

Aplicación de catenaria rígida en túneles

Jesús Montesinos Ortuño* y Carlos Arbeloa Antoñanzas**
 * ADIF y ** Formarail S.L.

DOI: <http://dx.doi.org/10.6036/5583>

1. INTRODUCCIÓN

La transmisión de la energía eléctrica al ferrocarril se realiza a través del pantógrafo que contacta con el sistema de conductores, denominado, en el argot ferroviario, *catenaria*.

En los últimos tiempos, la apertura de túneles ferroviarios mediante máquinas tuneladoras ha minimizado sus secciones, de manera que los gálibos se han reducido considerablemente. Las alturas libres en la bóveda para la instalación del sistema de tracción eléctrica en muchos casos no son suficientes para el montaje de una catenaria convencional (catenaria flexible), con lo cual se tiene que recurrir al uso de catenarias rígidas. Pero las características de montaje, mantenimiento y uso de cada tipo de catenaria no son iguales, de manera que hay que establecer una serie de parámetros que sirvan de base para elegir entre un tipo u otro.

Existen básicamente dos sistemas de alimentación aérea a los trenes:

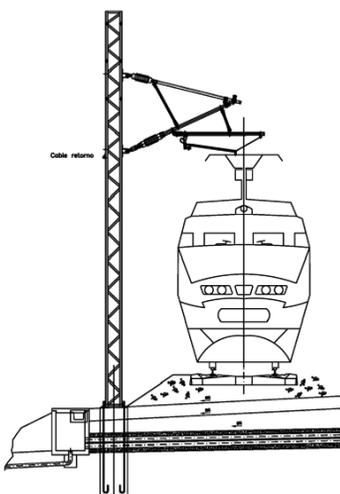


Fig. 1: Alimentación por catenaria convencional y pantógrafo

- *Catenaria convencional*, catenaria flexible o simplemente catenaria, y que corresponde a un conjunto formado por un conductor de cobre denominado hilo de contacto que está soportado por otro conductor de cobre que se denomina sustentador. El elemento por el cual el hilo de contacto pende del sustentador es la péndola. Los motores del tren captan la corriente eléctrica mediante el roce del pantógrafo con el hilo de contacto (Fig. 1).
- *Catenaria rígida*, es la formada por un perfil de aluminio que actúa como viga entre dos soportes y que en su parte inferior soporta al hilo de contacto. La catenaria rígida o perfil conductor aéreo surgió por la necesidad de instalar sistemas de alimentación a la tracción ferroviaria en zonas de gálibo reducido con captación de corriente mediante pantógrafo y como alternativa a la catenaria convencional.

Tanto el sistema de catenaria convencional como el de catenaria rígida tienen la misma misión: permitir el con-

tacto con el pantógrafo para alimentar los motores eléctricos de los trenes.

A través del siguiente artículo se pretende marcar las diferencias entre la catenaria convencional y la catenaria rígida. Estableciendo los parámetros que ayuden a elegir entre una y otra dependiendo de cada caso.

2. CATENARIA CONVENCIONAL VERSUS CATENARIA RÍGIDA

2.1. CATENARIA CONVENCIONAL

En la catenaria convencional, para poder mantener el hilo de contacto paralelo a la vía, necesitamos del sustentador, y en función del peso y de las tensiones mecánicas a las que estén sometidos dichos cables, las péndolas tendrán una determinada longitud, siendo siempre mayores en las inmediaciones del apoyo que en el centro del vano (Fig. 2 y 3).

Con estas características así como por otras causas como pueda ser la elasticidad del sistema, desplazamientos por efecto del viento transversal, etc., se determina el vano máximo (distancia entre dos postes consecutivos) de la catenaria convencional.

