

Calculo Eléctrico Líneas Subterráneas

MakerGarage

Abril 2021

Índice

1. Longitud crítica	3
2. Calcular la máxima potencia activa que pueden transportar una línea en función de su longitud, para una carga resistiva conectada en su extremo, teniendo en cuenta la carga capacitiva del cable	3
3. Densidad de corriente máxima admisible	3
4. La sección mínima del conductor según criterio de intensidad máxima en régimen permanente	4
I. Elección de la tensión nominal	4
II. Cálculo de la sección del cable por intensidad máxima admisible	4
5. La sección mínima del conductor que soporta térmicamente la intensidad de cortocircuito	5
6. Máxima caída de tensión admisible por el conductor	6
7. Elementos de un conductor	6
8. Conductor enterrado	7
9. Puesta a tierra de las pantallas	7
I. Solid Bonding	8
II. Single Bonding	9
III. Cross Bonding	10

1. Longitud crítica

$$L_c = \frac{I_z \cdot \sqrt{3} \cdot 10^3}{U_n \cdot \omega \cdot C} \text{ (km)}$$

Donde:

- I_z es la intensidad máxima admisible del cable [A]
- U_n es la tensión de línea en [kV]
- C es la capacidad de la línea en [$\frac{\mu F}{km}$]

2. Calcular la máxima potencia activa que pueden transportar una línea en función de su longitud, para una carga resistiva conectada en su extremo, teniendo en cuenta la carga capacitiva del cable

$$S_G = \sqrt{3} \cdot U_n \cdot I_z \cdot 10^{-6} [MVA]$$
$$P_L = \sqrt{S_G^2 \cdot 10^6 - (\omega \cdot C \cdot L \cdot U_n^2)^2} \cdot 10^{-6} [MW]$$

Donde:

- U_n es la tensión de línea en [V]
- I_z es la intensidad máxima admisible del cable [A]
- L es la longitud de la línea en [km]
- C es la capacidad de la línea en [$\frac{F}{km}$]

3. Densidad de corriente máxima admisible

$$\frac{I_{cc}}{S} = \frac{K}{\sqrt{t_{cc}}} \sqrt{\frac{\ln\left(\frac{\theta_{cc} + \beta}{\theta_i + \beta}\right)}{\ln\left(\frac{\theta_{cc} + \beta}{\theta_s + \beta}\right)}} \left[\frac{A}{mm^2} \right]$$

Donde:

- K Tabla 25(cobre) 26(aluminio) de la pg70
- $\sqrt{t_{cc}}$ es el tiempo de cortocircuito en [s]
- β es 235 (cobre) 228 (aluminio)
- θ_s es la temperatura máxima admisible del conductor pg58
- θ_{cc} es la temperatura máxima admisible del conductor en cortocircuito pg58
- θ_i es la temperatura inicial del conductor (es dato que nos da el enunciado)

4. La sección mínima del conductor según criterio de intensidad máxima en régimen permanente

I. Elección de la tensión nominal

Para seleccionar la tensión nominal debemos de seleccionar la categoría (A-B-C [pg46]) en función del tiempo de desconexión, una vez tenemos la categoría miramos en la tabla 2 [pg47] y seleccionamos el valor de U_o .

II. Cálculo de la sección del cable por intensidad máxima admisible

$$I_{real} = \frac{P_n}{\sqrt{3} \cdot U_n \cdot \cos \varphi} [A]$$

ó

$$I_{real} = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot U_n} [A]$$

Donde:

- P_n Potencia a transportar [kW]
- U_n Tensión [kV]
- $\cos \varphi$ factor de potencia
- S Potencia a transportar [kVA]

Procedemos a calcular la I_{max} del conductor en las condiciones que nos indiquen La I_{max} se coge de la tabla 6 [pg59] en caso de ser conductor directamente enterrado, en caso de ir enterrado bajo tubo debemos mirar la tabla 12 [pg62].

A este valor de I_{max} debemos de aplicarle los factores de corrección correspondientes.

