

TEMA 27: *Procedimientos de montaje de líneas aéreas de BT***Esquema:**

- 1.- Introducción.
- 2.- Cables eléctricos.
 - 2.1.- Tipos.
 - 2.2.- Características eléctricas.
 - 2.3.- Características mecánicas.
 - 2.4.- Elección del tipo de cable.
 - 2.4.1.- Cálculos eléctricos.
 - 2.4.2.- Cálculos mecánicos.
- 3.- Sistemas de conductores aislados.
- 4.- Sistemas de conductores trenzados.
 - 4.1.- Red trenzada posada sobre fachada.
 - 4.2.- Red trenzada tensada sobre poste.
- 5.- Fijación de los conductores. Materiales y herrajes.
- 6.- Empalmes, terminales, unión aéreo-subterránea y derivaciones.
- 7.- Condiciones de montaje.
 - 7.1.- Sobre fachada.
 - 7.2.- Sobre poste.
 - 7.3.- Condiciones de cruzamientos, paralelismos y proximidades.
- 8.- Mantenimiento
- 9.- Averías.
 - 9.1.- Tipos de averías y sus causas.
 - 9.2.- Localización de averías
- 10.- Seguridad y normativa.
- 11.- Conclusiones
- 12.- Referencias bibliográficas y documentales

1.- INTRODUCCIÓN.

Las líneas constituyen uno de los principales elementos que intervienen en la composición de una red eléctrica.

En las redes de distribución en baja tensión, existen dos campos de utilización perfectamente delimitados: las líneas aéreas desnudas o aisladas y las redes subterráneas de cables aislados. Cuando se trata de redes rurales, provinciales, o cuando las distancias superan algunos kilómetros, predominan de las líneas aéreas. Cuando se trata de centros urbanos, zonas industriales densas o distancias muy cortas, es práctica normal utilizar las líneas subterráneas.

Para densidades de carga pequeñas y medias, el sistema normalmente utilizado es el aéreo. Para grandes densidades de carga en las áreas congestionadas de las ciudades es normal utilizar el sistema subterráneo mediante cables enterrados a lo largo de las calles.

La elección de uno u otro sistema depende de un gran número de factores. Las consideraciones económicas constituyen el principal factor de decisión. El coste de un sistema enterrado puede alcanzar de 5 a 10 veces el coste de un sistema aéreo.

Un sistema aéreo de distribución puede tener una vida útil de 25 años, mientras que un sistema enterrado puede alcanzar los 50 años.

El punto exacto en el cual un sistema enterrado llega a ser más interesante económicamente que un sistema aéreo, a pesar del mayor capital invertido, es difícil de determinar.

Un sistema aéreo es más propenso a sufrir mayor número de averías como consecuencia del viento, hielo, nieve o accidentes de todo tipo, sin embargo conviene no olvidar que la reparación y localización de averías es mucho más sencilla en un sistema aéreo que en un sistema subterráneo.

2.- CABLES ELÉCTRICOS.

2.1.- Tipos.

Los conductores empleados pueden ser desnudos o aislados, siendo los aislados los más utilizados en la actualidad.

- Conductores desnudos: se utilizarán tan sólo en instalaciones especiales y debidamente justificadas, excluyendo el caso de zonas de arbolado o con peligro de incendio. Deben ser resistentes a las acciones de la intemperie y su carga de rotura mínima a la tracción será de 410 daN.
- Cables en haz formados por conductores aislados: actualmente este tipo de cables son los que homologan las compañías eléctricas y los más utilizados. Están formados por 2 o 4 conductores aislados con polietileno reticulado formando una espiral visible, sin funda exterior. Este tipo de cables sólo debe usarse para instalaciones aéreas, nunca para enterradas o empotradas. Las ventajas que presentan los cables trenzados son:
 - Ventaja de acoplar los tres conductores alrededor de un cable fiador.
 - El calentamiento mutuo entre fases es notablemente más débil que en un cable trifásico.
 - Facilidad de fabricación, montaje y reparación, al presentarse las averías casi siempre en una sola fase.
 - En la alimentación de pequeños núcleos rurales, en la que las líneas desnudas presentan peligro y la canalización subterránea es muy costosa, se emplea este tipo de cable como solución intermedia, para mejorar la estética.
 - La ausencia de soportes facilita la circulación sobre las aceras y las calles.

Dentro de este tipo podemos distinguir:

- Cables con neutro fiador de ALMELEC para instalaciones aéreas tensadas. El ALMELEC (ALM) es una aleación de aluminio con magnesio y silicio de elevada carga de rotura, duplicando con exceso la del aluminio. Esto permite utilizar este tipo de conductores en instalaciones tensadas. El neutro fiador tendrá una sección de $54,6 \text{ mm}^2$ o de 80 mm^2 y además estos cables, por estar en la intemperie, deberá superar unas pruebas que garanticen su vida útil.
- Cables sin neutro fiador: este tipo de conductores se utiliza para instalaciones posadas sobre muros. Debido a la limitación de la circulación de aire a su alrededor, el calor generado por efecto Joule es peor evacuado y admiten por lo tanto, una menor intensidad que los cables tensados. Existe la posibilidad de utilizarlos en redes tensadas si se acompañan de un cable fiador de acero de 22 mm^2 .

2.2.- Características eléctricas.

La principal función de los conductores es transportar la energía eléctrica con la mayor eficacia posible, es decir, con las menores pérdidas.

Las características técnicas eléctricas que se tendrán en cuenta para la elección de un conductor serán:

- ◇ Resistividad
- ◇ Coeficiente de incremento de resistividad con la temperatura
- ◇ Reactancia del conductor
- ◇ Tipo de aislamiento
- ◇ Intensidad máxima admisible
- ◇ Intensidad máxima de cortocircuito

2.3.- Características mecánicas.