En condiciones normales, las distancias entre el hilo de contacto y el sustentador en el apoyo, suelen ser 1,40 m,

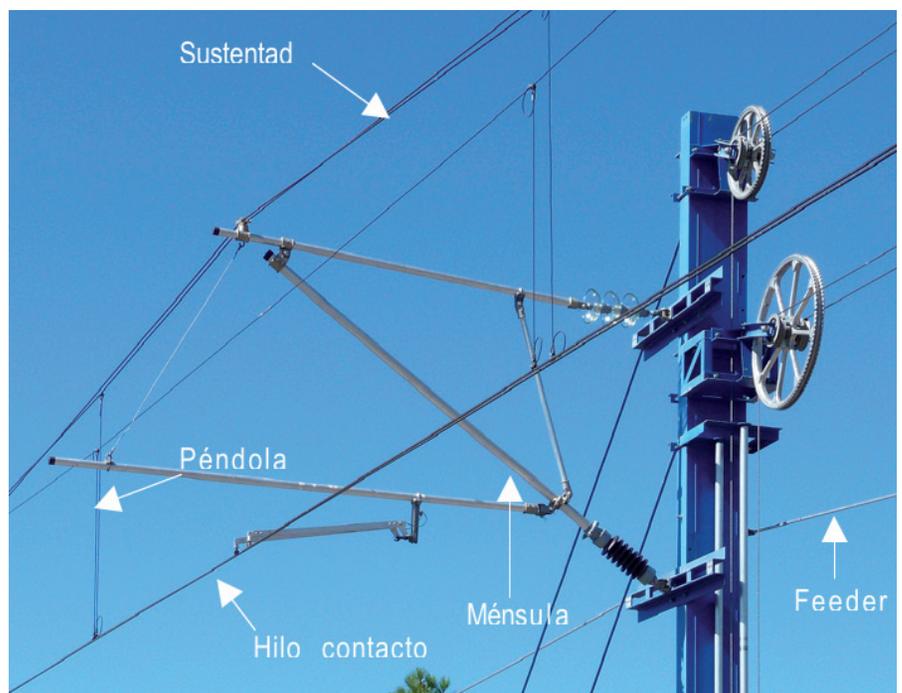


Fig. 2: Catenaria convencional



Fig. 3: Vía doble con catenaria convencional

para una longitud de vano de 60-65 m. Para estos valores la longitud de la péndola mínima en el centro del vano es de al menos 350 mm.

La distancia mínima que se necesita para instalar la catenaria convencional debe ser igual a la altura mínima correspondiente al sistema de captación eléctrica (4,60 m para trenes convencionales) más la altura necesaria para la instalación del sistema de catenaria, a lo cual hay que añadir la distancia de aislamiento de acuerdo con el valor de tensión utilizado.

La distancia necesaria para la instalación de la catenaria convencional en los túneles, implica que la altura del túnel sea mayor, lo cual representa un coste importante en el proceso constructivo.

2.2. CATENARIA RÍGIDA

En el sistema de catenaria rígida se prescinde del cable sustentador, sustituyéndose éste por un perfil de aluminio que, con la rigidez suficiente, soporta un hilo de contacto, permitiendo la captación de corriente por el pantógrafo (Fig. 4).

Tanto el hilo de contacto como el perfil que lo soporta no están sometidos a esfuerzos de tracción, condición más favorable que en el caso de una línea de contacto convencional.

Al tratarse de un perfil metálico, con un elevado momento de inercia, la flecha máxima del conjunto formado por el perfil de aluminio y el hilo de contacto es de 10 mm (en función de la longitud del vano utilizado), teniendo todo el conjunto una altura máxima (según el tipo de perfil) de 200 mm aproximadamente.

A esta altura del conjunto perfil+hilo de contacto, hay que añadir la correspondiente a los sistemas de aislamiento, por lo que la altura necesaria para el sistema es de 250-400 mm.

La reducida distancia que necesita la instalación del sistema de catenaria rígida, permite ahorros significativos en la construcción de túneles.



Fig. 4: Catenaria rígida instalada en un túnel

3. CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL SISTEMA DE CATENARIA RÍGIDA

El sistema de catenaria rígida está constituido por una viga de aluminio, generalmente en forma de pentágono invertido donde el vértice inferior está diseñado en forma de pinza para poder alojar la cabeza del hilo de contacto. Dicha viga va fijada a la estructura superior mediante soportes aislados.

