



Universidad  
Politécnica  
de Cartagena

# Índice

**Bloque 1.  
Sección transversal ferroviaria.**

**Bloque 2.  
Geometría de la vía. Trazado**

**Bloque 3  
Comportamiento mecánico de la vía**

**Bloque 4.  
Calidad y mantenimiento**

**Bloque 5.  
Instalaciones**



# Índice

**1. Electrificación**

**2. Señalización**

**3. Explotación**



# 1

## Electrificación

1. Introducción
2. Conducción de corriente
3. Subestaciones



# 1. Introducción

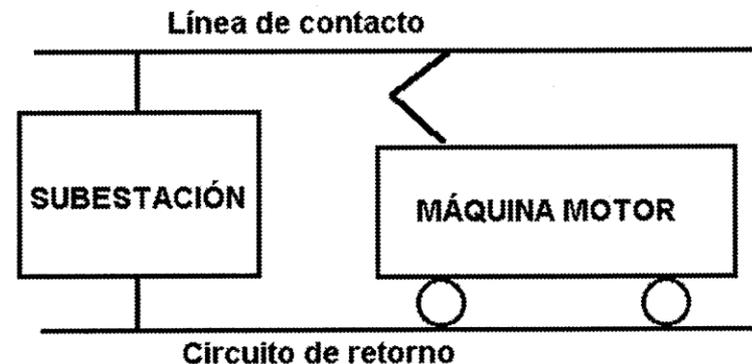
En España se utilizan dos tipos de tracción:

- ✓ Tracción eléctrica
- ✓ Tracción diesel

**Electrificación:**

conjunto de instalaciones necesarias para el suministro de energía al tren. El consumo más importante es para la tracción, pero también existen otros consumos (iluminación, aire acondicionado, compresores, instalaciones auxiliares, etc).

## CIRCUITO DE TRACCIÓN





# 1. Introducción

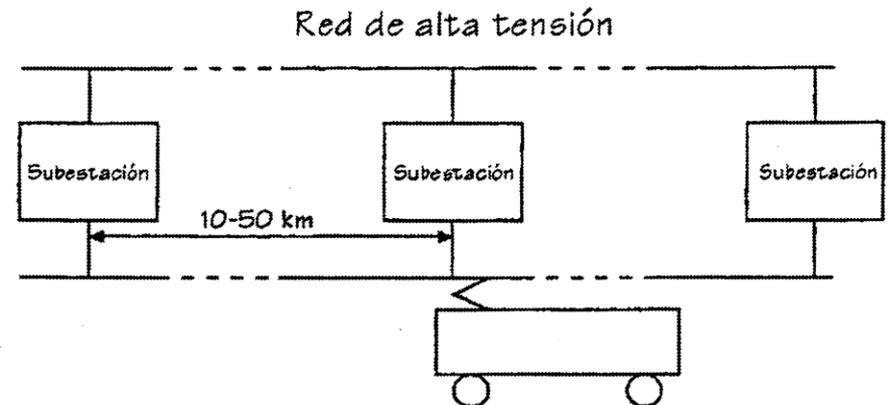
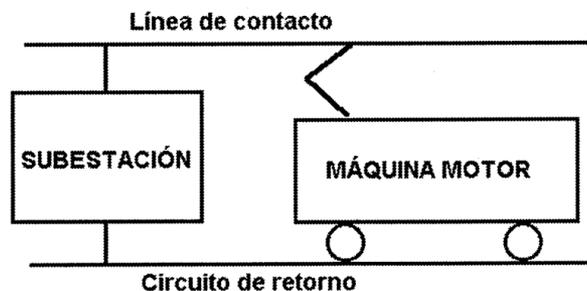
En España se utilizan dos tipos de tracción:

- ✓ Tracción eléctrica
- ✓ Tracción diesel

## Electrificación:

conjunto de instalaciones necesarias para el suministro de energía al tren. El consumo más importante es para la tracción, pero también existen otros consumos (iluminación, aire acondicionado, compresores, instalaciones auxiliares, etc).

