

Este documento es copia del original firmado.

Se han ocultado datos personales en aplicación de la
normativa vigente.

SEPARATA DEL

PROYECTO DE LAT 220KV EVACUACIÓN PFVS SET HOJARASCA - SET HENARES

**ORGANISMO AFECTADO: DIRECCIÓN GENERAL DE
AGRICULTURA, GANADERÍA Y LA ALIMENTACIÓN DE
LA CONSEJERÍA DE MEDIO AMBIENTE Y
ORDENACIÓN DEL TERRITORIO DE LA COMUNIDAD
DE MADRID**

INDICE

| | |
|--|----------|
| 1. MEMORIA | 1 |
| 1.1. Objeto | 2 |
| 1.2. Emplazamiento | 2 |
| 1.3. Peticionario y compañía suministradora | 2 |
| 1.4. Descripción del trazado de la línea | 3 |
| 1.5. Ministerio, organismo o corporación afectada | 8 |
| 1.6. Afecciones | 8 |
| 1.6.1. Cruzamiento Nº15 | 8 |
| 1.6.1.1. Distancia vertical del cruzamiento | 8 |
| 1.6.2. Cruzamiento Nº18 | 9 |
| 1.6.2.1. Distancia vertical del cruzamiento | 9 |
| 1.6.3. Cruzamiento Nº23 | 9 |
| 1.6.3.1. Distancia vertical del cruzamiento | 9 |
| 1.6.4. Cruzamiento Nº25 | 10 |
| 1.6.4.1. Distancia vertical del cruzamiento | 10 |
| 1.6.5. Cruzamiento Nº26 | 10 |
| 1.6.5.1. Distancia vertical del cruzamiento | 10 |
| 1.7. Descripción de la instalación | 11 |
| 1.7.1. Características generales | 11 |
| 1.7.2. Características de los materiales del tramo aéreo | 13 |
| 1.7.2.1. Conductores | 13 |
| 1.7.2.2. Cable tierra | 13 |
| 1.7.2.3. Aislamiento | 14 |
| 1.7.2.4. Herrajes | 15 |
| 1.7.2.5. Apoyos y cimentaciones | 15 |
| 1.7.2.6. Puesta a tierra | 17 |
| 1.7.2.7. Numeración y aviso de peligro | 17 |
| 1.7.2.8. Antivibradores | 17 |
| 1.7.2.9. Dispositivos salvapájaros | 18 |
| 1.7.3. Características de los materiales del tramo subterráneo | 19 |
| 1.7.3.1. Cables de potencia | 19 |
| 1.7.3.2. Cable de fibra óptica | 26 |
| 1.7.3.3. Canalización subterránea | 26 |
| 1.7.3.4. Arquetas de telecomunicaciones | 28 |
| 1.7.3.5. Mandrilado | 29 |

DIRECCIÓN GENERAL DE AGRICULTURA, GANADERÍA Y LA ALIMENTACIÓN DE
LA CONSEJERÍA DE MEDIO AMBIENTE Y ORDENACIÓN DEL TERRITORIO DE LA
COMUNIDAD DE MADRID

| | |
|--|----|
| 1.7.3.6. Cámaras de empalme..... | 29 |
| 1.7.3.7. Señalización..... | 30 |
| 1.7.3.8. Conexiones de conductores | 30 |
| 1.7.3.9. Puesta a tierra..... | 31 |

1. MEMORIA

1.1. Objeto

La presente separata tiene por objeto obtener de la DIRECCIÓN GENERAL DE AGRICULTURA, GANADERÍA Y LA ALIMENTACIÓN DE LA CONSEJERÍA DE MEDIO AMBIENTE Y ORDENACIÓN DEL TERRITORIO DE LA COMUNIDAD DE MADRID las preceptivas autorizaciones Construcción para la ejecución de la línea eléctrica de 220kV necesaria para la evacuación de energía de los parques fotovoltaicos indicados en el proyecto con evacuación en las SET Anchuelo 400kV, SET Anchuelo 220kV y SET Ardoz 220kV, indicadas en el proyecto.

Se redacta la presente separata con objeto de informar la modificación mediante soterramiento de aproximadamente 2,2 km en un tramo intermedio de la línea de triple circuito proyectada, debido a la existencia de un corredor ecológico, entre los apoyos 32 a 37 del proyecto original y así obtener de DIRECCIÓN GENERAL DE AGRICULTURA, GANADERIA Y LA ALIMENTACIÓN DE LA CONSEJERIA DE MEDIO AMBIENTE Y ORDENACIÓN DEL TERRITORIO DE LA COMUNIDAD DE MADRID las perceptivas autorizaciones para el paso de Línea Subterránea objeto del proyecto.

Esta separata anula a todas las demás separatas presentadas ante el Organismo.

1.2. Emplazamiento

Tal como se muestra en el plano de situación la instalación está ubicada en las provincias de GUADALAJARA y MADRID, y discurre por los municipios de Horche, Yebes, Valdarachas, Guadalajara, Pozo de Guadalajara, Santorcaz y Anchuelo.

1.3. Peticionario y compañía suministradora

Mosquetón Solar, S.L., (en adelante "el Promotor") es una compañía dedicada a la promoción, construcción, operación, mantenimiento y explotación de instalaciones generadoras de electricidad a través de tecnología solar fotovoltaica. Es una empresa comprometida con el medio ambiente, y firmemente interesada en dar apoyo a la red a través de las energías renovables.

Los principales datos del promotor del proyecto se muestran en la siguiente tabla.

| Promotor del Proyecto | |
|------------------------------|-----------------------|
| Nombre | Mosquetón Solar, S.L. |
| CIF | |
| Domicilio Social | |
| Persona de contacto | |
| Dirección | |
| Teléfono | |
| Correo electrónico | |

1.4. Descripción del trazado de la línea

La línea eléctrica objeto de este PROYECTO está formada por tres circuitos, presentando éstos una longitud total de 19.986 metros en su Circuito 1, una longitud de 19.988 metros en su Circuito 2 y una longitud de 19.351 metros para el Circuito 3. Su origen es SET HOJARASCA, en el término municipal de Horche (GUADALAJARA) y el final de la línea será SET HENARES, en el término municipal de Anchuelo (MADRID).

La línea de tensión nominal 220 kV SET Hojarasca – SET Henares consta de configuración aérea en la mayor parte de su trazado, presentando hacia la mitad de su recorrido un tramo intermedio soterrado debido a la presencia de un corredor ecológico.



La línea parte con configuración Doble Circuito aéreo (Circuitos 1 y 2) desde la SET Hojarasca. El Circuito 3 se incorpora a la línea en el apoyo nº2, y continúa en Triple Circuito durante prácticamente todo el recorrido de la misma. En el apoyo nº32 se produce el paso a configuración subterránea de los tres circuitos durante aproximadamente dos kilómetros, tras lo cual vuelve a realizarse el paso a configuración aérea en el apoyo nº37. La línea continúa en configuración de Triple Circuito aéreo a hasta el apoyo nº57, ubicado en las cercanías de la SET Henares, en el que se produce el desvío del Circuito 3. Finalmente, los Circuitos 1 y 2 se conectan al pórtico de la SET Henares en configuración de Doble Circuito. Se procederá al tendido del Circuito 3 únicamente desde el apoyo nº2 hasta el apoyo nº 57, razón por la cual se han considerado ambos apoyos como Fin de Línea.

Así, la línea se compone de tres tramos bien diferenciados:

- **Tramo Nº 1:** Pórtico SET Hojarasca – Apoyo PAS nº32 (aéreo)

La línea parte de la SET Hojarasca en configuración de doble circuito aéreo hasta el apoyo nº2, a partir del cual la configuración pasa a triple circuito aéreo hasta el apoyo nº32, siendo la asignación de los circuitos de izquierda a derecha y en sentido de la evacuación de la energía:

- Circuito 1: con un conductor LA-635 Simplex y una longitud de 10,980 km.
- Circuito 2: con un conductor LA-635 Simplex y una longitud de 10,980 km.
- Circuito 3: con un conductor LA-635 Dúplex y una longitud de 10,680 km.

- **Tramo Nº 2:** Apoyo PAS nº32 – Apoyo PAS nº37 (subterráneo)

En el apoyo PAS nº32 se produce el paso a configuración subterránea de la línea en configuración de triple circuito subterráneo y se mantiene hasta realizarse de nuevo el paso a configuración aérea en el apoyo PAS nº37. El tipo de canalización elegida para la línea será entubada y protegida con prisma de hormigón, para evitar problemas con la maquinaria pesada. La asignación de los circuitos de izquierda a derecha y en sentido de la evacuación de la energía será la siguiente:

- Circuito 1: con un conductor RHE-RA+2OL 127/220 kV 1x2000MAL+T375AL y una longitud de 2,136 km.
- Circuito 2: con un conductor RHE-RA+2OL 127/220 kV 1x2000MAL+T375AL y una longitud de 2,136 km.
- Circuito 3: con un conductor RHE-RA+2OL 127/220 kV 1x2500M+T375AL y una longitud de 2,136 km.

- **Tramo Nº 3:** Apoyo PAS nº37 – Pórtico SET Henares (aéreo).

En el apoyo PAS nº37 se produce el paso a configuración de triple circuito aéreo hasta el apoyo nº57, a partir del cual la configuración pasa a doble circuito aéreo hasta el pórtico de la SET Henares tras el desvío del Circuito 3, siendo la asignación de los circuitos de izquierda a derecha y en sentido de la evacuación de la energía:

- Circuito 1: con un conductor LA-635 Simplex y una longitud de 6,870 km.
- Circuito 2: con un conductor LA-635 Simplex y una longitud de 6,874 km.
- Circuito 3: con un conductor LA-635 Dúplex y una longitud de 6,534 km.

