) $V = P_{cv} + P_{ca} \cdot nc$	Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Viento. (apdo. 3.1.2) $V = P_{cv} - P_{cvr} + P_{ca} \cdot nc$
	T	Viento. (apdo. 3.1.2) Res. Angulo (apdo. 3.1.6) $T = F_{vc} + E_{ca} \cdot nc +$		Des. Tracc. (apdo. 3.1.4.1) Res. Angulo (apdo. 3.1.6)	Rot. Cond. (apdo. 3.1.5.1) Res. Angulo (apdo. 3.1.6)

ANEJO Nº10.- INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN ALTA TENSIÓN

		RavT		T = RavdT	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 ; Lt = Rotv
Angulo Amarre	V	Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Viento. (apdo. 3.1.2) V = Pcv + Pca·nc		Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Viento. (apdo. 3.1.2) V = Pcv + Pca·nc	Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Viento. (apdo. 3.1.2) V = Pcv - Pcvr + Pca·nc
	T	Viento. (apdo. 3.1.2) Res. Angulo (apdo. 3.1.6) T = Fvc + Eca·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 ; Lt = Rotv
Anclaje Alineación	V	Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Viento. (apdo. 3.1.2) V = Pcv + Pca·nc		Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Viento. (apdo. 3.1.2) V = Pcv + Pca·nc	Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Viento. (apdo. 3.1.2) V = Pcv - Pcvr + Pca·nc
	T	Viento. (apdo. 3.1.2) T = Fvc + Eca·nc			
	L			Des. Tracc. (apdo. 3.1.4.3) L = Dtv	Rot. Cond. (apdo. 3.1.5.3) Lt = Rotv
Anclaje Angulo y Estrellam.	V	Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Viento. (apdo. 3.1.2) V = Pcv + Pca·nc		Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Viento. (apdo. 3.1.2) V = Pcv + Pca·nc	Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Viento. (apdo. 3.1.2) V = Pcv - Pcvr + Pca·nc
	T	Viento. (apdo. 3.1.2) Res. Angulo (apdo. 3.1.6) T = Fvc + Eca·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 ; Lt = Rotv
Fin de línea	V	Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Viento. (apdo. 3.1.2) V = Pcv + Pca·nc			Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Viento. (apdo. 3.1.2) V = Pcv - Pcvr + Pca·nc
	T	Viento. (apdo. 3.1.2) T = Fvc + Eca·nc			
	L	Des. Tracc. (apdo. 3.1.4.4) L = Dtv			Rot. Cond. (apdo. 3.1.5.4) Lt = Rotv

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.

TÍTULO: PROYECTO DE PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA BOMBEO HACIA Balsa BALLABONA (ALMERÍA)
PROMOTOR: SOCIEDAD MERCANTIL ESTATAL DE INFRESTRUCTURAS AGRARIAS (SEIASA)

ANEJO Nº10.- INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN ALTA TENSIÓN

- | |
|--|
| <ul style="list-style-type: none">- 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. |
|--|

ANEJO Nº10.- INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN ALTA TENSIÓN

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) $V = P_{cv} + P_{ca} \cdot n_c$	Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Hielo (apdo. 3.1.3) $V = P_{ch} + P_{ca} \cdot n_c$	Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Hielo (apdo. 3.1.3) $V = P_{ch} + P_{ca} \cdot n_c$	Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Hielo (apdo. 3.1.3) $V = P_{ch} - P_{chr} + P_{ca} \cdot n_c$
	T	Viento. (apdo. 3.1.2) $T = F_{vc} + E_{ca} \cdot n_c$			
	L			Des. Tracc. (apdo. 3.1.4.1) $L = D_{th}$	Rot. Cond. (apdo. 3.1.5.1) $L_t = Roth$
Alineación Amarre	V	Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Viento. (apdo. 3.1.2) $V = P_{cv} + P_{ca} \cdot n_c$	Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Hielo (apdo. 3.1.3) $V = P_{ch} + P_{ca} \cdot n_c$	Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Hielo (apdo. 3.1.3) $V = P_{ch} + P_{ca} \cdot n_c$	Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Hielo (apdo. 3.1.3) $V = P_{ch} - P_{chr} + P_{ca} \cdot n_c$
	T	Viento. (apdo. 3.1.2) $T = F_{vc} + E_{ca} \cdot n_c$			
	L			Des. Tracc. (apdo. 3.1.4.2) $L = D_{th}$	Rot. Cond. (apdo. 3.1.5.2) $L_t = Roth$
Angulo Suspensión	V	Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Viento. (apdo. 3.1.2) $V = P_{cv} + P_{ca} \cdot n_c$	Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Hielo (apdo. 3.1.3) $V = P_{ch} + P_{ca} \cdot n_c$	Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Hielo (apdo. 3.1.3) $V = P_{ch} + P_{ca} \cdot n_c$	Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Hielo (apdo. 3.1.3) $V = P_{ch} - P_{chr} + P_{ca} \cdot n_c$
	T	Viento. (apdo. 3.1.2) Res. Angulo (apdo. 3.1.6) $T = F_{vc} + E_{ca} \cdot n_c + R_{av}T$	Res. Angulo (apdo. 3.1.6) $T = R_{ah}T$	Des. Tracc. (apdo. 3.1.4.1) Res. Angulo (apdo. 3.1.6) $T = R_{ah}dT$	Rot. Cond. (apdo. 3.1.5.1) Res. Angulo (apdo. 3.1.6) $T = R_{ahr}T$
	L			Des. Tracc. (apdo. 3.1.4.1) Res. Angulo (apdo. 3.1.6) $L = R_{ah}dL$	Rot. Cond. (apdo. 3.1.5.1) Res. Angulo (apdo. 3.1.6) $L = R_{ahr}L ; L_t = Roth$
Angulo Amarre	V	Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Viento. (apdo. 3.1.2) $V = P_{cv} + P_{ca} \cdot n_c$	Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Hielo (apdo. 3.1.3) $V = P_{ch} + P_{ca} \cdot n_c$	Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Hielo (apdo. 3.1.3) $V = P_{ch} + P_{ca} \cdot n_c$	Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Hielo (apdo. 3.1.3) $V = P_{ch} - P_{chr} + P_{ca} \cdot n_c$
	T	Viento. (apdo. 3.1.2) Res. Angulo (apdo. 3.1.6) $T = F_{vc} + E_{ca} \cdot n_c + R_{av}T$	Res. Angulo (apdo. 3.1.6) $T = R_{ah}T$	Des. Tracc. (apdo. 3.1.4.2) Res. Angulo (apdo. 3.1.6) $T = R_{ah}dT$	Rot. Cond. (apdo. 3.1.5.2) Res. Angulo (apdo. 3.1.6) $T = R_{ahr}T$
	L	Res. Angulo (apdo. 3.1.6) $L = R_{av}L$	Res. Angulo (apdo. 3.1.6) $L = R_{ah}L$	Des. Tracc. (apdo. 3.1.4.2) Res. Angulo (apdo. 3.1.6) $L = R_{ah}dL$	Rot. Cond. (apdo. 3.1.5.2) Res. Angulo (apdo. 3.1.6) $L = R_{ahr}L ; L_t = Roth$
Anclaje Alineación	V	Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Viento. (apdo. 3.1.2) $V = P_{cv} + P_{ca} \cdot n_c$	Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Hielo (apdo. 3.1.3) $V = P_{ch} + P_{ca} \cdot n_c$	Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Hielo (apdo. 3.1.3) $V = P_{ch} + P_{ca} \cdot n_c$	Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Hielo (apdo. 3.1.3) $V = P_{ch} - P_{chr} + P_{ca} \cdot n_c$
	T	Viento. (apdo. 3.1.2) $T = F_{vc} + E_{ca} \cdot n_c$			
	L			Des. Tracc. (apdo. 3.1.4.3) $L = D_{th}$	Rot. Cond. (apdo. 3.1.5.3) $L_t = Roth$
Anclaje Angulo y	V	Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Viento. (apdo. 3.1.2)	Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Hielo (apdo. 3.1.3)	Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Hielo (apdo. 3.1.3)	Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Hielo (apdo. 3.1.3)

ANEJO N°10.- INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN ALTA TENSION