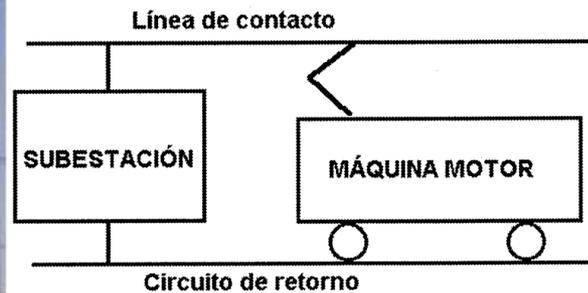
## CIRCUITO DE TRACCIÓN





# 1. Introducción

**PANTÓGRAFO:** sistema de captación de energía embarcado en el tren



## DISYUNTOR:

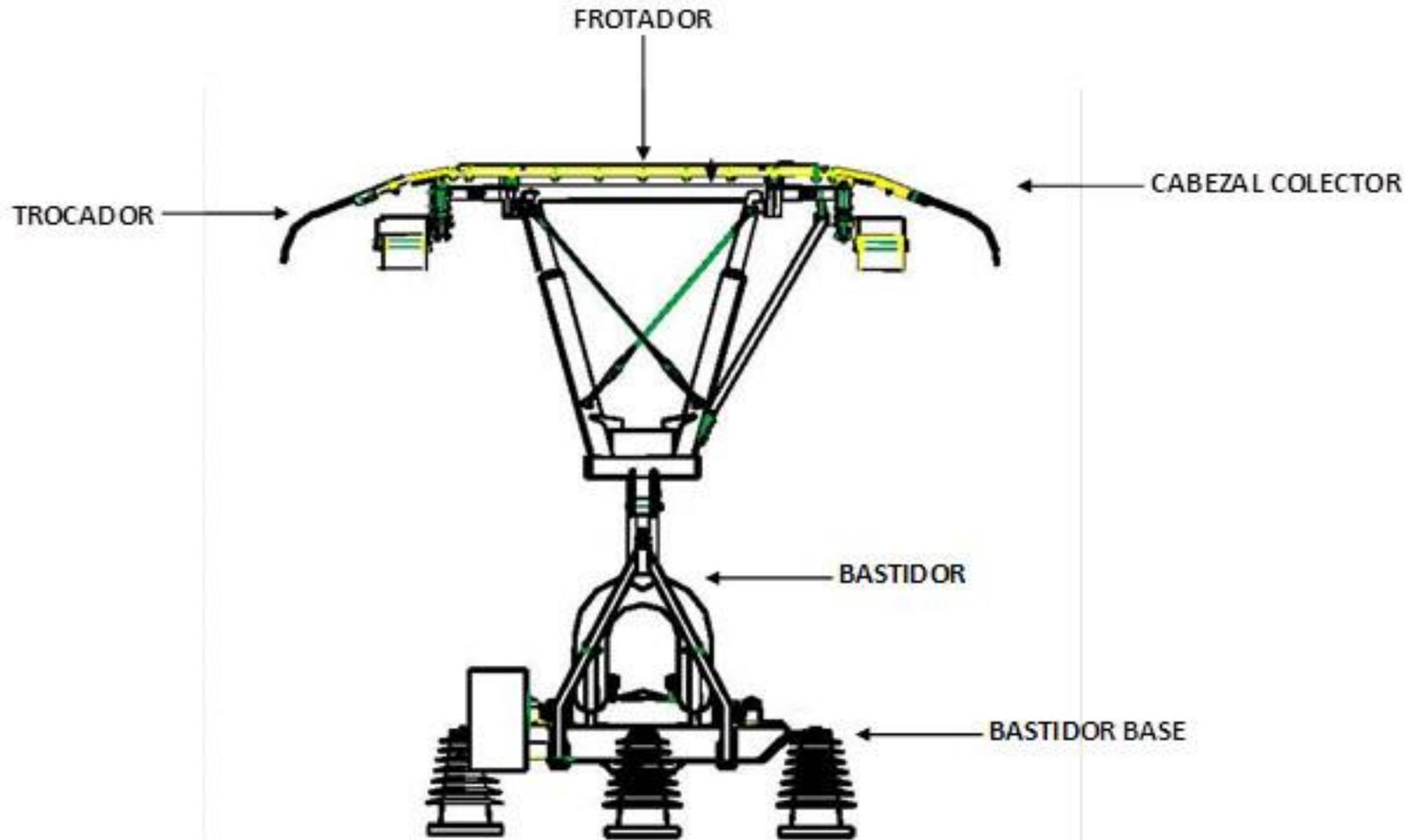
Protege a los equipos aguas abajo del pantógrafo de cualquier pico de intensidad, aísla los equipos de tracción del hilo de alimentación.