A continuación, se muestran los municipios por los que discurre la línea y los cruza-
mientos que existen en cada municipio por alineaciones:

Provincia: GUADALAJARA

Término municipal: HORCHE

Longitud: 364,0m

Configuración: Aérea

| Nº Alineación | Apoyo inicial | Apoyo final | Ángulo con siguiente alineación (g) | Longitud (m) | Cruzamientos |
|---------------|---------------|-------------|-------------------------------------|--------------|--------------|
| 1 | PORTICO | 1 | 207,14 | 50,0 | |
| 2 | 1 | 2 | 0,0 | 314,0 | |

Provincia: GUADALAJARA

Término municipal: YEBES

Longitud: 2.456,0m

Configuración: Aérea

| Nº Alineación | Apoyo inicial | Apoyo final | Ángulo con siguiente alineación (g) | Longitud (m) | Cruzamientos |
|---------------|---------------|-------------|-------------------------------------|--------------|--------------|
| 2 | 3 | 4 | 222,10 | 529,8 | |
| 3 | 4 | 9 | 238,52 | 1.710,0 | |
| 4 | 9 | 9 | 0,0 | 216,1 | |

Provincia: GUADALAJARA

Término municipal: VALDARACHAS

Longitud: 1.485,8m

Configuración: Aérea

| Nº Alineación | Apoyo inicial | Apoyo final | Ángulo con siguiente alineación (g) | Longitud (m) | Cruzamientos |
|---------------|---------------|-------------|-------------------------------------|--------------|---|
| 4 | 10 | 13 | 0,0 | 1.485,8 | Nº 1,ARROYO VALCALIENTE Nº 2,ARROYO VALDARACHAS |

Provincia: GUADALAJARA

Término municipal: GUADALAJARA

Longitud: 4.682,6m

Configuración: Aérea

| Nº Alineación | Apoyo inicial | Apoyo final | Ángulo con siguiente alineación (g) | Longitud (m) | Cruzamientos |
|---------------|---------------|-------------|-------------------------------------|--------------|--|
| 4 | 14 | 14 | 213,37 | 180,7 | |
| 5 | 14 | 23 | 156,73 | 3.464,7 | Nº 3,LAT 30KV Nº 4,LINEA TELEFONICA Nº 5,CTRA V. CM-2004 PK:15.000 Nº 6,CAÑADA REAL DE LAS MATAS Nº 7,LMT 20KV Nº 8,GASEODUCTO |
| 6 | 23 | 25 | 0,0 | 1.037,2 | Nº 9,LAT 30KV |

Provincia: GUADALAJARA

Término municipal: POZO DE GUADALAJARA

Longitud: 1.991,2m

Configuración: Aérea

| Nº Alineación | Apoyo inicial | Apoyo final | Ángulo con siguiente alineación (g) | Longitud (m) | Cruzamientos |
|---------------|---------------|-------------|-------------------------------------|--------------|--|
| 6 | 26 | 32 | 0,0 | 1.991,2 | Nº 10,ARROYO MATAHOMBRES Nº 11,ARROYO MATAHOMBRES Nº 12,ARROYO MATAHOMBRES Nº 13,LAT 30KV Nº 14,CTRA. M-235 S/PK |

Provincia: GUADALAJARA

Término municipal: POZO DE GUADALAJARA

Longitud: 377,88m

Configuración: Subterránea

| Nº Alineación | P.K. inicial | P.K. final | Longitud (m) | Cruzamientos |
|---------------|--------------|------------|--------------|--------------|
| - | 10,9796 | 11,3575 | 377,88 | |

Provincia: MADRID

Término municipal: SANTORCAZ

Longitud: 1.758,30m

Configuración: Subterránea

| Nº Alineación | P.K. inicial | P.K. final | Longitud (m) | Cruzamientos |
|---------------|--------------|------------|--------------|------------------------------|
| - | 11,3575 | 13,1158 | 1.758,30 | Nº 15,ARROYO FUENTE BANDERAS |

Provincia: MADRID

Término municipal: SANTORCAZ

Longitud: 3.473,5m

| Nº Alineación | Apoyo inicial | Apoyo final | Ángulo con siguiente alineación (g) | Longitud (m) | Cruzamientos |
|---------------|---------------|-------------|-------------------------------------|--------------|---|
| 7 | 37 | 47 | 0,0 | 3.473,5 | Nº 16,LAT 132KV Nº 17,LAT 45KV Nº 18,COLADA DEL LLANO SIMÓN Nº 19,LAT 30KV Nº 20,CTRA. M-226 PK 0.447 Nº 21,LINEA TELEFONICA Nº 22,ARROYO VALDECABAÑAS Nº 23,COLADA DEL CAMINO DE GUADALAJARA Nº 24,ARROYO VALDECABAÑAS |

Provincia: MADRID

Término municipal: ANCHUELO

Longitud: 3.400,4m

| Nº Alineación | Apoyo inicial | Apoyo final | Ángulo con siguiente alineación (g) | Longitud (m) | Cruzamientos |
|---------------|---------------|-------------|-------------------------------------|--------------|---|
| 7 | 48 | 52 | 196,90 | 1.537,6 | |
| 8 | 52 | 57 | 195,57 | 1.514,5 | Nº 25,COLADA DEL ABREVADERO Nº 26,COLADA DEL CAMINO DE LA BARCA Nº 27,ARROYO Nº 28,ARROYO Nº 29,CTRA. M-213 PK:6.216 Nº 30,LINEA TELEFONICA Nº 31,OLEODUCTO Nº 32,OLEODUCTO |
| 9 | 57 | 58-1 | 194,99 | 242,3 | |
| 10 | 58-1 | PORTICO B | 0,0 | 95,7 | |

DIRECCIÓN GENERAL DE AGRICULTURA, GANADERÍA Y LA ALIMENTACIÓN DE
LA CONSEJERÍA DE MEDIO AMBIENTE Y ORDENACIÓN DEL TERRITORIO DE LA
COMUNIDAD DE MADRID

| Nº Alineación | Apoyo inicial | Apoyo final | Ángulo con siguiente alineación (g) | Longitud (m) | Cruzamientos |
|---------------|---------------|-------------|-------------------------------------|--------------|--|
| 11 | 57 | 14* | 197,89 | 279,3 | Nº 33,FUTURA LAT 220KV HOJARASCA-HENARES |
| 12 | 14* | PORTICO A | 0,0 | 52,5 | |

Para la redacción de este proyecto se ha realizado un trabajo de campo, consistente en un estudio de trazado y unas mediciones de campo de precisión con equipos GPS diferencial. Para la validar los cruces con las líneas existentes se han medido las alturas de estas líneas, utilizando los medios adecuados.

Los trabajos han consistido en:

ESTUDIO DE TRAZADO LAT

- Estudio de alternativas de trazado, considerando la legislación española aplicable.
- Selección del trazado más adecuado en campo, considerando los condicionantes ambientales que se han identificado.
- Se han considerado los condicionantes impuestos por las infraestructuras existentes.
- Definición y estaquillado de los vértices de la línea, comprobando insitu si existen instalaciones y construcciones que puedan condicionar el trazado de la línea, y comprobando que se ubican en lugares accesibles.

LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO

- Ubicación de los vértices de la línea, y de los puntos de cruce con infraestructuras, con GPS
- Medición de las alturas de los cables de las líneas que cruza el trazado.
- Medición de los límites de las infraestructuras a las que cruza el trazado de la línea.

Para la llegada a la SET Henares, se producirá una bifurcación en la línea de debido al emplazamiento de los puntos de conexión de cada circuito con las barras de la SET HENARES. De esta forma, a partir de apoyo indicado como N°57 el Circuito 1 se dirige al apoyo N°14, de la FUTURA LAT 220KV SET VALDEPOZUELO-SET HENARES, con configuración en bandera. Desde este apoyo se dirigirá al pódico correspondiente para su conexión con la SET HENARES.

De igual forma, desde apoyo N°57 el Circuito 2 se apoyará en el apoyo N°58, con configuración en bandera. Desde este apoyo se dirigirá al pódico correspondiente para su conexión con la SET HENARES. A ese mismo apoyo N°58 llegará uno de los circuitos de la FUTURA LAT 220KV SET VALDEPOZUELO -SET HENARES, también en configuración en bandera. Se han tenido en cuenta la acción de los esfuerzos combinados de ambos circuitos para el cálculo del árbol de cargas del apoyo N°58-1.

Las coordenadas previstas para la construcción de las cámaras de empalme serán:

- Se instalarán con una distancia entre sí de unos 650 – 750 m aproximadamente.

| COORDENADAS UTM ETRS89 - HUSO 30 | | |
|----------------------------------|------------|--------------|
| | X (m) | Y (m) |
| Cámaras de empalme nº1 | 482.659,85 | 4.482.449,20 |
| Cámaras de empalme nº2 | 482.123,74 | 4.482.062,71 |

En el plano de planta, se ha representado el trazado, junto con los condicionantes observados a lo largo del trazado. Además, en la medida de lo posible se ha buscado minimizar las afecciones a las parcelas por las que pasa el trazado.

1.5. Ministerio, organismo o corporación afectada

Por medio del presente documento se informa al DIRECCIÓN GENERAL DE AGRICULTURA, GANADERÍA Y LA ALIMENTACIÓN DE LA CONSEJERÍA DE MEDIO AMBIENTE Y ORDENACIÓN DEL TERRITORIO DE LA COMUNIDAD DE MADRID de la afección supuesta debido a la instalación de la línea eléctrica de 220kV necesaria para la evacuación de energía de los parques fotovoltaicos indicados anteriormente.

1.6. Afecciones

| Nº CRUZAMIENTO | ENTRE APOYOS | VANO (m) | ELEMENTO QUE SE CRUZA |
|----------------|--------------|----------|----------------------------------|
| 15 | 37-38 | 278,6 | COLADA DEL CAMINO DE GUADALAJARA |
| 18 | 42-43 | 437,4 | COLADA DEL LLANO SIMON |
| 23 | 44-45 | 418,8 | COLADA DE LA HONTANILLA |
| 25 | 52-53 | 309,5 | COLADA DEL ABREVADERO |
| 26 | 52-53 | 309,5 | COLADA DEL CAMINO DE LA BARCA |

1.6.1. Cruzamiento Nº15

Las coordenadas UTM aproximadas del cruzamiento número 18 en Datum WGS-84 son X=481.354 Y=4.481.699 en el huso 30.

