

## **LÍNEAS AÉREAS**

En general, se llama línea aérea al conjunto de conductores que transportan la energía eléctrica, montados a cierta altura sobre el terreno; estos conductores están soportados por crucetas u otros tipos de soportes, debidamente aislados de estos, y estos soportes, a su vez van montados sobre postes, cuya misión primordial es mantener separados los conductores a una altura conveniente del terreno. Los postes se apoyan en el terreno, por medio de cementaciones. Al conjunto del poste, con las cementaciones y los soportes de los conductores, se le denomina, en general, apoyo. Por lo tanto, y resumiendo los elementos esenciales que constituyen una línea aérea son:

- a) conductores ( vistos en tema anterior )
- b) apoyos

### **Vano, luz y flecha**

Se llama Vano de una conducción aérea a la distancia entre apoyo y apoyo (figura 1). Esta distancia, medida en metros, se denomina luz.

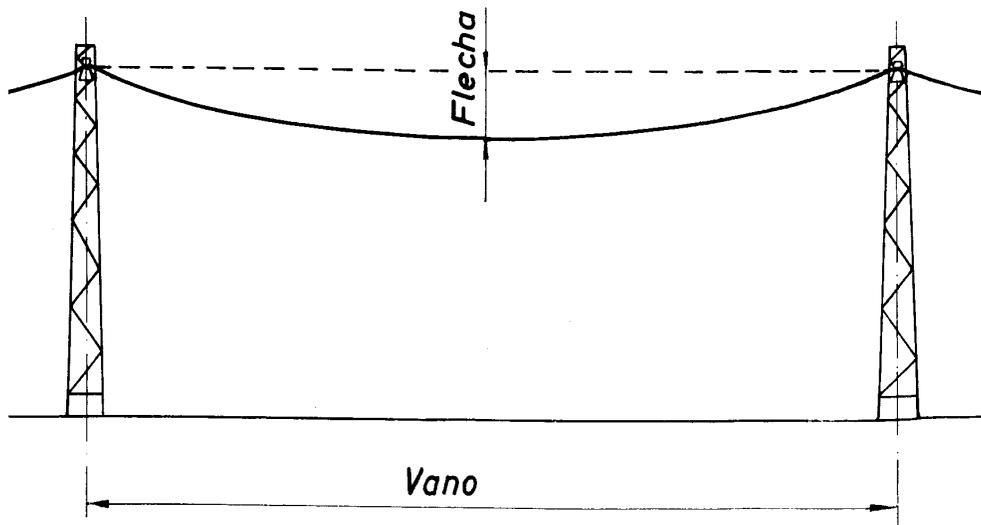


Fig. 1.- Concepto de vano y de flecha.

Se llama flecha (véase la figura 1), a la distancia entre la línea recta que pasa por los dos puntos de sujeción de un conductor en dos apoyos consecutivos, y el punto mas bajo de este mismo conductor.

### **Apoyos para líneas aéreas**

Ya hemos dicho que un apoyo para línea aérea esta constituido por el poste y los elementos que soportan los conductores

Aunque las prescripciones oficiales establecen que los postes pueden ser de cualquier material siempre que cumplan las condiciones debidas de seguridad, en la practica solamente se utilizan como materiales de construcción para postes, la madera, el hormigón y el acero.-

En lo que a soportes se refiere, cuando son pocos los aisladores que han de montarse en un poste, se sujetan a el directamente, por medio de elementos adecuados. Si el numero de aisladores es grande, se montan en un elemento especial, generalmente en forma de brazo horizontal y que se denomina cruceta; las crucetas según los casos, pueden ser también de madera, hormigón o metálicas sin que, necesariamente, el poste este construido del mismo material que la cruceta: así, por ejemplo, hay postes de madera con crucetas de madera o con crucetas metálicas, postes de hormigón con crucetas de hormigón o crucetas metálicas, etc...

Las prescripciones oficiales establecen que para el diseño constructivo de los apoyos se habrá de tener en cuenta la accesibilidad a todas sus partes por el personal especializado, de forma que pueda realizarse eficientemente la inspección y conservación de todos los elementos estructurales que constituyen el apoyo. Debe

evitarse también la existencia de cualquier tipo de cavidades sin drenaje, en las que pueda acumularse el agua de lluvia.

### **Esfuerzos a que están sometidos los apoyos para líneas aéreas**

Los apoyos para líneas aéreas están sometidos a diferentes clases de esfuerzos, que podemos resumir como sigue:

1. Esfuerzos verticales, debidos, sobre todo, al peso de los conductores que soportan (figura 2); unas veces, se trata solamente de los conductores desnudos, en otras ocasiones (sobre todo en terrenos altos), se ha de tener en cuenta también las sobrecargas debidas a la acción del hielo, que forma manguitos sobre los conductores

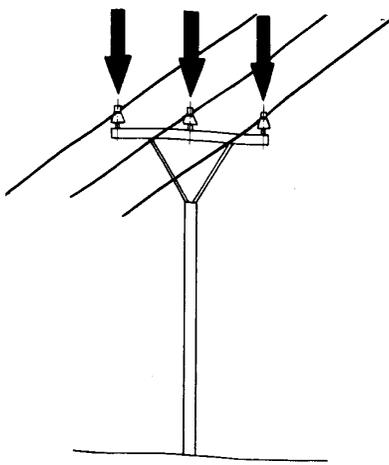


Fig. 2.- Esfuerzos verticales sobre (alineación, amarre, ángulo debidos al viento sobre un apoyo lo, principio de línea).