Función de seguridad ante subidas de tensión



# 1. Introducción

**PANTÓGRAFO:** sistema de captación de energía embarcado en el





# 1. Introducción

---

## Ventajas tracción eléctrica:

- ✓ Menos costes de conservación
- ✓ Menos gasto de energía
- ✓ Menos averías material motor
- ✓ Ventajas medio ambientales
- ✓ Diversidad fuentes de origen de energía

## Inconvenientes tracción eléctrica:

- ✓ Mayor coste de implantación
- ✓ Averías en instalaciones fijas



# 1. Introducción

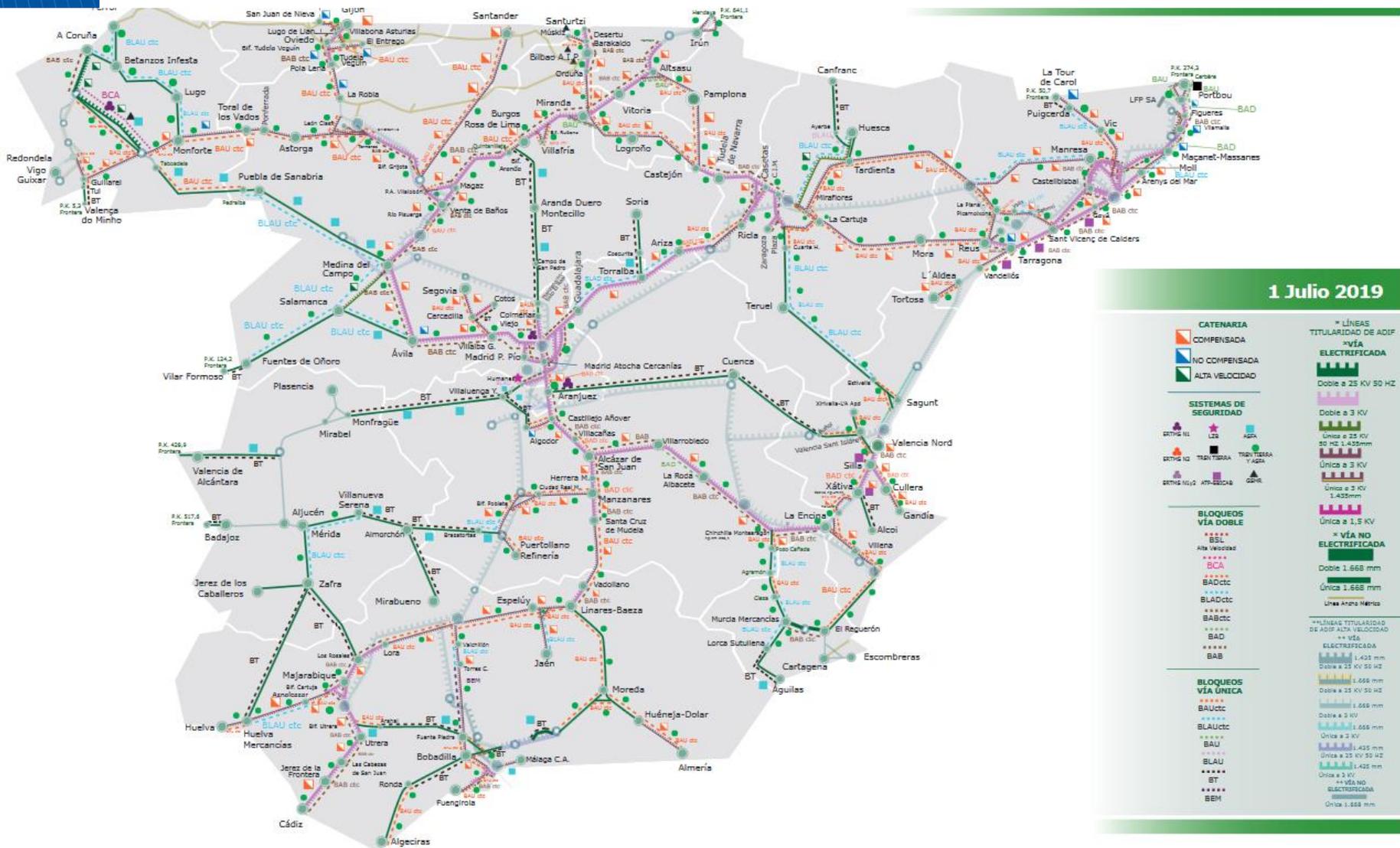
Entre los tipos de corriente utilizados se encuentran los siguientes:

- Corriente continua: 1.500-3.000 V
- Corriente alterna: 25.000 V

	<b>CONTINUA</b>	<b>ALTERNA</b>
<b>Instalaciones fijas</b>	<b>pesadas y costosas</b>	<b>más ligeras</b>
<b>Subestaciones</b>	<b>cada 20 km</b>	<b>cada 50 km</b>
<b>Catenaria</b>	<b>gran sección</b>	<b>sección menor</b>
<b>Conexión a la red A.T.</b>	<b>directa</b>	<b>red propia o convertidor(Hz)</b>
<b>Motor</b>	<b>simple</b>	<b>más complicado</b>
<b>Coste relativo establecimiento</b>	<b>145 %</b>	<b>100 %</b>

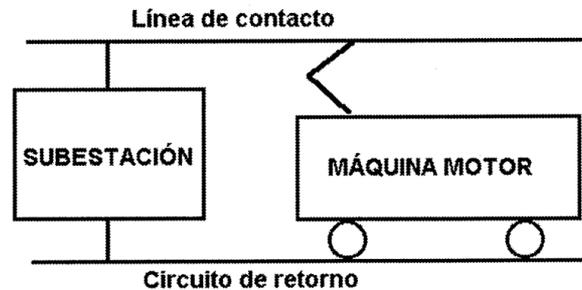


# 1. Introducción





## 2. Conducción de corriente



*Fuente: Ferrocarriles. Apuntes de clase edición 2009-2010. José Manuel García Díaz de Villegas. Universidad de Cantabria. 2009.*

La línea de contacto puede adoptar dos sistemas:

- ✓ Tercer carril
- ✓ Línea aérea de contacto: Catenaria

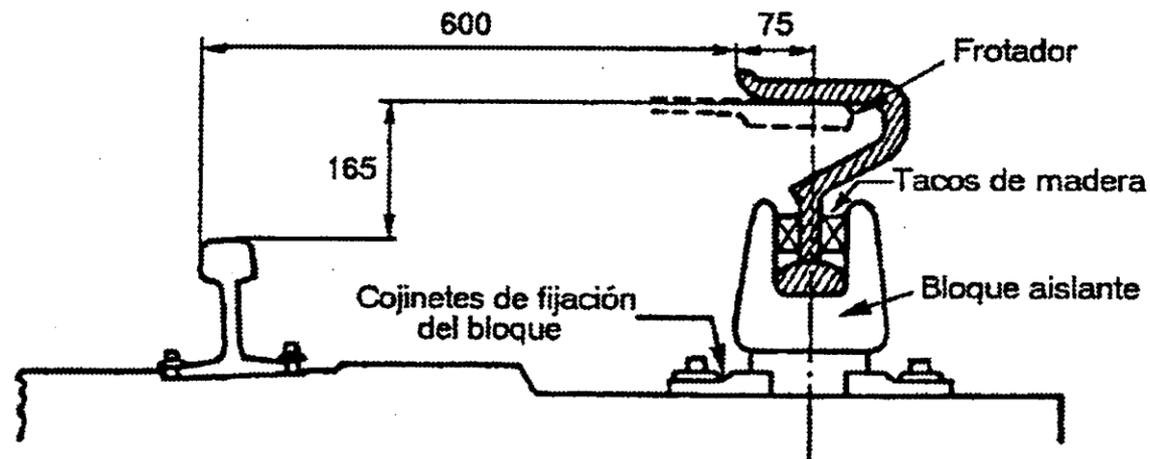


## 2. Conducciones de corriente

### TERCER CARRIL

Conductor en forma de perfil de acero laminado colocado sobre apoyos en paralelo a los carriles.