La forma de pentágono invertido es el resultado del estudio para obtener la mejor relación rigidez-peso propio, de forma que permita conseguir la menor flecha posible entre apoyos.

El conjunto perfil hilo de contacto, debido a su gran sección conductora, sustituye en la mayoría de los casos al conjunto sustentador-hilos de contacto, incluso a los feederes de acompañamiento (Fig. 5).

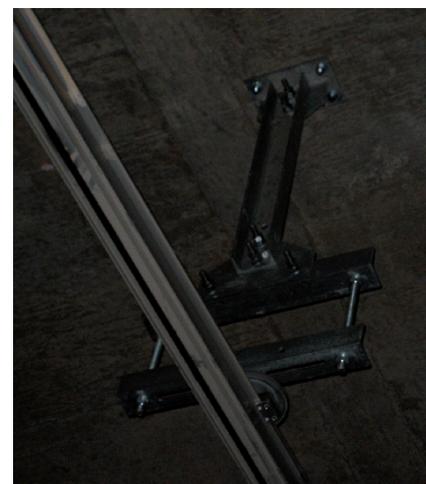


Fig. 5: Catenaria rígida en interior de túnel

La sección conductora en aluminio para el perfil bajo análisis es de 2.214 mm², lo que representa una equivalencia en cobre por igualdad de resistencia óhmica de 1.408 mm². Con un hilo de contacto de 150 mm² la sección total es de 1.558 mm².

El perfil está fabricado a partir de una aleación de aluminio extruido, en longitudes a determinar previo replanteo de la instalación, con valores de 14, 12 y 10 m.

El aluminio del perfil y el cobre del hilo de contacto, sólo pueden ser combinados de manera conductora en una atmósfera libre de electrolitos para que no exista corrosión. Pero en la práctica éste no es el caso, así que para impe-

dir que se produzcan corrosiones se han adoptado las siguientes medidas:

- Cada perfil va provisto en su parte plana de unos orificios de modo que la acumulación de agua de condensación dentro del perfil, que siempre contiene gases disueltos o elementos agresivos, pueda ser evacuada o evitada por medio de la aireación.
- Al colocar el hilo de contacto, éste ha de ser lubricado, lo que se hace con un manguito conectado a una bomba engrasadora. La grasa especial que se emplea tiene una función protectora y favorece el flujo de corriente entre el aluminio y el cobre evitando fenómenos de corrosión por electrólisis.
- En el sector de las entradas de túnel, en zonas de gran proximidad a la obra civil donde el aislamiento de aire es insuficiente ($e < 150$ mm) y en zonas con humedad, el perfil se protege con una cubierta plástica dieléctrica (Fig. 6).

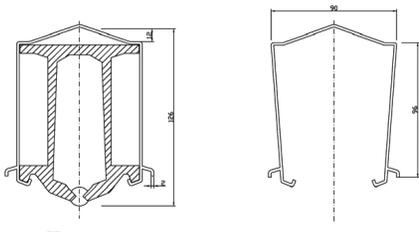


Fig. 6: Esquema de la funda dieléctrica

Por lo que concierne a la forma de sujeción de este sistema de catenaria rígida sobre las vías, se utiliza un herraje de perfil laminado normalizado que soporta un aislador cilíndrico y que a su vez soporta el perfil de aluminio. El conjunto de herraje y aislador se denomina soporte unificado (Fig. 7).

4. MONTAJE Y MANTENIMIENTO DE LA CATENARIA RÍGIDA

Como ya se ha indicado, el montaje de la catenaria rígida debe ser muy preciso y cumplir en todo momento con las tolerancias especificadas previamente.

La distancia necesaria entre la cota mínima de pantógrafos y la obra civil que se necesita implantar la catenaria rígida es de 250 mm.



Fig. 7: Soporte unificado de catenaria rígida

La altura mínima de la catenaria sobre el carril debe ser de 4,60 m. Debiendo ser asegurada esta cota con la temperatura más alta y en la posición más alta del plano de rodamiento, teniendo en cuenta las tolerancias de montaje de la catenaria.