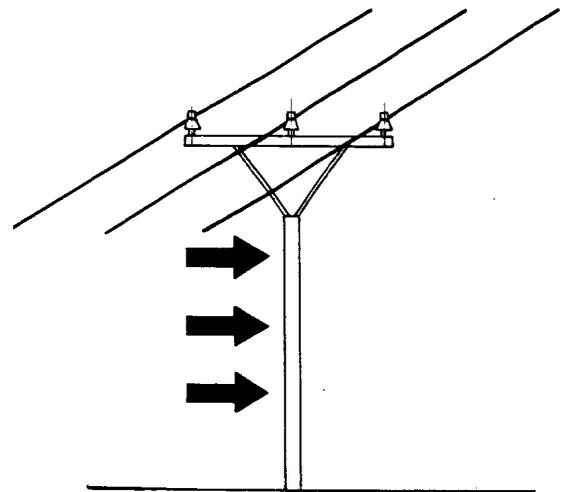


Fig. 3.- Esfuerzos transversales de un apoyo (alineación, amarre, ángulo, principio de línea).

2. Esfuerzos transversales que pueden deberse a la acción de viento sobre los apoyos (figura 3), o a la acción resultante de las tracciones de los conductores (figura 4) cuando estos no están instalados paralelamente, sino formando ángulo.

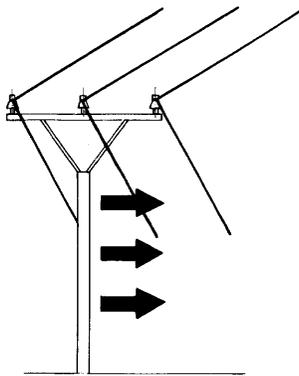


Fig. 4.- Esfuerzos transversales debidos a la tracción de los conductores, sobre un apoyo de ángulo.

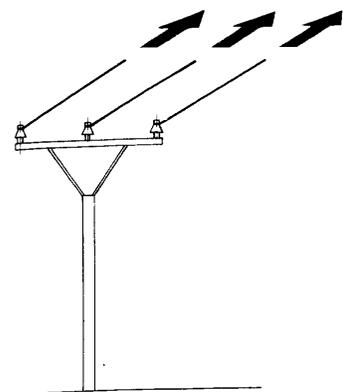


Fig. 5.- Esfuerzos longitudinales debidos a la tracción de los conductores, sobre un apoyo de principio de línea.

-3 Esfuerzos longitudinales, provocados sobre todo en los apoyos de principio o de final de línea (figura 5) por la tracción longitudinal de los conductores o, en otros casos, por rotura de los conductores que soporta el apoyo.

En muchos casos, cuando alguno o varios de estos tipos de esfuerzos son importantes, obliga a reforzar los apoyos de diferentes formas, que estudiaremos a medida que avancemos en nuestra explicación.

### **Clasificación de los apoyos según su función**

Atendiendo a su función en la línea, y de acuerdo con las prescripciones oficiales, los apoyos para líneas aéreas pueden clasificarse como sigue:

**Apoyos de alineación.** Sirven solamente para soportar los conductores y cables de tierra y solamente han de emplearse en alineaciones rectas. Se denomina también apoyos de sustentación y se proyectan para quedar sometidos solamente a los esfuerzos verticales y a los esfuerzos transversales debidos al viento.

**Apoyos de ángulo.** Se emplean para soportar los conductores y cables de tierra en los vértices de los ángulos que forman dos alineaciones distintas. Deben proyectarse para soportar los esfuerzos verticales, los esfuerzos transversales debidos al viento y los esfuerzos transversales debidos a la tracción de los conductores .

**Apoyos de anclaje.** Sirven para proporcionar puntos firmes en la línea que limiten la propagación en esta de esfuerzos longitudinales de carácter excepcional, por ejemplo, rotura de un conductor . Naturalmente, además de estos esfuerzos longitudinales excepcionales, deben proyectarse para soportar también los mismos esfuerzos que los apoyos de alineación, citados anteriormente. Se disponen en alineaciones rectas, cada 2 o 3 km., en sustitución de los postes de alineación y también se denominan, a veces, apoyos de amarre.

**Apoyos de fin de línea.** Estos apoyos deben resistir, en sentido longitudinal de la línea, los esfuerzos longitudinales de todos los conductores y cables de tierra; se montan al principio o al final de una línea aérea, cuando el esfuerzo longitudinal de los conductores no está equilibrado por la acción de un apoyo contiguo, como sucede, por ejemplo, al pasar de un cable subterráneo de salida de una estación transformadora a la línea aérea de transporte de la energía eléctrica. Como es natural, estos apoyos han de soportar también los esfuerzos transversales debidos a la acción del viento y los esfuerzos verticales debidos al peso propio de los conductores y, eventualmente, de los manguitos de hielo formados sobre ellos.

**Apoyos especiales.** Son aquellos que tienen una función diferente a los apoyos definidos anteriormente. Entre estos son interesantes los apoyos de cruce, utilizados para los vanos en que se cruzan con la línea, vías de ferrocarril, líneas de telecomunicación, etc... y los postes de bifurcación y derivación que, como su nombre indica, se emplean para bifurcar y derivar la línea aérea en diversas direcciones.

