

Boletín 27

APOYOS O SOPORTES PARA LINEAS DE TRANSMISION Y DISTRIBUCION

Boletín técnico N° 27
PARTE 1
Ing. Gregor Rojas

Caracas - Venezuela

APOYOS O SOPORTES LINEAS DE TRANSMISION Y DISTRIBUCION

Por:

Ing. Gregor Rojas
GERENTE NACIONAL
MERCADEO Y VENTAS
División materiales eléctricos

PARTE 1

1. Generalidades.

La IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineer) define un sistema de potencia como: una red formada por unidades generadoras eléctricas, líneas de transmisión de potencia y cargas, incluyendo el equipo asociado, conectado eléctricamente o mecánicamente a la red.

Para comprender mejor el tema de las líneas de transmisión y distribución de energía relacionado a los aisladores, es necesario haber visto previamente el Boletín Técnico N° 4 PARTE 2 sobre las líneas de transmisión y distribución donde partimos desde principios básicos sobre esta materia.

Por su estructura, normalmente en los sistemas de potencia podemos distinguir cuatro niveles operativos: generación, transmisión, sub-transmisión y distribución.

El sistema de potencia está constituido por elementos que cumplen funciones específicas, de forma que en operación conjunta garanticen un flujo confiable y económico de electricidad, una parte importante de este sistema lo constituyen los apoyos o soportes, a continuación nos extenderemos en este tema.

2. Soportes o estructuras.

Son los elementos que soportan los conductores y demás componentes de una línea aérea separándolas entre sí y del suelo. Están sometidas

a fuerzas de compresión y flexión, debido al peso de los materiales que sustentan y a la acción de los agentes ambientales como el viento, la lluvia, etc., además, a los desniveles del terreno.

La constitución de los soportes es muy variada, en los sistemas de transmisión generalmente son metálicos o de concreto, su elección depende de un análisis económico.

A la hora del diseño de una línea de transmisión se debe tener presente el no apartar más de lo necesario los conductores de los soportes, ya que la línea más económica está vinculada a un buen diseño de estas distancias.

3. Tipos de soportes o estructuras

Los soportes son estructuras destinadas a mantener en las líneas de transmisión aéreas, los conductores separados entre sí y de tierra.

Los soportes pueden ser básicamente de dos tipos:

- Torres.
- Postes.

3.1 Torres

Con el nombre de torres para líneas de transmisión, se denominan a los soportes metálicos de elementos ensamblados, destinados a la mayoría de las líneas de transmisión de energía en alta y extra alta tensión en nuestro país, su nombre se debe a que mecánicamente no requieren de apoyos adicionales para operar bajo los esfuerzos de tensión y compresión originados por los distintos tipos de cargas a las que son sometidas.

Las torres son soportes o estructuras que se construyen de acero, en su ensamble no se emplea soldadura, suelen montarse en el lugar de izado, donde generalmente no se dispone de energía para soldar, en tal sentido son

ensambladas mediante el apernado de perfiles o ángulos fabricados de acuerdo a un sistema tipo mecánico.

Las torres tienen una serie de ventajas sobre los demás tipos de soportes o estructuras, entre ellas podemos destacar: pueden alcanzar grandes alturas muy superior a los postes, poseen una superior resistencia mecánica, son de armado sencillo en el propio lugar de izado, fácil mantenimiento, por todo lo anterior los hace los más convenientes en ciertos lugares.

Estas torres metálicas son estructuras prefabricadas de perfiles laminados de hierro en forma de ángulos, etc, vinculados directamente entre sí o a través de planchas, mediante el empleo de remaches, tornillos, pernos y en algunos casos soldadura.

Para su conservación todos sus componentes son galvanizadas en caliente y el acero es de alta resistencia.