		V = Pcv + Pca·nc	V = Pch + Pca·nc	V = Pch + Pca·nc	V = Pch - Pchr + Pca·nc
Estrellam.	T	Viento. (apdo. 3.1.2) Res. Angulo (apdo. 3.1.6) T = Fvc + Eca·nc + RavT	Res. Angulo (apdo. 3.1.6) T = RahT	Des. Tracc. (apdo. 3.1.4.3) Res. Angulo (apdo. 3.1.6) T = RahdT	Rot. Cond. (apdo. 3.1.5.3) Res. Angulo (apdo. 3.1.6) T = RahrT
	L	Res. Angulo (apdo. 3.1.6) L = RavL	Res. Angulo (apdo. 3.1.6) L = RahL	Des. Tracc. (apdo. 3.1.4.3) Res. Angulo (apdo. 3.1.6) L = RahdL	Rot. Cond. (apdo. 3.1.5.3) Res. Angulo (apdo. 3.1.6) L = RahrL ; Lt = Roth
Fin de línea	V	Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Viento. (apdo. 3.1.2) V = Pcv + Pca·nc	Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Hielo (apdo. 3.1.3) V = Pch + Pca·nc		Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Hielo (apdo. 3.1.3) V = Pch - Pchr + Pca·nc
	T	Viento. (apdo. 3.1.2) T = Fvc + Eca·nc			
	L	Des. Tracc. (apdo. 3.1.4.4) L = Dtv	Des. Tracc. (apdo. 3.1.4.4) L = Dth		Rot. Cond. (apdo. 3.1.5.4) Lt = Roth

V = Esfuerzo vertical T = Esfuerzo transversal L = Esfuerzo longitudinal Lt = Esfuerzo de torsión

<p>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.</p> <p>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) :</p> <ul style="list-style-type: none"> - 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:

$$Pcv = Lv \cdot Ppv \cdot \cos \alpha \cdot n \text{ (daN)}$$

$$Pcvr = Lv \cdot Ppv \cdot \cos \alpha \cdot nr \text{ (daN)}$$

Siendo:

Lv = 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).

Ppv = Peso propio del conductor con sobrecarga de viento (daN/m).

Pcvr = 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.

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

ANEJO Nº10.- INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN ALTA TENSIÓN

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:

$$Pch = Lh \cdot Pph \cdot n \text{ (daN)}$$

$$Pchr = Lh \cdot Pph \cdot nr \text{ (daN)}$$

Siendo:

Lh = 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).

Pph = Peso propio del conductor con sobrecarga de hielo (daN/m).

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

n = número total de conductores.

nr = 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

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

Apoyos fin de línea

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

Apoyos de ángulo y estrellamiento

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

Siendo:

a₁ = Proyección horizontal del conductor que hay a la izquierda del apoyo (m).

a₂ = 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, d₁, d₂, d_p = Diámetro del conductor (m).

n, n₁, n₂, n_p = nº de haces de conductores.

v = Velocidad del viento (Km/h).

K = 60 · (v/120)² daN/m² si d ≤ 16 mm y v ≥ 120 Km/h

K = 50 · (v/120)² daN/m² si d > 16 mm y v ≥ 120 Km/h

- En la hipótesis 1ª 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 1ª (sólo apoyos fin de línea) en zonas A, B y C y en la hipótesis 3ª en zona A

ANEJO Nº10.- INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN ALTA TENSIÓN

(apoyos alineación, ángulo, estrellamiento y anclaje), el desequilibrio de tracciones "Dtv" se obtiene:

Apoyos de alineación con cadenas de suspensión.

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

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

Apoyos de alineación con cadenas de amarre.

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

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

Apoyos de ángulo con cadenas de suspensión.

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

Este esfuerzo se combinará con la resultante de ángulo.

Apoyos de ángulo con cadenas de amarre.

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

Este esfuerzo se combinará con la resultante de ángulo.

Apoyos de anclaje de alineación.

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

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

Apoyos de anclaje en ángulo y estrellamiento.

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

Este esfuerzo se combinará con la resultante de ángulo.

Apoyos fin de línea

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

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.

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

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

Apoyos de alineación con cadenas de amarre.

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

ANEJO Nº10.- INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN ALTA TENSIÓN

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

Apoyos de ángulo con cadenas de suspensión.

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

Este esfuerzo se combinará con la resultante de ángulo.

Apoyos de ángulo con cadenas de amarre.

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

Este esfuerzo se combinará con la resultante de ángulo.

Apoyos de anclaje en alineación.

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

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

Apoyos de anclaje en ángulo y estrellamiento.

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

Este esfuerzo se combinará con la resultante de ángulo.

Apoyos fin de línea

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

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.

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

ANEJO Nº10.- INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN ALTA TENSIÓN

Apoyos de anclaje en alineación, anclaje en ángulo y estrellamiento

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

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

Fin de línea

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

$Rotv = 2 \cdot T_{0h} \cdot ncf$ (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.

$Roth = T_{0h}$ (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.

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

Apoyos de anclaje en alineación, anclaje en ángulo y estrellamiento

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

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

Fin de línea

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

$Roth = 2 \cdot T_{0h} \cdot ncf$ (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).

ANEJO Nº10.- INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN ALTA TENSIÓN

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 = Ángulo 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 = Ángulo 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 = Ángulo 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

ANEJO Nº10.- INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN ALTA TENSIÓN

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. Esfuerzos equivalentes

Los esfuerzos horizontales de los apoyos vienen especificados en un punto de ensayo, situado en la cogolla (excepto en los apoyos de hormigón y de chapa metálica que están 0,25 m por debajo de la cogolla).

Si los esfuerzos están aplicados en otro punto se aplicará un coeficiente reductor o de mayoración.

ANEJO Nº10.- INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN ALTA TENSIÓN

- Coeficiente reductor del esfuerzo nominal. Se aplica para esfuerzos horizontales a mayor altura del punto de ensayo, cuyo valor será:

Apoyos de celosía y presilla

$$K = 4,6 / (H_S + 4,6)$$

Apoyos de hormigón

$$K = 5,4 / (H_S + 5,25)$$

Apoyos de chapa metálica

$$K = 4,6 / (H_S + 4,85)$$

- Coeficiente de mayoración del esfuerzo nominal. Se aplica para esfuerzos horizontales a menor altura del punto de ensayo, cuyo valor será:

$$K = H_{En} / H_F$$

Por tanto los esfuerzos horizontales aplicados en el punto de ensayo serán:

$$T = T_c / K$$

$$L = L_c / K$$

El esfuerzo horizontal equivalente soportado por el apoyo será:

- Existe solamente esfuerzo transversal.

$$F = T$$

- Existe solamente esfuerzo longitudinal.

$$F = L$$

- Existe esfuerzo transversal y longitudinal simultáneamente.

En apoyos de celosía, presilla, hormigón vibrado hueco y chapa circular.

$$F = T + L$$

En apoyos de hormigón vibrado y chapa rectangular con viento sobre la cara secundaria.

$$F = R_U \cdot T + L$$

En apoyos de hormigón vibrado y chapa rectangular sin viento o con viento sobre la cara principal.

$$F = T + R_N \cdot L$$

El esfuerzo de torsión aplicado en el punto de ensayo será:

$$L_t = L_{tc} \cdot D_c / D_n$$

En apoyos de hormigón vibrado y chapa rectangular el apoyo se orienta con su esfuerzo nominal principal en dirección del esfuerzo mayor (T o L).

ANEJO Nº10.- INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN ALTA TENSIÓN

Siendo:

H_{En} = Distancia desde el punto de ensayo de los esfuerzos horizontales hasta el terreno (m).

H_S = Distancia por encima de la cogolla, donde se aplican los esfuerzos horizontales (m).

H_F = Distancia desde punto de aplicación de los esfuerzos horizontales hasta el terreno (m).

D_n = Distancia del punto de ensayo del esfuerzo de torsión al eje del apoyo (m).

D_c = Distancia del punto de aplicación de los conductores al eje del apoyo (m).

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

E_{va} = Esfuerzo del viento sobre el apoyo (daN).

E_{vaRed} = Esfuerzo del viento sobre el apoyo reducido al punto de ensayo (daN).

$$E_{vaRed} = E_{va} \cdot H_v / H_{En}$$

R_U = Esfuerzo nominal principal / (Esfuerzo nominal secundario – E_{vaRed}).

R_N = Esfuerzo nominal principal / Esfuerzo nominal secundario.

T_c = Esfuerzo transversal en el punto de aplicación de los conductores (daN).

L_c = Esfuerzo longitudinal en el punto de aplicación de los conductores (daN).

L_{tc} = Esfuerzo de torsión en el punto de aplicación de los conductores (daN).

F = Esfuerzo horizontal equivalente (daN).

T = Esfuerzo transversal en el punto de ensayo (daN).

L = Esfuerzo longitudinal en el punto de ensayo (daN).

L_t = Esfuerzo de torsión en el punto de ensayo (daN).

1.5.8. Apoyo adoptado

El apoyo adoptado deberá soportar la combinación de esfuerzos considerados en cada hipótesis (V,F,Lt).

A estos esfuerzos se le aplicará un coeficiente de seguridad si el apoyo es reforzado.

- Hipótesis sin esfuerzo de torsión.

