

# ESTUDIO SOBRE LOS POSTES I LAS PILAS PARA LA TRASMISION DE LA ENERJÍA ELÉCTRICA

POR

LÉON GRIVEAUD

Traducido de la *Revue de la Construction Metallique*

POR

FRANCISCO MARDONES  
Ingeniero Civil

---

(Continuacion)

*Caso particular.*— Cuando un hilo o un cable de cobre debe franquear un espacio relativamente grande con el minimum de puntos de apoyo, se emplea a veces un hilo de suspension de acero de gran resistencia, al cual se fija el conductor de electricidad por medio de garfios colocados de distancia en distancia.

El hilo de acero puede tener una resistencia a la ruptura que alcance a unos 180 kilogramos por milímetro cuadrado, lo que permite tenderlo con el minimum de flecha; el conductor que le está suspendido es un peso muerto que debe sostener enteramente el hilo de suspension, i estando los garfios muy próximos los unos de los otros, se puede considerar esta sobrecarga como uniformemente repartida sobre la longitud de este hilo; deberá tambien tomarse en cuenta la acumulacion del hielo sobre los dos hilos o cables, así como tambien el esfuerzo del viento sobre la superficie total ofrecida por el conjunto de la línea.

Creemos, ademas, que, a pesar de la gran resistencia del hilo de acero, esta disposicion no es económica en línea corriente; pero si el conductor debe, accidentalmente, franquear un gran espacio sin que sea posible sostenerlo por postes intermedios, este artificio queda indicado para solucionar este caso particular del problema.

En el establecimiento de las canalizaciones aéreas para tranvías eléctricos, sucede frecuentemente que los hilos del trolley estan suspendidos encima de las calles por cables trasversales de acero, fijados a las construcciones vecinas o a postes plantados al borde de las aceras para no interrumpir la circulacion por la calzada.

La tension del hilo de suspension, i por consiguiente la traccion sobre los postes se obtendrá trazando el polígono de equilibrio del hilo con una distancia polar cualquiera, i espresando que las tensiones son inversamente proporcionales a las flechas; se agregará al resultado proporcionado por las cargas concentradas solas, la tension producida por el peso propio del hilo, lo que no es rigurosamente exacto, pero sí suficiente en la práctica.

Así, supongamos que sobre un hilo de suspensión  $AB$  (fig. 5) fijado en sus extremos a dos postes distantes de 21 metros, haya cargas concentradas  $P$ ,  $P_1$  i  $P_2$  respectivamente iguales a 16, 16 i 19 kilogramos, que representan el peso de los hilos de trolleys i sus soportes aisladores.

Estando dibujado el esquema a una escala cualquiera, (en la fig. 5 la escala de longitudes es 3,62 m.m.=1 m i la de cargas 0,9 m.m.= 1 kilogramo) construimos el diagrama polar tomando sobre una recta vertical, segmentos sucesivos que representen las cargas  $P$ ,  $P_1$  i  $P_2$  a la escala escogida de 0,9 m.m por kilogramo, i tomando un polo  $O$  situado, por ejemplo, a 80 kilogramos de esa vertical. Partiendo en seguida de un punto  $A$  elegido arbitrariamente sobre la vertical del apoyo de la izquierda, trazamos el polígono funicular  $A'B'$  en el que cada lado es paralelo al radio vector correspondiente del diagrama polar.

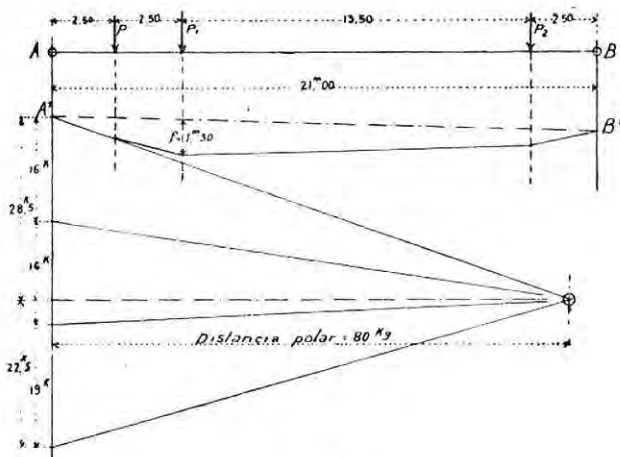


Fig. 5.

Vemos que, para una tensión horizontal de 80 kilogramos, la flecha del cable de suspensión, medida a la escala de 3,62 m.m. por metro, sería de 1 m. 30. Entonces si no se tolera más que una flecha de 0, m 30, la tracción del hilo proveniente de las cargas concentradas sería:

$$T = 80 \frac{1.30}{0.30} = 347 \text{ kgr.}$$

Pero la fórmula (1) nos daría para la tensión del hilo de suspensión bajo la acción de su propio peso un esfuerzo, por milímetro cuadrado, de:

$$T = \frac{p l^2}{8 f} = \frac{0.0078 \times 441}{2.4} = 1.43 \text{ kgr.}$$

Si aceptamos, para el hilo de suspensión de acero, un trabajo máximo de 15 kilogramos por milímetro cuadrado, quedan disponibles:  $15 - 1.43 = 13.57$  kilogramos. La sección necesaria será, pues de:

$$\frac{347}{13.57} = 25.7 \text{ m.m}^2$$

es decir que será necesario emplear un hilo de 6 m.m. de diámetro.

En cuanto al esfuerzo horizontal total que produce el hilo de suspensión en su punto de unión al soporte, es de:  $25.7 \times 15 = 386$  kilogramos.

*Esfuerzo del viento sobre el poste.*—El esfuerzo del viento sobre el poste o pila se determinará contando con la intensidad máxima que hemos admitido, es decir 120 kilogramos por metro cuadrado.

La superficie que intervendrá en el cálculo, será la mayor que pueda quedar expuesta al viento; si el poste es cilíndrico habrá que tomar en cuenta el coeficiente de reducción  $\frac{2}{3}$  de que hemos hablado ya.

Indicaremos todos estos cálculos para los principales tipos de postes que tendremos ocasión de describir; es, pues, inútil que nos detengamos más sobre este punto por ahora.

*Peso del conductor i del soporte.*—Estos elementos tienen, en general, poca influencia sobre la resistencia del soporte i no se les toma en cuenta en la práctica. Puede ser interesante, sin embargo, buscar, en ciertos casos particulares, el aumento de tensión del metal, debido a estos factores, i vamos a indicarlo sumariamente.

Si llamamos:

$P$ , el peso del cable i del aislador concentrado en el punto de suspensión,

$L$ , la altura sobre el suelo, del punto de suspensión;

$\phi$ , la flecha del poste por un viento violento;

$d$ , el ancho del soporte al nivel del suelo.

La tensión suplementaria  $R_1$  debida al peso  $P$ , observando que el poste está cargado por punta i que hai un momento de flexión a causa de la flecha  $\phi$ , puede escribirse para una sección circular hueca:

$$R_1 = \frac{P}{S} + \frac{P}{dS} \left( 4\phi + 0,0036 \frac{L^2}{d} \right)$$

Se puede aun emplear esta fórmula para los postes enrejados, pues proporciona un ligero exceso de seguridad.

El peso propio del soporte produce tambien en la sección de la base, una compresión por punta al mismo tiempo que un momento de flexión a causa de la desviación  $\phi$  que hemos supuesto.

Si llamamos  $P_0$  el peso de este poste hasta su sección de empotramiento;  $R_2$  la tensión ideal de la materia debida a este peso muerto, se puede escribir aproximadamente:

$$R_2 = \frac{P_0}{S} + \frac{P_0}{dS} \left( \phi + 0,0009 \frac{L^2}{d} \right)$$

Si hacemos:  $d = \frac{L}{25}$  i  $\phi = \frac{L}{50}$  que son proporciones normales de la práctica, encontraremos:

$$R_1 = \frac{P}{S} \cdot 5,25 \qquad R_2 = \frac{P_0}{S} \cdot 2,6$$

La tensión total  $R$  debida a estas dos acciones, es:

$$R = R_1 + R_2$$

admitiendo las proporciones medias anteriores para el ancho de la base i la magnitud de la flecha, podemos escribir la siguiente relacion:

$$R = \left( \frac{2P + P_0}{S} \right) 2.6$$

que dará la tension suplementaria  $R$ , por unidad de seccion, relativa a la carga  $P$  concentrada en el vértice del poste i al peso propio  $P_0$  del soporte.