3.2 Partes de una torre para líneas de transmisión

Las torres para líneas de transmisión se componen de:

- ❖ Crucetas para cable de guarda.
- ❖ Cuerpo recto
- ❖ Crucetas para conductores.
- ❖ Cuerpo piramidal (para diferentes niveles).
- ❖ Aumentos.
- ❖ Extensiones (patas).
- ❖ Ángulos de anclajes (Stub)

La función fundamental de las torres es la de soportar los conductores de energía, aisladores,

herrajes así como el hilo de guarda que nos sirve para proteger los conductores contra descargas atmosféricas y en la actualidad también nos sirve para la transmisión de voz y datos por medio de la fibra óptica.

Las torres de transmisión también denominadas de celosía son universalmente de cuatro montantes, su forma es troncopiramidal, con cuatro caras iguales, en algunos casos, pueden ser también de forma rectangular.

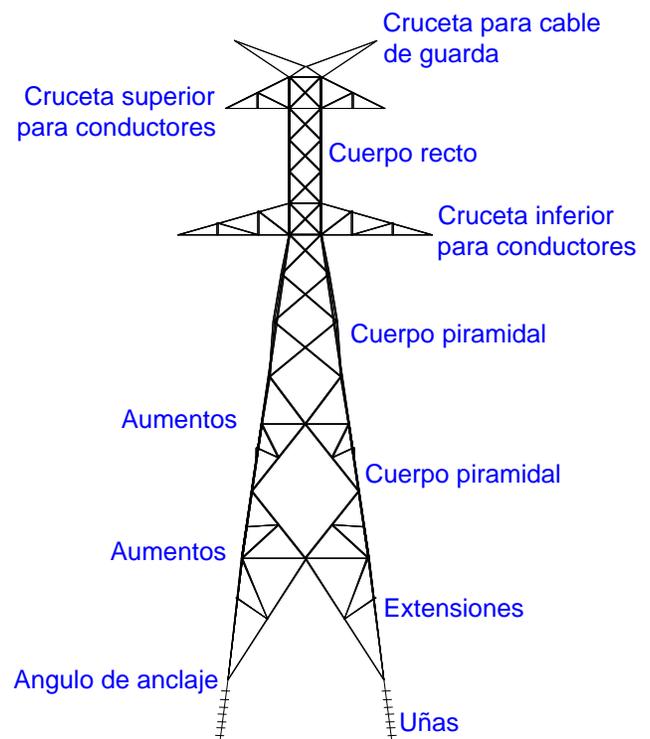


Figura 1
Torre de línea de transmisión

3.3 Fundaciones para torres

Las fundaciones tienen un papel importante en la seguridad y en el costo de una línea de transmisión y deben permitir la fácil colocación de las tomas de tierra como se observan en la figura 2.

Hay torres de tipo especial donde se realiza la transposición. A fin de hacer aproximadamente igual a los valores de las constantes de las líneas, para cada fase, en tramos adecuados, se hacen cambios en el orden en que se encuentran las fases.

hay que adaptarse al terreno, lo que obliga a la adopción de torres de tipo especial, de retención, más caras.

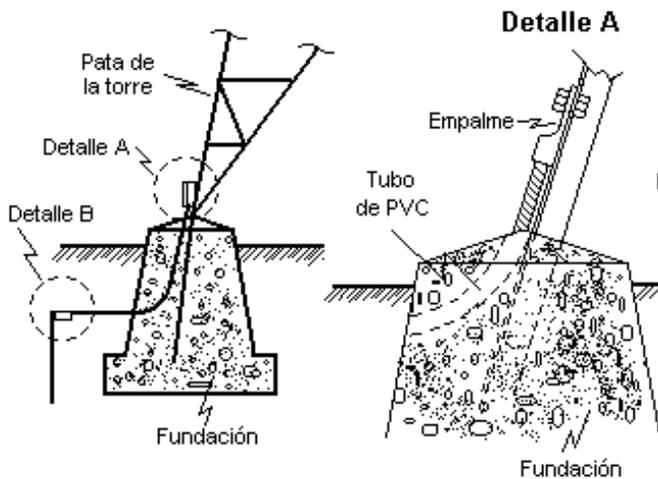


Figura 2

Fundación de torre de línea de transmisión

En la figuras 3 se ve que las fases R, S y T están en un mismo plano, lo que determina que la capacidad, la autoinducción y las pérdidas no sean iguales.