El esfuerzo horizontal debe cumplir la ecuación:

$$E_n \geq F$$

En apoyos de hormigón el esfuerzo vertical debe cumplir la ecuación:

$$V_n \geq V$$

En apoyos que no sean de hormigón se aplicará la ecuación resistente:

$$(3 \cdot V_n) \geq V$$
$$(5 \cdot E_n + V_n) \geq (5 \cdot F + V)$$

- Hipótesis con esfuerzo de torsión.

El esfuerzo horizontal debe cumplir la ecuación:

$$E_{nt} \geq F$$

El esfuerzo vertical debe cumplir la ecuación:

$$V_{nt} \geq V$$

ANEJO N°10.- INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN ALTA TENSIÓN

El esfuerzo de torsión debe cumplir la ecuación:

$$E_T \geq L_t$$

Siendo:

V = Cargas verticales.

F = Esfuerzo horizontal equivalente.

L_t = Esfuerzo de torsión.

E_n = Esfuerzo nominal sin torsión del apoyo.

E_{nt} = Esfuerzo nominal con torsión del apoyo.

V_n = Esfuerzo vertical sin torsión del apoyo.

V_{nt} = Esfuerzo vertical con torsión del apoyo.

E_T = Esfuerzo de torsión del apoyo.

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 "M_{ep}" se obtiene:

$$M_{ep} = E_p \cdot H_L$$

Siendo:

E_p = Esfuerzo en punta (daN).

H_L = Altura libre del apoyo (m).

Momento debido al viento sobre el apoyo

El momento debido al esfuerzo del viento sobre el apoyo "M_{ev}" se obtiene:

$$M_{ev} = E_v \cdot H_v$$

Siendo:

E_v = Esfuerzo del viento sobre el apoyo (daN). Según apdo. 3.1.2.3 se obtiene:

E_v = 170 · (v/120)² · η · S (apoyos de celosía).

E_v = 100 · (v/120)² · S (apoyos con superficies planas).

E_v = 70 · (v/120)² · S (apoyos con superficies cilíndricas).

v = Velocidad del viento (Km/h).

S = Superficie definida por la silueta del apoyo (m²).

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).

d₁ = anchura del apoyo en el empotramiento (m).

d₂ = anchura del apoyo en la cogolla (m).

ANEJO Nº10.- INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN ALTA TENSION

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 " M_f " 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:

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

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

ANEJO Nº10.- INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN ALTA TENSIÓN

pirámide, en m^3 .

δ_t = Densidad de la tierra, en daN/ m^3 .

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 m^2 .

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

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/ m^3 .

$V_h = \sum V_{hi}$; 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 $daN \cdot m$.

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

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.

ANEJO Nº10.- INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN ALTA TENSION

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 "Cs", cuyo valor será:

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

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 "Rt", cuyo valor será:

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

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.

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

ANEJO Nº10.- INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN ALTA TENSIÓN

Siendo:

Csmv = coeficiente de seguridad a la rotura de los aisladores con cargas normales.

Qa = Carga de rotura del aislador (daN).

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

Pca = Peso de la cadena de aisladores y herrajes (daN).

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

$$Csmh = Qa / (Toh \cdot ncf) > 3$$

Siendo:

Csmh = coeficiente de seguridad a la rotura de los aisladores con cargas anormales.

Qa = Carga de rotura del aislador (daN).

Toh = Tensión horizontal máxima en las condiciones más desfavorables (daN).

ncf = número de conductores por fase.

1.7.3. Longitud de la cadena

La longitud de la cadena Lca será:

$$Lca = NAis \cdot LAis \quad (m)$$

Siendo:

Lca = 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:

$$Pca = NAis \cdot PAis \quad (daN)$$

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:

$$Eca = k \cdot (DAis / 1000) \cdot Lca \quad (daN)$$

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).

ANEJO Nº10.- INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN ALTA TENSION

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:

$$D = D_{add} + D_{el} = 5,3 + D_{el} \text{ (m), mínimo 6 m.}$$

Siendo:

D_{add} = Distancia de aislamiento adicional (m).

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, 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:

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

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.

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, 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:

$$ds = D_{el} \text{ (m), mínimo de 0,2 m.}$$

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, 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

ANEJO Nº10.- INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN ALTA TENSIÓN

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:

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

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

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

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.

Línea Alta Tensión 1

2. DATOS GENERALES DE LA INSTALACION.

Tensión de la línea: 25 kV.

Tensión más elevada de la línea: 30 kV.

Velocidad del viento: 120 km/h.

Zonas: A.

CONDUCTOR.

Denominación: LA-56 (47-AL1/8-ST1A).

Sección: 54.6 mm².

Diámetro: 9.45 mm.

Carga de Rotura: 1640 daN.

Módulo de elasticidad: 7900 daN/mm².

Coefficiente de dilatación lineal: 19.1 · 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.

ANEJO N°10.- INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN ALTA TENSIÓN

3. DISTANCIAS DE SEGURIDAD.

3.1. 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.

$$dst_{des} = D_{add} + Del = 5,3 + 0,27 = 5,57 \text{ m.}; \text{mínimo } 6\text{m.}$$

$$dst_{des} = 6 \text{ m.}$$

$$dst_{ais} = 6 \text{ m.}$$

$$dst_{rec} = 6 \text{ m.}$$

Siendo:

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

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.

3.2. Distancia de los conductores entre sí

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

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

$$D_{rec} = 1/3 \cdot k \cdot \sqrt{(F + L)} + k' \cdot D_{pp}$$

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 1

$$D_{des} = 0,65 \cdot \sqrt{(1,61 + 0)} + 0,75 \cdot 0,33 = 1,07 \text{ m}$$

Apoyo 2

$$D_{des} = 0,65 \cdot \sqrt{(1,83 + 0)} + 0,75 \cdot 0,33 = 1,13 \text{ m}$$

Apoyo 3

$$D_{des} = 0,65 \cdot \sqrt{(4,87 + 0)} + 0,75 \cdot 0,33 = 1,68 \text{ m}$$

Apoyo 4

$$D_{des} = 0,65 \cdot \sqrt{(8,98 + 0)} + 0,75 \cdot 0,33 = 2,2 \text{ m}$$

ANEJO Nº10.- INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN ALTA TENSIÓN

Apoyo 5

$$D_{des} = 0,65 \cdot \sqrt{(8,98 + 0)} + 0,75 \cdot 0,33 = 2,2 \text{ m}$$

Apoyo 6

$$D_{des} = 0,65 \cdot \sqrt{(6,12 + 0)} + 0,75 \cdot 0,33 = 1,86 \text{ m}$$

Apoyo 7

$$D_{des} = 0,65 \cdot \sqrt{(1,57 + 0)} + 0,75 \cdot 0,33 = 1,06 \text{ m}$$

Apoyo 8

$$D_{des} = 0,65 \cdot \sqrt{(0,43 + 0)} + 0,75 \cdot 0,33 = 0,67 \text{ m}$$

3.3. Distancia de los conductores al apoyo

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

$$d_{sa} = D_{el} = 0,27 \text{ m.}; \text{mínimo } 0,2 \text{ m.}$$
$$d_{sa} = 0,27 \text{ m.}$$

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.

ANEJO N°10.- INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN ALTA TENSIÓN

4. TENSIONES Y FLECHAS EN HIPOTESIS REGLAMENTARIAS.

Vano	Conductor	Longit. (m)	Desni. (m)	Vano Regula. (m)	Hipótesis de Tensión Máxima							
					-5°C+V Toh(daN)	-10°C+V Toh(daN)	-15°C+H Toh(daN)	-15°C+H+V Toh(daN)	-15°C+V Toh(daN)	-20°C+H Toh(daN)	-20°C+H+V Toh(daN)	
1-2	LA-56 (47-AL1/8-ST1A)	93,51	31,39	93,51	508,6							
2-3	LA-56 (47-AL1/8-ST1A)	93,36	-27,22	93,36	441,2							
3-4	LA-56 (47-AL1/8-ST1A)	180,88	1,97	180,88	543,4							
4-5	LA-56 (47-AL1/8-ST1A)	245,01	-30,35	245,01	528,5							
5-6	LA-56 (47-AL1/8-ST1A)	203	13,05	203	538,2							
6-7	LA-56 (47-AL1/8-ST1A)	85,69	-24,3	85,69	443,1							
7-8	LA-56 (47-AL1/8-ST1A)	35,85	11,44	35,85	418							

