

# Boletín 59

## HERRAJES PARA LINEAS DE TRANSMISION Y DISTRIBUCION

Boletín técnico N°59  
PARTE 1  
Ing. Gregor Rojas

Caracas - Venezuela

## HERRAJES LINEAS DE TRANSMISION Y DISTRIBUCION

### PARTE 1

Por:

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

#### 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 herrajes, a continuación nos extenderemos en este tema.

#### 2. Herrajes para líneas de transmisión..

Los Herrajes son estructuras metálicas asociadas a la estructura de soporte de las líneas de

transmisión, tienen diversas aplicaciones. Pueden ser clasificadas en dos grupos:

- Herrajes que conforman arreglos
- Herrajes independientes

Existen otras formas de clasificar los herrajes pero no abordaremos en este manual un análisis exhaustivo de otras clasificaciones de los sistemas de herrajes.

#### 2.1 Herrajes que conforman arreglos.

Los herrajes que conforman arreglos son conjuntos o grupos de varias piezas metálicas de una misma o de diferentes formas para cumplir con una función específica.

Al momento de efectuar la selección de cada uno de los herrajes que conforman estos arreglos o grupos se debe tomar en cuenta el conjunto y las características de cada elemento a los cuales se acoplará.

Los herrajes que conforman arreglos o conjuntos pueden ser:

- Para fijación de cadenas de aisladores a estructuras.
- Para unir las cadenas de aisladores y conductores.
- Mordazas de amarre y suspensión
- Para protección de aisladores.
- Para cables de guarda.

#### 2.2.1 Herrajes para fijación de cadenas de aisladores a estructuras.

Los herrajes requeridos para realizar la fijación de las cadenas de aisladores a las estructuras se resume en dos alternativas, una de ellas son los grilletes y la otra es las articulaciones tipo bisagra. La elección de alguna de estas alternativas de fijación determinará el diseño del elemento

estructural o ménsula de la torre de transmisión a donde se sujetará la cadena de aisladores.

Un ejemplo de aplicación de estas opciones es el caso de que en Venezuela generalmente las compañías electrificadoras eligen grilletes para las líneas de transmisión de 115 y 230 KV y para las cadenas de aisladores de suspensión en las líneas de 400 KV optan por las articulaciones de fijación tipo bisagra.

Esta preferencia radica en que el área de contacto eléctrico del elemento de fijación con la torre en las líneas de 400 kV es mayor, por ende más seguro.

### 2.2.2 Grilletes.

El grillete en las líneas aéreas de transmisión es un herraje que cumple la función de fijar mecánicamente la cadena de aisladores al soporte o ménsula de la torre de transmisión.

El grillete está conformado por un cuerpo, el cual está hecho de una barrera de acero cilíndrica doblada en forma de “U” con dos agujeros en sus extremos, por donde se introduce un pasador.

Este pasador puede obstruirse con distintos grados de seguridad bien sea a través de tornillo y tuerca, de tornillo, tuerca y cupilla y por ultimo de pasador y cupilla.

En la figura 1 se aprecia este grillete con sus distintas formas de seguridad.



Los grilletes con perno y cupilla se pueden usar en amarres, remolques, suspensiones y levantamiento donde la carga se aplica directamente en línea.

Los grilletes de perno roscado pueden ser utilizados en las mismas aplicaciones en donde se utilizan el perno redondo. Además, pueden utilizarse en aplicaciones de carga lateral.

Se requiere disminuir el límite de carga para aplicaciones de carga laterales. Mientras estén en el servicio, no permita que el perno roscado sea girado por una línea viva como las de aplicaciones de enganches corredizos.

Los grilletes de perno, tuerca y cupilla pueden emplearse en las mismas aplicaciones donde el perno redondo o roscado se utiliza. Además, se recomiendan para instalaciones permanentes o de largo tiempo y donde la carga se puede deslizar sobre el perno del grillete causando que el perno gire.

La empresa venezolana CADAPE, usualmente emplea esta última clasificación de grilletes por ofrecer la máxima seguridad en la fijación del mismo.