Verificamos que:

$$I_{real} < I_{max}$$

5. La sección mínima del conductor que soporta térmicamente la intensidad de cortocircuito

Si el dato del problema es la potencia de cortocircuito en MVA, la intensidad de cortocircuito vendrá dada por:

$$I_{real\ cc} = \frac{S_{cc}}{\sqrt{3} \cdot U_n} [kA]$$

Donde:

- S_{cc} Potencia de cortocircuito [MVA]
- U_n Tensión [kV]

Ahora podemos o bien fijar $I_{cc} = I_{real\ cc}$ y calcular el tiempo de desconexión

$$t_{cc} = \left[\frac{K \cdot S}{I_{real\ cc} \cdot 10^3} \sqrt{\frac{\ln\left(\frac{\theta_{cc} + \beta}{\theta_i + \beta}\right)}{\ln\left(\frac{\theta_{cc} + \beta}{\theta_s + \beta}\right)}} \right]^2 [s]$$

Comprobamos que:

$$t_{cc} > \text{tiempo de desconexión que nos dan}$$

O podemos fijar el $t_{cc} =$ tiempo de desconexión y calcular la intensidad de cortocircuito que soporta la línea en estas condiciones

$$I_{cc} = \frac{K \cdot S}{\sqrt{t_{cc}}} \sqrt{\frac{\ln\left(\frac{\theta_{cc} + \beta}{\theta_i + \beta}\right)}{\ln\left(\frac{\theta_{cc} + \beta}{\theta_s + \beta}\right)}} \cdot 10^{-3} [kA]$$

Comprobamos que:

$$I_{cc} > I_{real\ cc}$$

Donde:

- K Tabla 25(cobre) 26(aluminio) de la pg70
- S Sección del conductor [mm^2]
- $\sqrt{t_{cc}}$ es el tiempo de cortocircuito en [s]
- β es 235 (cobre) 228 (aluminio)
- θ_s es la temperatura máxima admisible del conductor pg58
- θ_{cc} es la temperatura máxima admisible del conductor en cortocircuito pg58
- θ_i es la temperatura inicial del conductor (se calcula justo ahora después)

$$\theta_i = \theta_a + (\theta_s - \theta_a) \cdot \left(\frac{I_i}{I_z}\right)^2$$

Donde:

- θ_i es la temperatura inicial del conductor
- θ_a es la temperatura media del terreno (dato que nos dan)
- θ_s es la temperatura máxima admisible del conductor pg58
- I_i es I_{real} calculado con la fórmula del punto 4 $I_{real} = \frac{P_n}{\sqrt{3} \cdot U_n \cdot \cos \varphi} [A]$
- I_z es I_{max} con los factores de corrección aplicados (punto 4).

6. Máxima caída de tensión admisible por el conductor

$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot I \cdot L \cdot (R \cdot \cos \varphi + X \cdot \sin \varphi) [V]$$

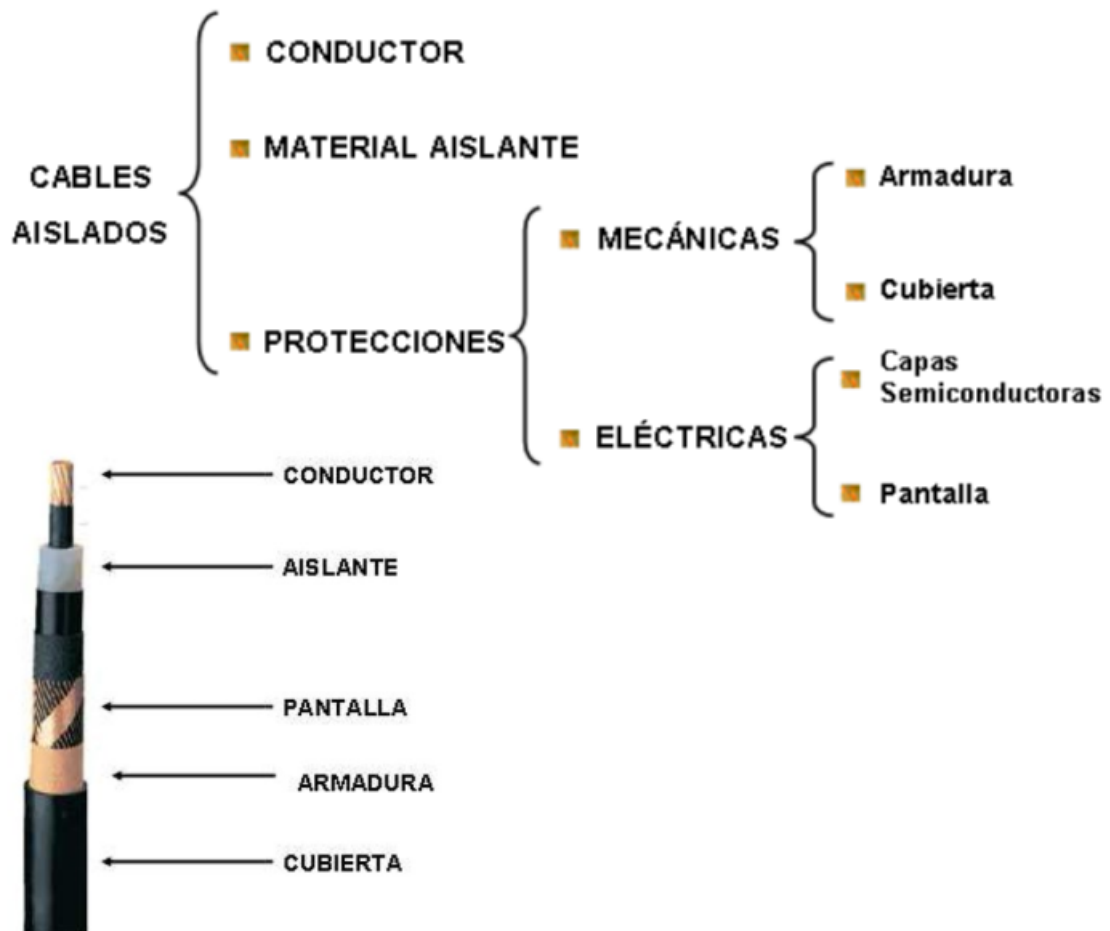
$$\frac{\Delta U}{U_n} \cdot 100 < 5 \% (\text{según el enunciado})$$