## POSTES DE MADERA

### **Generalidades**

Los postes de madera son los más económicos de fabricación y montaje; constituyen el soporte o apoyo más generalizado para las conducciones eléctricas. Existen por millones en todos los países y su uso es universal para líneas aéreas de baja tensión. Aunque, en casos excepcionales, se han utilizado para tensiones hasta 132 kV, la tensión máxima de utilización es de unos 15 kV, aunque se recomienda su empleo solamente en tramos rectos y cuando el número de conductores que deben soportar es, como máximo, de 3 a 4; en otros casos, son preferibles los postes de hormigón o de acero, de los cuales hablaremos más adelante.

La longitud de los vanos oscila entre 40 y 80 m situando, por lo menos, un poste de anclaje cada 20 ó 25 postes sencillos de alineación.

### **Características técnicas de los postes de madera**

Llamaremos pie de un poste de madera a la parte más ancha, destinada a ser enterrada en el suelo y despunte o cogolla, la parte superior, de menor sección. La cogolla está achaflanada (figura 25) para dificultar la penetración del agua de lluvia y generalmente se pinta con alquitrán, pez o betún con el mismo objeto. El pie del poste se corta perpendicularmente al eje longitudinal y en el plano del corte se encuentran frecuentemente la marca de la casa suministradora y el tamaño nominal del poste.

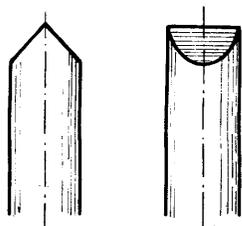


Fig.— Achaflanado de un poste de madera.

Los postes se definen por las siguientes características

- a) especie forestal
- b) longitud total
- c) diámetro en el despunte
- d) índice de aguzamiento

De las especies forestales existentes, las prescripciones reglamentarias señalan que deben emplearse principalmente las siguientes:

- especies frondosas: Castaño, acacia, etc.
- especies coníferas: pino silvestre, etc.

Las mismas prescripciones indican que las especies de crecimiento rápido, como el pino insignis y el eucalipto, no deberán aceptarse más que en instalaciones provisionales para una duración no superior a dos años.

La longitud de los postes está expresada en metros, con tolerancias de + 10 cm; el diámetro del despunte está relacionado con la longitud de acuerdo con la siguiente tabla

Longitud total metros	Diámetro del despunte centímetros
9	11
10	12
11	13
12	13
13	14
14	14
15	15
16	15

Si los postes son de castaño o se montan por parejas, pueden admitirse diámetros del despunte 2 cm menores que los indicados en tabla anterior.

Se denomina índice de aguzamiento o conicidad del poste a la acción de la diferencia entre los diámetros de los extremos y la longitud del poste, medidas todas las longitudes en las mismas unidades, y expresadas en milésimas, es decir, a la relación

$D_1$  = diámetro del pie del poste

$D_2$  = diámetro del despunte del poste

$L$  = longitud total del poste

$$i = \frac{D_1 - D_2}{L} \times 1000$$

El índice de aguzamiento es una magnitud característica para cada especie forestal, y está comprendida entre 5 y 12 milésimas, admitiéndose una conicidad más elevada para el castaño.

En muchas ocasiones, resulta conveniente conocer el volumen de los postes de madera; por ejemplo, para efectos de transporte, almacenado, etc.

El volumen puede determinarse por dos fórmulas; en la primera de ellas, se expresa:

$h$  = altura total del poste

$d$  = diámetro medio, tomado a 1,5 m de la base

$M$  = coeficiente de forma, que vale, en el caso del pino,

$$V = M h \frac{\pi d^2}{4}$$

0,72 para longitudes de poste inferiores a 13 m

0,68 para longitudes de poste superiores a 13 m

En el caso de otras especies forestales, este coeficiente vale:

0,68 para longitudes de poste inferiores a 13 m

0,65 para longitudes de poste superiores a 13 m

En la segunda fórmula para determinar el volumen de un poste no interviene el coeficiente de forma M; esta fórmula es

h = altura total del poste

d = diámetro medio del extremo inferior

d<sub>1</sub> = diámetro medio del extremo superior

$$V = \frac{h}{4} (d^2 + d_1^2 + d d_1)$$

La preparación de un poste de madera para su utilización en líneas eléctricas, requiere ciertas condiciones, entre las que pueden destacarse:

Tala de árboles. Deberá realizarse fuera de la época vegetativa, es decir, entre los meses de mayo a julio o agosto, si los árboles viven en zonas cuya altitud es superior a los 1.000 m. El descortezamiento y el corte de las ramas se realiza inmediatamente después del apeo, procurando no herir la madera

Secado. Esta operación se realiza por apilado, durante el mayor tiempo posible, colocando los postes de tal forma que el aire pueda circular libremente entre ellos y separándolos del terreno para evitar que queden expuestos a superficies húmedas.

Serrado y alisado. El serrado de la base será normal y su eje longitudinal, admitiéndose una tolerancia de 15° en la inclinación del plano.

La punta se cortará a bisel, en cono o en pirámide, siendo como máximo la longitud de cada uno de ellos igual a su diámetro

El alisado se realizará quitando los trozos de ramas y nudos que sobresalgan más de 25 mm, no admitiéndose grietas en el despunte. Lo largo del poste no se admitirán grietas de abertura superior a 5 mm, ni de longitud superior a 1m, ni de profundidad superior a 5 cm, ni tampoco si existen varias de estas grietas muy próximas, aunque tengan las características indicadas. Tampoco sirven los postes que tengan nudos viciosos, heridas de rayo o desgarrones aunque estén cicatrizados, ni los que presenten concreciones resinosas.