1.6.1.1. Distancia vertical del cruzamiento

La mínima distancia vertical entre los conductores de la línea y COLADA DEL CAMINO DE GUADALAJARA, en las condiciones más desfavorables viene dada por el Reglamento Técnico de Líneas Eléctricas Aéreas de Alta Tensión en su Art. 5, Real Decreto 223/2008, de 15 de febrero, por el que se aprueban el Reglamento sobre con-

diciones técnicas y garantías de seguridad en líneas eléctricas de alta tensión y su ITC-LAT 07, es:

$$D_{add} + D_{el} = 7,00 \text{ m}$$

La mínima distancia vertical real entre los conductores de la línea y el COLADA DEL CAMINO DE GUADALAJARA es de 37,48 metros, superior a los 7,00 metros reglamentarios.

1.6.2. Cruzamiento N°18

Las coordenadas UTM aproximadas del cruzamiento número 18 en Datum WGS-84 son X=479.832 Y=4.481.205 en el huso 30.

1.6.2.1. Distancia vertical del cruzamiento

La mínima distancia vertical entre los conductores de la línea y COLADA DEL LLANO SIMÓN, en las condiciones más desfavorables viene dada por el Reglamento Técnico de Líneas Eléctricas Aéreas de Alta Tensión en su Art. 5, Real Decreto 223/2008, de 15 de febrero, por el que se aprueban el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas eléctricas de alta tensión y su ITC-LAT 07, es:

$$D_{add} + D_{el} = 7,00 \text{ m}$$

La mínima distancia vertical real entre los conductores de la línea y el COLADA DEL LLANO SIMÓN es de 12,60 metros, superior a los 7,00 metros reglamentarios.

1.6.3. Cruzamiento N°23

Las coordenadas UTM aproximadas del cruzamiento número 23 en Datum WGS-84 son X=479.234 Y=4.481.010 en el huso 30.

1.6.3.1. Distancia vertical del cruzamiento

La mínima distancia vertical entre los conductores de la línea y COLADA LA HONTANILLA, en las condiciones más desfavorables viene dada por el Reglamento Técnico de Líneas Eléctricas Aéreas de Alta Tensión en su Art. 5, Real Decreto 223/2008, de 15 de febrero, por el que se aprueban el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas eléctricas de alta tensión y su ITC-LAT 07, es:

$$D_{add} + D_{el} = 7,00 \text{ m}$$

La mínima distancia vertical real entre los conductores de la línea y el COLADA LA HONTANILLA es de 21,39 metros, superior a los 7,00 metros reglamentarios.

1.6.4. Cruzamiento Nº25

Las coordenadas UTM aproximadas del cruzamiento número 25 en Datum WGS-84 son X=476.805 Y=4.480.218 en el huso 30.

1.6.4.1. Distancia vertical del cruzamiento

La mínima distancia vertical entre los conductores de la línea y COLADA DEL ABREVADERO, en las condiciones más desfavorables viene dada por el Reglamento Técnico de Líneas Eléctricas Aéreas de Alta Tensión en su Art. 5, Real Decreto 223/2008, de 15 de febrero, por el que se aprueban el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas eléctricas de alta tensión y su ITC-LAT 07, es:

$$D_{add} + D_{el} = 7,00 \text{ m}$$

La mínima distancia vertical real entre los conductores de la línea y el COLADA DEL ABREVADERO es de 23,76 metros, superior a los 7,00 metros reglamentarios.

1.6.5. Cruzamiento Nº26

Las coordenadas UTM aproximadas del cruzamiento número 26 en Datum WGS-84 son X=476.673 Y=4.480.168 en el huso 30.

1.6.5.1. Distancia vertical del cruzamiento

La mínima distancia vertical entre los conductores de la línea y COLADA DEL CAMINO DE LA BARCA, en las condiciones más desfavorables viene dada por el Reglamento Técnico de Líneas Eléctricas Aéreas de Alta Tensión en su Art. 5, Real Decreto 223/2008, de 15 de febrero, por el que se aprueban el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas eléctricas de alta tensión y su ITC-LAT 07, es:

$$D_{add} + D_{el} = 7,00 \text{ m}$$

La mínima distancia vertical real entre los conductores de la línea y el COLADA DEL CAMINO DE LA BARCA es de 14,25 metros, superior a los 7,00 metros reglamentarios.

1.7. Descripción de la instalación

La instalación queda definida por las siguientes características:

1.7.1. Características generales

Características tramo aéreo

| | |
|---|---|
| Sistema | Corriente Alterna Trifásica |
| Frecuencia (Hz) | 50 |
| Tensión nominal (KV) | 220 |
| Tensión más elevada de la red (KV) | 245,0 |
| Longitud tramo aéreo (km)..... | 17,853 |
| Categoría..... | Especial |
| Nº de circuitos..... | 3 |
| Número de cables de tierra..... | 2 |
| Tipo de conductor aéreo | LA-635 |
| Tipo de cable de tierra aéreo | OPGW 48 43D58Z |
| Nº de conductores aéreos por fase | |
| Circuito 1 | 1 |
| Circuito 2 | 1 |
| Circuito 3 | 2 |
| Potencia máxima de transporte por circuito en aéreo (MVA) | |
| Circuito 1 | 318,3 |
| Circuito 2 | 318,3 |
| Circuito 3 | 636,6 |
| Número de apoyos | 55 |
| Zona de aplicación..... | ZONA B |
| Tipo de aislamiento..... | Cadenas de aisladores de vidrio |
| Apoyos | 220-IME-ANI-TC, 220-IME-FL-TC, 220-IME-SUS-TC, 220-IME-PAS-TC, HA e IC |
| Cimentaciones..... | Hormigón |
| Puesta a tierra | Picas de toma de tierra doble |
| Nº Apoyos alineación/Tipo | 30 / 220-IME-SUS-TC |
| Nº Apoyos ángulo/Tipo | 8 / 220-IME-FL-TC y 220-IME-ANI-TC |
| Nº Apoyos anclaje/Tipo..... | 11 / 220-IME-ANI-TC Y HA |
| Nº Apoyos fin de línea/Tipo..... | 4 / 220-IME-FL-TC e IC |
| Nº Apoyos paso aéreo-subterráneo/Tipo | 2 / 220-IME-PAS-TC |

Características tramo subterráneo

| | |
|--|-------------------------------------|
| Sistema | Corriente Alterna Trifásica |
| Frecuencia (Hz) | 50 |
| Tensión nominal (KV) | 220 |
| Tensión más elevada de la red (KV) | 245,0 |
| Longitud tramo subterráneo (km)..... | 2,136 |
| Nº de circuitos..... | 3 |
| Número de cables de tierra..... | 2 |
| Tipo de cable subterráneo | Cu-2500 y Al-2000 |
| Aislamiento cable..... | XLPE |
| Tipo de canalización | Bajo tubo hormigonado |
| Configuración de la instalación | Tresbolillo |
| Número de ternas | 3 |
| Cable de fibra óptica..... | OGSZ1-48/0 |
| Profundidad máxima de la zanja (m)..... | 1,80 |
| Anchura de la zanja (m)..... | 3,00 |
| Conexión de las pantallas..... | Cross-Bonding seccionado (3 tramos) |

1.7.2. Características de los materiales del tramo aéreo

1.7.2.1. Conductores



Las características del conductor aéreo son las siguientes:

Son cables de aluminio con alma de acero de conductores cableados concéntricos, compuestos de un alma de acero del tipo ST_{1A} y una o más capas de hilos de aluminio del tipo AL₁.

| | |
|---|--|
| Tipo | LA – 635 |
| Designación nueva | 565-AL ₁ /71,6-ST _{1A} |
| Material..... | Aluminio – Acero |
| Composición (mm)..... | 54+19 |
| Diámetro cable completo (mm) | 32,85 |
| Sección total (mm ²)..... | 636,60 |
| Peso (daN/m) | 2,083 |
| Carga de rotura (daN)..... | 17.500 |
| Módulo de elasticidad (daN/mm ²) | 6.668,5 |
| Coefficiente de dilatación lineal (°C ⁻¹) | 19,4 10 ⁻⁶ |
| Resistencia eléctrica a 20°C (Ω/Km)..... | 0,0511 |
| Intensidad máxima admisible (A) | 956 |

1.7.2.2. Cable tierra

Las características del cable de guarda son las siguientes:

| | |
|---|---------------------------|
| Tipo | OPGW-48 FO 43D58Z |
| Sección total (mm ²)..... | S _a = 100,3 |
| Diámetro total (mm) | d _a = 14,3 |
| Peso (daN/m) | p = 0,574 |
| Carga de rotura (daN)..... | C _r = 8.440 |
| Módulo de elasticidad (daN/mm ²) | E = 11.830 |
| Coefficiente de dilatación lineal (°C ⁻¹) | α = 14,1 10 ⁻⁶ |

1.7.2.3. Aislamiento

Se utilizarán cadenas de aisladores de vidrio templado de tipo caperuza y vástago según norma UNE 21 114 y UNE 21 124.

Se considera un nivel de contaminación medio (II), definiendo como adecuada una línea de fuga nominal de 20 mm/kV según ITC-LAT-07). Este nivel de contaminación es equivalente a zonas con industrias que no producen humo especialmente contaminante y con densidad media de viviendas equipadas con calefacción, o a zonas con elevada densidad de viviendas e industrias pero sujetas a vientos frecuentes y lluvia, o bien a zonas expuestas a vientos desde el mar, pero alejadas bastantes kilómetros a la costa.

Dada la tensión más elevada de la línea (245 kV), la línea de fuga mínima en la línea será de 4.900mm (245kV x 20 mm/kV, según ITC-LAT-07). Esta longitud será inferior a la línea de fuga que presentan las cadenas de aisladores utilizadas en este proyecto.