Vano	Conductor	Longit. (m)	Desni. (m)	Vano Regula. (m)	Hipótesis de Flecha Máxima						Hipótesis Flecha Mínima		
					15°C+V		50°C		0°C+H		-5°C F(m)	-15°C F(m)	-20°C F(m)
					Th(daN)	F(m)	Th(daN)	F(m)	Th(daN)	F(m)			
1-2	LA-56 (47-AL1/8-ST1A)	93,51	31,39	93,51	428,1	1,61	137,4	1,55			0,59		
2-3	LA-56 (47-AL1/8-ST1A)	93,36	-27,22	93,36	376,8	1,8	114,5	1,83			0,81		
3-4	LA-56 (47-AL1/8-ST1A)	180,88	1,97	180,88	501,6	4,87	160,7	4,71			3,34		
4-5	LA-56 (47-AL1/8-ST1A)	245,01	-30,35	245,01	503,2	8,98	159,2	8,8			7,39		
5-6	LA-56 (47-AL1/8-ST1A)	203	13,05	203	503,3	6,12	160,4	5,96			4,56		
6-7	LA-56 (47-AL1/8-ST1A)	85,69	-24,3	85,69	372,6	1,53	112,4	1,57			0,63		
7-8	LA-56 (47-AL1/8-ST1A)	35,85	11,44	35,85	299,6	0,34	73,3	0,43			0,08		

Vano	Conductor	Longit. (m)	Desni. (m)	Vano Regula. (m)	Hipótesis de Cálculo Apoyos					Desviación Cadenas Aisladores			
					-5°C+V Th(daN)	-10°C+V Th(daN)	-15°C+H Th(daN)	-15°C+V 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)	
1-2	LA-56 (47-AL1/8-ST1A)	93,51	31,39	93,51	508,6						414		
2-3	LA-56 (47-AL1/8-ST1A)	93,36	-27,22	93,36	441,2						332		
3-4	LA-56 (47-AL1/8-ST1A)	180,88	1,97	180,88	543,4						358,7		
4-5	LA-56 (47-AL1/8-ST1A)	245,01	-30,35	245,01	528,5						325,6		
5-6	LA-56 (47-AL1/8-ST1A)	203	13,05	203	538,2						344,6		
6-7	LA-56 (47-AL1/8-ST1A)	85,69	-24,3	85,69	443,1						344		
7-8	LA-56 (47-AL1/8-ST1A)	35,85	11,44	35,85	418						392,5		

ANEJO N°10.- INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN ALTA TENSION

5. TENSIONES Y FLECHAS DE TENDIDO.

Vano	Conductor	Long. (m)	Desni. (m)	V.Reg. (m)	-20°C		-15°C		-10°C		-5°C		0°C	
					T(daN)	F(m)								
1-2	LA-56 (47-AL1/8-ST1A)	93,51	31,39	93,51							359,8	0,59	328	0,65
2-3	LA-56 (47-AL1/8-ST1A)	93,36	-27,22	93,36							258,7	0,81	234,6	0,9
3-4	LA-56 (47-AL1/8-ST1A)	180,88	1,97	180,88							226,7	3,34	217,9	3,47
4-5	LA-56 (47-AL1/8-ST1A)	245,01	-30,35	245,01							189,6	7,39	186,2	7,52
5-6	LA-56 (47-AL1/8-ST1A)	203	13,05	203							209,3	4,56	203,2	4,7
6-7	LA-56 (47-AL1/8-ST1A)	85,69	-24,3	85,69							281,1	0,63	253,2	0,7
7-8	LA-56 (47-AL1/8-ST1A)	35,85	11,64	35,85							382,2	0,08	344,2	0,09

Vano	Conductor	Long. (m)	Desni. (m)	V.Reg. (m)	5°C		10°C		15°C		20°C		25°C	
					T(daN)	F(m)								
1-2	LA-56 (47-AL1/8-ST1A)	93,51	31,39	93,51	297,9	0,72	270,1	0,79	244,7	0,87	222,1	0,96	202,2	1,06
2-3	LA-56 (47-AL1/8-ST1A)	93,36	-27,22	93,36	213,2	0,99	194,6	1,08	178,5	1,18	164,8	1,27	153,1	1,37
3-4	LA-56 (47-AL1/8-ST1A)	180,88	1,97	180,88	209,8	3,61	202,5	3,74	195,7	3,87	189,5	4	183,8	4,12
4-5	LA-56 (47-AL1/8-ST1A)	245,01	-30,35	245,01	182,9	7,66	179,8	7,79	176,8	7,92	173,9	8,05	171,2	8,18
5-6	LA-56 (47-AL1/8-ST1A)	203	13,05	203	197,6	4,84	192,3	4,97	187,4	5,1	182,8	5,23	178,5	5,36
6-7	LA-56 (47-AL1/8-ST1A)	85,69	-24,3	85,69	228,2	0,77	206	0,86	186,8	0,94	170,5	1,04	156,5	1,13
7-8	LA-56 (47-AL1/8-ST1A)	35,85	11,44	35,85	306,4	0,1	269,3	0,12	233,3	0,13	198,9	0,16	166,9	0,19

Vano	Conductor	Long. (m)	Desni. (m)	V.Reg. (m)	30°C		35°C		40°C		45°C		50°C		EDS
					T(daN)	F(m)									
1-2	LA-56 (47-AL1/8-ST1A)	93,51	31,39	93,51	185	1,15	170,2	1,25	157,5	1,35	146,7	1,45	137,4	1,55	14,92
2-3	LA-56 (47-AL1/8-ST1A)	93,36	-27,22	93,36	143	1,47	134,3	1,56	126,8	1,66	120,3	1,75	114,5	1,83	10,88
3-4	LA-56 (47-AL1/8-ST1A)	180,88	1,97	180,88	178,5	4,24	173,6	4,36	169	4,48	164,7	4,6	160,7	4,71	11,93
4-5	LA-56 (47-AL1/8-ST1A)	245,01	-30,35	245,01	168,6	8,31	166,1	8,43	163,7	8,56	161,4	8,68	159,2	8,8	10,78
5-6	LA-56 (47-AL1/8-ST1A)	203	13,05	203	174,4	5,48	170,6	5,6	167	5,72	163,7	5,84	160,4	5,96	11,43
6-7	LA-56 (47-AL1/8-ST1A)	85,69	-24,3	85,69	144,7	1,22	134,7	1,31	126,2	1,4	118,8	1,49	112,4	1,57	11,39
7-8	LA-56 (47-AL1/8-ST1A)	35,85	11,64	35,85	138,6	0,23	115,3	0,27	97,1	0,32	83,5	0,37	73,3	0,43	14,23

ANEJO N°10.- INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN ALTA TENSIÓN

6. CALCULO DE APOYOS.

Apoyo	Tipo	Angulo Relativo 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)
1	Fin Línea		-52,5	93,3	1.327,4	508,6				
2	Ang. Am.	79,4°; apo.1	416,6	642,6	173,9					
3	Ang. Am.	73,2°; apo.2	35,2	998,3	260,5					
4	Ang. Am.	83,9°; apo.5	269,1	684,4	40,5					
5	Ang. Am.	49,3°; apo.6	114,9	2.223,4	20,2					
6	Ang. Am.	51,3°; apo.7	314	1.869,9	200					
7	Ang. Am.	47,3°; apo.6	-125	1.666,3	49					
8	Fin Línea		216	48,3	1.093,5	418				

Apoyo	Tipo	Angulo Relativo 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.Lt (m)	Dist.Min. Cond. (m)
			V (daN)	T (daN)	L (daN)	Lt (daN)	V (daN)	T (daN)	L (daN)	Lt (daN)		
1	Fin Línea									1.017,1	1,5	1,07
2	Ang. Am.	79,4°; apo.1	416,6	454,2	196,8							1,13
3	Ang. Am.	73,2°; apo.2	35,2	755,6	260,5							1,68
4	Ang. Am.	83,9°; apo.5	269,1	292	221,6							2,2
5	Ang. Am.	49,3°; apo.6	114,9	1.786,2	168,4							2,2
6	Ang. Am.	51,3°; apo.7	314	1.653,4	200							1,86
7	Ang. Am.	47,3°; apo.6	-125	1.479,8	130,1							1,06
8	Fin Línea						170,3			836,1	1,5	0,67

7. APOYOS ADOPTADOS.

Apoyo	Tipo	Constitución	Coeffic. Segur.	Angulo gr.sex.a.	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)
1	Fin Línea	Celosia recto	N		16	3.000		2.000	800	800	1.400	1,5	
2	Ang. Am.	Celosia recto	N	158,8°	16	1.000		550	600	600	700	1,5	
3	Ang. Am.	Celosia recto	N	146,5°	18	2.000		1.150	600	600	1.400	1,5	
4	Ang. Am.	Celosia recto	N	167,8°	22	1.000		550	600	600	700	1,5	
5	Ang. Am.	Celosia recto	N	98,6°	24	3.000		2.000	800	800	1.400	1,5	
6	Ang. Am.	Celosia recto	N	102,6°	20	3.000		2.000	800	800	1.400	1,5	
7	Ang. Am.	Celosia recto	N	94,6°	18	2.000		1.150	600	600	1.400	1,5	
8	Fin Línea	Celosia recto	N		16	2.000		1.150	600	600	1.400	1,5	