Donde:

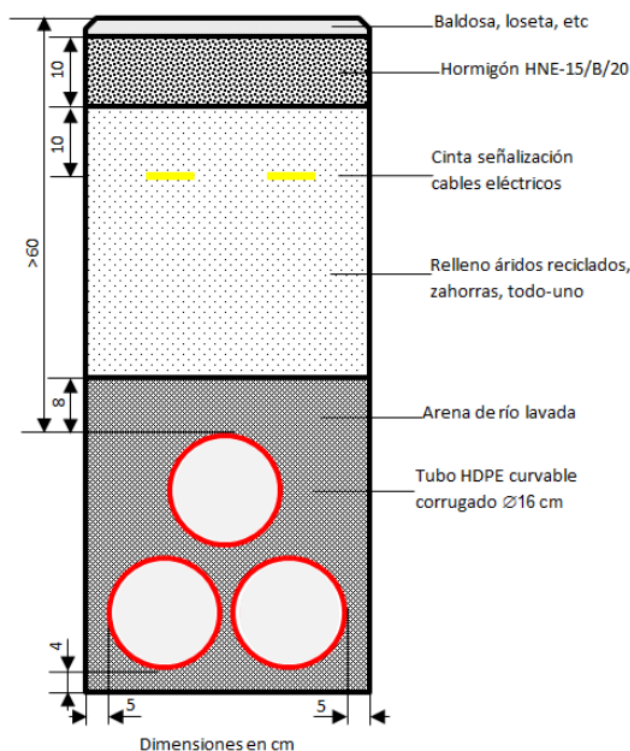
- I es I_{real}
- L es la longitud de la línea [km]
- R es la resistencia en $\frac{\Omega}{km}$
- X es la impedancia en $\frac{\Omega}{km}$
- U_n Tensión [V]

Para obtener el valor de R podemos recurrir a los datos que da el fabricante para la máxima temperatura de servicio en régimen permanente, 90 °C o bien calcularlo a partir de la resistividad del aluminio a 20 °C, considerando la temperatura real de servicio en función de la intensidad que circula por el conductor y teniendo en cuenta tanto el efecto pelicular como el efecto proximidad.

7. Elementos de un conductor



8. Conductor enterrado



9. Puesta a tierra de las pantallas

Durante el funcionamiento de un circuito se inducen en las pantallas de los conductores unas tensiones, y dependiendo del sistema de conexión de puesta a tierra de las pantallas se pueden dar dos fenómenos distintos:

- Aparecer corrientes inducidas que disminuyen la capacidad de transporte.
- Aparecer tensiones inducidas que pueden alcanzar valores peligrosos para la seguridad de personas o valores capaces de dañar los materiales de la instalación o reducir la vida útil de los mismos.