El tipo de aislador seleccionado para apoyos de suspensión y amarre es:

| | |
|-------------------------------------|----------------------|
| Denominación | U 160-BS |
| Material dieléctrico..... | Vidrio |
| Norma de fabricación y ensayo:..... | IEC60383 / IEC 60305 |
| Diámetro dieléctrico | 280 mm |
| Paso | 146 mm |
| Línea de fuga..... | 380 mm |
| Carga de rotura | 160 kN |
| Peso aprox. | 6,3 kg |

En estructuras de amarre en ángulo se emplearán cadenas de suspensión adicionales en el circuito exterior al ángulo para asegurar la distancia del puente flojo

Las cadenas de aisladores serán:

Suspensión:

Cadena de 15 aisladores para 220kV tipo U 160-BS con grapa de suspensión preformada, con una carga de rotura de 160kN, línea de fuga total de 5.700 mm (superior a 4.900 mm), una tensión soportado a impulso tipo rayo de 1100kV, a 50Hz en seco de 690kV y a 50Hz en lluvia de 495kV. La longitud de la cadena de amarre es de 2,750 m y su peso de 123 kg.

Amarre:

Cadena de 18 aisladores para 220kV tipo U 160-BS con grapa de compresión, con una carga de rotura de 320kN, línea de fuga total de 6.840 mm (superior a 4.900 mm), una tensión soportado a impulso tipo rayo de 1370kV, a 50Hz en seco de 855kV y a 50Hz en lluvia de 635kV. La longitud de la cadena de amarre es de 3,777 m y su peso de 247 kg.

1.7.2.4. Herrajes

Los herrajes son hierro forjado galvanizado en caliente y todos estarán adecuadamente protegidos contra la corrosión. Los herrajes estarán dimensionados para que la cadena cinemática que soporta cada cable soporte los esfuerzos máximos descritos en la Norma UNE 21 006, superando los coeficientes de seguridad reglamentarios.

1.7.2.5. Apoyos y cimentaciones

Se considera la elaboración de diseños de apoyos de suspensión, anclaje, paso aéreo-subterráneo y fin de línea, que permitan ajustarse a las diferentes condiciones del trazado y de la geografía del lugar. En concreto para esta línea las estructuras propuestas, denominadas tipo 220-IME-SUS-TC, tipo 220-IME-ANI-TC, tipo 220-IME-PAS-TC, tipo 220-IME-FL-TC, tipo HA y tipo IC, serán torres metálicas de acero galvanizado, enrejadas y auto soportadas de doble circuito y de resistencia adecuada al esfuerzo que hayan de soportar. Los apoyos propuestos no están dimensionados para soportar esfuerzos temporales con una configuración en bandera, por lo que el **tendido de los tres circuitos deberá realizarse de manera simultánea**.

Son estructuras de sección cuadrada compuestas de cabeza prismática recta y fuste de geometría tronco piramidal, construidas con perfiles angulares galvanizados, unidos mediante tornillería.

La cabeza será recta de entre 1,80 m y 2,50 m de ancho, y dispondrá de doble cúpula para colocación de los cables de protección y comunicaciones. Los apoyos de transición aéreo subterránea dispondrán de una cruceta adicional para la colocación de los terminales, autoválvulas y demás apartamentación necesaria para el paso de configuración aérea a configuración subterránea de la línea.

La línea está compuesta por 55 estructuras de cuatro tipos, según su función: fin de línea, anclaje (de ángulo o en alineación), transición aéreo-subterránea y de suspensión.

Los apoyos con función de fin de línea serán del tipo ICARO en configuración de doble circuito para los apoyos nº2 y nº58-1, con una distancia vertical entre fases de 5,8m, y un ancho de crucetas de 6 m y 5 m. El resto de los apoyos con función de fin de línea serán del tipo 220-IME-FL-TC en configuración de triple circuito con una distancia vertical entre fases de 8,00 m, y un ancho de crucetas de 7,50 m y 10,00 m. Los apoyos tendrán una doble cúpula de altura 6,20 m y 5,70 m de brazo para apoyos tipo 220-IME-FL-TC; y una cúpula simple de altura 7,20m para apoyos tipo IC, para poder amarrar los cables de comunicaciones.

Los apoyos con función de anclaje (típicamente los vértices) serán del tipo 220-IME-ANI-TC, en configuración de triple circuito, con una distancia vertical entre fases de 7,00 m, y un ancho de crucetas de 7,50 m y 10,60 m. Para realizar el cruce bajo la FUTURA LAT 220KV, el apoyo nº58-2 será del tipo HA –pórtico- sobre torres con cimentación monobloque, con una longitud de cruceta de 2,90 m. Los apoyos tipo 220-IME-ANI-TC tendrán una doble cúpula de altura 6,70 m y 6,00 m de brazo.

DIRECCIÓN GENERAL DE AGRICULTURA, GANADERÍA Y LA ALIMENTACIÓN DE
LA CONSEJERÍA DE MEDIO AMBIENTE Y ORDENACIÓN DEL TERRITORIO DE LA
COMUNIDAD DE MADRID

Los apoyos con función de transición aéreo-subterránea serán del tipo 220-IME-PAS-TC en configuración de triple circuito con una distancia vertical entre fases de 5,80 m, y un ancho de crucetas de 4,50 m para las crucetas superiores, 5,50 m para las crucetas intermedias, 6,50 m para las crucetas inferiores y 7,50 m para los soportes inferiores de autoválvulas y terminales. Los apoyos tendrán una doble cúpula de altura 4,40 m y 3,50 m de brazo para poder amarrar los cables de comunicaciones.

Los apoyos con función de suspensión serán del tipo 220-IME-SUS-TC, en configuración de triple circuito, con una distancia vertical entre fases de 7,00 m, y un ancho de crucetas de 6,80 m y 9,75 m. Los apoyos tipo 220-IME-SUS-TC tendrán una doble cúpula de altura 3,90 m y 5,40 m de brazo.

La selección del modelo de apoyo se ha realizado para que su geometría cumpla con las distancias reglamentarias, para el conductor y condiciones de diseño.

La cimentación será mayoritariamente del tipo fraccionada en cuatro macizos independientes, excepto para el apoyo tipo pórtico, el cual contará con cimentación monobloque. Estarán constituidas por un bloque de hormigón armado por cada uno de los anclajes del apoyo al terreno, debiendo asumir los esfuerzos de tracción o compresión que recibe el apoyo.

Cada bloque de cimentación se elevará sobre el terreno con objeto de proteger los extremos inferiores de los montantes y sus uniones; dichos zócalos terminarán en punta para facilitar así mismo la evacuación del agua de lluvia.

1.7.2.5.1. Apoyos 220-IME-SUS-TC

Son apoyos tronco-piramidales de sección cuadrada construidos con perfiles angulares galvanizados, unidos mediante tornillería.

La cabeza es recta de 1,80 m. de ancho. El fuste tronco piramidal se ancla al terreno con cimentación independiente en cada pata.

1.7.2.5.2. Apoyos 220-IME-ANI-TC

Son apoyos tronco-piramidales de sección cuadrada construidos con perfiles angulares galvanizados, unidos mediante tornillería.

La cabeza es recta de 2,20 m. de ancho. El fuste tronco piramidal se ancla al terreno con cimentación independiente en cada pata.

1.7.2.5.3. Apoyos 220-IME-FL-TC

Son apoyos tronco-piramidales de sección cuadrada construidos con perfiles angulares galvanizados, unidos mediante tornillería.

La cabeza es recta de 2,50 m. de ancho. El fuste tronco piramidal se ancla al terreno con cimentación independiente en cada pata.

1.7.2.5.4. Apoyos 220-IME-PAS-TC

Son apoyos tronco-piramidales de sección cuadrada construidos con perfiles angulares galvanizados, unidos mediante tornillería.

La cabeza es recta de 2,50 m. de ancho. El fuste tronco piramidal se ancla al terreno con cimentación independiente en cada pata.

1.7.2.5.5. Apoyos HALCÓN

Son apoyos tronco-piramidales de sección cuadrada construidos con perfiles angulares galvanizados, unidos mediante tornillería.

La cabeza es recta de 1,20 m. de ancho. El fuste tronco piramidal se ancla al terreno con cimentación monobloque.

1.7.2.5.6. Apoyos ICARO

Son torres tronco-piramidales de sección cuadrada construidas con perfiles de angulares galvanizados unidos mediante tornillos. Los montantes del fuste son de doble angular y las celosías dobles en toda la torre, incluida la cabeza, arriostrándose las del fuste con celosías auxiliares.

La cabeza es recta de 2,5 m de ancho. El fuste tronco-piramidal se ancla en el terreno con cimentaciones independientes de sección cuadrada o circular.

1.7.2.6. Puesta a tierra

En apoyos en zonas no frecuentadas los apoyos se pondrán a tierra mediante electrodos de difusión vertical.

En zonas frecuentadas se instalará una puesta a tierra en anillo adecuada a lo prescrito en el RLAT RD 223/2008 ITC- LAT 07.

1.7.2.7. Numeración y aviso de peligro

En cada apoyo se marca el número de orden que le corresponda, de acuerdo con el criterio de origen de la línea que se haya establecido.

Todos los apoyos llevan una placa de señalización de riesgo eléctrico, situada a una altura visible y legible desde el suelo a una distancia mínima de 2 m.

1.7.2.8. Antivibradores

Se colocarán amortiguadores del tipo Stockbridge en los conductores de fase, y el cable de protección y comunicaciones.

Estos antivibradores están formados por un cuerpo central de aleación de aluminio, un cable portador de 19 alambres de acero galvanizado y dos contrapesos de acero forjado galvanizado.

El número de antivibradores a utilizar dependerá de la longitud del vano y será en general dos a cada lado del apoyo si la longitud del vano es superior a 450 metros y de uno a cada lado del apoyo si esta longitud es inferior.

1.7.2.9. Dispositivos salvapájaros

En caso de ser necesaria la instalación, se instalarán dispositivos salvapájaros homologados para evitar riesgos de choques contra los cables de la línea de evacuación.

Estos dispositivos estarán formados por espirales de PVC rígido de 1 m de longitud y 30 cm de diámetro, de color blanco, rojo o naranja reflectante, e irán montados preferentemente en el cable de protección cada 5 metros conforme a lo estipulado en la declaración de impacto ambiental.