Estando determinadas como lo hemos visto todas las otras sollicitaciones, se abordará el cálculo de resistencia segun el tipo jenérico al cual pertenece el soporte, i siguiendo los métodos que examinaremos en esta esposicion al describir cada sistema.

### III.—POSTES DE FUNDICION

Los postes de fundicion, que son de uso corriente i mui jeneral cuando se trata de soportes para alumbrado, se ven abandonados, por el contrario, en las instalaciones de transporte de enerjía eléctrica. La razon de este abandono reside a todas luces, en la poca resistencia de la fundicion a los esfuerzos de flexion, lo que obliga a darles una seccion transversal importante resultando un poste pesado i costoso. Pero, la fundicion se presta admirablemente para obtener formas arquitecturales difíciles de realizar con el empleo esclusivo de hierros laminados. Pensamos que, juiciosamente empleado, este material seria susceptible de algunas aplicaciones cuando el precio de costo no constituya la sola condicion del programa que cumplir i cuando se trate de postes relativamente bajos o sollicitados por débiles esfuerzos.

La primera aplicacion de la fundicion a este jénero de construcciones especiales, remonta casi a los principios de la telegrafia eléctrica, i ha nacido únicamente por el deseo de atenuar el efecto poco gracioso de los postes ordinarios de madera.

Hácia 1855, en efecto, los soportes de la línea establecida en los boulevards de la rivera izquierda, en Paris, eran formados por columnas huecas de fundicion, del mismo tipo que los faroles del gas. La figura 6 es una reproduccion de esos soportes que se pueden ver aun en la rivera derecha del Sena aguas arriba de Paris.

La parte delgada inferior, destinada a quedar bajo tierra, no tenia mas que 0.65 m. de largo i, para los postes plantados directamente en el suelo, se les agregaba un tronco cilindrico de madera, de manera a formar un empotramiento de 1.50 m. mas o ménos; este modo de proceder no es evidentemente recomendable pues la ventaja que habria podido ofrecer la inalterabilidad del metal quedaba anulada por el empleo simultáneo de la madera en el empotramiento, es decir, en la parte mas espuesta a deteriorarse. En el vértice, una espiga de fierro aplanada penetraba en un pilarejo (potelet) de madera; el conjunto se consolidaba por medio de pernos. Los aisladores se fijaban entónces facilmente en este palo de seccion cuadrada u octogonal.

A principios del año 1865, la Administracion de Correos i Telégrafos hizo construir

—de Paris a Saint Germain—la primera línea establecida con la ayuda de postes enteramente metálicos; el apartamiento medio de los soportes era de 50 metros i se colocaron 180 postes de 6 metros de largo total i 20 de 7 metros.

Estos apoyos (fig. 7) se componen de dos partes distintas: una columna de fundicion, seccion en cruz, que sirve de base, está plantada con un metro bajo tierra como en los postes ordinarios de madera; estas columnas tienen 3.50 m. de longitud para los postes corrientes i 4.50 m. para los de peralte de la línea (d'exhaussement); en su parte superior se terminan por un trozo cilíndrico de 0.12 m. de diámetro i de altura, en el cual viene a tomar colocacion un asta de hierro laminado, seccion en cruz, de 70 mm. de ancho sobre 9 mm. de espesor medio. Para fijar la barra de hierro en la columna de fundicion, esta presenta una cavidad en la cual se coloca el pilarejo superior; cuñas de encina colocadas lateralmente lo inmovilizan de una manera absoluta.

Las espigas de los aisladores se terminan por una horquilla forjada que toma uno de los brazos de la cruz a la cual se apernan.

Podemos citar aun, a pesar de que no se trata de postes para el transporte de enerjía eléctrica, los que se han construido hace poco por los establecimientos metalúrgicos de A. Durenne para el alumbrado de la ciudad de Tolosa.

Estos postes van dispuestos por parejas uno a cada lado de la calle i reunidos por un alambre trasversal que soporta en su medio una lámpara de arco; estan, pues, solicitados por un esfuerzo bastante grande que permite asimilarlos a los postes de las líneas o de tranvías de trolley.

La figura 8 representa el poste de Tolosa; la altura total es de 10 metros sobre el suelo; el punto de suspension del alambre está a 9 metros, el diámetro del fuste, en la raiz del zócalo, es de 0.25 i en el vértice de 0.17.

El poste es hueco, su longitud está fraccionada en varios trozos que han sido amoldados verticalmente, persiguiendo obtener un espesor tan uniforme como fuese posible estos trozos se ensamblan entre sí por medio de collarejos fijados por fuertes tornillos. El peso de este poste es de 2130 kgr. i su precio, sin transporte ni montaje, alrededor de 700 francos.

Esta tentativa del empleo de la fundicion para los postes solicitados por esfuerzos apreciables no ha sido imitada en el resto de Francia, pero recordamos haber estudiado en 1898 soportes de esta naturaleza para los tranvías del norte de Madrid. Ignoramos si el proyecto se ha ejecutado; se trataba de postes ricamente ornamentados, huecos, de 0.18 m. de diámetro exterior en la raiz del zócalo i 0.08 m. en el vértice, soportando a 6.50 m. de altura una consola de hierro para la suspension del cable del trolley.

El cálculo de los postes de fundicion sería un poco largo si quisiese determinarse exactamente la posicion del plano de las fibras neutras, pues siendo sensiblemente distinto el módulo de elasticidad a la traccion i a la compresion, resulta que este plano no pasa por el eje sino que se aproxima un poco hácia las fibras tendidas; sin embargo, en la práctica corriente, se puede utilizar las fórmulas usuales de las piezas homogéneas empotradas en una estremidad i pensamos que puede adoptarse para el coeficiente  $R$ , el valor de 2,5 kgrm. por milímetro cuadrado indicado por la circular ministerial del 29 de Agosto de 1891 para el cálculo de los puentes metálicos i que, segun esperiencias

directas sobre sólidos prismáticos flexionados, parece corresponder sensiblemente al décimo de la ruptura.

Si admitimos el caso mas jeneral de un poste de seccion circular hueca, de un diámetro exterior  $D$  i de un diámetro interior  $D'$  medidos en la seccion de empotramiento o seccion peligrosa; si, ademas, llamamos  $L$  la longitud de este poste sobre la seccion considerada,  $P$  el esfuerzo único aplicado en el vértice i  $p$  la carga uniformemente repartida por metro corrido debida a la accion del viento, tendremos, haciendo todas las reducciones:

$$\frac{D^4 - D'^4}{D} = \frac{L(2P + p)}{490800} \quad (11)$$

Esta relacion permitirá determinar, por tanteos, los diámetros  $D$  i  $D'$  que conviene adoptar.

#### IV.—POSTES TUBULARES

Los postes tubulares son de un empleo mui jeneral en las líneas de tranvías de trolley, en el interior de las ciudades, a causa de su forma regular que se presta mui bien a una ornamentacion sencilla por medio de un zócalo, de una punta terminal i de anillos de fundicion.

Los primeros modelos de postes tubulares parecen haber sido construidos, hace treinta i cinco o cuarenta años, por M. M. Siemens i Halske; este sistema se compone de dos partes bien distintas: un zócalo que arranca desde el suelo i el poste propiamente dicho. El zócalo es un tubo de fundicion lijeramente cónico cuya base se fija por cuatro pernos a una placa de metal; la parte superior de este tubo se ensancha i forma como un mango hueco (douille) en el cual penetra el poste de hierro, hueco, cónico i terminado por un capitel o un pararrayos.

A veces, el zócalo se reemplaza por un cilindro hueco de fundicion, que se clava en el suelo con la ayuda de un cilindro de madera que se introduce en el interior i sobre la cabeza del cual se golpea con un martinete; se evita así tener que practicar una escavacion para enterrar el pié del poste. El tubo de hierro se introduce a frotamiento duro en el hueco cónico del zócalo i la juntura se termina introduciendo en el intervalo un cemento metálico compuesto de 12 partes de limadura de hierro, o de hierro oxidado i 100 partes de azufre.