Las principales funciones del sistema de conexión de puesta a tierra serán:

- Eliminar o reducir corrientes de circulación por las pantallas debidas a un acoplamiento inductivo con la corriente que pasa por los cables, evitando así pérdidas de potencia activa.
- Reducir las tensiones inducidas entre las pantallas de los cables y tierra, tanto en régimen permanente como en cortocircuito. Las sobretensiones inducidas durante cortocircuitos pueden provocar averías en los cables, principalmente en los empalmes, terminales y en las cajas de conexiones que se utilizan para la transposición de pantallas, así como la perforación del aislamiento de la cubierta.

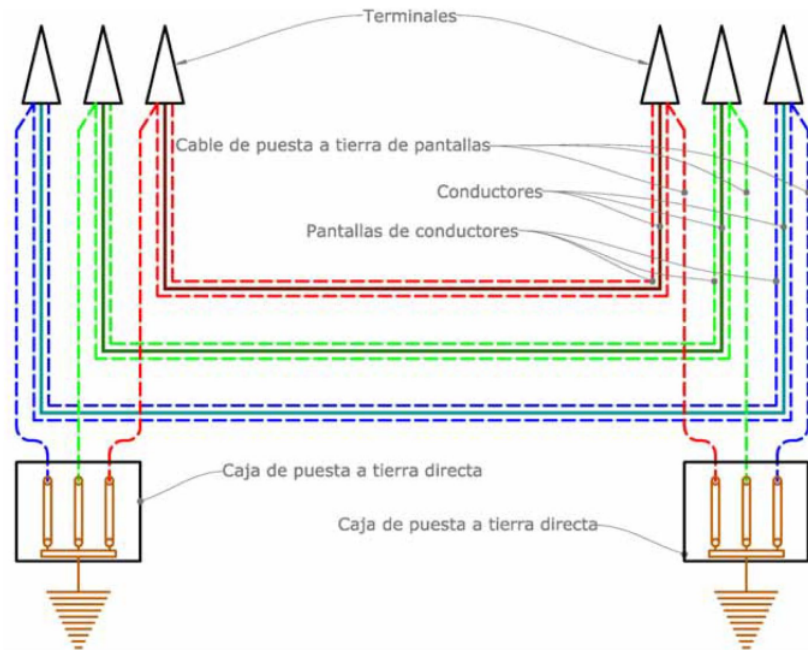
En las instalaciones de líneas subterráneas se utilizará uno de los sistemas de puesta a tierra que se describen a continuación:

- Sistema de conexión rígida a tierra.
 - Sistema de puesta a tierra Solid Bonding (puesta a tierra en ambos extremos).
- Sistemas de conexión especial a tierra.
 - Sistema de puesta a tierra Single Bonding (puesta a tierra en un solo extremo)
 - Sistema de puesta a tierra Cross Bonding (con transposición de pantallas)

I. Solid Bonding

Con la utilización de este sistema de puesta a tierra no se disponen medidas para evitar la circulación de corrientes por las pantallas en régimen permanente. Estas corrientes inducidas por los conductores, originan calor, con la consiguiente disminución de la capacidad de transporte.

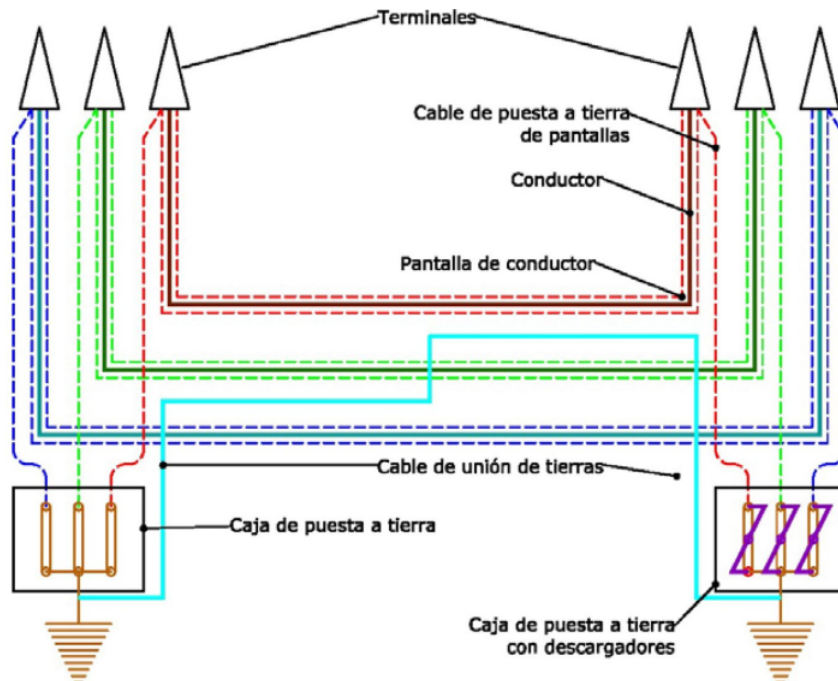
Este sistema de puesta a tierra de las pantallas se utilizará únicamente en líneas subterráneas de muy corto recorrido y en los casos en que las pérdidas de potencia pueda ser asumible (Media Tensión).