Estado de la madera. La madera habrá de presentar su color natural sin indicios de incrustaciones de algas ni de ataque de hongos. No se admitirán indicios de podredumbre de cualquier tipo, corazón huecos, corazón excéntrico o madera chamosa.

La madera estará exenta de señales de ataques de insectos y no deben presentar heridas de pájaros carpinteros

Marca de los postes. Los postes han de llevar unas marcas preceptivas en las que se indican el proveedor, la provincia de origen y el año de la tala, situándose a 3,50 m de la base. El procedimiento para marcar puede ser por estampado al fuego, con clavos o con chapas de zinc.

Forma de los postes. Deben ser sensiblemente rectos, especialmente los destinados a ser emplazados sobre zócalos, tomando en cuenta las siguientes circunstancias, que se detallan en la siguiente figura

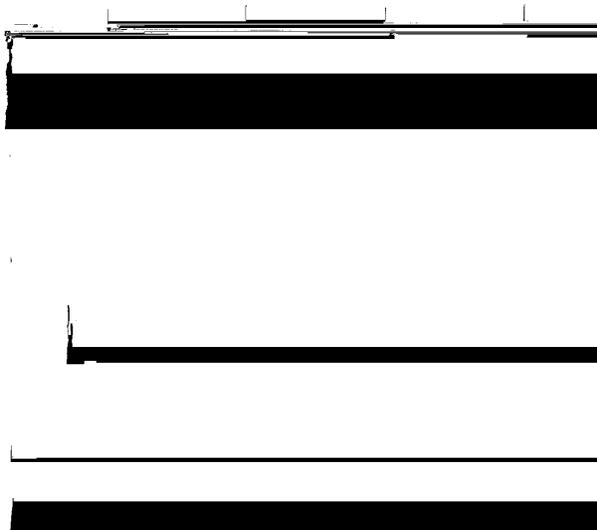


Figura 2a. La torcedura localizada en la base, será admisible en una longitud no mayor de 1,5 m, si la desviación total del eje es inferior al diámetro de la base.

Figura 2b. La curvatura uniforme del poste, será admisible sí en todo su longitud, la flecha máxima no supera 15 mm por metro de longitud.

Figura 2c. La doble curvatura se admite cuando cada rama de la curva esta situada aproximadamente hacia la mitad del poste, y sí la línea imaginaria que une los centros de las caras del poste, no sale de este en toda su longitud.

Figura 2 d. Se puede admitir una torcedura en una zona cuando no afecta a mas de 1/8 de la longitud total del poste y sí los ejes de los 2 trozos separados por la curva están en prolongación, y sí la línea que los une no sobresale del poste.

Grado de humedad. No será superior al 15 % del peso total del poste, determinándose por el procedimiento de pesada, antes y después del proceso de desecación. Si la medicación se hace por procedimiento directo, mediante un higrómetro, la resistividad del poste no será inferior a 186 mega ohmios /cm.

Densidad : se referirá a una humedad de 13 % de su peso. La densidad aparente, es decir la relación entre el peso y el volumen aparente, no será superior 0,42 para postes de abeto y a 0,52 sí se trata de postes especiales.

Esfuerzos mecánicos. Los postes de madera han de cumplir con ciertas condiciones en lo que a esfuerzos mecánicos se refiere; estas condiciones, son las siguientes:  
compresión , tracción, flexión estática, flexión dinámica

### Tratamientos a que se someten los postes de madera

Los postes en bruto se pudren en un tiempo relativamente corto bajo la influencia de la intemperie. Para aumentar su duración, antes de su montaje se impregnan con sustancias protectoras; después de montados y ya en servicio, han de someterse a tratamientos especiales. Los postes de pino se someten a un tratamiento de impregnación en toda su longitud; en otros tipos de maderas, que son mas resistentes a la putrefacción, se trata solamente la parte inferior, hasta unos 50 cm por encima de la línea en que están enterrados.

Las sustancias protectoras mas empleadas en el tratamiento de postes de madera, son las siguientes:

**Creosota.** Es un destilado del alquitrán producido por la carbonización a alta temperatura de la hulla bituminosa. Algunas veces, se emplea en solución con alquitrán o petróleo, empleándose estos últimos materiales para tapar los poros de la madera e impedir la entrada de la humedad.

**Cloruro de zinc.** Es soluble en el agua, inodoro, retarda la combustión y su coste es relativamente bajo. Las superficies de las maderas sometidas a tratamiento con este material pueden pintarse, lo que constituye una ventaja sobre la creosota. Sin embargo, el aumento de vida de los postes tratados con Cloruro de zinc, no es tan grande como en los tratados con creosota.

**Meta-arsenito de zinc.** Este material se ha comenzado a emplear recientemente como preservativo de la madera. Es un polvo inodoro, incoloro y muy poco soluble en el agua. Se aplica siempre por tratamiento a presión! a temperatura ordinaria. Entre las ventajas de este material, pueden citarse, su permanencia en la madera, no corroe al hierro y al acero, aislante de la electricidad y limpieza de las superficies tratadas que pueden ser pintadas y barnizadas.

**Polvo granulado para madera.** Es un residuo arsenical muy venenoso y tóxico por lo que el personal encargado del tratamiento de los postes debe tomar las debidas precauciones en su manejo. Como tratamiento se aplica en forma seca, en polvo granular, en contacto con las bases de los postes. Al montar postes nuevos, se coloca debajo de las bases y también en dos anillos alrededor de las bases, en posiciones aproximadamente a mitad de la distancia entre la base y el plano de tierra y alrededor de 30 cm por debajo del plano de tierra. Es ligeramente soluble en el agua, impregna bien la madera y esteriliza el suelo adyacente.