1.7.3. Características de los materiales del tramo subterráneo

1.7.3.1. Cables de potencia

Los cables aislados de 127/220 kV requerido para el presente tramo subterráneo para los tres circuitos es el siguiente:

Circuito 1 y Circuito 2:

RHE-RA+2OL 127/220 kV 1x2000MAL+T375AL: Cable aislado de aislamiento XLPE 127/220 kV de aluminio, cuerda tipo Milliken 1x2000 mm² de sección con doble obturación longitudinal en conductor y pantalla, protección radial y pantalla constituida por tubo de aluminio soldado a tope de 375 mm² de sección y cubierta exterior de polietileno de alta densidad (HDPE) con capa exterior semiconductora extrusionada conjuntamente con la cubierta, características mecánicas tipo DME1 y sin propiedades especiales ante la reacción al fuego.

Circuito 3:

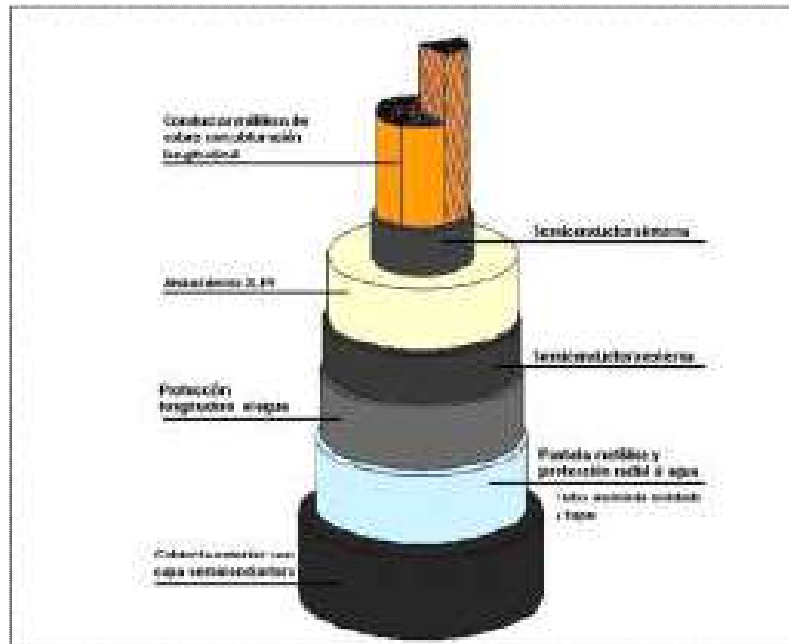
RHE-RA+2OL 127/220 kV 1x2500M+T375AL: Cable aislado de aislamiento XLPE 127/220 kV de cobre con tratamiento especial (oxidado o parcialmente esmaltado), cuerda tipo Milliken 1x2000 mm² de sección con doble obturación longitudinal en conductor y pantalla, protección radial y pantalla constituida por tubo de aluminio soldado a tope de 375 mm² de sección y cubierta exterior de polietileno de alta densidad (HDPE) con capa exterior semiconductora extrusionada conjuntamente con la cubierta, características mecánicas tipo DME1 y sin propiedades especiales ante la reacción al fuego.

1.7.3.1.1. Composición

La composición general de los cables aislados con pantalla constituida por tubo de aluminio para tensión nominal de 220 kV es la que se muestra a continuación:

- Conductor: sección circular de cobre de cuerda segmentada tipo Milliken con obturación frente al agua mediante cuerda o cinta de material hidrófilo.
- Semiconductora interna: capa extrusionada de material semiconductor.
- Aislamiento: polietileno reticulado (XLPE) super clean.
- Semiconductora externa: capa extrusionada de material semiconductor.
- Protección longitudinal al agua: cinta hinchable de estanqueidad colocada antes de la pantalla.
- Pantalla y protección radial al agua: Tubo de aluminio soldado a tope y adherido a la cubierta.

- Cubierta de polietileno de alta densidad (HDPE) de color diferente de negro con capa exterior semiconductora de color negro extrusionada conjuntamente con la cubierta. Características mecánicas DME1 y sin propiedades especiales ante la reacción al fuego para instalación entubada.



1.7.3.1.2. Características constructivas RHE-RA+2OL 127/220 kV 1x2000MAL+T375AL

- **CONDUCTOR**
 - Material Hilos de aluminio
 - Sección 2000 mm²
 - Tipo: Cuerda segmentada Milliken 5 o 6 segmentos clase 2 con obturación frente al agua mediante cuerda o cinta de material hidrófilo. No se permite la obturación mediante polvos
 - Diámetro nominal aprox..... 55,0 mm
- **SEMICONDUCTORA INTERNA**
 - Material Capa extruida de material semiconductor
 - Espesor nominal..... $E_{nom} \geq 2 \text{ mm}$
 - Espesor medio $E_{med} \geq E_{nom}$

- AISLAMIENTO

- Material Polietileno reticulado (XLPE) super clean
- Espesor nominal..... $E_{nom} \geq 21 \text{ mm}$
- Espesor medio $E_{med} \geq E_{nom}$
- Espesor mínimo absoluto en cualquier punto $E_{min_abs} \geq 0,9 \times E_{nom}$
- Excentricidad..... $\frac{E_{m\acute{a}x} - E_{m\acute{i}n}}{E_{m\acute{a}x}} \leq 0,10$
- Tg δ $\leq 0,0008$
- Temperatura máxima admisible en régimen permanente..... $90 \text{ }^\circ\text{C}$
- Temperatura máxima admisible en cortocircuito $250 \text{ }^\circ\text{C}$

- SEMICONDUCTORA EXTERNA

- Material Capa extruida de material semiconductor
- Espesor nominal..... $E_{nom} \geq 1,5 \text{ mm}$
- Espesor medio $E_{med} \geq E_{nom}$

- PROTECCIÓN LONGITUDINAL AL AGUA

La pantalla metálica se obturará para evitar la propagación longitudinal del agua. Esta obturación se realizará debajo de la pantalla metálica y su diseño deberá cumplir el ensayo de penetración de agua según norma UNE 211067 y sus materiales deberán ser compatibles con el resto de los materiales con los que esté en contacto.

- PANTALLA Y PROTECCIÓN RADIAL AL AGUA

- Material Tubo de aluminio soldado a tope
- Sección mínima..... 375 mm^2

- CUBIERTA EXTERIOR

- Material: Cubierta de poliolefina (Z1) de color gris con capa exterior semiconductora de color negro extrusionada conjuntamente con la cubierta.
- Color cubierta Gris
- Color capa exterior semiconductora Negro
- Espesor nominal..... $\geq 4,5 \text{ mm}$
- Espesor medio $E_{med} \geq E_{nom}$
- Espesor mínimo absoluto en cualquier punto $\geq 0,85 \times E_{nom} - 0,1 \text{ mm}$

- Características mecánicas..... DME1
- Propiedades ante la reacción al fuego..... Clase mínima Fca
- CARACTERÍSTICAS CABLE TERMINADO
 - Diámetro exterior nominal aprox..... 121,5 mm
 - Peso aprox 14,8 kg/m
- CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS
 - Radio curvatura mínimo:
 - Durante el tendido
 - Directamente enterrado o al aire 3,65 m
 - En banco de tubos 12,5 m
 - En instalación definitiva..... 2,45 m
 - Esfuerzo máximo de tiro 6.000 daN
 - Esfuerzo máximo lateral 2.500 daN/m

1.7.3.1.3. Características constructivas RHE-RA+2OL 127/220 kV 1x2500M+T375AL

- CONDUCTOR
 - Material Hilos de cobre oxidados o parcialmente esmaltados
 - Sección 2.500 mm²
 - Tipo: Cuerda segmentada Milliken 5 o 6 segmentos clase 2 con obturación frente al agua mediante cuerda o cinta de material hidrófilo. No se permite la obturación mediante polvos
 - Diámetro nominal aprox..... 65,2 mm
- SEMICONDUCTORA INTERNA
 - Material Capa extruida de material semiconductor
 - Espesor nominal..... $E_{nom} \geq 2$ mm
 - Espesor medio $E_{med} \geq E_{nom}$
- AISLAMIENTO
 - Material Polietileno reticulado (XLPE) super clean
 - Espesor nominal..... $E_{nom} \geq 21$ mm

- Espesor medio Emed \geq Enom
- Espesor mínimo absoluto en cualquier punto Emin_abs \geq 0,9xEnom
- Excentricidad..... $\frac{E_{m\acute{a}x} - E_{m\acute{i}n}}{E_{m\acute{a}x}} \leq 0,10$
- Tg δ $\leq 0,0008$
- Temperatura máxima admisible en régimen permanente..... 90 °C
- Temperatura máxima admisible en cortocircuito 250 °C

- SEMICONDUCTORA EXTERNA

- Material Capa extruida de material semiconductor
- Espesor nominal..... Enom \geq 1,5 mm
- Espesor medio Emed \geq Enom

- PROTECCIÓN LONGITUDINAL AL AGUA

La pantalla metálica se obturará para evitar la propagación longitudinal del agua. Esta obturación se realizará debajo de la pantalla metálica y su diseño deberá cumplir el ensayo de penetración de agua según norma UNE 211067 y sus materiales deberán ser compatibles con el resto de los materiales con los que esté en contacto.