Este tipo de soporte es comun en los paises de ultramar; su colocacion fácil unida a las ventajas jenerales comunes a todos los postes de metal, le ha hecho preferir en muchos casos para líneas, solicitadas por débiles esfuerzos. En toda la red telegráfica del Ejipto, en la Persia, en las Indias, en el Cabo de Buena Esperanza, en el Natal, en Buenos Aires, etc., han sido empleados los postes Siemens. El peso total de un poste ordinario, de 4.90 m. de altura, es de 62 kilogramos; los de 6.50 m. de longitud total pesan al rededor de 83 kilogramos; pero, lo repetimos, se trata de postes que tienen mui poca resistencia, no debiendo pasar de unos 50 kilogramos el esfuerzo horizontal aplicado en su vértice.

En el continente, para responder a las necesidades de una vida mas activa, los soportes son solicitados por mayores fuerzas o deben ser de mayor altura; ademas, pudiendo ser colocados por obreros experimentados i por medio de máquinas convenientes, el poste Siemens ofrece ménos interes. Los tipos que se emplean mas frecuentemente pertenecen a dos clases distintas: enrollados o telescópicos; pueden construirse de hierro o de acero dulce i observemos que el empleo de este último material está hoi día mui en boga en la construccion de postes metálicos de todos sistemas.

Los postes enrollados son de una sola pieza i formados por una hoja de metal replugada sobre sí misma hasta tomar una forma tronco cónica. El trabajo se hace en caliente sobre un cilindro de madera (mandrin); la costura longitudinal se hace soldando los bordes del palastro sin recubrimiento; será mas o ménos perfecta, pero no debe existir ningun juego entre los bordes de la hoja de metal.

Segun ensayos hechos por algunos constructores, resulta que el poste presenta la misma resistencia cualquiera que sea su orientacion i la posicion relativa de la línea de juntura con respecto a la direccion del esfuerzo. Ciertos ingenieros recomiendan orientar el poste de manera que la juntura quede en el plano de las fibras neutras con respecto al mayor esfuerzo, pero creemos que el consejo es malo, pues es precisamente sobre el plano neutro que se encuentra la línea de deslizamiento máximo (mayor tension tangencial) i la soldadura, encontrándose solicitada por un esfuerzo apreciable, puede desgarse i provocar una deformacion del soporte.

Para esplicar este hecho mas sencillamente, imaginemos que se corta un tubo segun un plano diametral i que se aproximan las dos porciones sin ninguna ligazon; si el esfuerzo se ejerce en el plano de este corte, la resistencia del sistema será la de dos medios tubos *posés sur champ*, en otros términos esta resistencia será exactamente la misma que ofreceria un tubo contínuo, sin ninguna juntura; pero si el esfuerzo está dirigido normalmente al plano del corte, admitiendo que no haya frotamiento, las dos porciones deslizarán la una sobre la otra i la resistencia será la de dos medios tubos *posés a plat*, es decir, que la resistencia total no será mas que los  $\frac{3}{10}$  de la de un tubo no cortado. Concluimos, pues, en resúmen, que conviene orientar el poste de manera que la soldadura se encuentre en el plano del mayor esfuerzo i de preferencia, puede ser, en la rejion de las fibras tendidas para que un *flambaje* local no tienda a doblar los bordes si ellos se desunieran bajo la accion de un esfuerzo cualquiera.

Angers i Mans, entre otras ciudades, poseen postes de este sistema que han sido contruidos por la Sociedad Francesa para la fabricacion de tubos, en Louvroil; la misma Sociedad ha ejecutado, para el extranjero o las colonias, un tipo de poste de palastro enrollado, de 6.50 m. de longitud total con 5.50 m. sobre tierra i que puede soportar en el vértice un esfuerzo horizontal de 50 kilogramos sin deformacion permanente; el diámetro en la base es de 0.10 m. i de 0.04 m. en el vértice; su peso es de 45 kilogramos.

Otro sistema de poste enrollado, ménos empleado que el anterior, consiste en no hacer ninguna soldadura; los bordes del palastro quedan simplemente en contacto. No recordamos haber visto una aplicacion interesante de este procedimiento; pero nos parece que, sin aumentar mucho el precio, se podria disponer a lo largo del poste algunas biro-

las de hierro forjado, colocadas en caliente, que darian al sistema una cohesion que le falta.

Los postes telescópicos (fig. 9) son formados por tubos de hierro o acero dulce, de diámetros decrecientes, embutidos el uno en el otro hasta la altura deseada. Los tubos empleados son llamados «soldados por recubrimiento» i se encuentran corrientemente en el comercio por ser utilizados en diferentes usos; se concibe igualmente que se puede hacer decrecer no solo los diámetros sino tambien los espesores de los diferentes trozos de manera a obtener un sólido que se aproxime cuanto sea posible a la forma de igual resistencia. Lo mas a menudo, los postes empleados en las instalaciones industriales tienen longitudes totales que varían de 8 a 12 metros, constituidos por dos a cuatro trozos; el diámetro de los tubos inferiores varía jeneralmente entre 150 i 260 milímetros.

Para evitar la introduccion de la lluvia, el vértice debe siempre ser cerrado, lo que puede conseguirse con una simple tapa de fundicion a la cual se le da, a menudo, una forma i dimensiones tales que pueda constituir un elemento de decoracion. Para mejorar el aspecto del poste se le provee tambien de un zócalo de fundicion i de algunos collarejos colocados en los puntos en que los tubos cambian de diámetro. Las figuras 10 a 15 representan algunos tipos de basas, collarejos i sombreros de fundicion; se concibe que el dibujo de estos ornamentos es mui variable; es así que los postes tubulares para los tranvías de Fontainebleau tienen un zócalo cuya altura total no pasa de 0.20 m. mientras que en algunos boulevares de la capital, el zócalo es octogonal i de un modelo riquísimo.

Estas ornamentaciones no pueden quedar ajustadas a los tubos; deben presentar cierto juego i el inconveniente de este juego no es tan grande para el sombrero i los collarejos que estan a cierta altura, pero es necesario evitarlo en el zócalo. Una buena práctica consiste en colocar en caliente sobre el tubo, una birola de hierro forjado en la cual vendrá a terminar el zócalo i que ocultará el juego dejado entre éste i el tubo; el borde inferior de esta birola puede ser cónico. El zócalo empotrado en el macizo de albañilería i terminado por esta birola cónica se mantiene perfectamente en su lugar sin necesidad de otro medio de consolidacion.

A veces la parte inferior del primer trozo está provista de un platillo de fundicion, como lo indica la figura 9; pero, lo mas a menudo, no se toma ninguna disposicion especial cuando el tubo debe empotrarse en un macizo de albañilería; la longitud del empotramiento de los postes metálicos es sensiblemente constante, cualquiera que sea el tipo de soporte adoptado i nos proponemos analizar al fin de este estudio, en un capítulo especial, esta importante cuestion.

La penetracion de los tubos los unos en los otros, se hace de diferentes maneras: jeneralmente, el diámetro exterior del trozo superior es un poco mayor que el diámetro interior del trozo inferior; el primero entra entónces frio en el segundo previamente calentado. Con el enfriamiento el tubo exterior aprieta el tubo interior i se realiza así un encastramiento que ha dado siempre buenos resultados sin que sea necesario recurrir a ningun otro medio de reforzamiento de este empalme. Este método tiene como inconveniente el que no pueden emplearse siempre las dimensiones indicadas por el cálculo siendo necesario, a menudo, aumentar los diámetros o los espesores, de donde resulta un aumento de peso i, por consiguiente, un aumento de precio.



Un segundo procedimiento consiste en emplear las dimensiones indicadas por el cálculo con la condicion de que los trozos entren los unos en los otros con el juego suficiente; el tubo interior va entónces provisto de dos birolas, una en el extremo i la otra a la distancia que se juzga conveniente para la lonjitud de la penetracion; el diámetro esterior de estas birolas es entónces un poco mayor que el diámetro interior del tubo esterior. Se calienta este último i el ensamble se hace como en el caso anterior, con la diferencia, es claro, de que el contacto de los tubos no tiene lugar sobre toda la lonjitud de la penetracion si no a lo largo de las birolas solamente.