Además de los materiales citados, se emplean también: el alquitrán de hulla, el sulfato de cobre, el bicloruro de mercurio, etc...

Los métodos utilizados para el tratamiento de los postes de madera, pueden dividirse en dos grandes grupos:

## 1. Por aplicación superficial

## 2. Por impregnación.

La primera clase comprende las aplicaciones con pincel, por pulverización o por inmersión; el material preservativo, generalmente creosota, debe aplicarse en caliente para asegurar una presión máxima .

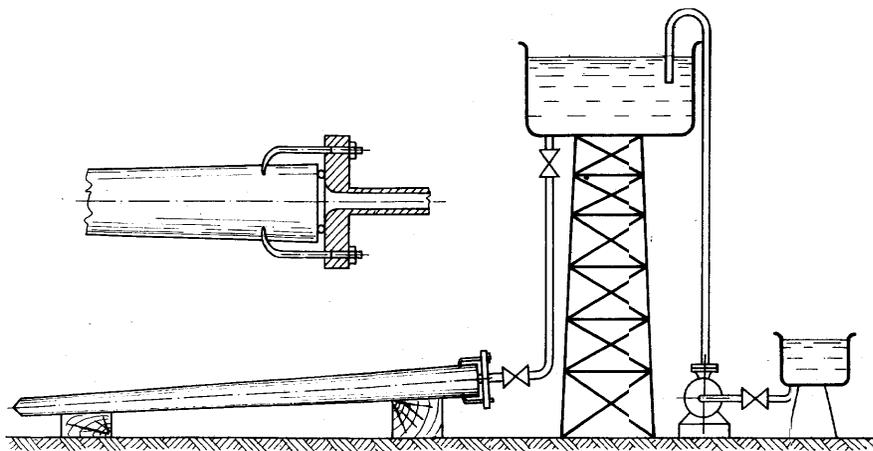
Los procedimientos de tratamiento de los postes de madera por impregnación puede, a su vez, subdividirse en estos dos grupos:

- a) tratamientos sin presión
- b) tratamientos a presión

Como ejemplo de tratamiento sin presión citaremos el procedimiento Kyan, llamado también kyanización. Se emplean arboles descortezados y secos que se apilan en un depósito estanco y se sumergen enseguida en una solución acuosa de bicloruro de mercurio, en una proporción de 1 kg. de esta sal metálica por cada 150 litros de agua hasta que la profundidad de impregnación llegue a unos 15 ml esta operación se realiza a la temperatura ambiente y a la presión atmosférica.

En lo que se refiere a los tratamientos a presión existen numerosos procedimientos de los que solamente describiremos, a título de ejemplo, el procedimiento Boucherie, que hemos representado esquemáticamente en la figura siguiente. Este tratamiento se aplica a los arboles recientemente cortados y sin quitar la corteza en cualquier época .

El pie del poste se rodea con un casquete estanco (parte superior de la figura siguiente), unido a un depósito que contiene una solución acuosa de sulfato de cobre o de cloruro de zinc, en la proporción de 1 kg. de sal metálica por cada 100 litros de agua El árbol se coloca en posición inclinada con la cabeza hacia abajo y la solución se inyecta por el pie; esta va pasando lentamente a través del árbol, desplazando a la savia, hasta que rebosa por la punta del árbol, en cuyo momento se corta la inyección, dándose por terminado el tratamiento.



— Procedimiento Boucherie para tratamiento de postes de madera.

Los postes de madera de pino suelen someterse en toda su longitud a alguno de los tratamientos citados. En otras clases de maderas, más resistentes a la putrefacción se trata solamente la parte inferior, hasta unos 50 cm por encima de la línea donde están enterrados, ya que normalmente, la pudrición no sobrepasa el límite citado.

En todos los casos, las condiciones previstas al tratamiento exigen un

periodo de cura o maduración natural de 4 meses por lo menos. Este periodo no es equivalente en todos los meses del año, ya que depende del grado de humedad ambiente, por lo que se ha establecido una tabla de equivalencias entre los meses naturales y los meses de maduración o efectivos.

## NORMA DE EMSE “ET 7”

### Postes de madera

El objeto de esta Especificación Técnica es establecer las condiciones que deben satisfacer los postes de madera para líneas aéreas de distribución de energía.

### DEFINICIONES

Los términos relacionados con la madera son los indicados en norma IRAM 9502.

Los caracteres generales y los métodos de ensayo de los postes de madera se establecen en norma IRAM 9530,

Los postes de las distintas especies forestales responderán a normas IRAM correspondiente . Ej. Poste de eucaliptos IRAM 9531.

#### ESPECIES FORESTALES.

Se aceptaran las especie; forestales comprendidas en los siguientes tipos :

TIPO 1 : Postes utilizables sin preservación : quebracho colorado urundel, urunday, guayacan, mora amarilla, cebil colorado, cebil moro, anchico colorado, quina.-

TIPO 2 : Postes utilizables exclusivamente con preservación : eucaliptos, palo amarillo, palo blanco, quebracho blanco, cipres, pinos, casuarinas, coihue, lenga.

No se aceptaran postes de palma.( palmera )

#### ELABORACION .

Los postes del tipo I serán elaborados a partir del duramen.

No se aceptaran los que presenten corteza y/o albura.