El grillete debe estar construido para resistir una tensión de ruptura mínima igual o superior a la tensión de ruptura de la cadena de aisladores y de los conductores. El grillete puede ser de varias formas, tales como:

### Grilletes rectos.

Normalmente se utilizan como primera pieza de enganche de la cadena a la torre, su cuerpo es totalmente recto.



### 2.2.3 Grilletes revirados.

Normalmente se utilizan como primera pieza de enganche de la cadena a la torre. Para algunos casos de cadenas de aisladores, donde se requiere rotar el plano de sujeción en 90° se ha desarrollado este grillete que tiene su cuerpo retorcido 90°



Grillete revirado  
Figura 3

### 2.2.4 Grillete omega.

Normalmente se utilizan como primera pieza de enganche de la cadena a la torre, su cuerpo es en forma de omega, es el más difundido.



Grillete omega  
Figura 4

A menudo se clasifican a los grilletes como de amarre y de suspensión, por supuesto dependiendo del tipo de cadena de aisladores que en cuestión.

Generalmente bajo condiciones normales las tensiones mecánicas a las que están sometidas las cadenas de suspensión son menores a las de amarre. No obstante, las cadenas de suspensión

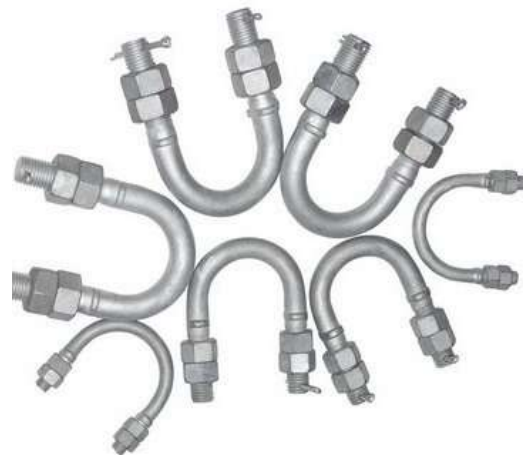
se diseñan tomando en cuenta la posible ruptura del conductor, donde las cadenas de suspensión, quedan bajo esfuerzos equivalentes a los de las cadenas de amarre. Por esta razón se utiliza el mismo tipo de grillete para ambos tipos de cadena.

### 2.2.5 “U” Bolts.

Las “U” bolts en las líneas aéreas de transmisión es un herraje que cumple la función de fijar mecánicamente la cadena de aisladores a la ménsula de la torre de transmisión.

Está conformado por un cuerpo, el cual está hecho de una barra de acero cilíndrica doblada en forma de “U” con sus extremos roscados, donde se alojaran las correspondientes tuercas.

Son fabricados con distintos diámetros o radios de curvatura y tienen diversas aplicaciones, no solo en las cadenas de aisladores sino también en el amarre de crucetas a postes.



U Bolts  
Figura 5

## 2.3 Herrajes para unir las cadenas de aisladores y conductores.

Las cadenas de aisladores tienen elementos específicos para su fijación a las estructuras o mensuras de las torres, de igual forma las cadenas de aisladores requieren de otros herrajes para mecánicamente los diversos elementos que

conforman la cadena de aisladores. Entre estos herrajes se cuentan:

- Anillo bola.
- Yugos.
- Rótulas.
- Horquillas.
- Ojo doble
- Eslabón o Anilla.
- Tensores.
- Extensores.

### 2.3.1 Anillo Bola

El anillo bola se fabrica con acero forjado y posteriormente se galvanizada en caliente, está compuesto por un anillo alargado o de forma elíptica que está conectado a una bola, dicha bola se puede insertar en la cavidad del aislador. Sus dimensiones están normalizadas a nivel internacional por la IEC en correspondencia con los aisladores de rótula y bola.



Anillo Bola  
Figura 6

El anillo bola permite el paso de cualquier pieza, siendo el ajuste mucho más holgado. Generalmente es utilizado en las cadenas simples para articular el grillete con los aisladores.