Los conductores eléctricos de líneas aéreas están sometidos a una serie de sollicitaciones mecánicas debidas a su propio peso, a la presión del viento y/o a las sobrecargas debidas al hielo. Por ello, cuando se va a tender una línea aérea, es preciso realizar unos cálculos de los esfuerzos a los que estará sometida y analizar si el conductor elegido posee las características técnicas adecuadas.

Las características mecánicas que aparecen en las especificaciones de los fabricantes y que debemos de tener en cuenta a la hora de elegir un conductor son:

- ◇ Sección de cada conductor y nº de alambres que lo forman.
- ◇ Diámetro del haz
- ◇ Peso
- ◇ Carga de rotura del neutro de Almelec o del cable fiador de acero.
- ◇ Módulo de elasticidad del neutro de Almelec o del cable fiador de acero.
- ◇ Coeficiente de dilatación

2.4.- Elección del tipo de cable

A la hora de la elección de un tipo de conductor o determinar la sección necesaria, es preciso realizar una serie de cálculos eléctricos y mecánicos que garanticen una calidad y seguridad en el transporte de energía eléctrica.

2.4.1.- Cálculos eléctricos.

Partiendo de los datos del proyecto debemos de calcular la sección atendiendo a los tres criterios que a continuación se especifican:

- *Por límite térmico:* Los fabricantes de los conductores elaboran una serie de tablas en las que indican las características técnicas de los cables y la máxima corriente que pueden transportar en servicio permanente para no sobrepasar la máxima temperatura admisible por el conductor. Por otra parte, a la intensidad que se quiera transportar debemos aplicar una serie de coeficientes correctores en función de las características de la instalación (si está directamente expuesta al sol, si existe agrupación de conductores o si la temperatura ambiente media es distinta a 40°C). Finalmente, mirando en dichas tablas podemos calcular la sección necesaria de un determinado conductor para transportar la corriente corregida.
- *Por caída de tensión:* Como ya hemos visto, siempre que circula una corriente a través de una resistencia se produce en la misma una caída de tensión. Por otra parte, los equipos y normativas vigentes fijan para cada tipo de instalación, un valor máximo de caída de tensión que no debe de superarse y que para líneas eléctricas es del 5%.

$$\Delta V_{\max} = \frac{R + X \cdot \operatorname{tg} \varphi}{V_N^2} \cdot P \cdot L$$

R, X: Resistencia y reactancia de la línea en Ω/km

V_N : Tensión nominal de la línea en V

P: Potencia trifásica en W

L: Longitud de la línea en km

φ : Angulo de la carga. Puede admitirse FP de 0,8 y 0,9 para un reparto normal de energía para alumbrado y suministros en zonas urbanas y rurales, respectivamente.

- *Por intensidades de cortocircuito:* Por último, es preciso comprobar que en caso de cortocircuito el conductor es capaz de soportar la sobreintensidad durante el tiempo que éste dure. Los fabricantes suelen dar unas gráficas que relacionan para cada sección, la intensidad de cortocircuito máxima con el tiempo. Se debe de obtener de ellas la mínima sección que soporte la intensidad de falta prevista durante el tiempo que tardan en actuar las protecciones. El REBT en su ITC-06 también nos da unas tablas con la máxima intensidad de cortocircuito en función del tiempo que admite cada sección.

Si de cada uno de estos tres criterios se obtiene un valor de sección diferente, debe de elegirse la correspondiente al criterio más desfavorable, es decir la sección mayor.

2.4.2.- Cálculos mecánicos.

Tras la elección del conductor en función de los resultados obtenidos de los cálculos eléctricos, debe verificarse que dicho conductor es capaz de soportar los esfuerzos mecánicos a los que se verá sometido, según las condiciones de la línea aérea donde irá instalado.

A efectos de sobrecargas se considera el país dividido en tres zonas:

- Zona A: Situada a menos de 500 m sobre el nivel del mar.
- Zona B: Situada a una altitud comprendida entre 500 y 1000 m.
- Zona C: Situada a una altitud superior a 1000 m.

Para conductores de BT se debe considerar una sobrecarga de viento igual a 50 daN/m^2 .

El cálculo mecánico de los conductores, se efectuará con los supuestos de acción de las cargas de su propio peso y sobrecargas que a continuación se indican:

CONDICIÓN	ZONA A		ZONA B		ZONA C	
	Temperatura	Sobrecarga (daN/m)	Temperatura	Sobrecarga (daN/m)	Temperatura	Sobrecarga (daN/m)
MÁXIMA TENSIÓN	15 °C	Viento $50 \cdot d_F$ Viento $50 \cdot D_H$	15 °C	Viento $50 \cdot d_F$ Viento $50 \cdot D_H$	15 °C	Viento 50
	0 °C	Viento $50 \cdot d_F / 3$ Viento $50 \cdot D_H / 3$	0 °C	Hielo $0,18 \sqrt{d_F}$ (c. desnudo) Hielo $0,06 \sqrt{D_H}$ (c. en haz, $D_H = 2,5 \cdot d_F$)	0 °C	Hielo $0,36 \sqrt{d_F}$ (c. desnudo) Hielo $0,12 \sqrt{D_H}$ (c. en haz, $D_H = 2,5 \cdot d_F$)
MÁXIMA FLECHA	50 °C	Ninguna	50 °C	Ninguna	50 °C	Ninguna