Para resolver esto se transponen dos veces a lo largo del recorrido la posición relativa de las fases. Pero el sitio donde esto se produce requiere de una torre especial con habilidades típicas.

Una línea de transmisión de energía involucra no solo la ingeniería eléctrica sino también la civil. Al ejecutar esta línea entre dos puntos distantes, lo primero que se debe examinar es el recorrido. Esto implica un cuidadoso estudio topográfico para encontrar la mejor solución, junto con el estudio de suelos, para poder dimensionar las fundaciones.

En la figura 4 vemos un ejemplo de recorrido, donde para cruzar un río y la subida de una sierra,

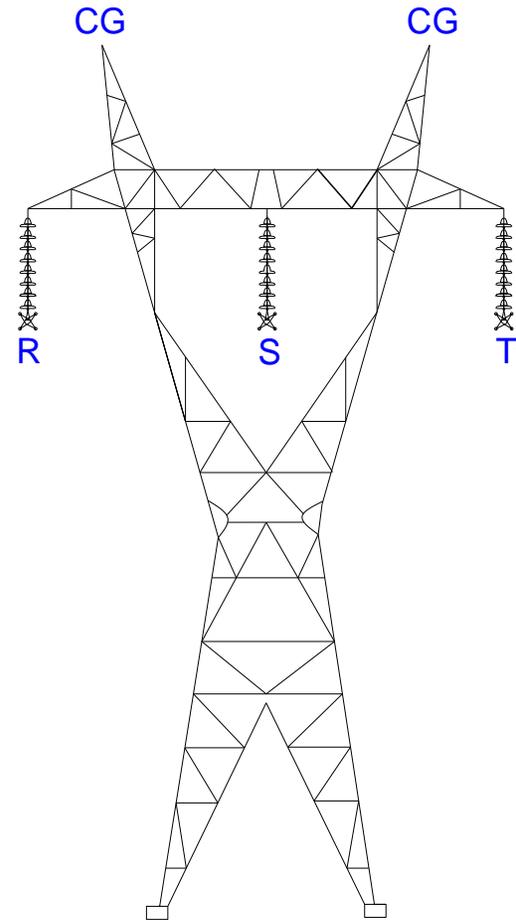


Figura 3

Torre de línea de transmisión

En los tramos lineales se pueden usar torres de suspensión, todas iguales, con ventaja en los costos.

El estudio de la topografía del recorrido permite determinar el lugar exacto donde se instalara cada torre. Se evitan los cambios de dirección, porque ello obliga a la colocación de torres de retención en esos puntos.

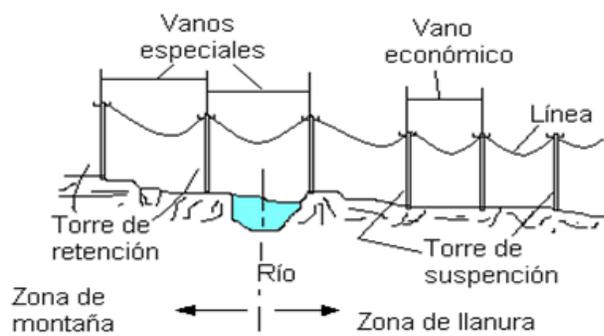


Figura 4
Cruce de tendido por río

Los esfuerzos que deben resistir las torres son, además del peso propio y los efectos de la naturaleza sobre las mismas, las que les transmiten los conductores.

En la figura 5 vemos un croquis de una torre que cumple la función de ángulo o desvío de la dirección de la línea.