Otro procedimiento de ensamble suprime las birolas: las estremidades de los tubos se reducen, forjándolos, hasta darles el diámetro exacto, de manera que el ensamble de los trozos pueda hacerse directamente, calentando un poco como en el primer caso; la parte superior del tubo está limada i forjada de manera que el acordamiento de un trozo con el siguiente se haga por una curva continúa i no por un resalto brusco. Se puede suprimir de este modo los collarejos de acordamiento, pero en este caso el trabajo de forjatura debe ser particularmente esmerado si se quiere evitar la alteracion del metal.

La lonjitud de la penetracion de un tubo en el otro varia de dos a tres veces el diámetro interior del tubo esterior; la proporecion dos i media parece ser un promedio conveniente i es el adoptado corrientemente. En cuanto a la diferencia de los diámetros de los tubos o birolas, importa tener presente que debe evitarse que se desarrollè en el ensamble despues del enfriamiento, una tension extrema. Si llamamos  $t$  la tension del metal por milímetro cuadrado  $\delta$  la diferencia de temperatura estrictamente necesaria para producir el ensamble,  $E$  el módulo de elasticidad del acero igual a 20,000,  $\alpha$  el coeficiente de dilatacion lineal igual a 0.0000108, tendremos:

$$t = E \alpha \delta \quad \text{o bien} \quad \delta = \frac{t}{E \alpha}$$

i la diferencia de diámetro, en frio, entre las partes por ensamblar, es:

$$u = d \alpha \delta$$

llamando  $d$  los diámetros de contacto que se puede admitir iguales sin error sensible.

Estas fórmulas suponen que el tubo esterior es solo el que se dilata i se contrae sobre un núcleo incomprensible, pero los trozos por ensamblar son del mismo material i si los tubos son suficientemente delgados, se puede admitir que la estension del tubo esterior es igual a la compresion del tubo interior; en estas condiciones, las fórmulas anteriores deben afectarse del coeficiente 2 i, si admitimos que la tension del metal  $t$  no debe pasar de 10 kgm. por milímetro cuadrado, obtendremos:

$$\delta = \frac{2t}{E \alpha} = \frac{2 \times 10}{20000 \times 0.0000108} = 93^\circ \text{ próximamente}$$

$$u = d \alpha \delta = 1 \times 0.0000108 \times 93 = 0.001$$

es decir que, para no pasar en el ensamble la tension permanente de 10 kgm. por milí-

metro cuadrado, la diferencia entre los diámetros de contacto no debe ser superior a un milésimo del diámetro interior del tubo exterior. Así, para un diámetro de 0,10 m. es necesaria una diferencia entre el diámetro exterior del tubo interior i el diámetro interior del tubo exterior de un décimo de milímetro; para 0.15 m. es necesario 0.0015, para 0.20 m esa cifra será de 2 décimos de milímetro, etc.

Estas cifras son las jeneralmente admitidas en la practica, pero se concibe que la diferencia de temperatura de 93° indicada por el cálculo es la estrictamente necesaria para aumentar el diámetro interior del tubo exterior de un milésimo i seria insuficiente para permitir la libre introduccion del tubo interior; se calienta, pues, al rojo naciente (al rededor de 525°); la penetracion se hace entónces fácilmente i si la diferencia de los diámetros en frio estaba bien calculada, el tubo exterior ya frio aprieta el tubo interior i la tension del metal, en el empalme, será la admitida.

Para completar estas enseñanzas jenerales, damos a continuacion algunas cifras relativas a postes tubulares empleados en instalaciones importantes.

La compañía francesa para la esplotacion Thomson Houston (figs. 14 i 15) ha empleado en muchas instalaciones de tranvías. tales como la del Havre, por ejemplo, dos tipos de postes que responden a las condiciones siguientes:

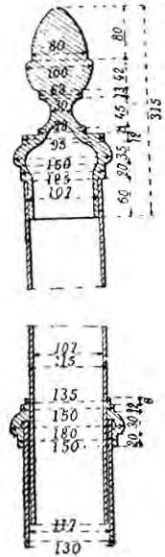


fig. 14 i 15

	Poste corriente	Poste de anclaje
Lonjitud total.....	9.00 m.	9.40 m.
» empotrada.....	2.00 »	2.00 »
Número de trozos.....	4	4
Lonjitud útil del 1.º trozo.....	4.30 m.	4.70 m.
» » » 2.º ».....	1.80 »	1.80 »
» » » 3.º ».....	1.60 »	1.60 »
» » » 4.º ».....	1.30 »	1.30 »
Lonjitud de la penetracion..	0.45 »	0.45 »
Diámetros exterior e interior del 1.º trozo	169-150	203-166
» » » » 2.º »	150-134	166-133
» » » » 3.º »	134-120	133-101
» » » » 4.º »	120-108	101- 73
Esfuerzo horizontal en el vértice.....	250 kgrm.	650 kgrm.
Flecha accidental tolerada.....	0.130 m.	0.130 m.
Peso máximo del poste.....	270 kgrm.	670 kgrm.

Los trozos de estos postes entran directamente el uno en el otro sin interposicion de birolas.

Los postes corrientes de los tranvías de Fontainebleau tienen 9 metros de largo total, de los cuales 7.30 m van fuera de tierra. Los tres trozos tienen sucesivamente

4.65 m., 2.25 m. i 2.10 m. de largo útil i los diámetros son: 170-154 para el primer tubo 140-126 para el segundo i 126-114 para el superior. Una consola fijada sobre estos postes sostiene el hilo del trolley a 6.50 sobre el suelo. Los tramways eléctricos de Ecully han empleado tres tipos de postes tubulares, construidos por la Compañía del Horme i de la Buire, en Lyon, que tienen las dimensiones siguientes:

	Tipo I	Tipo II	Tipo III
Longitud total.....	7.25 m.	8.05 m.	8.25 m.
» empotrada.....	1.40 »	1.40 »	1.40 »
Número de trozos.....	3	3	3
Longitud útil del 1. <sup>er</sup> trozo.....	3.80 m.	4.00 m.	4.00 m.
» » » 2. <sup>o</sup> » .....	1.70 »	2.00 »	2.10 »
» » » 3. <sup>er</sup> » .....	1.75 »	2.05 »	2.15 »
» de la penetracion del 1. <sup>er</sup> ensamble.....	0.35 »	0.40 »	0.40 »
Longitud de la penetracion del 2. <sup>o</sup> ensamble.....	0.30 »	0.35 »	0.35 »
Diámetros exterior e interior del 1. <sup>er</sup> trozo.....	159-149	184-172	203-189
Diámetros exterior e interior del 2. <sup>o</sup> trozo.....	133-123	159-149	171-159
Diámetros exterior e interior del 3. <sup>er</sup> trozo.....	102- 92	133-123	144-133
Esfuerzo horizontal en el vértice $\left( \frac{R}{S} = 12 \text{ kgrm.} \right)$ .....	180 kgrm.	260 kgrm.	360 kgrm.
Flecha correspondiente.....	0.120 m.	0.145 m.	0.145 m.
Peso del poste desnudo, sin ornamentacion.....	130 kgrm.	190 kgrm.	240 kgrm.

Estos postes son ornamentados por medio de collarejos, de un sombrero i de una basa que tiene 0.42 m. de altura en el tipo I, 0.46 m. en el II i 0.50 m. en el III. El modelo corriente está provisto de una consola formada por un brazo horizontal i de un puntal cimbrado en cuarto de circunsferencia; estas dos piezas son de tubos delgados de 51 milímetros de diámetro exterior i ensambladas por medio de anillos de fundicion con tornillos de presion. El hilo del trolley se encuentra suspendido a 1.75 m. del eje del poste i a 5,50 m. sobre el suelo. Los tipos II i III son postes de anclaje, es decir, que ellos se encuentran dispuestos por parejas, uno a cada lado de la calle, i sostienen el hilo del trolley por intermedio de un cable de suspension de acero.