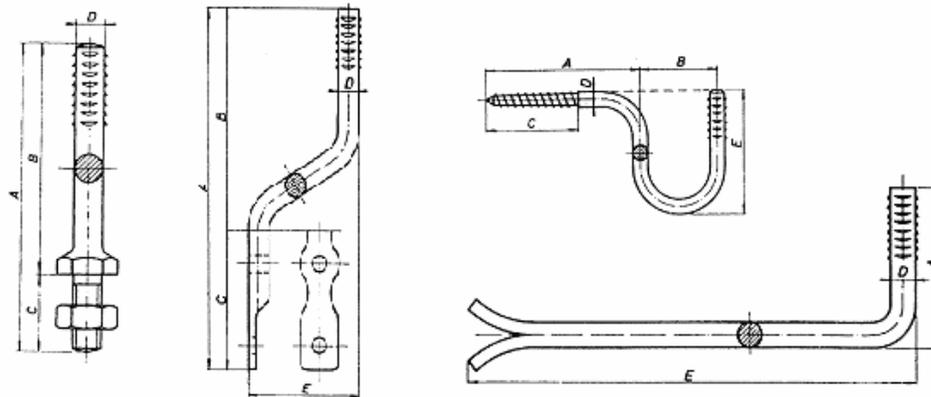
Se ha de adoptar un coeficiente de seguridad no inferior a 2,5. Es decir, que el tense máximo admitido sea igual a la carga de rotura del conductor dividida por 2,5, estando los conductores sometidos a la más desfavorable de las hipótesis.

3.- SISTEMAS DE CONDUCTORES DESNUDOS.

Tal y como ya se dijo, se utilizarán tan sólo en instalaciones especiales y debidamente justificadas, excluyendo el caso de zonas de arbolado o con peligro de incendio.

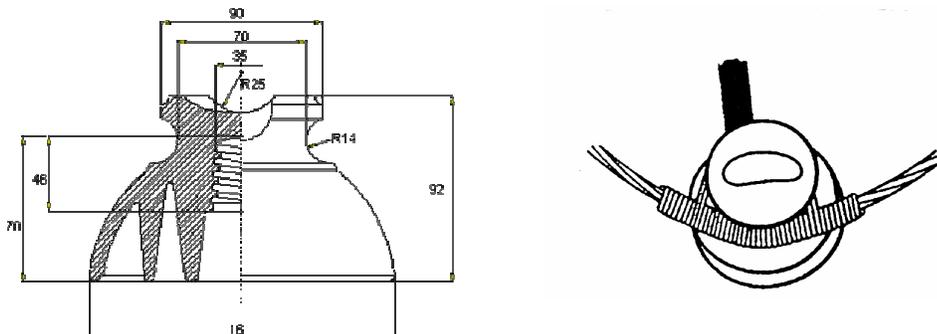
Lo más común en BT es que los postes sean de estructura metálica, aunque también se usan de hormigón armado o de madera. Normalmente la altura de los postes varía entre 8 y 10 metros, de manera que el conductor más bajo quede a 6 m sobre las vías rodadas y a 5 m sobre las aceras.

Los conductores desnudos irán fijados a los aisladores de forma que quede asegurada su posición correcta en el aislador y no ocasione un debilitamiento apreciable de la resistencia mecánica del mismo, ni produzca efectos de corrosión. Los aisladores estarán unidos al soporte por un herraje fijo y no pueden, por consiguiente, cambiar normalmente de posición después de su montaje. Su forma general es la de una campana que lleva en su parte superior una garganta sobre la que se fija el conductor por una ligadura (de hilo de cobre recocido para conductores de cobre o de hilo de aluminio para conductores a base de aluminio). El vástago está empotrado en su interior y queda debajo de la campana. Este vástago puede ser recto o en forma de cuello de cisne. Se pueden encontrar aisladores con el interior roscado para atornillarlo a la parte superior del vástago, disposición que facilita la sustitución de un aislador defectuoso, evitando desmontar el vástago.



Soportes de aisladores de apoyo: recto, acodado, curvo y en ángulo recto

El aislador fijo más simple es el de las líneas de baja tensión (Modelo ARVI-12) que aparece en la siguiente figura:



Los montajes de los conductores sobre soporte recto será con los conductores en uno o dos planos horizontales (preferentemente en la garganta lateral del mismo y por la parte más próxima al apoyo o en el caso de ángulos de forma que el esfuerzo mecánico del conductor esté dirigido hacia el aislador), o sobre los curvos con los conductores en planos verticales. También se usan para el soporte de mayores secciones, los aisladores de polea que se sujetan con una horquilla y un pasador.

4.- SISTEMAS DE CONDUCTORES TRENZADOS.

4.1.- Red trenzada posada sobre fachada.

El único esfuerzo mecánico al que se encuentran sometidos es el de su propio peso. La red discurre sobre la fachada de los edificios adaptándose a los accidentes del trazado. Es idóneo para espacios reducidos y recorridos complicados, pero precisa de mayor longitud de haz y mayor laboriosidad en el montaje, por lo que resulta más cara.

4.2.- Red trenzada tensada sobre poste

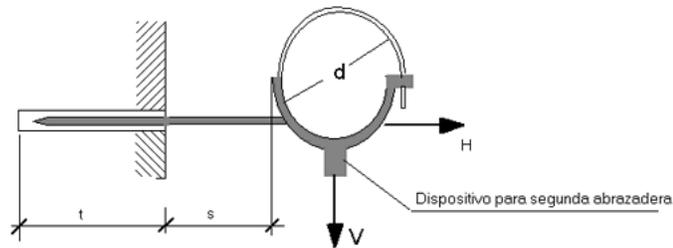
Es la que se utiliza en redes rurales, para salvar los vanos entre edificios y cuando se trata de atravesar masa de arbolado. Los apoyos más utilizados actualmente son los postes de hormigón, que han de cumplir las normas preestablecidas. Los cables se tienden con un tense predeterminado, según la temperatura ambiente, peso de conductores y vano. El cálculo de los esfuerzos del poste se realiza igual que si se tratara de conductor desnudo, sólo la altura puede ser algo menor, aunque no es aconsejable por debajo de 4 m.