Los postes del tipo II serán elaborados con albura y duramen, totalmente exentos de corteza y liber. El espesor de la albura no será menor de 1,5 cm. en cualquier sección del poste que se considere.

#### ANOMALIAS .

Se respetaran los requisitos establecidos en las normas IRAM particulares para cada especie, y las mencionadas a continuación:

#### PUDRICION

No se aceptaran postes que presenten zonas de pudrición.

#### ATAQUES DE INSECTOS.

No se aceptaran postes que presenten ataques de insectos.

#### HUMEDAD.

El contenido de humedad determinada a un metro del extremo de empotramiento no será mayor del 25% en los 7 cm. mas externos del estipite.

El contenido de humedad se determinará según norma IRAM 9532.

#### MEDIDAS ACEPTADAS.

Las medidas aceptadas para todas las especies serán las indicadas en TABLAS, para postes de eucaliptos .

LONGITUD DEL POSTE · (L) : Es la distancia medida entre los centros geométricos de las secciones externas enteras del poste.

LONGITUD DE EMPOTRAMIENTO (LE): Es la distancia existente entre la sección de empotramiento y el extremo inferior del poste.

SECCION DE CARGA : Es la sección transversal del poste que se encuentra a 200 mm. de la punta El perímetro correspondiente será  $P_c$  y el diámetro del círculo equivalente  $d_c = P_c/3,14$ .

SECCION DE EMPOTRAMIENTO : Es la sección transversal del poste que se encuentra a una distancia igual a LE desde la base. El perímetro que le corresponde se designará por  $P_E$  y el diámetro del círculo equivalente  $d_E = P_E/3,14$ .

Los postes deberán responder estrictamente a las medidas establecidas.

Para todas las especies se admitirá una curva máxima cuya flecha en cm ; sea igual al valor que resulte de multiplicar la longitud útil en metros por 1,4.

No se aceptara contracurva.

La punta o cima del poste tendrá dos cortes inclinados a 45 ° (doble agua).

#### CATEGORIA SEGUN TRATAMIENTO PRESERVADOR.

CATEGORIA A : Postes tratados con creosota u otros preservadores solubles en aceite (pentaclorofenol y naftenato de cobre) por el procedimiento de vacío - presión, según norma IRAM 9521.

CATEGORIA B : Postes tratados con compuestos arsenicales, cincicos o cúpricos por el procedimiento vacío-presión según norma IRAM 9521, y/u otras normas que IRAM emita al respecto. Por ej.: IRAM 9513 para postes de eucaliptos

CATEGORIA C : Postes sin tratamiento preservador

DESIGNACION : Al formular los pedidos de postes deberá indicarse :

Tipo o especie de madera  
Letra A, B o C según el tratamiento preservador.  
Longitud del poste.  
Carga de rotura.  
Diámetro mínimo de la sección de carga.  
Número de esta Especificación Técnica.  
Norma IRAM a la que responde.

#### IDENTIFICACION.

Los postes llevaran una chapa de material resistente a los agentes atmosféricos, colocada a 4 m. del extremo de empotramiento, en la cual deberán incluirse las siguientes indicaciones :

MARCA DE FABRICA  
AÑO DE PRODUCCION

En el caso de postes de madera dura que hayan sido labrados a hacha, las indicaciones mencionadas podrán hacerse mediante marcado a fuego, en lugar de la chapa.

#### INSPECCION Y RECEPCION .

Responderá a las normas IRAM correspondientes a cada tipo de poste.

#### NORMAS A CONSULTAR.

Se consultaron las siguientes normas :

<u>IRAM</u>	<u>TEMA</u>
9501	Vocabulario de maderas
9502	Maderas en bruto y aserradas, Medición y ubicación
9503.	Maderas de uso frecuente. Nomenclatura de comercialización
9504	Maderas aserradas y canteadas. Pino Brasil o Pino Paraná. Clasificación.
9505	Preservadores de madera. Aplicaciones y retenciones aconsejable
9506	Compensados de madera para usos generales.
9507	Adhesivos de resina sintética para elaboración de compensados de madera.
9510	Cola de caseina, en frío, para madera.
9511	Preservador de maderas de los agentes biológicos. Definiciones.
9512	Creosotas para preservación de maderas
9515	Preservadores compuestos cincicos para maderas.
9516	Preservadores compuestos cúpricos para maderas.
9517	Preservadores compuestos arsenicales para maderas.
9518	Toxicidad ,permanencia y eficacia de preservadores de madera.
9519	Pentaclorofenol para preservación de maderas.
9520	Naftenato de cobre para preservación de maderas.



## **Materiales empleados en los postes metálicos**

Generalmente, se emplea *el acero* de calidad normal, en tubos, perfiles laminados en L, U, T, I, etc. y planchas. Para casos especiales, se utiliza también el *hierro fundido*. Modernamente, se estudia el empleo de diversas aleaciones ligeras, es decir, a base de aluminio y acero.

Como elementos de unión se utilizan, sobre todo, los pernos, tornillos y remaches. Por razones que veremos más adelante, no se ha generalizado el empleo de la soldadura.

En lo que se refiere a los materiales que deben emplearse en la construcción de postes metálicos, la reglamentación española vigente establece que no pueden utilizarse perfiles abiertos de espesor inferior a 4 mm. Cuando los perfiles fueran galvanizados por inmersión en caliente, el límite anterior puede reducirse a 3 mm. En construcciones remachadas o atornilladas no podrán realizarse taladros sobre flancos de perfiles que tengan una anchura inferior a 35 mm.