### 2.3.2 Ojo Bola

El ojo bola se fabrica con acero forjado y posteriormente se galvanizada en caliente, está compuesto por un ojo o aro que a su vez está conectado a una bola, dicha bola se puede insertar en la cavidad del aislador.

Sus dimensiones están normalizadas a nivel internacional por la IEC en correspondencia con los aisladores de rótula y bola.



Ojo Bola  
Figura 7

El ojo bola permite únicamente el uso de un pasador suministrando un ajuste más exacto. Generalmente es utilizado para articular en las cadenas de aisladores al yugo con los aisladores.

Tanto el anillo bola como el ojo bola cumplen la misma función, en aplicaciones de cadenas de aisladores simples unir mecánicamente el primer aislador al herraje que fija toda la cadena a la torre y para cadenas de aisladores dobles unir el primer aislador al yugo triangular.

### 2.3.3 Anillo bola de protección

Estas anillas bolas son fabricadas en acero forjado y galvanizadas en caliente, se utilizan para conectar las cadenas de aisladores tipo caperuza-vástago y están acondicionadas para que se les

acoplen protecciones, tales como los cuernos de descarga.



Anillo bola de protección  
Figura 8

### 2.3.4 Yugos.

El yugo tiene como función principal proveer un mecanismo de afianzamiento a las cadenas de aisladores dobles bien sean de amarre o de suspensión a los que se le unirán al final los conductores de cada fase.

El yugo generalmente es fabricado empleando planchas de acero forjado las cuales son procesadas adoptando varias formas geométricas tales como: triangular, trapezoide o recto, posteriormente son galvanizadas en caliente, se aplican a líneas con uno, dos o más conductores por cada fase.

El yugo dependiendo de su aplicación puede ser:

- Yugo de forma triangular, trapezoidal o recta, constituido por dos placas paralelas una sobre la otra (biplaca), unidad por medio de pernos que aseguran la unidad y proporcionan rigidez a la estructura. Este yugo además tiene varios pernos móviles o pasadores a los que se sujetan los herrajes que deben unirse a esta estructura.

- Yugo igual al anterior pero conformado por una pieza (monoplaca) que presenta agujeros donde se alojara los herrajes.
- Otra modalidad poco frecuente a las anteriores es la de una lámina en forma de cuadrado o rectángulo, que se dobla en forma de "U".



Yugos  
Figura 9

Las características constructivas determinan el tipo de herrajes que se pueden asociar al yugo.

Los yugos pueden ser del tipo hembra o macho, en los yugos del tipo hembra, los herrajes apropiados exhiben ojos o anillos lo que les permite articularse al yugo, mientras que para los del tipo macho, los herrajes son del tipo horquilla.

Cuando es requerida la utilización de varias cadenas de aisladores en forma paralela se estilan los yugos, los cuales pueden ser planos para cada dos o tres conjuntos y en forma de pirámide cuando son más numerosos, bien sólidos o formados por cilindros.

Su forma especial está pensada para evitar el efecto corona. Van provistos de perforaciones que permiten alojar dichas protecciones.



### 2.3.5 Rótula Ojo.

Las rótulas de ojo son fabricadas en acero forjado y se galvanizan en caliente, son fabricadas dependiendo del tipo de cadena y conductores donde se desenvolverán, de forma tal que la tensión de ruptura del conjunto bien sean cadenas de aisladores simples o dobles sean superiores a la tensión de ruptura del conductor.



Rótula Ojo  
Figura 10

Están constituidos por una rótula o cavidad y un ojo que se articulará posteriormente a la cadena de aisladores con la mordaza.

Estos elementos se utilizan para conectar las cadenas de aisladores tipo caperuza-vástago con las grapas o mordazas de amarre y suspensión.

### 2.3.6 Rótula Horquilla

Las rótulas horquilla se fabrican de acero forjado y se galvanizan en caliente. Están constituidos por una rótula o cavidad y una horquilla que se articulará posteriormente a la cadena de aisladores tipo caperuza-vástago con los yugos u otros herrajes asociados.

Estos elementos deben fabricarse según el tipo de cadena y de los conductores, de forma que la tensión de ruptura del conjunto bien sean cadenas simples o dobles, sea superior a la tensión de ruptura del conductor.