5.- FIJACIÓN DE LOS CONDUCTORES. MATERIALES Y HERRAJES.

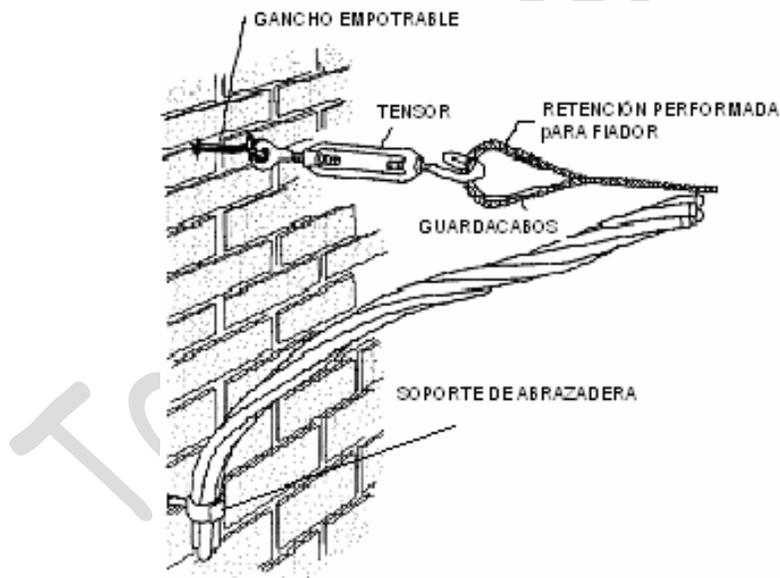
Deberán cumplir las especificaciones propias de cada compañía eléctrica. Alguno de los accesorios para red eléctrica trenzada son:

- *Tacos de plástico*: con una resistencia a la extracción superior a 200 daN y diseñados de modo que no se produzca giro del taco al atornillar el tirafondo.

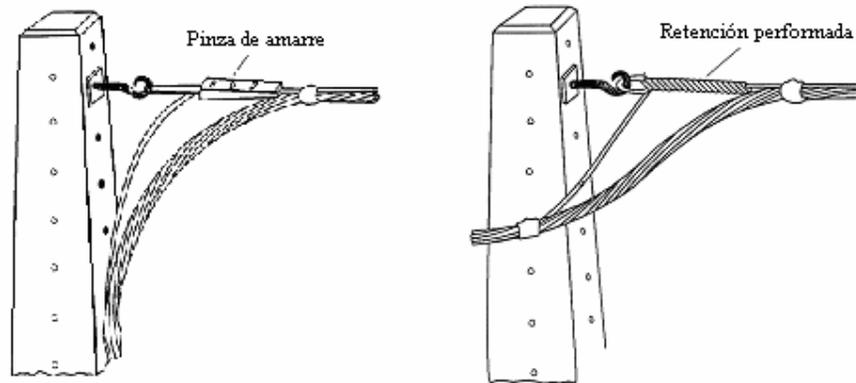
- **Abrazaderas:** Deberán soportar solicitaciones permanentes de hasta 50 daN. El sistema de cierre no deberá abrirse por el peso del cable o variaciones de temperatura ambiente. Estarán cubiertas con PVC para ofrecer buena resistencia a la intemperie.



- **Soportes con abrazadera:** serán de distintas longitudes para que los conductores puedan instalarse separados de la pared según cotas. Deberán soportar solicitaciones permanentes de hasta 15 a 50 daN en sentido transversal y longitudinal respectivamente.

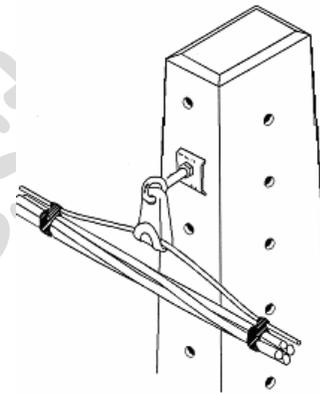


- **Tensores:** serán de acero forjado y galvanizados en caliente. Su coeficiente de seguridad no será inferior a 4.
- **Dispositivos de anclaje sobre fachadas o amarre sobre poste:** deberán ser de pinza o preformado, debiendo transmitir uniformemente el esfuerzo de apriete sobre el cable e impidiendo el deslizamiento del conductor.

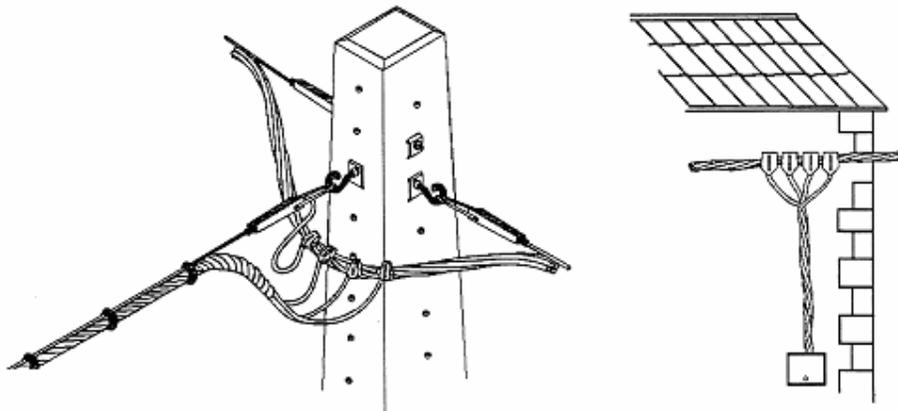


- *Soportes de amarre:* serán de acero forjado y galvanizados en caliente y soportar solicitaciones de hasta 700 daN.