Cuando los perfiles de la base del poste se prolonguen dentro del terreno sin recubrimiento de hormigón (por ejemplo, en el caso de cimentaciones metálicas), el espesor de los perfiles enterrados no será inferior a 6 mm.

No deben emplearse tornillos ni remaches de un diámetro inferior a 12 mm.

Cuando se utilicen tubos o perfiles cerrados, debe hacerse de forma que resulten estancos, es decir, sin comunicación de su cavidad interior con el exterior. En estas condiciones, el espesor mínimo, de la pared no será inferior a 3 mm, límite que podrá reducirse a 2,5 mm, cuando estuvieran galvanizados por inmersión en caliente.

En los perfiles metálicos enterrados sin recubrimiento de hormigón, se cuidará especialmente su protección contra la oxidación, empleando agentes protectores adecuados, como galvanizado, soluciones bituminosas, brea de alquitrán, etc.,...

Se recomienda la adopción de protecciones anticorrosivas de la máxima duración, en atención a las dificultades que se presentan para los necesarios tratamientos posteriores de conservación.

### ***Tipos generales de postes metálicos***

Las ventajas de los postes metálicos, derivadas, sobre todo, de su superior resistencia mecánica respecto a los demás tipos de postes y a la propia estructura del poste, que se presta a la descomposición en piezas sencillas que luego se arman cómodamente en el lugar del izado del poste, así como su fácil mantenimiento y su más estética configuración (lo que puede resultar decisivo en el interior de las ciudades), hacen que el empleo de estos postes se extienda desde las redes de baja tensión hasta los grandes sistemas de transporte a muy altas tensiones.

La extensión de las aplicaciones de los postes metálicos hace que los tipos sean muy variados y adopten muy diferentes formas que hace muy difícil su clasificación. Para nuestro estudio, consideraremos el material constituyente del poste y la configuración de este material en el conjunto del mismo. De esta forma, podremos clasificar los postes metálicos como se indica a continuación:

1. Postes de perfiles laminados.
2. Postes tubulares.
3. Postes de celosía de perfiles laminados.
4. Postes de celosía tubular.
5. Postes de celosía mixtos.

Todos estos tipos hacen referencia a los postes que podemos considerar de construcción normal, es decir, los más utilizados en las líneas de distribución y de transporte de energía eléctrica. Más adelante, estudiaremos algunos tipos especiales de postes metálicos, que hemos considerado interesantes para la información de nuestros lectores.

### ***Postes de perfiles laminados***

En líneas de distribución con reducido número de conductores de pequeñas secciones se han empleado, como postes, raíles procedentes del levantado de las líneas ferroviarias que, por tratarse de material ya usado, resultan de coste reducido. La longitud de estos raíles es de 6 a 8 m por lo que, sí no alcanzan la altura

necesaria, se empalma en un extremo, un cabirón de madera sobre el que pueden fijarse los soportes de los aisladores.

Más modernamente, se han empleado postes formados por diversos perfiles, unos normales (perfiles U, I, L, etc. ... ) y otros especialmente estudiados para el caso (perfil Grey, perfil Rombas, etc. ... ). En la figura 104 se muestran algunos de estos perfiles. Generalmente se embeben en un macizo de hormigón. Estos postes se emplean solamente en instalaciones rurales de baja tensión.

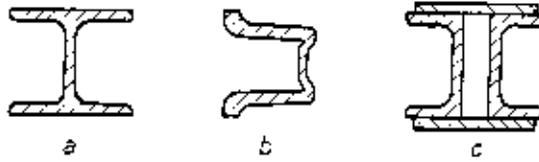


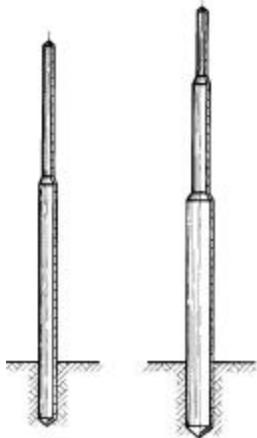
Fig. 1.- Secciones para postes ipzelálicos de perfiles laminados. a) Perfil Grey. b) Perfil Rombas. c) Sección formada por 2 perfiles U.

### Postes tubulares

Estos postes están constituidos por tubos de acero estirado y se conocen también con el nombre de *postes Mannesmann*. Tienen la ventaja de ser ligeros y resistentes y un excelente aspecto exterior por lo que se utilizan frecuentemente para instalaciones eléctricas aéreas en el interior de las poblaciones. Su inconveniente principal es su elevado precio por lo que, actualmente, han sido casi totalmente sustituidos por los postes de celosía de los que hablaremos más adelante.

Se construyen según dos modelos:

Fig. 2. - Postes tubulares de acero



a) de una sola pieza, con uno o más estrechamientos, tal como se representa en la figura 2

b) de varias piezas enchufables de sección decreciente, con juntas cónicas (figura 3 a) o cilíndricas (figura 3 b).

Para evitar la corrosión del poste, se alquitrana en caliente la cara interna, y se obtura la base con una chapa soldada de forma cónica.

La cara exterior del poste necesita una o varias capas de pintura que deben renovarse con cierta frecuencia.

Es tos postes se colocan directamente en el suelo, con o sin hormigón o bien sobre una zapata de hormigón, con lo que se evita la corrosión en la base del poste.