- PANTALLA Y PROTECCIÓN RADIAL AL AGUA

- Material Tubo de aluminio soldado a tope
- Sección mínima..... 375 mm²

- CUBIERTA EXTERIOR

- Material: Cubierta de poliolefina (Z1) de color gris con capa exterior semiconductor de color negro extrusionada conjuntamente con la cubierta.
- Color cubierta Gris
- Color capa exterior semiconductor Negro
- Espesor nominal..... \geq 4,5 mm
- Espesor medio Emed \geq Enom
- Espesor mínimo absoluto en cualquier punto \geq 0,85xEnom - 0,1 mm
- Características mecánicas..... DME1
- Propiedades ante la reacción al fuego..... Clase mínima Fca

- **CARACTERÍSTICAS CABLE TERMINADO**
 - Diámetro exterior nominal aprox..... 132,0 mm
 - Peso aprox 33,9 kg/m

- **CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS**
 - Radio curvatura mínimo:
 - Durante el tendido
 - Directamente enterrado o al aire4,0 m
 - En banco de tubos 12,5 m
 - En instalación definitiva.....2,45 m
 - Esfuerzo máximo de tiro 10.000 daN
 - Esfuerzo máximo lateral2.500 daN/m

1.7.3.1.4. Características eléctricas RHE-RA+2OL 127/220 kV 1x2000MAL+T375AL

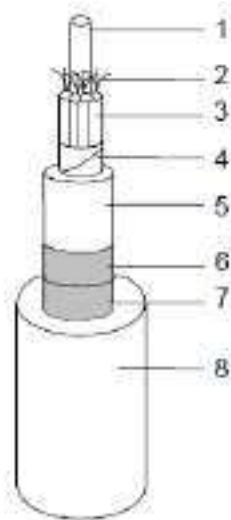
| | |
|---|---------------------|
| Corriente | Alterna trifásica |
| Frecuencia | 50 Hz |
| Tensión asignada | 220 kV |
| Tensión más elevada del material | 245 kV |
| Categoría de la red..... | A (Según UNE 20435) |
| Tensión soportada a impulso tipo rayo | 1050 kV |
| Tensión soportada a frecuencia industrial (30 min)..... | 318 kV |
| Intensidad máxima admisible de cortocircuito en conductor | ≥50 kA |
| Duración del cortocircuito | 0,5 s |
| Temperatura inicial | 90 °C |
| Temperatura final | 250 °C |
| Intensidad máxima admisible de cortocircuito en pantalla | ≥50 kA |
| Duración del cortocircuito | 0,5 s |
| Temperatura inicial | 80 °C |
| Temperatura final | 250 °C |
| Resistencia en continua a 20 °C del conductor..... | ≤ 14,9 uΩ/m |
| Gradiente eléctrica semiconductor interna..... | ≤ 8 kV/mm |
| Gradiente eléctrico semiconductor externa..... | ≤ 4,7 kV/mm |
| Capacidad nominal..... | ≤ 0,249 uF/km |

1.7.3.1.5. Características eléctricas RHE-RA+2OL 127/220 kV 1x2500M+T375AL

| | |
|---|---------------------|
| Corriente | Alterna trifásica |
| Frecuencia | 50 Hz |
| Tensión asignada | 220 kV |
| Tensión más elevada del material | 245 kV |
| Categoría de la red..... | A (Según UNE 20435) |
| Tensión soportada a impulso tipo rayo | 1050 kV |
| Tensión soportada a frecuencia industrial (30 min)..... | 318 kV |
| Intensidad máxima admisible de cortocircuito en conductor | ≥50 kA |
| Duración del cortocircuito | 0,5 s |
| Temperatura inicial | 90 °C |
| Temperatura final | 250 °C |
| Intensidad máxima admisible de cortocircuito en pantalla | ≥50 kA |
| Duración del cortocircuito | 0,5 s |
| Temperatura inicial | 80 °C |
| Temperatura final | 250 °C |
| Resistencia en continua a 20 °C del conductor..... | ≤ 7,2 uΩ/m |
| Gradiente eléctrica semiconductor interna..... | ≤ 7,7 kV/mm |
| Gradiente eléctrico semiconductor externa..... | ≤ 4,8 kV/mm |
| Capacidad nominal..... | ≤ 0,282 uF/km |

1.7.3.2. Cable de fibra óptica

A lo largo del recorrido de la línea se instalarán dos cables de fibra óptica para comunicaciones, aislado con protección antirroedores tipo OSGZ1-48/0 o similar. El cable estará constituido por un núcleo óptico con capacidad para 48 fibras ópticas G652 apoyado sobre un soporte central dieléctrico y diversos recubrimientos protectores de refuerzo y cubiertas, según la figura adjunta a continuación.



1. Soporte central dieléctrico rígido.
2. Fibras ópticas.
3. Protección holgada taponada con gel antihumedad. Núcleo óptico taponado con gel antihumedad.
4. Cintas de protección y sujeción del núcleo óptico.
5. Cubierta termoplástica interior.
6. Refuerzo compuesto por hilados de vidrio.
7. Sujeción de los hilados de vidrio.
8. Cubierta exterior de poliolefina (Z1).

Fig.- Constitución típica del cable óptico subterráneo tipo OSGZ1

Los tubos irán rellenos con un compuesto antihumedad que cumplirá la norma IEC 60794 en cuanto a viscosidad, penetración del cono y densidad y estará preparado de modo que evite la penetración y/o propagación del agua por el interior del cable y la acción de los iones de hidrógeno y estará protegido por una cubierta plástica.

Por último, se extruirá una cubierta exterior de material termoplástico sobre el conjunto.

Las características físicas, mecánicas y eléctricas y los métodos de ensayo de estos cables de fibra óptica, cumplirán lo dispuesto en la norma UNE EN 60794 "Cables de fibra óptica".

En el circuito óptico subterráneo se instalará cajas de empalme en la que materializar la fusión del conjunto de fibras ópticas.

1.7.3.3. Canalización subterránea

Las canalizaciones en general discurrirán por terrenos de dominio público en suelo interurbano y siempre evitando los ángulos pronunciados. El trazado será lo más rectilíneo posible. La distancia mínima de seguridad a cada lado de la canalización (edificios, árboles...), será igual a la mitad de la anchura de la canalización. Esta distancia no será aplicable a las galerías. El radio de curvatura después de instalado el cable

DIRECCIÓN GENERAL DE AGRICULTURA, GANADERÍA Y LA ALIMENTACIÓN DE
LA CONSEJERÍA DE MEDIO AMBIENTE Y ORDENACIÓN DEL TERRITORIO DE LA
COMUNIDAD DE MADRID

será como mínimo, 15 veces el diámetro nominal de cable. Los radios de curvatura en operaciones de tendido serán superiores a 20 veces el diámetro nominal de cable. Los cables podrán instalarse en las formas que se indican a continuación.

Canalización

La canalización que se utilizará será de triple circuito de conductores enterrados bajo tubo de 250 mm de diámetro exterior y hormigonado con una configuración de conductores en tresbolillo.

La profundidad máxima de la zanja será de 1,8 metros y la anchura de 3,0 metros quedando la parte superior del tubo más próximo a la superficie a una distancia superior a 0,6 metros con respecto al terreno como marca el punto 4.2 de la ITC-LAT-06. Adicionalmente, se mantendrá una distancia adicional de seguridad de 0,4 metros en terrenos destinados al cultivo en los que haya posibilidad de paso de maquinaria agrícola.

Esta canalización dispone de tubos de plástico de doble capa de diámetro 250 mm para los cables de potencia, tubos de plástico 110 mm de diámetro para los cables de acompañamiento y unos ductos de 40 mm de diámetro para el cable de telecomunicaciones.

Para el tendido de los cables de potencia se instalarán por cada circuito 3 tubos de 250 mm de diámetro exterior (interior 209 mm), en disposición al tresbolillo. Los tubos serán tubos rígidos corrugados de doble pared fabricados en polietileno de alta densidad.

Para la colocación de cada terna de tubos se emplearán separadores, de forma que se instalarán cada metro y en posición vertical de forma que el testigo del hormigón quede en su posición más elevada.

Además de los tubos de los cables de potencia, se colocará dos tubos de polietileno de doble pared de 110 mm de diámetro exterior. Este tubo es para la instalación del cable de cobre aislado 0,6/1 kV de acompañamiento para la conexión de las pantallas. Además, al igual que los tubos de los cables de potencia, este tubo estará sujeto mediante el mismo separador que para los cables de potencia.

Para la instalación de los cables de fibra óptica, en el testigo del separador existe un soporte preparado para sujetar los tubos de telecomunicaciones, de tal forma que se colocará cuatro tubos de polietileno de 4 x 40 mm de diámetro exterior en el soporte del separador de cada terna de tubos.

Los cambios de dirección del trazado del tramo subterráneo se intentarán realizar con radios de curvatura no inferiores a 12,5 m (50 veces el diámetro exterior del tubo) con motivo de facilitar la operación de tendido.

Una vez colocados los tubos de los cables de potencia, tubos de los cables de acompañamiento y los tubos de telecomunicaciones, se procederá al hormigonado de los mismos. Finalmente, tanto los tubos de los cables de potencia, tubos de los cables de acompañamiento y los tubos de telecomunicaciones, quedarán totalmente rodeados por el hormigón constituyendo un prisma de hormigón que tiene como función la inmovilización de los tubos y soportar los esfuerzos de dilatación-contracción térmica o los esfuerzos de cortocircuito que se producen en los cables. Cuando se prevea que la

DIRECCIÓN GENERAL DE AGRICULTURA, GANADERÍA Y LA ALIMENTACIÓN DE
LA CONSEJERÍA DE MEDIO AMBIENTE Y ORDENACIÓN DEL TERRITORIO DE LA
COMUNIDAD DE MADRID

temperatura ambiente descienda por debajo de los 0°C en las 48 horas posteriores al hormigonado, se admitirá el uso de los aditivos necesarios previa consulta.

Una vez hormigonada la canalización se rellenará la zanja, con tierra procedente de la excavación cuando cumplan con el criterio mínimo de “terreno adecuado” y cuando éstas permitan alcanzar el grado de compactación requerido del 95% P.M. (Proctor Modificado). Si las tierras extraídas no fuesen aptas para el relleno se realizará mediante tierra de préstamo. Dentro de esta capa de relleno, a una distancia de 250 mm del dado de hormigón, se instalarán las cintas de polietileno de 150 mm de ancho, indicativas de la presencia de cables eléctricos de alta tensión.

Por último, se procederá a la reposición del pavimento o firme existente en función de la zona por la que transcurra la instalación.

La canalización cumple con lo dispuesto en el apartado 4.2 de la ITC-LAT-06 del actual Reglamento de líneas de alta tensión (radios de curvatura, diámetro mínimo interior de los tubos, distancias a la superficie, señalización y protección mecánica).

Conforme a lo establecido en el artículo 162 del RD 1955/2000, de 1 de diciembre, para las líneas subterráneas se prohíbe la plantación de árboles y construcción de edificios e instalaciones industriales en la franja definida por la zanja donde van alojados los conductores incrementada a cada lado en una distancia mínima de seguridad igual a la mitad de la anchura de la canalización.