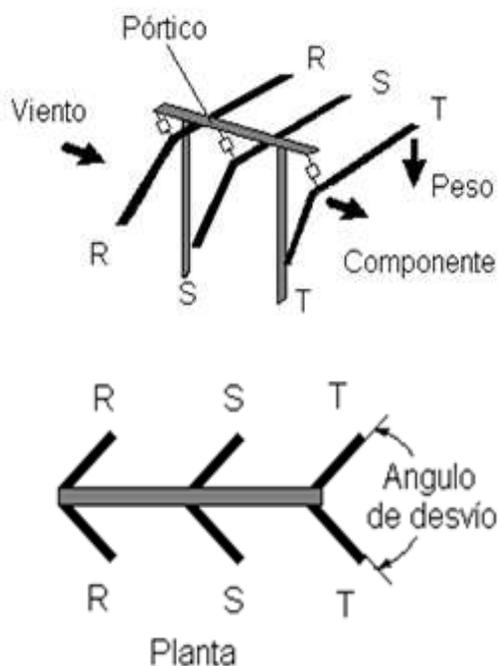


Figura 5
Función de ángulo en Torre

Se observa que la torre debe soportar los efectos de las solicitaciones de los conductores, que se componen del peso propio del conductor más el peso de las cadenas de aisladores, a lo que se suma la acción del viento.

Por otra parte, el proyecto de una línea implica el adecuado diseño del conductor, que es una catenaria, que se muestra en el ejemplo de la figura 6, donde el conductor aparece suspendido entre dos torres de distinta cota.

La distancia entre el punto más elevado y el más bajo se llama flecha y es importante para el dimensionado del conductor como en los trabajos de instalación y montaje.

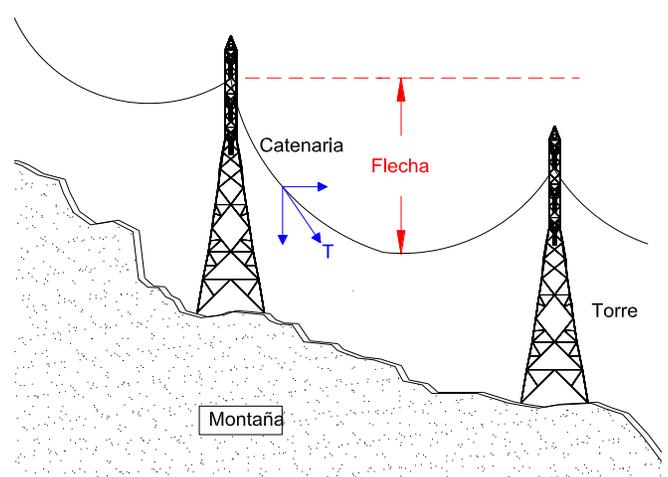


Figura 6
Catenaria de línea de transmisión

3.4 Fundaciones de tierra

Los anclajes de acero colocados con revestimientos de protección son económicos, han sido usados con éxito en torres de sustentación o alineación.

El anclaje de acero más satisfactorio es el piramidal, bien sea triangular o cuadrado,

construido con ángulos de hierro y con una reja apernada en la cara interior.

Los anclajes de acero galvanizado enterrados en el suelo durarán casi tanto como la estructura en suelos de condiciones ordinarias.

4. Postes

Se designan con este nombre los soportes de poca altura, de cuerpo vertical único, tales como los postes de madera, hormigón y algunas veces también a los postes metálicos de gruesos perfiles no ensamblados, destinados a las líneas de media tensión.

5. Clasificación de los postes según su material.

La materia prima de los postes ha sido siempre una respuesta a las facilidades de los recursos naturales lo cual ha desarrollado técnicas muy particulares en cada país.

Los soportes deben ser resistentes a los agentes externos, tales como vientos, nieve, lluvia, etc., y además deben de brindar facilidades tanto para su instalación como para su mantenimiento.

5.1 Postes de Madera:

Estos postes tienen una aplicación prácticamente nula en Venezuela, esto debido a lo difícil de su obtención, estos postes resultan además poco uniformes.

A falta de preservación previa pueden deteriorarse rápidamente siendo la sección empotrada en tierra la más afectada. No obstante, En los países nórdicos tiene gran utilización, siendo la estructura o soporte más corriente y económica.

Sin embargo su aplicación se circunscribe exclusivamente en líneas de distribución sobre todo en baja tensión. Normalmente los postes de madera empleados en las líneas son de pino, abeto y castaño.