Los postes tubulares de los tranvías de Maisons-Laffitte (figs. 10 a 13) han sido construidos por la Sociedad anónima «Electricité et Hydraulique» de Charleroi; hai cinco tipos diferentes pero el mas usado es el tipo I que cuenta mas de 700 aplicaciones. Las dimensiones principales de estos soportes son las siguientes:

	Tipo I	Tipo II	Tipo III	Tipo IV	Tipo V
Longitud total.....	10.90 m.	10.90 m.	10.90 m.	10.90 m.	10.90 m.
» empotrada.....	2.00 »	2.00 »	2.00 »	2.00 »	2.00 »
Número de trozos.....	4	4	4	4	4
Longitud útil del 1. <sup>er</sup> trozo.....	5.20 »	5.20 m.	5.20 m.	5.20 m.	5.20 m.
» » » 2. <sup>o</sup> » .....	2.70 »	2.70 »	2.70 »	2.70 »	2.70 »
» » » 3. <sup>o</sup> » .....	1.50 »	1.50 »	1.50 »	1.50 »	1.50 »
» » » 4. <sup>o</sup> » .....	1.50 »	1.50 »	1.50 »	1.50 »	1.50 »
Diáms. est. e int. del 1. <sup>er</sup> trozo.	190-176	220-206	240-226	250-234	260-242
» » » » 2. <sup>o</sup> »	160-148	190-173	210-196	220-204	230-212
» » » » 3. <sup>er</sup> »	135-125	160-150	180-168	190-178	200-184
» » » » 4. <sup>o</sup> »	105-97	130-122	150-139	160-150	170-158
Esfuerzo horizontal en el vértice	150 kg.	250 kg.	400 kg.	500 kg.	650 kg.
Flecha tolerada (accidental)...	0.142 m.	0.142 m.	0.145 m.	0.145 m.	0.145 m.
Peso de un poste desnudo....	302 kg.	358 kg.	429 kg.	490 kg.	582 kg.

No multiplicaremos estos ejemplos; los que hemos indicado bastan para formarse una idea de las dimensiones o proporciones jeneralmente usadas; pero conviene, para quedar dentro de los límites de una estricta economía, calcular todos los elementos para cada nueva aplicacion.

Llamemos:

$P$ , el esfuerzo horizontal aplicado en el punto de suspension del hilo. (2)

$p$ , el esfuerzo del viento, por metro corrido, i que puede suponerse repartido uniformemente sobre toda su altura.

$L$ , la altura del poste sobre tierra.

$L'$ , la distancia del punto de suspension del hilo al nivel del suelo.

$I$ , el momento de inercia de la seccion trasversal al nivel del empotramiento.

$\frac{I}{V}$ , el módulo de flexion de la misma seccion trasversal.

$R$ , la tasa de trabajo máxima, por unidad de superficie, que se adopta para el material empleado.

Para una pieza de seccion constante, la seccion peligrosa se encuentra al nivel del empotramiento i la ecuacion de equilibrio será:

$$P L' + \frac{p L^2}{2} = R \frac{I}{V} \quad (12)$$

en la cual el primer miembro es el momento fleccionante producido por las fuerzas exteriores i el segundo miembro el momento resistente, debido a los esfuerzos moleculares interiores.

(2) Si hai varios hilos este punto será el de aplicacion de la resultante de los esfuerzos correspondientes: *N. del T.*

Si el poste está formado por varios trozos embutidos los unos en los otros, conviene verificar la resistencia en todas las secciones en que el soporte cambia de diámetro.

En tal caso  $L$  i  $L'$  se contarán a partir de la seccion considerada hácia el vértice; i el  $\frac{I}{V}$  será el correspondiente a esta misma seccion.

El momento de inercia  $I$  de un círculo es dado por la fórmula:

$$I = \frac{\pi D^4}{64} = 0,0491 D^4$$

o bien, si llamamos  $\Omega$  la superficie del círculo, se puede evitar el cálculo de la cuarta potencia escribiendo:

$$I = \Omega \left( \frac{D}{4} \right)^2$$

Para una seccion tubular, de diámetros exterior e interior respectivamente iguales a  $D$  i  $d$ , el momento principal de inercia, es:

$$I = 0,0491 (D^4 - d^4) \quad (13)$$

i el módulo de fleccion:

$$\frac{I}{V} = \frac{0,0982 (D^4 - d^4)}{D} \quad (14)$$

Si el tubo es mui delgado i si llamamos  $d'$  su diámetro medio i  $e$  su espesor, se puede escribir aproximadamente:

$$I = \frac{\pi d'^3 e}{8} = 0,3927 d'^3 e$$

$$\frac{I}{V} = \frac{\pi d'^2 e}{4} = 0,7854 d'^2 e$$

Los cálculos indicados por las fórmulas exactas (13) i (14) son un tanto laboriosos (3) ya que debe procederse por tanteos dándose los diámetros  $D$  i  $d$  i verificando el equilibrio por medio de la ecuacion jeneral (12); no conociendo cuadros completos que den estos valores hemos creido conveniente calcularlos e indicamos en la tabla *E* los resultados de estos cálculos. Para todos los diámetros corrientes, de 0,08 m. a 0,26 m. i los espesores

(3) Combinando las ecuaciones (12) i (14) se obtiene la siguiente:

$$d^4 = D^4 - \frac{(2P L + p L^2)}{0,1964 R} D$$

que reduce el número de tanteos, dándose el diámetro  $D$  i  $R$  i calculando  $d$ . El tanteo queda solo exi-

jido por la condicion de obtener un espesor  $\frac{D-d}{2}$  prácticamente aceptable para los tubos. *N. del T.*

TABLA E.—Valores diversos para el cálculo de los postes tubulares.

Diámetro exterior en milímetros	Valores de	ESPESOR EN MILÍMETROS									
		3.5	4	5	6	7	8	9	10	11	12
80	I=	61,66	69,15	83,20	96,11	107,9	118,7	128,5	137,4	145,5	152,8
	I <sub>-</sub> =	15,41	17,29	20,80	24,03	26,98	29,68	32,13	34,36	36,38	38,20
	V <sub>p</sub> =	6,558	7,441	9,179	10,87	12,51	14,10	15,64	17,13	18,58	19,97
85	I=	74,54	83,68	100,9	116,8	131,5	145,0	157,3	168,6	178,9	188,3
	I <sub>-</sub> =	17,54	19,69	23,75	27,49	30,94	34,11	37,02	39,67	42,10	44,30
	V <sub>p</sub> =	6,982	7,935	9,795	11,61	13,36	15,08	16,74	18,36	19,92	21,44
90	I=	89,10	100,1	121,0	140,4	158,3	174,9	190,1	204,2	217,1	228,9
	I <sub>-</sub> =	19,80	22,25	26,89	31,19	35,18	38,86	42,25	45,38	48,25	50,87
	V <sub>p</sub> =	7,409	8,419	10,40	12,33	14,22	16,06	17,84	19,58	21,27	22,91
95	I=	105,4	118,6	143,6	166,9	188,5	208,6	227,3	244,5	260,4	275,1
	I <sub>-</sub> =	22,20	24,97	30,23	35,13	39,69	43,92	47,84	51,47	54,83	57,91
	V <sub>p</sub> =	7,838	8,909	11,01	13,07	15,08	17,04	18,95	20,81	22,62	24,38
100	I=	123,7	139,2	168,8	196,5	222,4	246,5	268,9	289,8	309,2	327,1
	I <sub>-</sub> =	24,73	27,84	33,76	39,30	44,47	49,30	53,79	57,96	61,84	65,42
	V <sub>p</sub> =	8,267	9,406	11,63	13,80	15,93	18,01	20,05	22,03	23,96	25,85
105	I=	138,4	156,6	191,4	224,0	254,6	283,2	310,0	335,0	358,2	379,9
	I <sub>-</sub> =	26,36	29,83	36,46	42,67	48,49	53,94	59,05	63,81	68,23	72,36
	V <sub>p</sub> =	8,781	9,966	12,32	14,62	16,87	19,07	21,23	23,33	25,39	27,39
110	I=		187,5	228,0	266,1	302,0	335,7	367,2	396,8	424,5	450,2
	I <sub>-</sub> =		34,09	41,45	48,38	54,91	61,04	66,76	72,15	77,18	81,85
	V <sub>p</sub> =		10,39	12,94	15,37	17,73	20,07	22,34	24,56	26,74	28,87
115	I=		215,1	267,5	306,1	347,7	387,2	424,1	458,9	491,5	522,1
	I <sub>-</sub> =		37,41	46,52	53,23	60,47	67,34	73,76	79,81	85,48	90,80
	V <sub>p</sub> =		10,88	13,48	16,03	18,53	21,05	23,44	25,79	28,09	30,35
120	I=		245,5	299,2	350,1	392,3	443,6	486,7	527,2	565,3	601,0
	I <sub>-</sub> =		40,92	49,87	58,35	65,38	73,93	81,12	87,87	94,22	100,2
	V <sub>p</sub> =		11,37	14,09	16,76	19,38	21,96	24,48	27,03	29,46	31,82
125	I=		278,6	340,0	398,1	453,3	505,6	555,1	607,5	646,1	687,7
	I <sub>-</sub> =		44,58	54,40	63,70	72,53	80,90	88,82	97,20	103,4	110,0
	V <sub>p</sub> =		11,86	14,70	17,50	20,24	22,94	25,58	28,18	30,73	33,23
130	I=		314,7	384,2	450,4	513,2	573,1	629,7	683,4	734,3	782,3
	I <sub>-</sub> =		48,42	59,11	69,29	78,95	88,17	96,88	105,1	113,0	120,3
	V <sub>p</sub> =		12,35	15,32	18,23	21,10	23,92	26,69	29,41	32,08	34,70
135	I=		353,5	432,1	507,0	578,3	646,1	710,7	772,1	830,2	885,4
	I <sub>-</sub> =		52,37	64,01	75,11	85,67	95,72	105,3	114,4	123,0	131,2
	V <sub>p</sub> =		12,84	15,93	18,97	21,96	24,90	27,79	30,63	33,42	36,17