1.7.3.4. Arquetas de telecomunicaciones

Para poder realizar los empalmes de los cables de fibra óptica necesarios para las comunicaciones entre las subestaciones y como ayuda para el tendido de los mismos se requiere la instalación de arquetas de telecomunicaciones.

La zanja tipo de telecomunicaciones para estas desviaciones se realizará según el plano. Las arquetas serán sencillas (de 905 mm x 815 mm x 1.150 mm) y dobles (de 905 mm x 1.440 mm x 1.150 mm) y se emplearán para facilitar el tendido de los cables de telecomunicaciones y tener puntos intermedios en el caso de averías.

Las arquetas serán de poliéster reforzado con fibra de vidrio (PRFV) con nervaduras exteriores para soportar la presión exterior. Las arquetas se emplearán como “encofrado perdido” relleno sus laterales tanto paredes como solera con hormigón HM/20/P/20 de 20 cm de espesor mínimo. La pared de hormigón deberá ser continua desde el suelo hasta recoger el cerco de la tapa de fundición.

Las arquetas dispondrán de tapa de función tipo D-400 si fuera instalada en calzada y tipo B-125 si fuera instalada en acera/tierra.

El tubo de telecomunicaciones se instalará en una única pieza sin empalmes entre las arquetas dobles de telecomunicaciones, siendo pasantes en las arquetas sencillas. En el interior de las arquetas dobles se realizará corte del tubo a 30 cm de la pared interior.

Las arquetas sencillas se instalarán según la tabla adjunta:

| Instalación arquetas sencillas telecomunicaciones | |
|---|------------------------------|
| Distancia (m) entre cámaras de empalme / cámara de empalme y subestación o cámara de empalme | Nº arquetas sencillas |
| ≤ 250 | 0 |
| $250 < x \leq 500$ | 1 |
| $500 < x \leq 750$ | 2 |
| $750 < x \leq 1000$ | 3 |

Las arquetas dobles se instalarán en cada cámara de empalme, en las proximidades de los soportes metálicos de los parques tipo intemperie y en los puntos singulares del trazado, según proyectista de la instalación.

1.7.3.5. Mandrilado

Una vez finalizada la obra civil, para comprobar que se ha realizado adecuadamente, se realizará el mandrilado en los dos sentidos de todos los tubos. Para realizar dicho mandrilado se emplearán mandriles adecuados a las dimensiones de cada tubo.

El mandril deberá recorrer la totalidad de los tubos y deslizarse por ellos sin aparente dificultad. El mandril deberá arrastrar una cuerda guía que servirá para el tendido del piloto que se empleará posteriormente en el tendido de los cables. La cuerda guía deberá ser de nylon de diámetro no inferior a 10 mm para los tubos de los cables de potencia y de diámetro no inferior a 5 mm para los tubos de telecomunicaciones.

Una vez hayan sido mandrilados todos los tubos sus extremos deberán ser sellados con espuma de poliuretano o tapones normalizados para evitar el riesgo de que se introduzca cualquier elemento (agua, barro, roedores, etc.) hasta el momento en que vaya a ser realizado el tendido de los cables.

1.7.3.6. Cámaras de empalme

La futura terna de empalme de los cables activos de la línea, así como el equipamiento auxiliar para conexionado especial a tierra de las pantallas de éste, se albergarán en cámaras no visitable y de dimensiones adecuadas a intercalar, en todo su trazado, función, precisamente, del esquema de conexión a tierra de las pantallas.

Así, estará concebida en una única envolvente prefabricada de hormigón armado, monobloque (pieza única) y estanca. Esta envolvente estará diseñada para su instalación soterrada. Una vez montada, su estanqueidad total debe quedar asegurada tanto por sus características constructivas (adecuada selección del tipo de ambiental en la tipificación del hormigón y/o uso de aditivos) como por los tratamientos impermeabilizantes empleados (pinturas bituminosas o tratamientos alternativos).

DIRECCIÓN GENERAL DE AGRICULTURA, GANADERÍA Y LA ALIMENTACIÓN DE
LA CONSEJERÍA DE MEDIO AMBIENTE Y ORDENACIÓN DEL TERRITORIO DE LA
COMUNIDAD DE MADRID

Para facilitar el izado, manipulación y colocación de estas envolventes, dispondrán de elementos de tiro dispuestos dos a dos de manera que el tiro respecto a la vertical no sea superior a 30°.

Las dimensiones exteriores de referencia de la cámara proyectada tipo serán de 10,40 x 2,40 x 1,45 m (largo x ancho x alto). La cámara de empalme irá asentada entre una pendiente mínima de un 2% y una máxima de un 10%. El asiento se solucionará por medio de una capa de hormigón de regularización y limpieza, losa de cimentación de hormigón armado sobre la que disponer una cama de arena fina de nivelación de debidamente compactada. El material de relleno perimetral de hastiales estará exento de elementos que dañen el revestimiento impermeabilizante de la cámara.

Por último, indicar que para garantizar la explotación segura de la instalación frente a las personas, las cámaras irán dotados de una red de tierras con dos dobles anillos interconectadas según se describe en los planos adjuntos.

1.7.3.7. Señalización

En superficie y a lo largo del trazado completo de la canalización entubada, se dispondrán, estratégicamente situados, diferentes hitos y/o placas de señalización a una distancia media de referencia de 50 a 75 metros entre dos sucesivos. Se tendrá la precaución de que hacer siempre visible desde cada hito, al menos, los inmediatamente anterior y posterior.

Se señalarán igualmente los cambios de dirección del trazado, identificando, en los tramos curvos, los puntos de inicio y final de la curva y, opcionalmente, el punto medio de esta.

En las placas de identificación de cada hito se troquelará la tensión del circuito de AT/MAT soterrado (220 kV, en el caso de interés para este proyecto), así como la distancia y profundidad a la que se ubica la canalización respecto al hito correspondiente.

1.7.3.8. Conexiones de conductores

Los empalmes y terminales de los conductores subterráneos se efectuarán siguiendo métodos que garanticen una perfecta continuidad del conductor y de su aislamiento, utilizando los materiales adecuados de acuerdo con las instrucciones del fabricante.

En los puntos de unión de los distintos tramos de tendido se utilizarán empalmes adecuados a las características de los conductores a unir.

Los empalmes y terminales no deberán disminuir las características eléctricas y mecánicas del cable empalmado debiendo cumplir las siguientes condiciones básicas:

- La conductividad de los cables empalmados no puede ser inferior a la de un sólo conductor sin empalmes de la misma longitud.
- El aislamiento del empalme ha de ser tan efectivo como el aislamiento propio del cable.

- El empalme debe estar protegido para evitar el deterioro mecánico y la entrada de humedad.
- El empalme debe resistir los esfuerzos electrodinámicos en caso de cortocircuito, así como el efecto térmico de la corriente tanto en régimen permanente como en el caso de sobrecargas y cortocircuitos.
- Los empalmes y terminales serán premoldeados o preformados y ensayados en fábrica según especificaciones. Los empalmes y terminales serán preferentemente contráctiles en frío o deslizantes, serán totalmente secos, no admitiéndose ningún tipo de aceite aislante entre el elemento de control de campo y la envolvente exterior.

Los materiales de los empalmes y terminales cumplirán con la Norma UNE-EN 61238 y UNE-HD 629, tal y como prevé la ITC-LAT-02 "Normas y especificaciones técnicas de obligado cumplimiento".

El nivel de aislamiento de los cables y sus accesorios de alta tensión (A.T.) deberán adaptarse a los valores normalizados indicados en las normas UNE 211435 "Guía para la elección de cables de alta tensión" y la norma de Coordinación de aislamiento UNE-EN 60071 parte 1 y 2.

1.7.3.9. Puesta a tierra

1.7.3.9.1. Elementos a conectar a tierra

En las redes subterráneas de Alta Tensión se conectarán a tierra los siguientes elementos:

- Bastidores de los elementos de protección
- Pantallas metálicas de los cables, empalmes y terminales, según el sistema de conexión elegido para cada caso, tal y como se indica en el apartado siguiente.

Todos estos elementos se regirán por lo establecido en el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión y sus Instrucciones Técnicas Complementarias ITC-RAT-13 y con lo previsto en los apartados 4.9 de la ITC-LAT-06 y 7.1 de la ITC-LAT-07 del actual Reglamento de líneas de alta tensión.

1.7.3.9.2. Conexión de las pantallas de los cables

Los cables disponen de una pantalla sobre la que se inducen tensiones. Dependiendo del tipo de conexión de las pantallas a tierra, pueden, o bien aparecer corrientes que disminuyen la intensidad máxima admisible, o bien aparecer tensiones inducidas que pueden alcanzar valores peligrosos.

La conexión de las pantallas será en "Cross Bonding" seccionado. Este estilo de conexión consiste en interrumpir las pantallas y transponerlas ordenadamente, aprovechando los puntos de empalme de los cables para neutralizar la tensión inducida en el total de los tres tramos consecutivos y poniendo a tierra ambos extremos de la línea resultando la corriente por las pantallas despreciable.

La ventaja frente a la conexión en un solo extremo es que no necesita conductor de retorno por tierra, ya que las pantallas forman un paso continuo desde un extremo a otro de la línea y están puestas a tierra en los dos extremos.

Este tipo de conexión se aplica en líneas en que sea necesaria la realización de dos o más empalmes intermedios, y donde se quiera eliminar las corrientes de pantalla.

Consiste en interrumpir las pantallas y transponerlas ordenadamente, aprovechando los puntos de empalme de los cables, para neutralizar la tensión inducida en el total de tres tramos consecutivos, (siempre y cuando estos tengan longitudes sensiblemente iguales) y poniendo a tierra ambos extremos de la línea, resultando una corriente de pantalla despreciable. En los puntos donde se realiza la transposición de pantallas se deben instalar unas cajas de conexión provistas de descargadores de tensiones.

Respecto de una conexión en Single-Point presenta la ventaja de no requerir de conductor de equipotencial.