El tiempo de vida de un poste de madera es relativamente corto, esto se debe a que la putrefacción de la madera se presenta con mayor rigor en la parte inferior, lugar por donde se empotra al suelo.

La vida promedio ronda 12 años en condiciones normales. No obstante, se puede incrementar hasta alcanzar el doble mediante la protección del poste a través de tratamiento con imprimación de creosota.

Ventajas e inconvenientes:

- Bajo peso y facilidad de transporte
- Bajo precio frente al hormigón y el acero
- Vida media relativamente corta.
- No permite la instalación de grandes vanos.
- Esfuerzo disponible en la cabeza y altura limitadas.

5.2 Postes de hormigón:

El poste de hormigón o de concreto es una composición formada por cemento, grava o piedra, agua y arena que convenientemente mezclada y posteriormente fraguada hasta adquirir una consistencia pétreo sobre una armadura de acero.

La característica más importante del hormigón es su gran resistencia a la compresión. Usualmente se fabrican los siguientes tipos postes:

- poste de hormigón centrifugado
- poste de hormigón pretensado
- poste de hormigón vibrado
- poste de hormigón armado

Son muy convenientes para tendidos en zonas cercanas al mar o que presenten alta

contaminación, para ello basta preservarlos en su exterior con la aplicación de acabados específicos para tal fin (tapaporos) a objeto de que el salitre no los penetre y así no afecte su armazón de acero, con lo cual no requieren de mantenimiento.

5.3 Poste de concreto centrifugado.

El poste de concreto centrifugado es fabricado de forma tronco cónica y hueco en su interior, dentro de sus paredes está embebida una armazón de cabillas colocadas longitudinalmente sostenidas y espaciadas en esa posición por anillos del mismo material.

Para proporcionarles mayor capacidad de soportar esfuerzos de torsión se colocan alambres o cabillas de manera helicoidal a todo lo largo del poste.

Para que las cabillas colocadas verticalmente se mantengan distanciadas del borde se disponen separadores de concreto antes de su vaciado.

Terminada la armazón esta es coloca dentro de un molde al cual posteriormente se le vacía concreto y de inmediato es sometido a rotación a una velocidad y durante tiempo preestablecido. Al término del centrifugado el poste pasa a la fase de curado para lograr del concreto la debida resistencia, que generalmente es de unos $400\text{Kg}/\text{cm}^2$.

5.4 Poste de concreto armado pretensado

Se denomina concreto pretensado a la tipología de construcción de elementos estructurales de hormigón sometidos intencionadamente a esfuerzos de compresión previos a su puesta en servicio.

Dichos esfuerzos se consiguen mediante cables de acero que son tensados y anclados al hormigón.

En la fabricación de postes de concreto armado pretensado es una técnica nueva que está

empleándose cada día más por ser más baratos que los de hormigón corriente, al requerir menos material férrico.

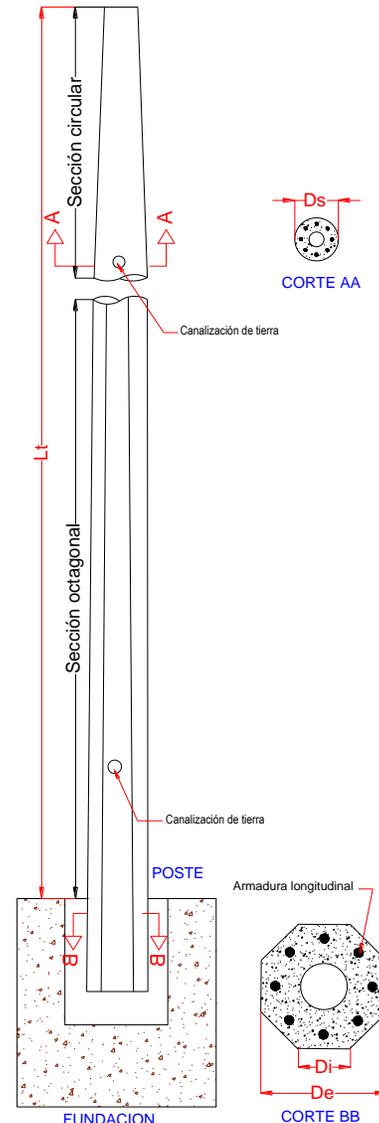


Figura 7
Poste de concreto armado pretensado

Se producen en forma similar a la manera en que se elaboran los postes de hormigón vibrado pero la diferencia estriba en que la armadura que llevan en su interior son cables o alambres de acero sometidos a tensión antes de efectuarse el vaciado de concreto.