8. 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 D.eje jabalcón (m)	f D.ref. jabalcón (m)	g Altura Tirante (m)	Peso (daN)
1	Fin Línea	Celosia recto	Tresbolillo Atir.	2,4	1,5	1,5	1,5	1,2			0,6	75
2	Ang. Am.	Celosia recto	Tresbolillo Atir.	2,4	1,5	1,5	1,5	1,2			0,6	75
3	Ang. Am.	Celosia recto	Tresbolillo Atir.	2,4	1,5	1,5	1,5	1,2			0,6	75
4	Ang. Am.	Celosia recto	Tresbolillo Atir.	2,4	1,5	1,5	1,5	1,2			0,6	75
5	Ang. Am.	Celosia recto	Tresbolillo Atir.	2,4	1,5	1,5	1,5	1,2			0,6	75
6	Ang. Am.	Celosia recto	Tresbolillo Atir.	2,4	1,5	1,5	1,5	1,2			0,6	75
7	Ang. Am.	Celosia recto	Tresbolillo Atir.	2,4	1,5	1,5	1,5	1,2			0,6	75
8	Fin Línea	Celosia recto	Tresbolillo Atir.	2,4	1,5	1,5	1,5	1,2			0,6	75

ANEJO N°10.- INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN ALTA TENSIÓN

9. CALCULO DE CIMENTACIONES.

Apoyo	Tipo	Esf.Util Punta (daN)	Alt.Libre Apoyo (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)
1	Fin Línea	3.000	13,85	41.550	517,9	6,07	3.144,8	44.694,8
2	Ang. Am.	1.000	14,4	14.400	458	6,29	2.881,4	17.281,4
3	Ang. Am.	2.000	16	32.000	536,2	6,95	3.729,1	35.729,1
4	Ang. Am.	1.000	20,3	20.300	683,9	8,6	5.878,2	26.178,2
5	Ang. Am.	3.000	21,7	65.100	917,4	9,07	8.323,4	73.423,4
6	Ang. Am.	3.000	17,7	53.100	675,1	7,65	5.164,4	58.264,5
7	Ang. Am.	2.000	16	32.000	536,2	6,95	3.729,1	35.729,1
8	Fin Línea	2.000	14,05	28.100	481,6	6,15	2.962,7	31.062,7

Apoyo	Tipo	Ancho Cimen. A(m)	Alto Cimen. H(m)	MONOBLOQUE	
				Coefic. Comp. (daN/m ³)	Mom.Absorbido por la cimentac. (daN.m)
1	Fin Línea	1,44	2,4	10	74.106,1
2	Ang. Am.	1,41	1,85	10	28.796,84
3	Ang. Am.	1,45	2,25	10	59.118,25
4	Ang. Am.	1,66	1,95	10	43.459,04
5	Ang. Am.	1,8	2,55	10	121.966,53
6	Ang. Am.	1,49	2,55	10	96.564,6
7	Ang. Am.	1,45	2,25	10	59.118,25
8	Fin Línea	1,39	2,2	10	51.687,45

10. CALCULO DE CADENAS DE AISLADORES.

Apoyo	Tipo	Denom.	Qa (daN)	Diam. Aisl. (mm)	Llf (mm)	Long. Aisl. (m)	Peso Aisl. (daN)
1	Fin Línea	CS70AB-170/555	7.000	200	835	0,56	1,38
2	Ang. Am.	CS70AB-170/555	7.000	200	835	0,56	1,38
3	Ang. Am.	CS70AB-170/555	7.000	200	835	0,56	1,38
4	Ang. Am.	CS70AB-170/555	7.000	200	835	0,56	1,38
5	Ang. Am.	CS70AB-170/555	7.000	200	835	0,56	1,38
6	Ang. Am.	CS70AB-170/555	7.000	200	835	0,56	1,38
7	Ang. Am.	CS70AB-170/555	7.000	200	835	0,56	1,38
8	Fin Línea	CS70AB-170/555	7.000	200	835	0,56	1,38

Apoyo	Tipo	N.Cad.	Denom.	N.Aisl.	Nia (cm/KV)	Lca (m)	Pca (daN)	Eca (daN)	Pv+Pca (daN)	Csmv	Toh · ncf (daN)	Csmh
1	Fin Línea	3 C.Am.	CS70AB-170/555	1	1,7	0,74	1,38	7,77	42,5	164,7	509,34	13,74
2	Ang. Am.	6 C.Am.	CS70AB-170/555	1	1,7	0,74	1,38	7,77	63,52	110,2	514,33	13,61
3	Ang. Am.	6 C.Am.	CS70AB-170/555	1	1,7	0,74	1,38	7,77	29,57	236,73	559,53	12,51
4	Ang. Am.	6 C.Am.	CS70AB-170/555	1	1,7	0,74	1,38	7,77	44,72	156,52	551,14	12,7
5	Ang. Am.	6 C.Am.	CS70AB-170/555	1	1,7	0,74	1,38	7,77	9,46	740,27	567,71	12,33
6	Ang. Am.	6 C.Am.	CS70AB-170/555	1	1,7	0,74	1,38	7,77	48,65	143,9	567,46	12,34
7	Ang. Am.	6 C.Am.	CS70AB-170/555	1	1,7	0,74	1,38	7,77	37,25	187,91	455,86	15,36
8	Fin Línea	3 C.Am.	CS70AB-170/555	1	1,7	0,74	1,38	7,77	46,98	148,99	418,18	16,74

11. CALCULO DE ESFUERZOS VERTICALES SIN SOBRECARGA.

Apoyo	Tipo	Esf.Vert. -20°C (daN)	Esf.Vert. -15°C (daN)	Esf.Vert. -5°C (daN)
1	Fin Línea			-330,9
2	Ang. Am.			651,5
3	Ang. Am.			-148,3
4	Ang. Am.			205,4
5	Ang. Am.			22,2
6	Ang. Am.			369,2
7	Ang. Am.			-568,1
8	Fin Línea			387

ANEJO Nº10.- INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN ALTA TENSION

12. FLECHAS EN HIPOTESIS DE TRACCION MAXIMA.

Vano	Conductor	Longit. (m)	Desni. (m)	Vano Regula. (m)	Hipótesis de Tensión Máxima						
					-5°C+V F(m)	-10°C+V F(m)	-15°C+H F(m)	-15°C+H+V F(m)	-15°C+V F(m)	-20°C+H F(m)	-20°C+H+V F(m)
1-2	LA-56 (47-AL1/8-ST1A)	93,51	31,39	93,51	1,35						
2-3	LA-56 (47-AL1/8-ST1A)	93,36	-27,22	93,36	1,53						
3-4	LA-56 (47-AL1/8-ST1A)	180,88	1,97	180,88	4,49						
4-5	LA-56 (47-AL1/8-ST1A)	245,01	-30,35	245,01	8,55						
5-6	LA-56 (47-AL1/8-ST1A)	203	13,05	203	5,73						
6-7	LA-56 (47-AL1/8-ST1A)	85,69	-24,3	85,69	1,28						
7-8	LA-56 (47-AL1/8-ST1A)	35,85	11,64	35,85	0,24						

2.2.7. PUESTA A TIERRA (ITC-LAT07).

Requisitos Básicos

Nuestro sistema de puesta a tierra cumplirá:

- Resistirá los esfuerzos mecánicos y la corrosión.
- Soportara, desde el punto de vista térmico, la corriente de defecto más elevada.
- Garantizar la seguridad de las personas.
- Proteger de daños a las personas y equipos, así como garantizar la fiabilidad de la línea.

Condiciones de Montaje

Como más adelante justificaremos el sistema del electrodo elegido está formado por conductor desnudo horizontal y picas verticales.

- El conductor horizontal se colocará en el fondo de una zanja, rodeándose con tierra apisonada, evitando la grava y las piedras.
- Las picas se hincarán verticalmente en el terreno y se conectarán en paralelo, por lo que estarán separadas como mínimo 1,5 veces su longitud.