La tensión inducida en las pantallas es máxima en los empalmes intermedios de transposición, no debiendo sobrepasar los límites fijados en el punto anterior, considerando el tramo más largo, en condiciones normales de servicio y para la máxima corriente admisible por el conductor. En condiciones normales de servicio y para la corriente máxima admisible por el cable, no debe sobrepasar el valor de 150 V, que garantizan para las resistividades contempladas en las diferentes instalaciones una tensión de contacto aplicada igual o inferior a 50 V.

Consiste en dividir la longitud total de la línea en secciones independientes (constituidas por tres tramos elementales) conectadas en serie, de forma que en la unión entre dos secciones, y en los extremos de la línea, las pantallas se conectan rígidamente a tierra, y en los empalmes intermedios de cada sección se realiza la permutación de fases y pantallas.

La tensión inducida en tres tramos consecutivos de pantallas en régimen de servicio continuo con intensidades equilibradas, para una disposición de conductores al tresbolillo, es nula, por ser la suma de tres tensiones iguales desfasadas 120° , al ser las inductancias mutuas entre conductores y pantallas iguales en las tres fases. En consecuencia, no hay corrientes de circulación por las pantallas.

La tensión inducida en tres tramos consecutivos de pantallas en régimen de servicio continuo con intensidades equilibradas, para una disposición de conductores en capa

o bandera no es nula, aunque los tres tramos sean de la misma longitud, al no ser las inductancias mutuas entre conductores y pantallas iguales en las tres fases. Sin embargo como las tensiones inducidas están desfasadas 120° , y las impedancias de cada circuito de pantalla son iguales, el sistema de tensiones e impedancias es equilibrado y la corriente a tierra será nula.

En consecuencia, en régimen de servicio continuo equilibrado las corrientes de circulación por las pantallas son pequeñas respecto de otras conexiones (Both-Ends), pero no son siempre nulas. La corriente a tierra sí que es siempre nula.

Como ventaja respecto de la disposición Single-point se consigue que en régimen de servicio continuo:

- La tensión entre pantalla y tierra en ambos extremos sea nula.
- La tensión máxima inducida en un circuito de pantallas será tres veces inferior en comparación con una configuración Single-Point de la misma longitud.

Debido al efecto de compensación de campo magnético por la circulación de corriente por las pantallas puestas a tierra, las tensiones inducidas en caso de cortocircuito sobre otros cables que discurren paralelos son mucho menores que para una disposición en Single-Point, motivo por el cual este sistema de conexión es preferible a un sistema en Single-Point con n tramos.

Esta conexión de puesta a tierra cumple con lo señalado en el apartado 4.9 ITC-LAT-06 Sistema de puesta a tierra del actual Reglamento de líneas de alta tensión.

1.7.3.9.3. Disposición de la puesta a tierra

Los elementos que constituyen la puesta a tierra son:

- Elementos de conexión a tierra de las pantallas
- Línea de tierra
- Electrodo de puesta a tierra

1.7.3.9.3.1. Elementos de conexión a tierra de las pantallas

Los elementos de conexión de las pantallas a tierra, son los que se detallan a continuación:

a) Conexión rígida

La conexión directa de las pantallas a tierra, se realiza mediante un puente desmontable, instalado en el interior de una caja metálica estanca pintada interior y exteriormente con resina de poliéster, apta para instalación intemperie.

DIRECCIÓN GENERAL DE AGRICULTURA, GANADERÍA Y LA ALIMENTACIÓN DE LA CONSEJERÍA DE MEDIO AMBIENTE Y ORDENACIÓN DEL TERRITORIO DE LA COMUNIDAD DE MADRID

La conexión se hará mediante cable unipolar con conductor de cobre y aislamiento 0,6/1 kV. La mínima sección del cable será 185 mm².

b) Cruzamiento de pantallas

Se empleará una caja tripolar de cruce de pantallas (idéntica a la tripolar de puesta a tierra, descrita en el apartado anterior), apta para instalación directamente enterrada. Para la puesta a tierra directa de los empalmes intermedios en el Cross bonding seccionado, se utilizará esta misma caja, pero sin instalar descargadores de tensiones.

El cable de conexión pantallas-caja, estará compuesto por dos conductores concéntricos, cada uno de los cuales conectará uno de los dos extremos de la pantalla interrumpida a sendas barras de contacto para su cruce.

El aislamiento será de 0,6/1 kV y la sección será de al menos igual a la sección de pantalla del cable y, por tanto, capaz de soportar la intensidad de cortocircuito.

Este cable será de una sección mínima de 2x185mm², valor superior al previsto en la ITC-LAT-06 apartado 6.2 que es de 25 mm², y valor superior según el cálculo de máxima corriente de cortocircuito a tierra admisible del apartado 6.2 que da un valor mínimo de aproximadamente 180 mm² para 250 °C de temperatura máxima del conductor.

Justificación por Intensidad máxima de cortocircuito admisible a tierra

Según la norma EN-50341-1 e ITC-LAT-06 apdo. 6.2, La corriente de cortocircuito máxima admitida por la línea de tierra en función de la duración del defecto y de las características de los conductores de puesta a tierra, a efectos de no sobrepasar la temperatura máxima permisible, considerando el proceso adiabático, se calculará mediante la siguiente expresión:

$$\frac{I}{S} = \frac{K}{\sqrt{\frac{t_f}{\ln\left(\frac{\theta_f + \beta}{\theta_i + \beta}\right)}}$$

siendo:

- S: es la sección, en mm²
- I: es la corriente, en A (valor eficaz)
- t_f: es la duración de la corriente de falta, en s
- K: es una constante que depende del material del circuito de tierra por el que circula la corriente, en A (s^{1/2})/mm². Según la ITC-RAT 13, los valores de K para una temperatura final de los electrodos y líneas de puesta a tierra de 200 °C y 300 °C son los siguientes:

| 200 °C | 300 °C |
|---|---|
| K=160 A (s ^{1/2})/mm ² para el cobre | K=192 A (s ^{1/2})/mm ² para el cobre |
| K=60 A (s ^{1/2})/mm ² para el acero | K=72 A (s ^{1/2})/mm ² para el acero |

β : es $1/\alpha_0$, siendo α_0 el coeficiente de variación de la resistividad con la temperatura a 0°C. Para el aluminio $\beta=228$ °C. Para el cobre $\beta=235$ °C. Para el acero $\beta=202$ °C

θ_i : es la temperatura inicial en °C

θ_f : es la temperatura final en °C

Si se considera la temperatura inicial de 30 °C y una temperatura máxima de 250 °C, para un defecto de una duración de 0,5 s, la sección mínima teórica necesaria para soportar una corriente de cortocircuito fase-tierra de 31,5 kA es aproximadamente 180 mm².

Por tanto, el cable cumple con la norma UNE-EN 60228 "Conductores de cables aislados" y la norma UNE 21123-2 "Cables eléctricos de utilización industrial de tensión asignada 0,6/1 kV. Parte 2: Cables con aislamiento de polietileno reticulado y cubierta de policloruro de vinilo".

1.7.3.9.3.2. Línea de tierra

Es el conductor que une el electrodo de puesta a tierra con el punto de la instalación que ha de conectarse a tierra, es decir, las cajas de puesta a tierra de empalmes y terminales.

En una instalación puede haber 2 tipos de puesta a tierra:

- La puesta a tierra de servicio conectará a tierra los extremos de los descargadores de tensiones
- La puesta a tierra de protección conectará a tierra los elementos metálicos de la instalación, por criterios de seguridad

1.7.3.9.3.3. Electrodo de puesta a tierra

Los electrodos de puesta a tierra están constituidos, bien por picas de acero-cobre, bien por conductores de cobre desnudo enterrados horizontalmente, o bien por combinación de ambos, según norma UNE 207015 y Norma UNE 21056.

1.7.3.9.4. Puesta a tierra de cámaras de empalme

En el interior de las cámaras de empalme se dispondrá de un anillo superficial al que se unirán todos los elementos a conectar a tierra. Se empleará para este anillo cable de cobre desnudo de 120 mm² de sección. Las características y diseño de este anillo cumplen lo dicho en el apartado 4.9 de la ITC-LAT 06 que deriva a los apartados 7.2 y 7.3 ITC-LAT-07 del Reglamento de Líneas Eléctricas de Alta Tensión.

Todas las uniones a realizar a este anillo incorporarán herrajes apropiados que garanticen la continuidad eléctrica de los conductores.

El anillo superficial se unirá al electrodo de puesta a tierra enterrado por medio de un cable de cobre desnudo de cobre de 120 mm² de sección. A fin de no perforar las paredes de la cámara de empalme, se aprovecharán los sumideros de drenaje para realizar 2 conexiones.

La arqueta de puesta a tierra se situará próxima a la cámara de empalme, de forma que la longitud de los conductores empleados para la unión de las tierras de ambos elementos no supere los 10 m. Al anillo superficial de la cámara de empalme se conectarán los elementos susceptibles de puesta a tierra de la arqueta de puesta a tierra.

Se realizará el esquema de conexionado de las cámaras de empalme según se describe en los planos adjuntos.

1.7.3.9.5. Cajas de puesta a tierra

Son cajas de conexión con envoltura estanca en tapa atornillable de acero inoxidable para instalaciones enterradas bien sea directamente o en tubulares.

En el interior de las cajas, las conexiones a tierra se realizarán mediante pletinas desmontables de latón, ya sea directamente a tierra o a través de los correspondientes limitadores de tensión de pantalla (LTP) de óxido metálico conectados a tierra.

Además, se pondrán a tierra todos los soportes metálicos de sujeción de cables o terminales.

El cable de tierra que conecta los terminales o empalmes con las cajas de puesta tierra no podrá tener una longitud superior a 10 metros.

Serán unipolares en los extremos intermedia de ambas subestaciones y tripolares en las cámaras de empalme intermedias. En estas cámaras las cajas dispondrán de la transposición de las conexiones para realizar correctamente el cross – bonding.

Cumplirán con la norma UNE-EN 50102 “Grados de protección por las envolventes de materiales eléctricos contra impactos mecánicos externos” según la ITC – LAT 02 del Reglamento de líneas de alta tensión.