Fig. 8: Brida de unión entre perfiles de catenaria rígida



Fig. 9: Aguja aérea realizada con catenaria rígida

A fin de conseguir una perfecta captación de corriente, la diferencia de nivel entre dos apoyos consecutivos, deberá ser como máximo del 0,1% de la longitud del vano. La flecha en el centro del vano no debe de exceder del 0,1% de la distancia entre dos apoyos.

Las alturas se medirán siempre mediante una línea perpendicular al plano de rodamiento de las vías.

La rigidez mecánica del perfil permite instalar radios de hasta 120 m. Si el perfil se ha curvado previamente de forma mecánica, se pueden incluso equipar vías con radios de 45 m.

La unión de las barras se realiza durante el montaje mediante bridas de unión de características físicas similares a las de los perfiles, manteniendo las propiedades eléctricas a lo largo de toda la longitud del cantón. No obstante para mejorar el contacto eléctrico entre perfil y brida, éstas van previstas de estrías longitudinales que al dar el apriete a los tornillos permiten mejorar el contacto (Fig. 8). Una vez unidas todas las barras que forman el cantón, se realiza el montaje del hilo de contacto.

Para el montaje o desmontaje del hilo de contacto que va alojado en el perfil de aluminio, se utiliza un carro que permite la apertura de la pinza a medida que se desplaza apoyado sobre las alas longitudinales del perfil.

Por lo que respecta a los problemas de dilatación que puedan originarse en estas catenarias rígidas, la experiencia acumulada hasta ahora aconseja resolverlos de la siguiente forma:

- Se tenderá el perfil de aluminio en longitudes máximas de 500 m (41 barras embridadas) estableciendo un punto fijo en la parte central de cada uno de estos tramos. Se logrará de esta forma que la longitud a dilatar a cada uno de los lados del punto fijo sea igual o inferior a 250 m.
- Cada tramo tendido estará separado del contiguo por un solape de catenaria rígida o seccionamiento que permitirá dilataciones sin impedimento, dando continuidad para el paso del pantógrafo. Estos solapes o seccionamientos tienen la finalidad de separar mecánicamente los tramos o la doble función de separación mecánica y eléctrica.

En los seccionamientos, los soportes

unificados (conjunto herraje y aislador) se dispondrán de manera que sujeten a los dos carriles, pero permitiendo su dilatación.

Las agujas aéreas o desvíos se constituirán solapando un tramo de catenaria rígida a la catenaria de la vía a la que se da continuidad (Fig. 9). La longitud de los solapes es del orden de 5-6 m, tanto en seccionamientos como en agujas.

Siempre que un perfil de catenaria rígida comience o termine (en sus extremos), tanto en agujas como en seccionamientos, lo hará con una rampa para que el contacto con el pantógrafo sea suave y progresivo (Fig. 10). Estas barras serán suministradas con la curvatura necesaria, en ningún caso se realizará en obra.

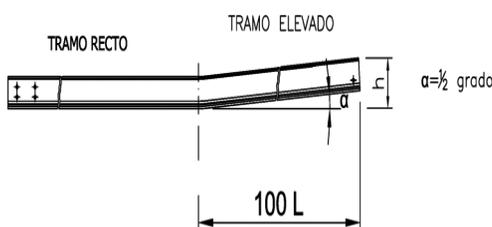
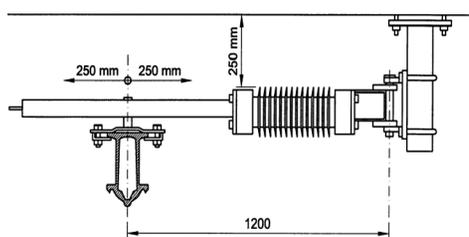


Fig. 10: Esquema de la curvatura de la barra en su extremo

Cuando se instale catenaria rígida en túneles no tubulares y de mayor altura, se colocarán ménsulas o pórticos rígidos construidos mediante perfiles laminados, normalmente angulares de 60. En estos pórticos o ménsulas, se fijarán



las barras unificadas sobre cada eje del plano de rodamiento (Fig. 11).