ANEJO Nº10.- INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN ALTA TENSIÓN

- La cabeza o parte superior de la pica quedará situada debajo del nivel de tierra; entre 0,5 y 1 m, misma profundidad que el conductor horizontal.
- La unión de cada pica con el conductor horizontal se realizara con piezas bimetálicas que garantizan esfuerzos mecánicos y evitarán el par galvánico ya que picas y cable no son del mismo material.
- Las conexiones; tanto de las picas, como de la línea de tierra garantizan la conducción eléctrica y un esfuerzo térmico equivalente al del electrodo.
- Las líneas de tierra se realizarán con conductor de cobre desnudo, respetando el recorrido más corto, atravesando el hormigón, de modo que esté protegida mecánicamente.
- En las líneas de tierra no se intercalarán fusibles ni interruptores.
- Las conexiones de la línea de tierra con el apoyo se realizarán con pieza bimetálicas, de forma segura para que no pueda soltarse, siendo imposible su desmontaje sin las herramientas apropiadas. Todas las partes metálicas y los herrajes quedarán conectadas a tierra a través del propio apoyo. Tan solo las autoválvulas tendrán que disponer de una conexión directa con el electrodo de tierra.
- La conexión a tierra de las autoválvulas pararrayos se realizaran directamente, con una línea de tierra específica hasta el electrodo.
- La sección y material del conductor horizontal que forma parte del electrodo será de cobre desnudo de 50 mm².
- La sección y material de las líneas de tierra se realizará con conductor de cobre desnudo de 50 mm².
- Las picas serán de acero cobreizado con diámetro no inferior a 14 mm.

Medidas de seguridad adicionales. Tensión de paso y de contacto

Como veremos en el apartado de cálculos, para asegurar unos valores, de las tensiones de paso y contacto, que garanticen la seguridad de las personas, adoptamos, además de disponer de un electrodo difusor de las corrientes a tierra, las siguientes medidas:

ANEJO Nº10.- INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN ALTA TENSIÓN

- Apoyos de inicio y final de línea (Frecuentados); paso aéreo-subterráneo se le dotará de una fábrica de ladrillo, en todas sus caras, hasta una altura mínima de 2,50 m, por encima de la cota del terreno, rematado para cubrir las aguas, tal y como se puede apreciar en el plano adjunto. Esta fábrica se enfoscará con mortero hidrófugo en su totalidad y se le dotará con dos manos de pintura pétreo en color blanco o albero. Con estas medidas evitamos la tensión de contacto (no habría que calcularla), ya que aislamos todas las partes metálicas para que no puedan ser tocadas. Para disminuir las tensiones de paso se dotará en todo su perímetro de una plataforma de hormigón armado de 20 cm. de espesor, a modo de acerado, con una anchura de 1,10 m., mínimo. El mallazo con acero corrugado se conectará al electrodo de tierra al menos en dos puntos. Ver detalle en plano correspondiente.
 - **Apoyo nº 1.-** Apoyo Inicio de Línea del tipo tresbolillo C-3000-16.
 - **Apoyo nº 8.-** Apoyo Inicio de Línea del tipo tresbolillo C-2000-16.

Calculo de puesta a tierra de línea aérea de Media Tensión.

Condiciones Iniciales.

- Tipo de suelo (ζ): arenas y gravas con resistividad estimada de $800 \Omega \cdot m$.
 - Como nuestra instalación tiene una $I_{cc} \leq 16 \text{ KA}$ no es imprescindible realizar una investigación del suelo, siendo suficiente estimar su valor según la tabla 1 de la instr. MIE-RAT 13.
- Tensión nominal de la línea (U_n) = 25.000 v.
- Intensidad máxima de defecto (I_d) = 300 A.
- Duración máxima de defecto (t_d) ≤ 1 sg.
 - Tanto la I_d y t_d son datos proporcionados por la compañía distribuidora, en nuestro caso Endesa.
 - Endesa en subestación tiene el neutro puesto a tierra mediante una resistencia (R_n) de 40Ω .
 - Como Endesa no concreta un valor exacto del tiempo de desconexión de las protecciones aguas arriba, o lo que es lo mismo, el tiempo que durará la falta o defecto, consideramos el máximo de 1 sg.

ANEJO N°10.- INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN ALTA TENSION

En resumen:

$$\zeta = 800 \Omega \cdot m.$$

$$U_n = 25.000 \text{ v.}$$

$$I_d = 300 \text{ A.}$$

$$t_d = 1 \text{ sg.}$$

En función de la duración de la falta o tiempo de defecto, tenemos el valor admisible de la tensión de contacto aplicada (U_{ca}), según la tabla 18 del punto 7.3.4.1 de la ITC-LAT 07.

Si $t_d = 1 \text{ sg}$ entonces $U_{ca} = 107 \text{ v.}$

Consideramos el apoyo de entronque y el apoyo aéreo-subterráneo como apoyos frecuentados. Ambos son metálicos. El procedimiento y los pasos de cálculo para ambos apoyos será el mismo, dado que la compañía distribuidora no garantiza la desconexión de las protecciones, aguas arriba, en un tiempo menor de 1 sg. Por lo tanto haciendo el cálculo en un apoyo podemos extrapolar los valores al otro.

Vamos a utilizar el método de Howe, recomendado por Unesa para el dimensionamiento de los electrodos de puesta a tierra en centros de transformación y admitido por la dirección general de la energía del MINER.

El sistema utilizado para el dimensionamiento de un sistema de puesta a tierra, se basa en la metodología denominada "ensayo-error", en el que si los resultados no cumplen con las prescripciones reglamentarias, se deben de recalculan los parámetros de interés, modificando el diseño.

Valor de la resistencia de puesta a tierra.

Calculamos el valor de la resistencia de puesta a tierra que nos garantiza el disparo de las protecciones aguas arriba.

$$I_d \text{ (mAn)} = \frac{U_n}{\sqrt{3} \cdot (R_n + R_t)} \geq 100A$$

ANEJO Nº10.- INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN ALTA TENSIÓN

Despejando tenemos:

$$R_t \leq \frac{U_n}{100 \cdot \sqrt{3}} - R_n$$

Sabemos que:

$$R_n = \frac{U_n}{I_d(\max) \cdot \sqrt{3}};$$

Por lo tanto:

$$R_t \leq \frac{U_n}{100 \cdot \sqrt{3}} - \frac{U_n}{I_d(\max) \cdot \sqrt{3}}$$

Tenemos que:

$$U_n = 25.000 \text{ v.}$$

$$I_d(\max) = 300 \text{ A.}$$

$$R_t \leq 96,22 \Omega.$$

La resistencia a tierra del electrodo, depende de la resistividad del terreno en el que se encuentre y de una constante en función de su geometría. Así tenemos:

$$R_t = \rho \cdot K_r$$

Conocemos la resistividad de nuestro suelo, así como la resistencia a tierra que tenemos que tener como máximo para garantizar una mínima intensidad de defecto que permita el disparo de las protecciones aguas arriba.

$$K_r \leq 0,12$$

Elegimos un electrodo que cumpla la condición $K_r \leq 0,12$, de las configuraciones tipo propuestas por Unesa, por las de la Universidad de Jaén u otras que se puedan analizar.

Dispondremos de un cuadro como mínimo de 2,60 m x 2,60 m, con conductor de cobre desnudo de 50 mm², enterrado a una profundidad de 1 m, con cuatro picas de acero cobreizado de 14 mm de diámetro y una longitud de 1,5 m. dispuestas en cada uno de los vértices.

ANEJO Nº10.- INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN ALTA TENSION

Los parámetros característicos del electrodo son:

K_r	K_c	K_p
0,1198	0,06656	0,01735

Con el electrodo elegido comprobamos que la intensidad de defecto de nuestra instalación, cumple con las condiciones impuestas para garantizar el disparo de las protecciones.

$$I_d = \frac{U_n / \sqrt{3}}{R_n + (q \cdot K_r)}$$

$$I_d = 106,25 \text{ A}$$

Elevación del potencial de tierra (U_e) y tensión de contacto (U_c).

Calculamos la elevación del potencial de tierra (U_e) y la tensión de contacto (U_c) para el caso de apoyo frecuentado, con calzado.

$$U_e = I_d \cdot R_t$$

$$U_e = 106,25 \times 96,22 = 10.223 \text{ v}$$

$$U_c = U_{ca} \left(1 + \frac{R_{a1} + R_{a2}}{Z_b} \right) = 107 \left(1 + \frac{1000 + 1,5 q_s}{1000} \right)$$

$$U_c = 342,4 \text{ v}$$

Donde:

U_e = Potencial de tierra (v)

I_d = Intensidad de defecto en nuestra instalación (A)

R_t = Resistencia de tierra (Ω)

U_c = Tensión de contacto máxima (V)

U_{ca} = Tensión de contacto aplicada (V)

R_{a1} = Resistencia del calzado (Ω)

R_{a2} = Resistencia a tierra en el punto de contacto (Ω)

Q_s = Resistividad del suelo cerca de la superficie (Ωm)

Como podemos comprobar $U_e \gg U_c$

Hay que recordar que U_c es la tensión de contacto máxima que garantiza la seguridad.

ANEJO Nº10.- INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN ALTA TENSION

Como vemos NO CUMPLE pues según RLAT se tiene que dar:

$$U_e < 2U_c$$

En nuestro caso:

$$10.223 < 684,4$$

Esto nos implica a tomar medidas correctoras.