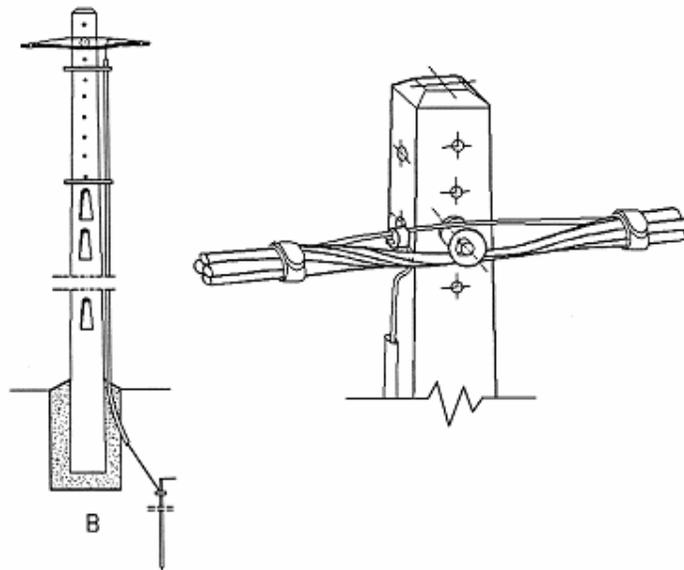
- *Soportes de suspensión:* estarán plastificados con PVC para ofrecer buena resistencia a la intemperie y evitar aristas cortantes que puedan dañar el cable. El tamaño y el peso serán lo menor posible para seguir libremente los movimientos del conductor.



- *Derivación en T:* las cajas de derivación estarán diseñadas de forma que el cable pasante no debe seccionarse. Están provistos de capuchones extraíbles que permitan aislar cada borne individualmente para facilitar el trabajo en tensión.



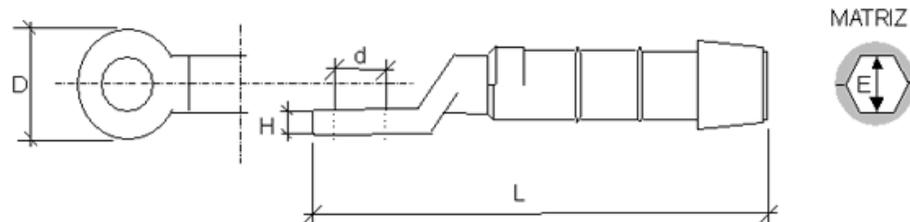
- *Toma de tierra:* el neutro debe de ser puesto a tierra en cada extremidad de línea y en cada punto de derivación importante.



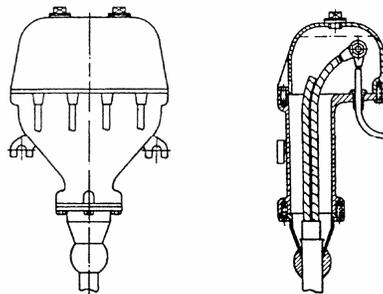
6.- EMPALMES, TERMINALES, UNIÓN AÉREO-SUBTERRÁNEO Y DERIVACIONES.

Los empalmes y terminales se hacen en cada uno de los cables unipolares. Los cables en haces permiten:

- Finalizar en un poste con cajas terminales estandarizadas
- Entrar directamente a una celda por medio de terminales de pala que se fabrican de cobre con capa de estaño.



- Realizar una conversión aéreo subterránea,



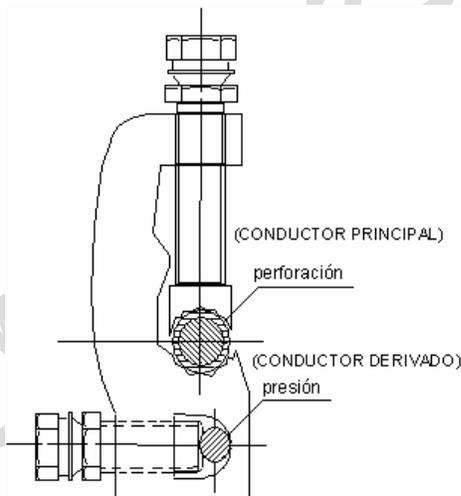
La conexión a los terminales de la línea aérea se hará siempre con cable flexible para evitar transmitir las vibraciones de la línea a los accesorios.

Existen dos tipos de empalmes simples:

- En vanos intermedios: los empalmes de las tres fases repartidos en varios metros del cable
- Sobre soportes entre los amarres

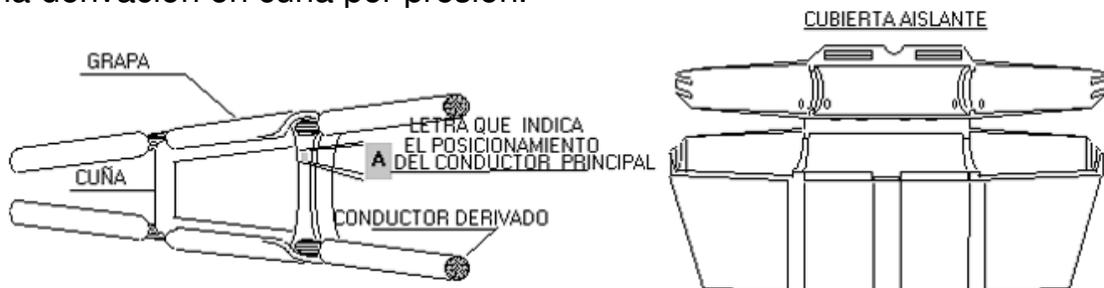
Se distinguen dos tipos de empalme:

- Por compresión: se utilizan para dar continuidad de líneas o derivaciones de éstas, utilizando en estos casos manguitos que proporcionan un buen contacto de unión. Por lo general, estos accesorios permiten el empalme de conductores de distinta naturaleza. Por ejemplo manguitos tubulares y petaca tubular.
- Por tornillos: se emplean en las derivaciones provisionales, ya que se desmontan con facilidad.