TABLA E. -- Valores diversos para el cálculo de los postes tubulares (continuación)

Diámetro exterior en milímetros	Valores de	ESPESOR EN MILÍMETROS									
		5	6	7	8	9	10	11	12	15	18
140	I=	483,9	568,4	648,6	725,5	798,6	868,1	931,3	996,9	1167	1311
	I=	69,13	81,20	99,66	103,6	114,1	124,0	133,5	142,4	166,7	187,4
	V=	16,51	19,70	22,81	25,88	28,89	31,86	34,77	37,64	45,94	53,81
150	I=	603,4	704,9	805,9	901,7	995,0	1083	1168	1248	1467	1656
	I=	80,44	93,99	107,5	120,2	132,7	144,4	155,7	166,4	195,6	220,8
	V=	17,77	21,18	24,53	27,84	31,10	34,31	37,47	40,58	49,62	58,22
160	I=	732,2	862,1	986,9	1107	1222	1332	1437	1538	1815	2056
	I=	91,52	107,8	123,4	138,4	152,7	166,5	179,7	192,2	226,9	257,1
	V=	18,98	22,63	26,23	29,78	33,28	36,74	40,17	43,50	53,30	62,63
170	I=	883,0	1041	1193	1339	1480	1615	1745	1869	2214	2517
	I=	103,9	122,5	140,4	157,5	174,1	190,0	205,3	219,9	260,5	296,1
	V=	20,21	24,10	27,94	31,74	35,49	39,19	42,86	46,44	56,97	67,04
180	I=	1053	1243	1426	1602	1773	1936	2094	2246	2668	3042
	I=	117,0	138,1	158,4	178,0	197,0	215,1	232,7	249,5	296,4	338,0
	V=	21,43	25,57	29,66	33,70	37,69	41,64	45,55	49,38	60,65	71,45
190	I=	1244	1469	1687	1898	2100	2297	2487	2670	3180	3636
	I=	130,9	154,6	177,6	199,8	221,1	241,8	261,8	281,1	334,8	382,8
	V=	22,65	27,01	31,37	35,66	39,90	44,08	48,25	52,31	64,32	75,87
200	I=	1458	1722	1980	2228	2450	2702	2927	3145	3754	4303
	I=	145,8	172,2	198,0	222,8	245,9	270,2	292,7	314,5	375,4	430,3
	V=	23,88	28,51	33,09	37,62	42,10	46,53	50,94	55,25	68,00	80,28
210	I=		2002	2302	2594	2876	3151	3415	3673	4395	5049
	I=		190,7	219,2	247,0	273,9	300,1	325,2	349,8	418,6	480,9
	V=		29,98	34,80	39,58	44,31	48,98	53,64	58,19	71,07	84,69
220	I=		2410	2758	3096	3425	3744	4053	4353	5302	5972
	I=		219,1	250,7	281,5	311,4	340,4	368,5	395,7	482,2	542,9
	V=		31,45	36,52	41,54	46,51	51,43	56,33	61,13	75,35	89,10
230	I=		2653	3054	3444	3825	4193	4552	4900	5886	6787
	I=		230,7	265,6	299,5	332,6	364,3	395,8	426,1	511,9	590,2
	V=		32,92	38,23	43,50	48,71	53,88	59,03	64,07	79,03	93,51
240	I=		3023	3482	3929	4365	4691	5202	5603	6712	7787
	I=		251,9	290,2	327,4	363,7	390,9	433,5	466,9	561,8	648,9
	V=		34,39	39,95	45,46	50,92	56,33	61,73	67,01	82,70	97,92
250	I=		3425	3949	4459	4956	5438	5912	6371	7580	8880
	I=		274,0	315,9	356,7	396,5	435,0	473,0	509,7	606,4	710,4
	V=		35,86	41,66	47,42	53,12	58,78	64,42	69,95	86,38	102,3
260	I=		3864	4455	5033	5596	6146	6682	7206	8695	10075
	I=		297,2	342,7	387,2	430,5	472,8	514,0	554,3	668,8	775,0
	V=		37,32	43,37	49,37	55,33	61,23	67,12	72,89	90,05	106,7

jeneralmente usados, se encuentra el momento de inercia  $I$ , el módulo de fleccion  $\frac{I}{V}$  i el peso teórico del tubo por metro corrido, de suerte que es fácil darse cuenta de la economía relativa de tal o cual perfil. Los valores de  $I$  e  $\frac{I}{V}$  estan indicados en funcion del centímetro por la comodidad del cuadro.

A menudo, el tipo de un poste está designado por su altura sobre el suelo i el esfuerzo horizontal que se le puede aplicar con seguridad en el vértice; no se toma entón-ces en cuenta la accion del viento sobre el poste mismo i la fórmula 12 puede simplifi-carse, pues el término segundo del primer miembro desaparece, puesto que se anula el valor de  $p$ . Se tendrá entón-ces:

$$PL' = R \frac{I}{V} \quad \text{de donde:} \quad \frac{I}{V} = \frac{PL'}{R} \quad (15)$$

Si las cantidades  $L'$  i  $R$  se espresan en centímetros se obtendrá en funcion de la mis-ma unidad el valor del módulo de flexion necesario en la seccion de empotramiento, i bastará buscar en la tabla  $E$  cuál es el perfil que mas se aproxima, por exeso, a este va-lor calculado, para deducir inmediatamente el diámetro exterior i el espesor del tubo que debe adoptarse para el primer trozo.

Las dimensiones de los otros trozos se calcularán fácilmente, pues, en este caso par-ticular de carga única en el vértice, la línea representativa de los momentos flexionantes es una recta i el módulo de flexion de uno de los trozos debe ser una cuarta pro-porcional entre el módulo de flexion en el empotramiento, la altura sobre tierra del pun-to de suspension i la longitud medida desde este punto hasta la seccion aparente del empalme de un tubo con el inmediatamente inferior.