Una vez que se haya alcanzado cierto grado de fraguado requerido, se cortan los hilos o cables de acero previamente tensados, al eliminar esta tensión, los alambres tienden a encogerse, pero al ser imposibilitado por el concreto efectúan la compresión del concreto convirtiéndose en una estructura o soporte pretensado.

5.5 Poste de concreto armado vibrado

En la fabricación de postes vibrados, al igual que en los centrifugados se debe hacer primero una armazón de hierro y se utilizan moldes, pero el sistema varía en que no hay rotación de las piezas sino que se manufacturan como una viga cualquiera de concreto.

Los materiales empleados en la fabricación de un poste de concreto armado son sometidos a vibraciones, bien sea a través de la armadura o con la ayuda de vibradores, consiguiendo que la masa de concreto se vaya asentando.

La sección de estos postes generalmente es rectangular o en forma de doble T, sus alturas están comprendidas entre los 7 y los 18 metros. No obstante, presenta limitaciones a partir de los 15 metros donde sus ventajas tienen como contrapartida el gran peso y su fragilidad.

Su forma rectangular facilita el transporte y la colocación de accesorios, especialmente para combinarlos con las crucetas tradicionales de madera o hierro y fijación mediante tornillos pasantes, para los cuales el poste está provisto en su parte superior de una serie de perforaciones que no afectan su resistencia

Motivado a que su sección es rectangular, su aplicación desde el punto de vista de flexión permite que con menos material se obtengan mayores momentos resistentes. No obstante, esto implica que el poste solo puede colocarse en una sola dirección en la línea debido a que trabaja fundamentalmente como una viga sometida a un esfuerzo de flexión, por a su geometría no tiene la

misma resistencia en las dos caras. La dirección principal es donde la máxima resistencia actúa perpendicularmente a la cara estrecha del poste.

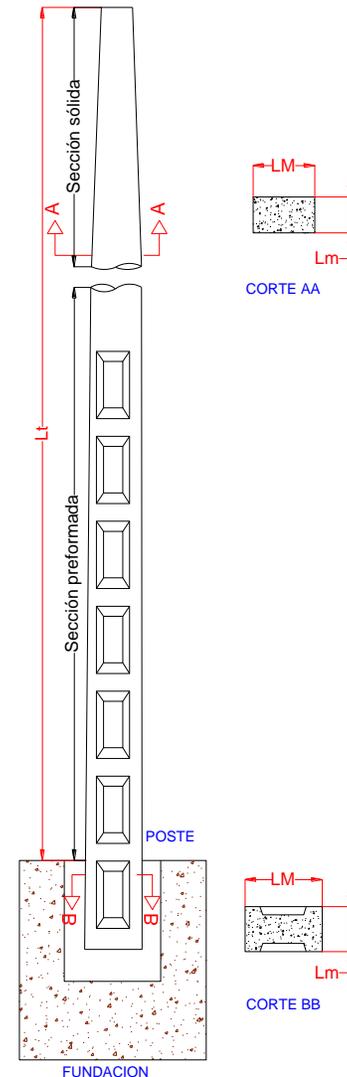


Figura 8
Poste de concreto armado vibrado

Esta dirección debe coincidir al colocar el poste en la línea, con la dirección de la resultante de los esfuerzos que actúan sobre el apoyo, mientras que la dirección secundaria es la de mínima resistencia que se corresponde con el esfuerzo secundario y que actúa perpendicularmente a la cara ancha del poste.