Figura rotula de horquilla  
Figura 11

### 2.3.7 Horquilla Ojo

Este herraje presentan por un extremo una horquilla y por el otro un ojo que se puede articular a otros herrajes, es fabricado de acero forjado y galvanizado en caliente.

Este tipo de herraje constituye una posibilidad para enlazar entre sí los yugos tipo macho con los herrajes de la cadena que sustentan o amarran a los conductores con los aisladores.



Horquilla ojo  
Figura 12

Se disponen en dos versiones una con el ojo en el mismo plano paralelo a la horquilla y la otra forma con el ojo 90° girado al plano de la horquilla.

### 2.3.8 Horquilla bola.

Estas horquillas bolas son fabricadas de acero forjado y galvanizadas en caliente. Según sea el tipo de enlace entre el vástago y la caperuza. Dispondrá de un pasador de seguridad adecuado para garantizar la fijación.

Estos herrajes por un extremo presentan una horquilla y por el otro una bola que puede conectar a cadenas de aisladores tipo caperuza-vástago con los herrajes asociados.



Horquilla Bola  
Figura 13

### 2.3.9 Horquilla bola en "V"

Son fabricadas de acero forjado y galvanizadas en caliente en lo que respecta a su cuerpo y su tornillería en acero galvanizado en caliente con pasadores de acero inoxidable o latón. Se utilizan para conectar las cadenas de aisladores tipo caperuza-vástago con los herrajes asociados. Pueden ser fijadas directamente a la torre debido al doble movimiento que proporciona el tornillo curvo.



Horquilla Bola en "V"  
Figura 14

### 2.3.10 Anillo ojo y anilla ojo revirado.

Generalmente los eslabones se utilizan para adecuar la distancia de la cadena a la torre y para conectar otros herrajes dentro de la cadena de

aisladores. Son fabricados de acero forjado de alta resistencia y posteriormente galvanizados en caliente.

Cumplen la función de unir el grillete al yugo triangular superior de la cadena y el yugo inferior con la mordaza en las líneas de dos conductores por fase.



Anilla ojo en el mismo plano



Anilla ojo revirado

Figura 15

El anillo ojo está compuesto por un anillo de forma alargada o elíptica y un ojo, adicionalmente, puede ser de dos formas: una anilla y ojo en un mismo plano y la otra forma por anilla y ojo en planos perpendiculares o revirado 90°

### 2.3.11 Eslabón o anillo

Los eslabones o anillos se utilizan para adecuar la distancia de una cadena a la torre y para conectar otros herrajes dentro de la cadena de aisladores, cumple la misma función que un doble ojo.



Eslabón o Anillo  
Figura 16

Está conformado por un cuerpo, el cual está hecho de una barra de acero cilíndrica doblada y forjada en forma de "O" alargada o ovalada, posteriormente son galvanizados en caliente.



Son fabricados con distintos diámetros o radios de curvatura y tienen diversas aplicaciones, entre ellas permite articular el grillete de sujeción a la torre con el yugo.

### 3. Tensores o Riostra.

Generalmente se fabrican en acero forjado y posteriormente son galvanizadas en caliente. Sus dimensiones están determinadas por los herrajes que se encuentran acoplados a ella.

En el interior de las mordazas del separador y en contacto con el conductor, existe un inserto de neopreno que lo protege y actúa como absorbente de los movimientos de los subconductores.

Las mordazas se aprietan sobre el conductor por medio de un tornillo.

Las formas que adoptan los tensores o riostras van en función del número de conductores para el cual están diseñadas y pueden ser:

- Para dos conductores, adopta la disposición en capa, es decir, los conductores son suspendidos al mismo nivel.
- Para tres conductores, adopta la forma de triángulo equilátero, donde el eje vertical del conjunto pasa por el conductor superior.
- Para cuatro conductores, adopta la forma de cuadrado.
- Para seis conductores, adopta la forma de hexágono.
- Para ocho conductores, adopta la forma de octágono.