Calculamos la tensión de contacto máxima que se originara en la instalación con el electrodo adoptado.

$$U_c (\max) = q \cdot Id \cdot Kc :$$

$$U_c = 800 \times 106,25 \times 0,06656 = 5.657 \text{ v}$$

Estaba ya claro de que había que tomar medidas correctoras. Como vemos:

$$U_c (\max) > U_c$$

Dotamos una superficie equipotencial rodeando el apoyo; tanto el inicio como al fin de línea, formada por una losa de hormigón armado de 20 cm, con mallazo de acero conectado con soldadura aluminotérmica al electrodo de tierra. Las dimensiones serán tales que todos los puntos situados a menos de 1,10 m del apoyo, se encuentren al mismo potencial. Ver detalle en planos.

Los puntos situados dentro de la superficie se encuentran al mismo potencial, por lo tanto $U_c = 0$, lo que garantiza que no haya diferencia de potencial entre el apoyo y cualquier persona que pueda tocarlo, pues para ello tiene que estar pisando la superficie equipotencial.

Para mejorar la seguridad, para evitar escalada, a los apoyos los dotaremos de un revestimiento de fábrica de ladrillo y enfoscado con mortero, hasta una altura de 3 metros, en todo su perímetro. De esta forma también tenemos que la tensión de contacto será cero, ya que en condiciones normales no se podrá acceder y tocar las partes metálicas. Ver detalle en planos.

Valor de la tensión de paso

- a) En el exterior de la superficie equipotencial.

Según la instr. MIE-RAT 13 la tensión de paso se determina por la siguiente expresión:

ANEJO N°10.- INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN ALTA TENSION

$$U_p (\max) = \frac{10 K}{t^n} \cdot \left(1 + \frac{6 q F}{1000}\right)$$

$k = 78,5$
 $n = 0,16$ } Para tiempos de desconexión superiores a 0,9 s e inferiores a 3 s.

$$U_p (\max) = \frac{10 \cdot 78,5}{1^{0,16}} \cdot \left(1 + \frac{6 \cdot 800}{1000}\right) = 785 \cdot 5,8 = 4553 \text{ V}$$

$$U_{pa} = \frac{10 \cdot K}{t^n}$$

Valor de la Tensión de paso aplicada que se puede presentar sin causar daños a una persona

Calculamos el valor de la tensión de paso de la instalación:

$$U_p = q_s \cdot I_d \cdot K \eta$$

$$U_p = 800 \times 106,25 \times 0,01735 = 1.474,75 \text{ v}$$

$U_p < U_p (\max.) \rightarrow$ **CUMPLE DISEÑO CORRECTO**

b) Dimensionamiento con respecto a la resistencia térmica.

Nuestro sistema de puesta a tierra tendrá que soportar desde el punto de vista térmico, los efectos de la corriente de defecto a tierra, y de cortocircuito.

$$\frac{I_d}{S} = \frac{K}{\sqrt{t_d}} \rightarrow I_d = \frac{S \cdot K}{\sqrt{t_d}}$$

$$\frac{I_{cc}}{S} = \frac{K}{\sqrt{t_{cc}}} \rightarrow I_{cc} = \frac{S \cdot K}{\sqrt{t_{cc}}}$$

Donde:

I_d : Intensidad de defecto

I_{cc} : Intensidad de cortocircuito

S: Sección del conductor

t_d : Duración del defecto 2 (s)

t_{cc} : Duración del cortocircuito 0,1 (s)

K: Constante = 192 A/s.mm² para Cu

$$I_d = 50 \times 192 / \sqrt{2} \approx 6.788 \text{ A}$$

Según la MIE-RAT 13, para el cobre no se podrá superar una densidad de corriente de 160 A/mm².

ANEJO Nº10.- INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN ALTA TENSION

Conductor 50 mm²: 50 x 160 = 8000 > 6.788 A → SECCIÓN CONDUCTOR CUMPLE

$$I_{cc} = 50 \times 192 / \sqrt{0.1} \approx 30 \text{ KA}$$

c) Dimensionamiento para la protección contra los efectos del rayo.

Si la longitud del electrodo de tierra es superior a la crítica, la impedancia de onda será mayor que la resistencia de tierra.

El incremento de longitud del electrodo por encima de la crítica no dará lugar a una disminución del valor de resistencia de puesta a tierra ante impulsos tipo rayo (A = 1).

$$L_c = \frac{1 + \beta}{\alpha}$$

$$\alpha = K (0,025 + e^{-0,92 (\epsilon_{r,2})^{0,287}}) = 0,028287$$

$$\beta = K (0,17 + e^{-0,22 (\epsilon_{r,2})^{0,655}}) = 0,136100$$

$K = 0,8$ para cuatro puntos de inyección (4 picas).

$$L_c = \frac{1 + 0,136100}{0,028287} = 40,16 \text{ m}$$

Nuestro electrodo de tierra con forma cuadrada de lado 2,60 m, tiene una longitud de 10,40 m.

10,40 m. < L_c = 40,16 m. EL DISEÑO PROYECTADO CUMPLE

En resumen tendremos dos tipos de PAT dependiendo de los tipos de apoyos de Alta Tensión:

- **Apoyos frecuentados (Apoyos Nº 1 y Nº 8):**
 - Anillo perimetral al apoyo (dimensiones 2,60 x 2,60 m) con cable de cobre desnudo de sección 50 mm² a una profundidad mínima de 1 m.
 - 4 uds. Picas de tierra de cobre de longitud 1,50 m y diámetro 14 mm.

- **Apoyos no frecuentados (Apoyos desde el Nº 2 al Nº 7):**
 - 1 ud. Pica de tierra de cobre de longitud 2,00 m y diámetro 25 mm.

ANEJO Nº10.- INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN ALTA TENSION

2.2.9 CÁLCULOS ELÉCTRICOS.

Se adjuntan cálculos ELÉCTRICOS justificativos de la Línea de Alta Tensión Aéreo-Subterránea:

Fórmulas Generales

Emplearemos las siguientes:

$$I = S \times 1000 / 1,732 \times U = \text{Amperios (A)}$$

$$e = 1.732 \times I [(L \times \cos \varphi / k \times s \times n) + (X_u \times L \times \text{Sen} \varphi / 1000 \times n)] = \text{voltios (V)}$$

En donde:

I = Intensidad en Amperios.

e = Caída de tensión en Voltios.

S = Potencia de cálculo en kVA.

U = Tensión de servicio en voltios.

s = Sección del conductor en mm².

L = Longitud de cálculo en metros.

K = Conductividad.

Cos φ = Coseno de φ . Factor de potencia.

X_u = Reactancia por unidad de longitud en mΩ/m.

n = Nº de conductores por fase.

Fórmula Conductividad Eléctrica

$$K = 1/\rho$$

$$\rho = \rho_{20} [1 + \alpha (T - 20)]$$

$$T = T_0 + [(T_{\max} - T_0) (I/I_{\max})^2]$$

Siendo,

K = Conductividad del conductor a la temperatura T.

ρ = Resistividad del conductor a la temperatura T.

ρ_{20} = Resistividad del conductor a 20°C. (Conductores bimetálicos, $\rho_{20} = \text{Stotal} / \Sigma (s/\rho)$, siendo ρ y s la resistividad y sección de los distintos metales que componen el conductor)

$$\text{Cu} = 0.017241 \text{ ohmiosxmm}^2/\text{m}$$

$$\text{Al} = 0.028264 \text{ ohmiosxmm}^2/\text{m}$$

$$\text{AlMgSi} = 0.03250 \text{ ohmiosxmm}^2/\text{m}$$

$$\text{Ac (Acero)} = 0.192 \text{ ohmiosxmm}^2/\text{m}$$

$$\text{Ac-Al (Acero recubierto Al)} = 0.0848 \text{ ohmiosxmm}^2/\text{m}$$

α = Coeficiente de temperatura:

$$\text{Cu} = 0.003929$$

$$\text{Al y demás conductores} = 0.004032$$

T = Temperatura del conductor (°C).

T₀ = Temperatura ambiente (°C):

$$\text{Cables enterrados} = 25^\circ\text{C}$$

$$\text{Cables al aire} = 40^\circ\text{C}$$

T_{max} = Temperatura máxima admisible del conductor (°C):

$$\text{XLPE, EPR} = 90^\circ\text{C}$$

$$\text{HEPR} = 90^\circ\text{C (105}^\circ\text{C, } U_0/U \leq 18/30 \text{ kv)}$$

$$\text{PVC} = 70^\circ\text{C}$$

$$\text{Conductores Recubiertos} = 90^\circ\text{C}$$

$$\text{Conductores Desnudos} = 85^\circ\text{C}$$

I = Intensidad prevista por el conductor (A).