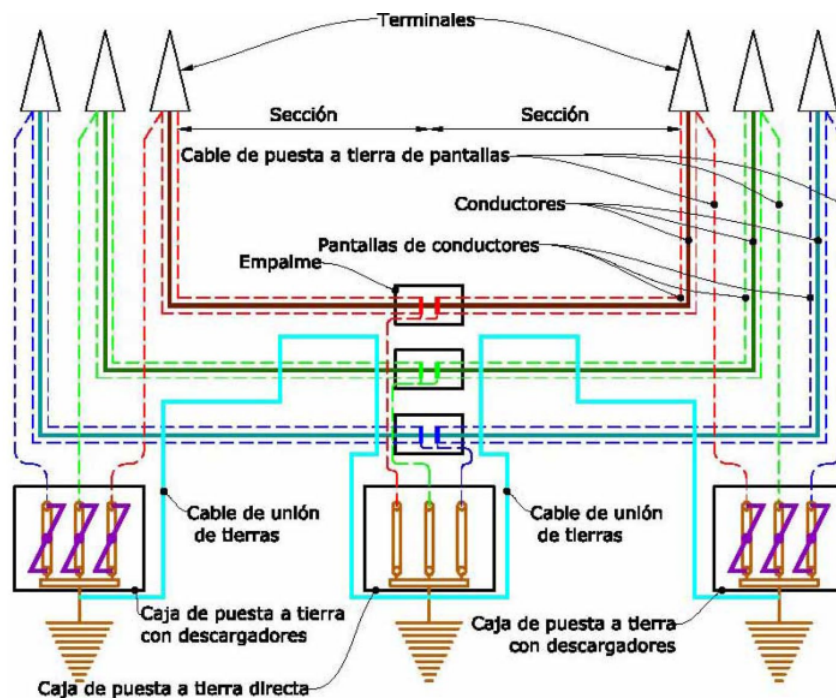
II. Single Bonding

Este tipo de conexión se utilizará para cables de tensión asignada igual o superior a 26/45 kV en líneas de pequeña longitud, con uno o dos tramos como máximo, en las que se requiere el aprovechamiento al máximo de la intensidad admisible del conductor sin las limitaciones que provocan las corrientes de pantalla. Dentro de este sistema se pueden distinguir dos variantes del tipo de conexión:

- Conexión Single-Point que se utiliza en tramos cortos y sin empalmes



- Conexión Mid-Point, o Doble Single-Point, que se utiliza para tramos más largos en los que el tendido de los conductores se realiza en dos tramos, y con un empalme en el punto medio del trazado



III. Cross Bonding

Se utilizará este Sistema para cables de tensión asignada igual o superior a 26/45 kV, en líneas en las que su longitud implique la realización de al menos 2 empalmes por conductor, y dónde se quiera eliminar las corrientes de pantalla.

El sistema Cross-Bonding consiste en la distribución de las pantallas de cable en secciones elementales llamadas secciones menores, y cruzando las pantallas de tal manera que se neutralice la totalidad del voltaje inducido en 3 secciones consecutivas.

Se interrumpirán las pantallas de cada conductor en los puntos de transposición para poder ejecutarla. Las tres secciones menores juntas forman una sección mayor. En un sistema de cruzamiento de pantallas, el tramo de línea a considerar se divide en 3 longitudes iguales (así el sistema quedará eléctricamente equilibrado), con las pantallas puestas a tierra en los dos extremos de la línea conectada en Cross-Bonding o en los dos extremos de cada sección mayor. De esta manera se induce una tensión entre la pantalla y tierra pero se eliminan las corrientes inducidas.