Para las tensiones de hasta 400 kV se elige en general grupos de dos, tres y excepcionalmente cuatro conductores.



Tensor o riostra de dos conductores  
Figura 17

En Venezuela se puede observar que en las líneas de transmisión de 230 y 400 kV se emplean tensores o riostras para dos conductores, similares a los de la figura anterior.



Tensor o riostra para cuatro conductores  
Figura 1.4.18

En Venezuela se puede observar que en las líneas de transmisión de 765 kV poseen tensores o riostras de cuatro conductores en forma de cuadrado, similares a los de la figura anterior.

Generalmente para las tensiones cercanas a 765 kV o más se emplean con preferencia tensores o riostras para grupos de seis, ocho o más conductores.

Como hemos tratado en esta sección, los tensores o riostras garantizan la separación uniforme entre los conductores de una misma fase, esto tanto en condiciones normales como en condiciones de ruptura o cortocircuito.

Estos herrajes también pueden ser clasificados como:

- Rígidos
- Flexibles
- Amortiguadores.

En CADAFE, empresa venezolana, se emplea por lo general los separadores flexibles y con mucha menor frecuencia los espaciadores amortiguadores.

La empresa EDELCA, en Venezuela, utiliza en sus líneas de transmisión, separadores amortiguadores.

#### **4. Separadores amortiguadores.**

Debido a la necesidad de utilización de varios conductores por fase, que requirieren amortiguar las vibraciones en los mismos, se han generado separadores de varios tipos pero manteniendo el uso de materiales flexibles que se encarguen de este problema.

Los separadores amortiguadores son diseñados para resistir las fuerzas y los movimientos ocasionados por condiciones transitorias tales como cortocircuitos y carga de vientos, sin causar daño a los conductores.

En nuestros días hay dos tipos, uno basado en la torsión de este material elástico y otro en su compresión.

Este último ha dado mejores resultados de comportamiento, fabricándose para un número variado de conductores por fase.

El diseño adecua movimientos longitudinales de los conductores, diferencias de tendido vertical así como fuerzas compresivas y tensoras para las longitudes de vano que conformando un método que reemplaza a los espaciadores y amortiguadores convencionales.

#### **5. Ubicación de los espaciadores**

El movimiento de los conductores es amplio y variado y la ubicación del espaciador se ha convertido mas en una ciencia a partir de lo artístico que era antes.

Para la protección contra fuerzas puramente electromecánicas debido a corto circuitos, las longitudes de separación deben situarse a unos 83 metros. No obstante, dependiendo de varios factores críticos relativos a las tensiones, al terreno, a los criterios de velocidad y dirección del viento, la recomendación para la ubicación de cada espaciador de requerirá un cierto grado de asimetría dependiente de la instalación específica.

#### **6. Herrajes para proteger los Aisladores.**

En líneas de transmisión que operan a voltajes superiores a los 230 KV, se producen arcos eléctricos ocasionados por sobretensiones y el efecto corona que deterioran a las cadenas de aisladores.

En forma complementaria al resguardo que ofrece el cable de guarda y el correspondiente sistema de puesta a tierra, en las líneas de alta tensión, concretamente en los sistemas de tensión superior a 230 KV, se deben proteger a las cadenas de aisladores contra los arcos eléctricos por medio de un conjunto de dispositivos de protección.

Las soluciones de protecciones contra el arco eléctrico y el efecto corona sobre las cadenas de aisladores son muy variadas. Ello da lugar a la existencia de un gran número de piezas diseñadas para:

- Reducir al máximo el efecto corona y los niveles de radio interferencia, asegurando la repartición del gradiente de potencial a lo largo de la cadena.
- Soportar sin graves daños los arcos de potencia que se generan en las cadenas de aisladores.

Entre los cuales se encuentran: los cuernos de descarga o antenas superiores e inferiores y anillos de protección. Son fabricados de acero y galvanizados en caliente, en general de barras macizas cilíndricas, salvo las raquetas para voltajes de 400 kV en las que se utiliza tubo.

En el próximo boletín técnico continuaremos con la segunda parte sobre herrajes para líneas de transmisión.