I_{max} = Intensidad máxima admisible del conductor (A).

ANEJO N°10.- INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN ALTA TENSION

Red Alta Tensión 1

Las características generales de la red son:

Tensión (V): 25000
 C.d.t. máx.(%): 5
 Cos φ: 0,8
 Coef. Simultaneidad: 1

A continuación se presentan los resultados obtenidos para las distintas ramas y nudos:

Línea	Nudo Orig.	Nudo Dest.	Long. (m)	Metal/ Xu (mΩ/m)	Canal.	Designación	Polar.	I. Cálculo (A)	Sección (mm ²)	D.tubo (mm)	I. Admisi. (A)/Fci
1	1	2	21	Al/0,15	En.B.Tu.	RHZ1 18/30 H25	Unip.	23,09	3x240	200	320/1
2	2	3	93	Al-Ac/0,33	Desnudos	LA-56 (47-AL1/8-ST1A)	Unip.	23,09	3x54,6		199/1
3	3	4	94	Al-Ac/0,33	Desnudos	LA-56 (47-AL1/8-ST1A)	Unip.	23,09	3x54,6		199/1
4	4	5	181	Al-Ac/0,33	Desnudos	LA-56 (47-AL1/8-ST1A)	Unip.	23,09	3x54,6		199/1
5	5	6	245	Al-Ac/0,33	Desnudos	LA-56 (47-AL1/8-ST1A)	Unip.	23,09	3x54,6		199/1
6	6	7	203	Al-Ac/0,33	Desnudos	LA-56 (47-AL1/8-ST1A)	Unip.	23,09	3x54,6		199/1
7	7	8	86	Al-Ac/0,33	Desnudos	LA-56 (47-AL1/8-ST1A)	Unip.	23,09	3x54,6		199/1
8	8	9	36	Al-Ac/0,33	Desnudos	LA-56 (47-AL1/8-ST1A)	Unip.	23,09	3x54,6		199/1
9	9	10	28	Al/0,15	En.B.Tu.	RHZ1 18/30 H25	Unip.	23,09	3x240	200	320/1
10	10	11	26	Al/0,15	En.B.Tu.	RHZ1 18/30 H25	Unip.	23,09	3x240	200	320/1

Nudo	C.d.t. (V)	Tensión Nudo (V)	C.d.t. (%)	Carga Nudo
1	0	25.000	0	23,094 A(1.000 kVA)
2	0,156	24.999,844	0,001	0 A(0 kVA)
3	2,798	24.997,203	0,011	0 A(0 kVA)
4	5,468	24.994,533	0,022	0 A(0 kVA)
5	10,608	24.989,393	0,042	0 A(0 kVA)
6	17,567	24.982,434	0,07	0 A(0 kVA)
7	23,332	24.976,668	0,093	0 A(0 kVA)
8	25,775	24.974,225	0,103	0 A(0 kVA)
9	26,797	24.973,203	0,107	0 A(0 kVA)
10	27,006	24.972,994	0,108	0 A(0 kVA)
11	27,2	24.972,801	0,109*	-23,094 A(-1.000 KVA)

NOTA:

- * Nudo de mayor c.d.t.

A continuación se muestran las pérdidas de potencia activa en kW.

Línea	Nudo Orig.	Nudo Dest.	Pérdida Potencia Activa Rama.3RI ² (kW)	Pérdida Potencia Activa Total Itinerario.3RI ² (kW)
1	1	2	0,004	
2	2	3	0,095	
3	3	4	0,096	
4	4	5	0,185	
5	5	6	0,251	
6	6	7	0,208	
7	7	8	0,088	
8	8	9	0,037	
9	9	10	0,005	
10	10	11	0,005	0,975

ANEJO N°10.- INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN ALTA TENSIÓN

Resultados obtenidos para las protecciones:

Línea	Nudo Orig.	Nudo Dest.	Un (kV)	U1 (kV)	U2 (kV)	Fusibles;In (Amp)	I.Aut;In/IReg (Amp)	I-Secc;In/Iter/I Fus (Amp)
1	1	2	36	170	70	25		

In(A). Intensidad nominal del elemento de protección o corte.

Ireg(A). Intensidad de regulación del relé térmico del interruptor automático.

Iter(A). Intensidad nominal del relé térmico asociado al elemento de corte (seccionador interruptor).

IFus(A). Intensidad nominal de los fusibles asociados al elemento de corte (seccionador interruptor).

Resultados obtenidos para las Autoválvulas-Pararrayos:

Línea	Nudo Orig.	Nudo Dest.	In (kA)	Un (kV)	U1 (kV)	U2 (kV)
1	1	2	10	36	170	70
9	9	10	10	36	170	70

In(kA). Intensidad nominal de la autoválvula-pararrayos.

Un(kV). Tensión más elevada de la red.

U1(kV). Tensión de ensayo al choque con onda de impulso de 1,2/50 microsegundos. kV Cresta.

U2(kV). Tensión de ensayo a frecuencia industrial 50 Hz, bajo lluvia durante un minuto. kV Eficaces.

Caída de tensión total en los distintos itinerarios:

$$1-2-3-4-5-6-7-8-9-10-11 = 0.11 \%$$

Según la configuración de la red, se obtienen los siguientes resultados del cálculo a cortocircuito:

Sc_{cc} = 350 MVA.

U = 25 kV.

t_{cc} = 0,5 s.

I_{pccM} = 8.082,9 A.

Línea	Nudo Orig.	Nudo Dest.	Sección (mm ²)	I _{cccs} (A)	Prot. térmica/In	PdeC (kA)
1	1	2	3x240	31.904,66	25	20
2	2	3	3x54,6	10.424,17		
3	3	4	3x54,6	10.424,17		
4	4	5	3x54,6	10.424,17		
5	5	6	3x54,6	10.424,17		
6	6	7	3x54,6	10.424,17		
7	7	8	3x54,6	10.424,17		
8	8	9	3x54,6	10.424,17		
9	9	10	3x240	31.904,66		
10	10	11	3x240	31.904,66		

Cálculo de Cortocircuito en Pantallas:

Datos generales:

I_{pcc} en la pantalla = 1.000 A.

Tiempo de duración c.c. en la pantalla = 1 s.

Resultados:

Sección pantalla = 25 mm².

I_{cc} admisible en pantalla = 4.630 A.

TÍTULO: PROYECTO DE PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA BOMBEO HACIA Balsa BALLABONA (ALMERÍA)

PROMOTOR: SOCIEDAD MERCANTIL ESTATAL DE INFRESTRUCTURAS AGRARIAS (SEIASA)

ANEJO N°10.- INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN ALTA TENSIÓN

3. CONCLUSIONES.

Una vez descrito y justificado lo constituyente del presente documento, en relación a todos los elementos que en el intervienen y de conformidad con las disposiciones que lo regulan, el ingeniero redactor abajo firmante lo da por finalizado, elevándolo a la consideración de los organismos competentes para su revisión, y si procede, aprobación, quedando a la disposición de los mismos para cuantas aclaraciones y correcciones se consideren necesarias.

Y para que conste a los efectos oportunos firma el presente documento a octubre de 2022.



El Ingeniero Agrónomo

Francisco López López

Nº colegiado 3000772 COIARM

TÍTULO: PROYECTO DE PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA BOMBEO HACIA Balsa BALLABONA (ALMERÍA)

PROMOTOR: SOCIEDAD MERCANTIL ESTATAL DE INFRESTRUCTURAS AGRARIAS (SEIASA)

APÉNDICE 1. ANEJO Nº 10.- INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN ALTA TENSIÓN



APÉNDICE 1
DOCUMENTO ACREDITATIVO DE
COMPETENCIAS DEL TÉCNICO
REDACTOR

**D. BRAULIO JOSÉ BELMONTE MARÍN, SECRETARIO DEL COLEGIO
OFICIAL DE INGENIEROS AGRÓNOMOS DE LA REGIÓN DE MURCIA**

CERTIFICA:

Que **D. FRANCISCO LÓPEZ LÓPEZ**, con NIF nº 23261411Q, es Ingeniero Agrónomo, colegiado de este Colegio Oficial, desde el 28/04/2022, con el número 3000772, y está habilitado para ejercer la profesión y es técnico competente para la realización del trabajo profesional “Proyecto instalación fotovoltaica para autoconsumo y bombeo asociado a la misma, que compone una instalación fotovoltaica flotante sobre balsa, un centro de transformación y una línea de media tensión de 937 ml de longitud y 25KV”.

Y para que conste a los efectos oportunos, expido y firmo el presente certificado en Murcia, a viernes, 21 de octubre de 2022.

EL SECRETARIO

Fdo.: Braulio José Belmonte Marín