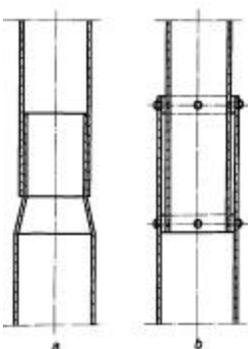


Fig. 106.- Juntas para postes tubulares de acero. a- Junta cónica. b- Junta cilíndrica

### Postes de celosía de perfiles laminados

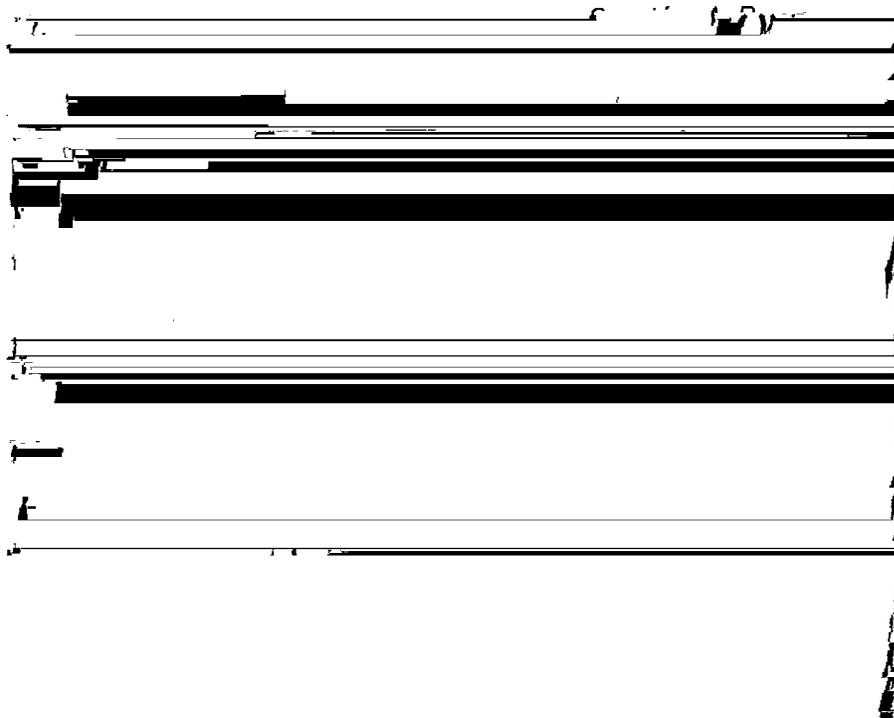
Esta clase de postes se emplea para el tendido de líneas de distribución a baja y media tensión y de líneas de transporte a alta y muy alta tensión; en este último caso, se emplean preferentemente a los demás tipos de postes.

En general, están constituidos por un conjunto de perfiles laminados, dispuestos en celosía y unidos a los montantes por soldadura, por remaches o por tornillos.

Los postes de celosía -se construyen generalmente de dos o de cuatro montantes unidos entre sí, como hemos dicho, por perfiles laminados. -

Los postes de celosía de dos montantes se emplean, sobre todo, para redes de distribución a media tensión, con vanos no superiores a 150 m. Generalmente están constituidos por dos perfiles en U, cuya celosía forma entramados (figura 107 a) o marcos (llamados también vigas Vierendel, figura 107 b). El arriostramiento o celosía está constituido por pletina de sección rectangular (figura 108) o por perfiles laminados dispuestos en diagonal alternadamente a uno y otro lado de las caras exteriores del poste (figura 109); en ambos casos, las riostras se fijan al poste por medio de tornillos o de remaches.

Los postes de celosía de cuatro montantes se emplean para redes de distribución a media tensión y para grandes líneas de transporte

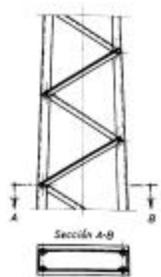


*Fig. 4. - Postes de celosía de perfiles laminados, de 2 montantes. a Celosía de entramado. b- Celosía de marcos*

*Fig. 5. - Arriostramiento de postes de celosía de perfiles laminados, de 2 montantes con pletina de sección rectangular*

a alta tensión. Se construyen para conductores en uno, dos y tres planos. Las celosías laterales se organizan preferentemente en forma de entramado triangular sencillo, con los elementos inclinados de 25 a 35°; si se desea mayor resistencia mecánica se disponen entramados romboidales (fig 7 b) y, en algunos casos, entramados en forma de K (fig5 c).

La sección de estos postes puede ser rectangular o cuadrada, aunque se utiliza casi exclusivamente la sección cuadrada. La estructura del poste está constituida por perfiles laminados en L, cuya separación se mantiene por medio de riostras de sección rectangular o de sección en L. Los elementos que constituyen el poste (montantes y riostras), se unen entre sí por medio de tornillos o de remaches, que no deben sobre montarse, como se indica en la fig. 7 sino que cada riostra debe sujetarse al correspondiente montante con remaches individuales. Otras veces, se recurre a carteras formadas por planchas de acero; este último procedimiento se utiliza cuando, por necesidades constructivas, hay que colocar dos o más remaches.



*fig. 6.- Arriostramiento de postes de celosía de perfiles laminados, de 2 montantes con perfiles laminizados dispuestos en diagonal.*

A partir de una determinada altura, los postes de celosía se suministran subdivididos en elementos o tramos cuya longitud depende, esencialmente, de los medios de transporte. En la fijación de estas longitudes debe procurarse aprovechar lo mejor posible las columnas del poste, con objeto de conseguir un peso reducido; deberán tenerse en cuenta también las longitudes normalizadas de los perfiles