Para simplificar las notaciones, si llamamos  $W$  el módulo de flexion del primer tro-zo, es decir el valor  $\frac{I}{V}$  calculado por la fórmula (15),  $W_1, W_2, W_3 \dots$  los módulos de flexion de los otros trozos i  $L_1, L_2, L_3 \dots$  las longitudes medidas desde el punto de sus-pension hasta el primero, segundo i tercero, etc.... empalme, tendremos, suponiendo que se dan las secciones trasversales de los diversos trozos (el primero ha sido ya determina-do por la relacion 15):

$$\left. \begin{aligned} L_1 &= W_1 \frac{L}{W} \\ L_2 &= W_2 \frac{L}{W} \\ L_3 &= W_3 \frac{L}{W} \end{aligned} \right\} (16) \quad \left. \begin{aligned} W_1 &= L_1 \frac{W}{L} \\ W_2 &= L_2 \frac{W}{L} \\ W_3 &= L_3 \frac{W}{L} \end{aligned} \right\} (17)$$

Las relaciones 17 dan el valor de los módulos de flexion para el caso de conocer las longitudes exteriores de los diversos trozos.

A la condicion de resistencia se agrega a veces la de una flecha elástica máxima.



La flecha de un sólido de seccion constante empotrado en una estremidad i solicitado en la otra por una fuerza única  $P$ , es dada por la ecuacion:

$$f = \frac{PL^3}{3EI}$$

Si en esta fórmula reemplazamos la cantidad  $I$  por la que se deduciria de la relacion (15) obtenemos la ecuacion:

$$f = \frac{2}{3} \cdot \frac{RL^2}{ED}$$

llamando  $D$  el diámetro exterior del tubo en la seccion de empotramiento.

En un sólido de igual resistencia, todas las secciones trasversales son semejantes i si el espesor es constante, el perfil en elevacion será sensiblemente una curva parabólica ordinaria, pues el módulo de flexion de las diversas secciones trasversales puede ser considerado como proporcional al cuadrado del diámetro para un tubo delgado, de espesor constante; en cada punto el diámetro del tubo debe, pues, ser proporcional a la raíz cuadrada del momento flexionante. La flecha en la estremidad libre (4) de tal sólido se calcularia por la fórmula:

$$f = \frac{2}{3} \cdot \frac{PL^3}{EI} = \frac{4}{3} \cdot \frac{RL^2}{ED}$$

es decir, que ella seria el doble de la que tomara un sólido de seccion constante que tuviese la misma seccion transversal en el empotramiento.

Los postes tubulares telescópicos son un término medio entre estos dos tipos; ménos ríjidos que los de seccion constante, pero mas que los de perfil teórico de igual resistencia. Creemos que puede admitirse, sin error apreciable, que la flecha de un poste telescópico es la media aritmética de los resultados que proporcionan esas dos formas; podremos, pues, escribir:

$$f = \frac{PL^3}{2EI} = \frac{RL^2}{ED}$$

de donde:

$$D = l. \frac{L}{f} \cdot \frac{R}{E}$$

o bien:

$$D = LK$$

Damos en la tabla  $F$  los valores de  $K$  para diferentes valores de  $\frac{L}{f}$  i diversos coeficientes  $R$ .

---

(4) Es claro que se supone que el punto de suspension coincide con el vértice o extremo libre.  
—N. del T.

TABLA F. — Coeficientes  $K$  para el cálculo del diámetro en el empotramiento de los postes tubulares cuya flecha máxima es dada

RAZON $\frac{L}{f}$	Trabajo R por mm. c. para el hierro (E = 18000)				Trabajo R por mm. c. para el acero (E = 20000)			
	6 K	7 K	8 K	9 K	9 K	10 K	11 K	12 K
25	0.0083	0.0089	0.0111	0.0125	0.0112	0.0125	0.0138	0.0150
30	0.0100	0.0117	0.0133	0.0150	0.0135	0.0150	0.0165	0.0180
35	0.0117	0.0136	0.0156	0.0175	0.0158	0.0175	0.0193	0.0210
40	0.0133	0.0156	0.0178	0.0200	0.0180	0.0200	0.0220	0.0240
45	0.0150	0.0175	0.0200	0.0225	0.0203	0.0225	0.0248	0.0270
50	0.0167	0.0195	0.0222	0.0250	0.0225	0.0250	0.0275	0.0300
55	0.0184	0.0213	0.0244	0.0275	0.0248	0.0275	0.0303	0.0330
60	0.0200	0.0233	0.0267	0.0300	0.0270	0.0300	0.0330	0.0360
65	0.0217	0.0253	0.0288	0.0325	0.0293	0.0325	0.0358	0.0390
70	0.0233	0.0272	0.0312	0.0350	0.0315	0.0350	0.0385	0.0420
75	0.0250	0.0292	0.0333	0.0375	0.0333	0.0375	0.0413	0.0450
80	0.0267	0.0312	0.0356	0.0400	0.0360	0.0400	0.0440	0.0480
85	0.0283	0.0331	0.0378	0.0425	0.0383	0.0425	0.0468	0.0510
90	0.0300	0.0351	0.0400	0.0450	0.0405	0.0450	0.0495	0.0540
95	0.0317	0.0370	0.0422	0.0475	0.0428	0.0475	0.0523	0.0570
100	0.0333	0.0389	0.0445	0.0500	0.0450	0.0500	0.0550	0.0600

El uso de esta tabla se comprende fácilmente. Supongamos, por ejemplo, que se tenga que calcular un poste tubular formado de trozos de secciones decrecientes; la altura sobre tierra es de 7.50m. i la flecha tolerada de 0.125m. La relacion  $\frac{L}{f}$  de la

altura a la flecha será de  $\frac{7.50m.}{0.125} = 60$  i, si queremos emplear el acero i adoptar el coeficiente  $R$  de 12 kg. por milímetro cuadrado, encontramos, en la tabla  $F$ , que el coeficiente  $K$  es igual 0.036; entónces el diámetro exterior del primer trozo será:

$$D = LK = 7.5m. \times 0.036 = 0.27m.$$

Si con este diámetro el espesor necesario para resistir a la carga dada es prácticamente mui débil, será necesario reducir el coeficiente  $R$  o bien consentir una flecha mayor.

F. M.

(Continuará)