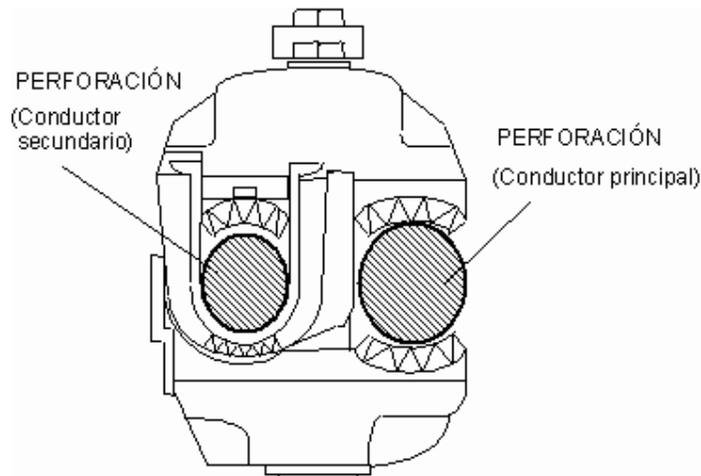


Para realizar las derivaciones se utilizan conectores, que pueden ser:

- Conectores por presión en el cable principal y en el derivado, tal como la derivación en cuña por presión.



- Conectores por perforación de aislamiento: utilizado para los cables trenzados.



Para las derivaciones o seccionamientos se utilizan cajas estancas de material aislante, precintables con entrada y salida de cables mediante prensaestopas de manera que forman un conjunto estanco. En el interior tienen las bornas adecuadas a la sección, con materiales bimetálicos ya que las líneas son de Al. La protección de la derivación se hace con bases cortacircuitos seccionables.

7.- CONDICIONES DE MONTAJE.

7.1.- Sobre fachada.

El haz de conductores que constituye la red posada se debe de mantener separada del muro por medio de herrajes adecuados. Esta separación no debe ser inferior a 1 cm. Este espacio se deja libre con objeto de evitar depósitos de polvo y facilitar el mantenimiento.

Los herrajes de fijación al muro se colocarán regularmente existiendo entre cada dos consecutivos una distancia máxima de 0,7 m, según la rigidez y peso del haz, con objeto de evitar la formación de tramos colgados. Se deben ejecutar los taladros del tramo a tender y alojar en ellos los tacos de plástico donde irá roscado el extremo del soporte.

El trazado será horizontal a una altura mínima de 2,5 m, y los cambios de dirección verticales se realizarán aprovechando salientes intermedios tales como tuberías. Para evitar el contacto con partes metálicas y rebasar obstáculos salientes sobre la fachada, el cable se separará progresivamente de la pared mediante la instalación de soportes de diferente longitud. En espacios vacíos y cruces de calles el

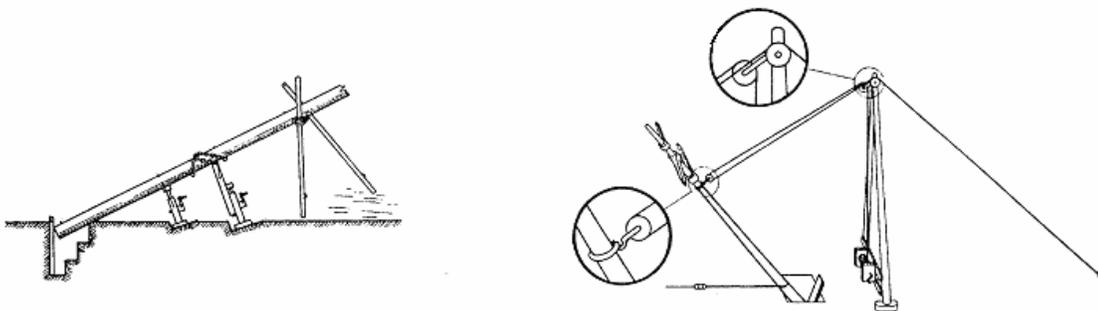
haz se soporta normalmente por medio del conductor neutro portador, siendo la altura mínima de 6 m sobre las vías abiertas a la circulación pública.

Las bobinas deben desenrollarse en un terreno libre de asperezas y de una vez para toda longitud, siempre que sea posible.

Para el tendido de conductores es aconsejable utilizar poleas de madera o aleación de aluminio en las que la anchura y profundidad de la garganta tengan una dimensión mínima igual a una vez y media la del mayor diámetro del haz a tender. Por el extremo del haz a tender se ejercerá la tracción necesaria que permita la mayor rectitud posible y una vez tensado se colocará el haz sobre los soportes.

7.2.- Sobre poste.