Fig. 11: Esquema de ménsula rígida

Cada seccionamiento llevará un punto fijo, en el punto medio de su longitud y podrá dilatarse por sus extremos. La continuidad entre un seccionamiento y el siguiente se logra mediante el solape de sus barras extremas para que

el conjunto pueda dilatarse libremente. Descontando estos solapes cuyo valor será determinado durante el replanteo de la instalación y que tendrá un valor aproximado de 6 m, la longitud útil de un seccionamiento queda reducida a 486 m aproximadamente.

Para iniciar correctamente el replanteo es conveniente comenzar fijando la disposición de los ejes del solape, y a partir de este punto marcar la posición de todos los soportes hacia uno y otro lado.

Puesto que las bóvedas con las que están construidos los túneles tubulares pueden ofrecer algún inconveniente para fijar en ellas un soporte en un punto exacto (juntas entre dovelas, armaduras, etc), se establece una tolerancia de 300 mm en sentido longitudinal del túnel pero no acumulativa, sino a contar desde donde se comenzó a replantear, es decir el eje de seccionamiento más próximo. No obstante se dispondrá en obra de un stock de aproximadamente un 3% de barras de catenaria rígida extralargas, con objeto de poder corregir cualquier error de replanteo, acumulación de defectos o cualquier otro que se pueda solucionar intercalando una barra de longitud algo superior a la normal.

En planta los solapes se dispondrán formando un conjunto de dos barras de catenaria, centrando con el eje del plano de rodamiento, sin más descentramiento de las barras que el indispensable para lograr su separación.

La separación entre barras en los solapes será de 170 mm entre ejes si debe de haber separación eléctrica y de 110 mm si van puenteadas.

5. CONCLUSIONES

Las ventajas e inconvenientes de la catenaria rígida comparados con la catenaria convencional son los siguientes:

Ventajas:

- Necesita un gálibo reducido, por tanto rebaja los costes en la ejecución de los túneles.
- Tiene una gran sección conductora, por tanto presenta unas caídas de tensión menores.
- Bajo mantenimiento.
- Reducido número de averías (elevada fiabilidad).
- Sencillez y rapidez de montaje.

Inconvenientes:

- Velocidad máxima de circulación reducida (máximo 120-140 km/h).
- Coste de materiales elevado.

A partir de las ventajas e inconvenientes indicados, el montaje de un sistema u otro está definido por el grado de importancia que pueda tener cada uno de los distintos puntos en determinadas aplicaciones. Así por ejemplo, si se trata de una línea de Alta Velocidad, donde el elemento fundamental es la velocidad, aunque sea en un túnel, el sistema a adoptar será el de catenaria flexible; es el caso del túnel de Guadarrama.

Sin embargo, si por las características del trazado, la elevada velocidad no es el objetivo principal, entonces el montaje de catenaria rígida podría ser la opción a elegir. Éste sería el caso del futuro túnel para trenes de Alta Velocidad entre Madrid Atocha y Chamartín.

En los casos en que el condicionante principal es un gálibo reducido, la instalación de catenaria rígida será la opción ideal, junto con las instalaciones metropolitanas en túneles, donde se necesitan velocidades relativamente reducidas (<120 km/h), alta disponibilidad y bajo mantenimiento. Estos son los casos de Metro, Tranvías e incluso trenes de Cercanías (Túnel de Cercanías de Sol, Cercanías de Barcelona, etc).

La catenaria rígida es relativamente joven, los primeros montajes se realizaron a mediados de los años 70, y al igual que la catenaria convencional ha evolucionado desde velocidades máximas de 100 km/h hasta velocidades comerciales de 350 km/h, la catenaria rígida evolucionará mejorando prestaciones y permitiendo mayores velocidades.

En este sentido, por parte de distintas empresas y administraciones ferroviarias, se trabaja en el desarrollo de nuevos perfiles de aluminio y soportes, de tal forma que permita alargar la distancia entre soportes o bien aumentar la velocidad.

PARA SABER MÁS:

[1] Montesinos Ortuño Jesús, Carmona Suárez Manuel. *Sistemas De Alimentación A La Tracción Ferroviaria*. 1ª edición. Madrid: Formarail, 2013. ISBN: 978-84-615-9536-5