ESTUDIOS SOBRE LOS POSTES I LAS PILAS PARA LA TRASMISION DE LA ENERGIA ELÉCTRICA

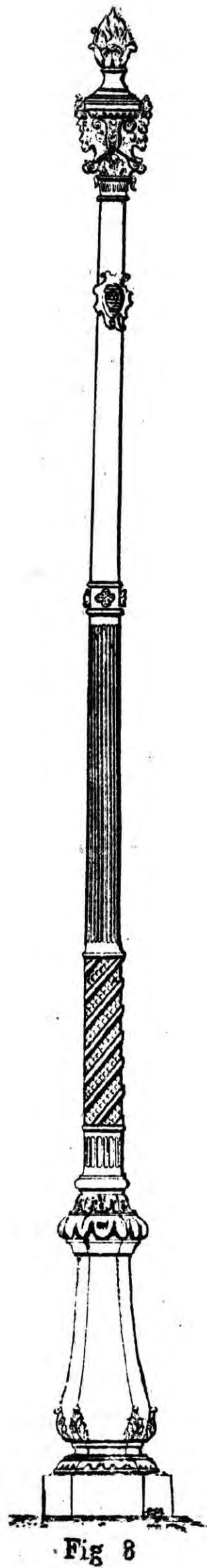


Fig 8

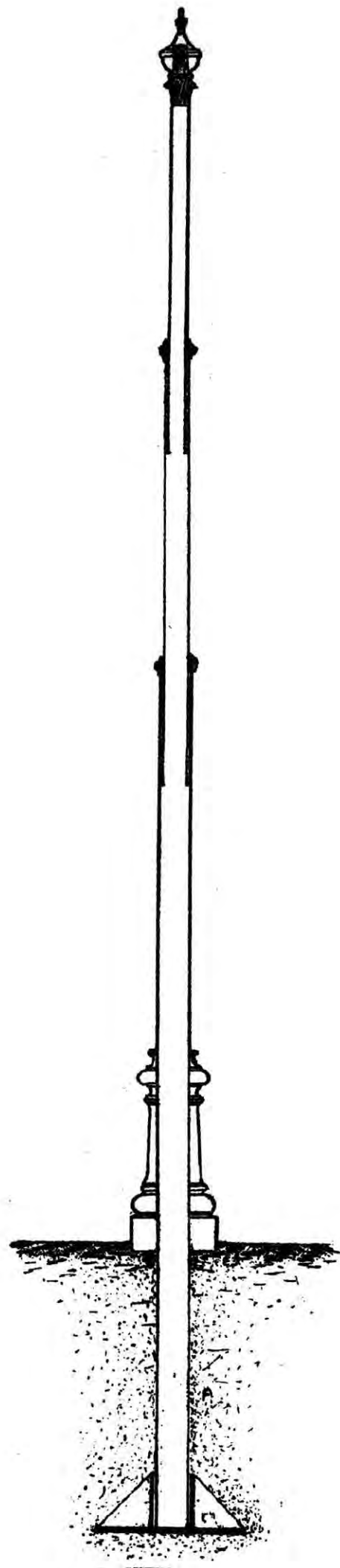


Fig. 9



Fig. 6

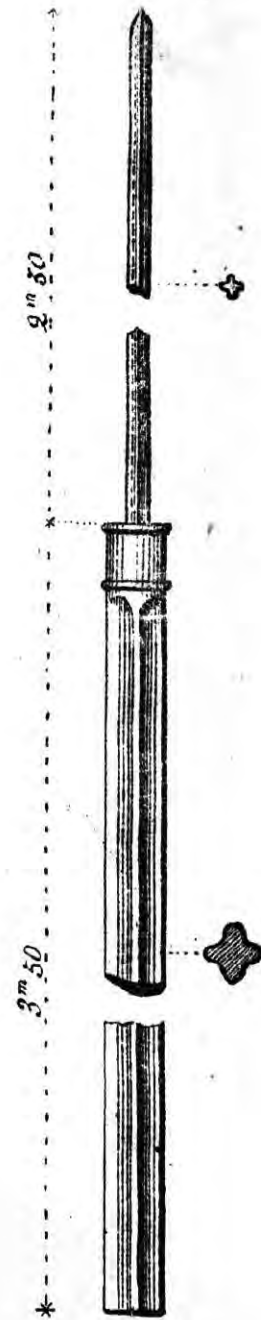


Fig. 7

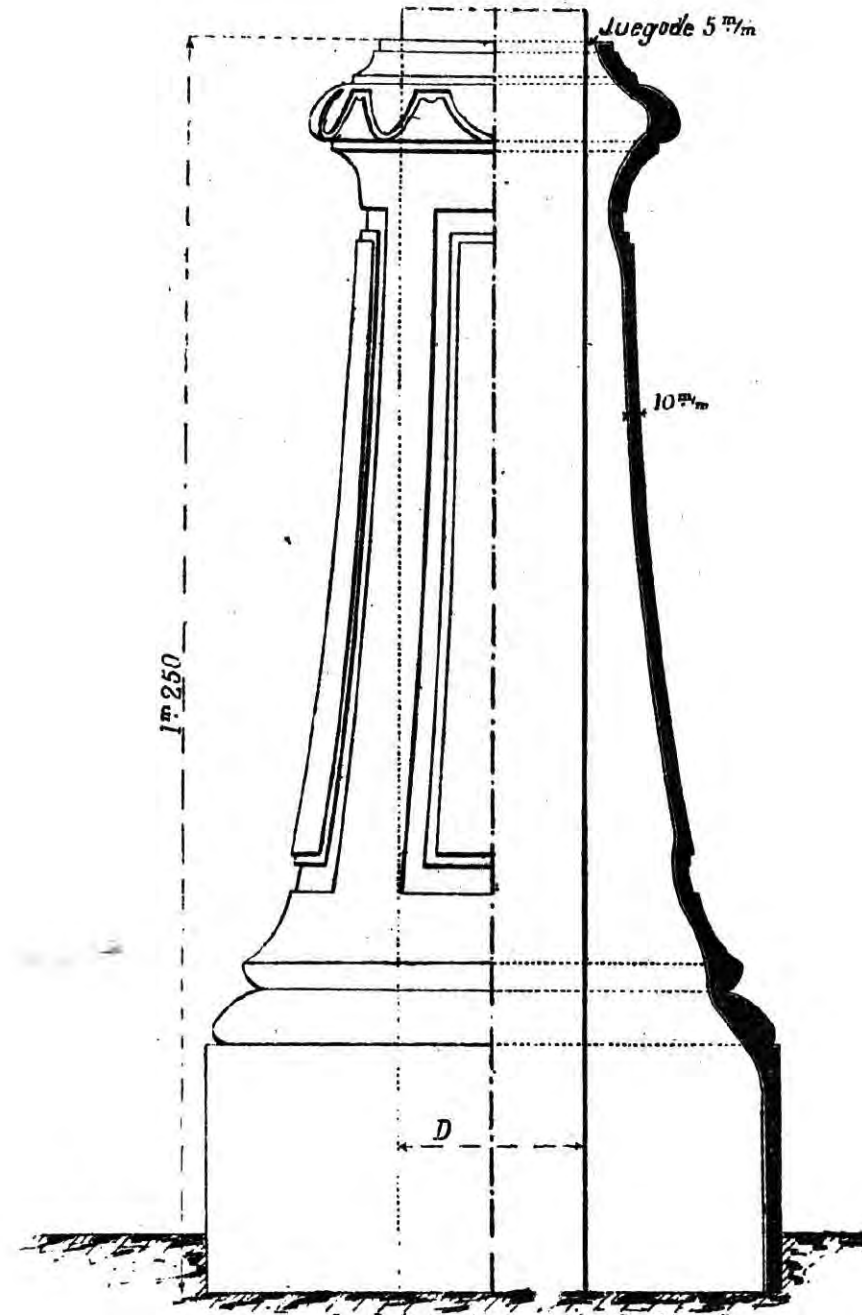


Fig. 10

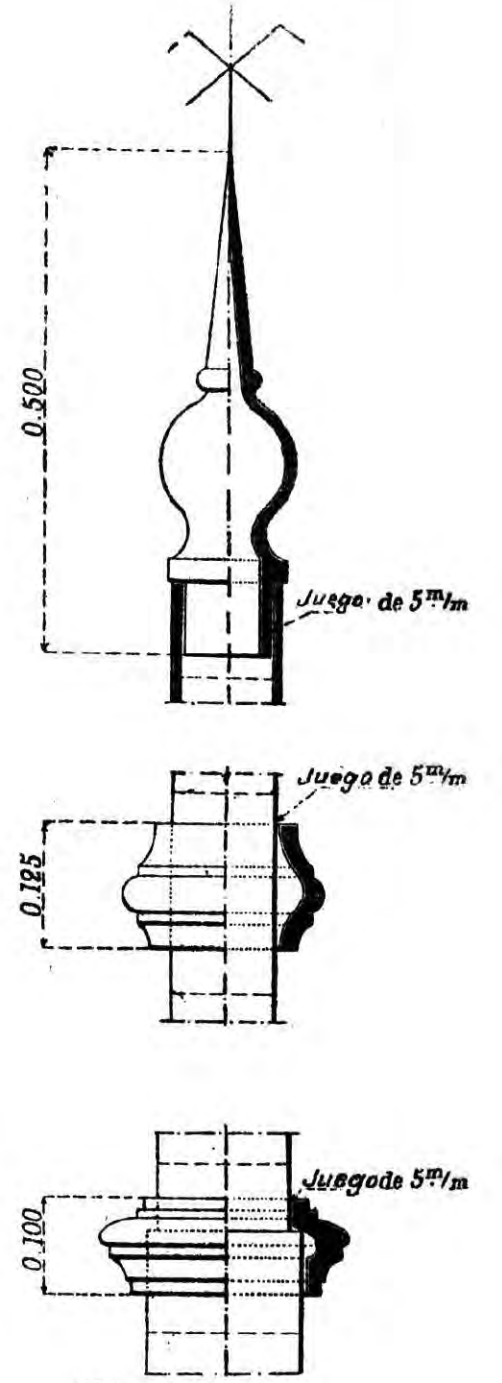


Fig. 11 a 13