- ◇ *Apertura de hoyos:* Se procurará que las dimensiones de las excavaciones se ajuste lo más posible al proyectado y no remover el terreno para evitar que pierda consistencia. Las excavaciones se harán con pico y pala cuando las dimensiones de la cimentación así lo permitan, usándose el cazo y barra en caso contrario. Las paredes de los hoyos serán perpendiculares al terreno una vez nivelado el mismo.
- ◇ *Transporte y acopio a pie de obra:* el transporte se hará en condiciones adecuadas para evitar sacudidas bruscas. También durante la carga y descarga de los vehículos se deben evitar golpes que produzcan agrietamientos de los mismos. Las bobinas serán tratadas con sumo cuidado, para evitar deterioros en los conductores y mantener el carrete de madera en buen estado de conservación.
- ◇ *Cimentaciones:* al hacer el vertido de hormigón se apisonará con objeto de hacer desaparecer las coqueas que pudieran formarse. En los apoyos de hormigón los macizos de cimentación quedarán unos 10 cm. por encima del nivel del suelo con una pequeña inclinación como vierte-aguas. En los apoyos metálicos los macizos de cimentación quedarán entre 10 cm. y 20 cm. por encima del nivel del suelo, terminado en su parte superior en forma de punta de diamante como vierte-aguas. En ambos casos se deberá dejar un conducto para poder colocar el cable de la toma de tierra.
- ◇ *Izado:* Se recomienda el izado con pluma o grúa, evitando que el aparejo dañe las aristas o montantes del poste. En cualquier caso, los esfuerzos deben de ser inferiores al límite elástico del material.



- ◇ *Tendido del cable:* Para el tendido de conductores es aconsejable utilizar poleas de madera o aleación de aluminio de diámetro mínimo 2,3 veces el de los cables y en las que la anchura y profundidad de la garganta tengan una dimensión mínima igual a una vez y media la del mayor diámetro del haz a tender. Se colocará la bobina de tal forma que se desenrolle por su parte superior y se utilizará un cable de arrastre para su tendido.
- ◇ *Sujeción final del cable:* en general, se tensarán los cables por encima del tense requerido, y se regulará destensando progresivamente hasta alcanzar la flecha adecuada. Además es conveniente esperar 24 horas antes de amarrar definitivamente, para que se igualen las tensiones en los vanos por efecto de las oscilaciones de los cables.

7.3.- Condiciones de cruzamiento, paralelismos y proximidades.

- ◇ *Cruzamientos:* se deberán de cumplir las siguientes condiciones:
 - Líneas eléctricas de AT: se procurará que el cruce se realice cerca de uno de los apoyos de la línea de AT y ésta deberá pasar por encima, respetando una distancia mínima de 1,5 m.
 - Líneas eléctricas de BT: la distancia mínima entre conductores de distintas líneas será de 0,5 m.
 - Líneas de telecomunicación: deberán pasar por debajo a una distancia mínima de 0,25 m, aunque lo ideal sería mantener una separación de al menos 0,5 m.
 - Carreteras o ferrocarriles sin electrificar: en la condición de flecha más desfavorable será de 6 m.
 - Ferrocarriles, tranvías y trolebuses: la distancia mínima entre los conductores y la línea de contacto será de 2 m.
- ◇ *Proximidades y paralelismos:*
 - Líneas eléctricas de AT: se procurará evitar paralelismos con líneas de AT a distancias menores a 1,5 veces el apoyo más alto.

- Líneas de de BT y/o telecomunicación: la distancia horizontal de los conductores más próximos no será menor a 1 m.
- Con calles y carreteras: en la condición de flecha más desfavorable será de 6 m para vías rodadas y de 2,5 m para el resto.

8.- MANTENIMIENTO

Se precisa una continua inspección de las líneas, con el consiguiente recambio del material necesario. Las partes básicas a inspeccionar son:

- ◇ *Apoyos:* según el tipo de material requerirán una u otra acción preventiva o correctora:
 - Hormigón: se debe de cubrir el hierro donde haya quedado al descubierto.
 - Metal: Pintura galvanizada para evitar oxidación.
 - Madera: Tratamientos antihumedad (solución bituminosa o brea de alquitrán)
- ◇ *Aisladores:* Limpieza frecuente y sustitución de aquellos que estén quebrados.
- ◇ *Conductores:* Vigilar los puntos calientes de las líneas y colocar antivibradores para evitar su rotura.
- ◇ *Puesta a tierra:* deberá medirse la resistencia de pat con un aparato de medida llamado Telurómetro que inyecta una c.a. entre tres electrodos: uno conectado al punto a medir y los otros dos a una distancia entre 10 y 20 m en línea recta y verificar que no es mayor a la proyectada.

9.- AVERÍAS.

9.1.- Tipos de averías y sus causas.

Las causas de avería más frecuentes en las líneas aéreas son:

- Caídas de árboles
- Fenómenos atmosféricos
- Vibraciones

Y como consecuencia aparecen con frecuencia las siguientes averías:

- Rotura de uno o varios conductores

- Cortocircuito entre varios conductores
- Cortocircuito entre fases y tierra

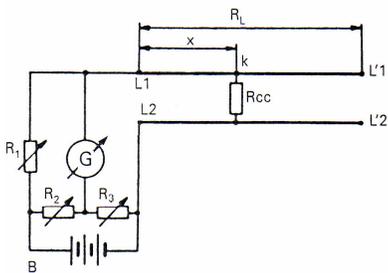
9.2.- Localización de averías.

Analicemos ahora cual es el procedimiento para detectar el tipo de avería y los conductores implicados:

- Abrimos cabecera y fin de línea
- Tomamos medida de aislamiento entre fases en uno de los extremos, de manera que si en alguna medida nos da un valor bajo, deducimos que esas dos fases están en cortocircuito
- Tomamos medida de aislamiento entre cada fase y tierra en uno de los extremos, de manera que si en alguna medida nos da un valor bajo, deducimos que esa fase está en cortocircuito con tierra.
- Cortocircuitamos un extremo y desde el otro medimos el aislamiento entre fases, de manera que si alguna medida nos da un valor alto, eso significa que una de las fases está rota.

Tras averiguar el tipo de falta, se debe de localizar el lugar dónde se ha producido, para ello se emplean los puentes de medida de resistencias.

- ◇ *Localización del punto de unión entre dos conductores:* Conectamos al puente los extremos de los conductores L1 y L2, y variamos R3 hasta que el galvanómetro nos marca 0 ⇒



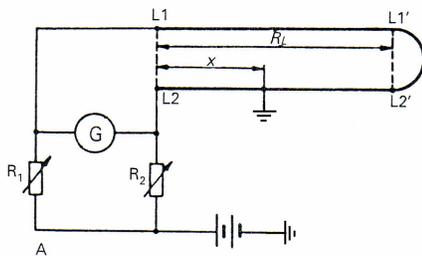
$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{R_{CC} + 2 \cdot R_X}{R_3}$$

Repetimos la operación desde los extremos L'1 y L'2, y buscamos el cero desde el galvanómetro.

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{R_{CC} + (2 \cdot R_L - 2 \cdot R_X)}{R_3}$$

Tenemos dos ecuaciones y dos incógnitas Rcc y Rx. La distancia la obtenemos como Rx/RL.

- ◇ *Localización de la distancia del defecto entre fase y tierra:* para este tipo de averías se utiliza el Puente de Murray, al que conectamos los conductores de la siguiente manera:



Cortocircuitamos extremos L1' y L2' y buscamos el cero en el galvanómetro, momento en el cual:

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{2 \cdot R_L - R_X}{R_X} \quad R_X = \frac{2 \cdot R_L \cdot R_2}{R_1 + R_2}$$

La localización final exacta se puede hacer por los métodos inductivo y acústico, por medio de impulsos de tensión que inyectan en el cable a una c.a. de audiofrecuencia y la captación de la tensión alterna resultante provocada por el campo inducido en el cable.

- ◇ *Generador de tensiones de choque:* Consta de un transformador elevador, un rectificador seco, condensadores de carga y electrodos de descarga. Cualquier defecto se comporta como una resistencia en paralelo con un explosor. El impulso generado produce en el defecto una perturbación mecánica o ruido y otra magnética debida al paso de corriente que pueden ser captadas.
- ◇ *Reflector de impulsos:* La localización tiene lugar por medición del tiempo de retardo del eco provocado por el defecto, cuando se inyecta un impulso de forma, anchura y frecuencia determinada.

10.- SEGURIDAD Y NORMATIVA.

Uno de los elementos principales en cuanto a la seguridad de un sistema eléctrico lo constituye el sistema de puesta a tierra. Pasemos pues a analizar las características que debe de cumplir la pat de una red aérea trenzada.

El conductor neutro de la red de BT, estará puesto a tierra en varios puntos:

- En la proximidad del centro de transformación, a poder ser en el primer apoyo, cuando no lo esté en el propio centro.

En puntos juiciosamente elegidos, preferentemente donde existan ramificaciones, cada unos 500 m de línea.

- En zonas muy tormentosas es aconsejable poner a tierra el neutro cada unos 200 m para disminuir su resistencia y otra en la proximidad

de cada derivación, a una longitud no superior a 100 m. También es obligatorio el uso de autoválvulas en cada arranque de derivación.

La puesta a tierra se hace con una caja de derivación y un conductor con aislamiento de 1000 V y sección de 50 mm² tendido en un tubo de PVC rígido y un tubo de acero para la protección mecánica. La toma de tierra se hace con una pica cilíndrica de 2 m. La máxima resistencia admisible para asegurar la instalación es de 37 ohms, y la tensión de defecto será de 1000 V, con lo cual aseguramos que con el disparo de los diferenciales a 650 mA la tensión no va a exceder de 24 V.

La normativa que debe de regir el proyecto de instalación de línea aérea es:

- Reglamento electrotécnico de BT
- Reglamento de verificaciones eléctricas
- Normativa de las compañías eléctricas
- Acometidas eléctricas
- Normas tecnológicas de la Edificación
- Normas UNE

11.- CONCLUSIONES

Las líneas eléctricas transportan la energía de un punto a otro, según demanda. En dicho transporte se producen siempre unas pérdidas de energía por efecto Joule que en la medida de lo posible, se deben minimizar. Además existen limitaciones técnicas por la caída de tensión, niveles de aislamiento o esfuerzos mecánicos que deben de ser tenidos en cuenta a la hora de elegir el tipo de línea más conveniente y realizar los cálculos.

La mayor o menor capacidad de la línea, así como el rendimiento obtenido en el transporte depende de una serie de parámetros que deben de ser fijados en el proyecto de dicha línea.

Una vez realizado el proyecto, se procede a la ejecución del mismo, conforme a las normas y legislación en el ámbito donde haya de realizarse. Durante esta fase se debe de utilizar material normalizado y homologado por las diversas compañías eléctricas. Es muy importante realizar un seguimiento del montaje para evitar posibles defectos que podrían ocasionar averías importantes.

Finalmente, antes de la puesta en marcha deben de realizarse una inspección visual y una serie de mediciones que verifiquen el perfecto

estado de la instalación:

- Medidas de distancias de seguridad.
- Medidas de continuidad de fases y su marcado
- Medición del aislamiento entre fases
- Medición de aislamiento fase-tierra
- Medida de la pat
- Verificar el correcto funcionamiento de las protecciones y aparatos de maniobra de dicha línea.

12.- REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS Y DOCUMENTALES

- Reglamento electrotécnico para baja tensión e Instrucciones técnicas complementarias. Boletín Oficial del Estado
- Proyecto tipo para Redes Aéreas de BT. Unión Fenosa
- Transporte de energía eléctrica. Depósito Legal : Z-2760-1999-- ISBN 8470632108
- Fichas técnicas de líneas aéreas de baja tensión (0,6/1 kv). Iberdrola

NOTAS