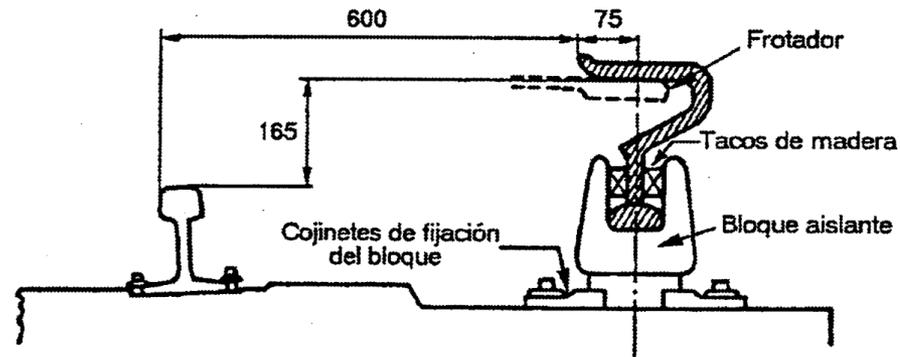
El vehículo eléctrico tiene un brazo que al contactar con el tercer carril (al estar éste con tensión) cierra el circuito eléctrico.





## 2. Conducciones de corriente

### TERCER CARRIL



Fuente: Ferrocarriles. Apuntes de clase edición 2009-2010. José Manuel García Díaz de Villegas. Universidad de Cantabria. 2009.



Fuente: [http://4.bp.blogspot.com/-COWMPg6-AeY/Uaj2ssnVidI/AAAAAAAAEdA/D3nLcn0b-YU/s1600/IMG\\_2985.JPG](http://4.bp.blogspot.com/-COWMPg6-AeY/Uaj2ssnVidI/AAAAAAAAEdA/D3nLcn0b-YU/s1600/IMG_2985.JPG)



Fuente: [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:WMATA\\_third\\_rail\\_at\\_West\\_Falls\\_Church.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:WMATA_third_rail_at_West_Falls_Church.jpg)



## 2. Conducciones de corriente

---

### TERCER CARRIL

#### Ventajas:

- ✓ Gran rigidez
- ✓ Economía en su instalación
- ✓ Menores gálibos necesarios

Actualmente sistema en desuso.

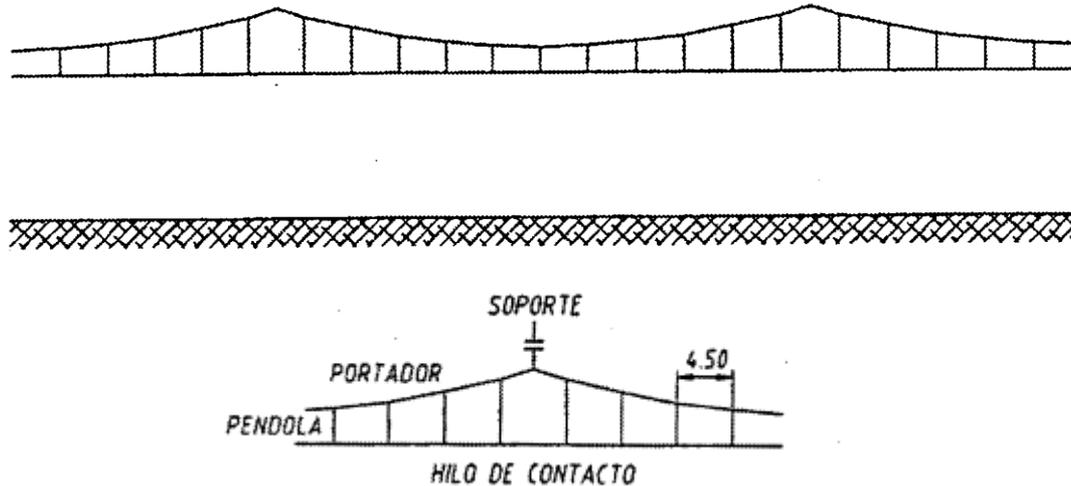
#### Inconvenientes:

- ✓ Riesgo de electrocución
- ✓ No se puede utilizar con corriente alterna
- ✓ Instalación interrumpida en pasos a nivel y estorbo en playas de vía
- ✓ Complejidad en zonas de aparatos de vía
- ✓ Ataque agentes atmosféricos



## 2. Conducciones de corriente

### Línea aérea de contacto (LAC): CATENARIA



Fuente: Ferrocarriles. Apuntes de clase edición 2009-2010. José Manuel García Díaz de Villegas. Universidad de Cantabria. 2009.

### Tipos de catenaria según composición:

- ✓ Convencional
- ✓ Rígida
- ✓ Tranviaria (hilo)



## 2. Conducciones de corriente

# CATENARIA CONVENCIONAL

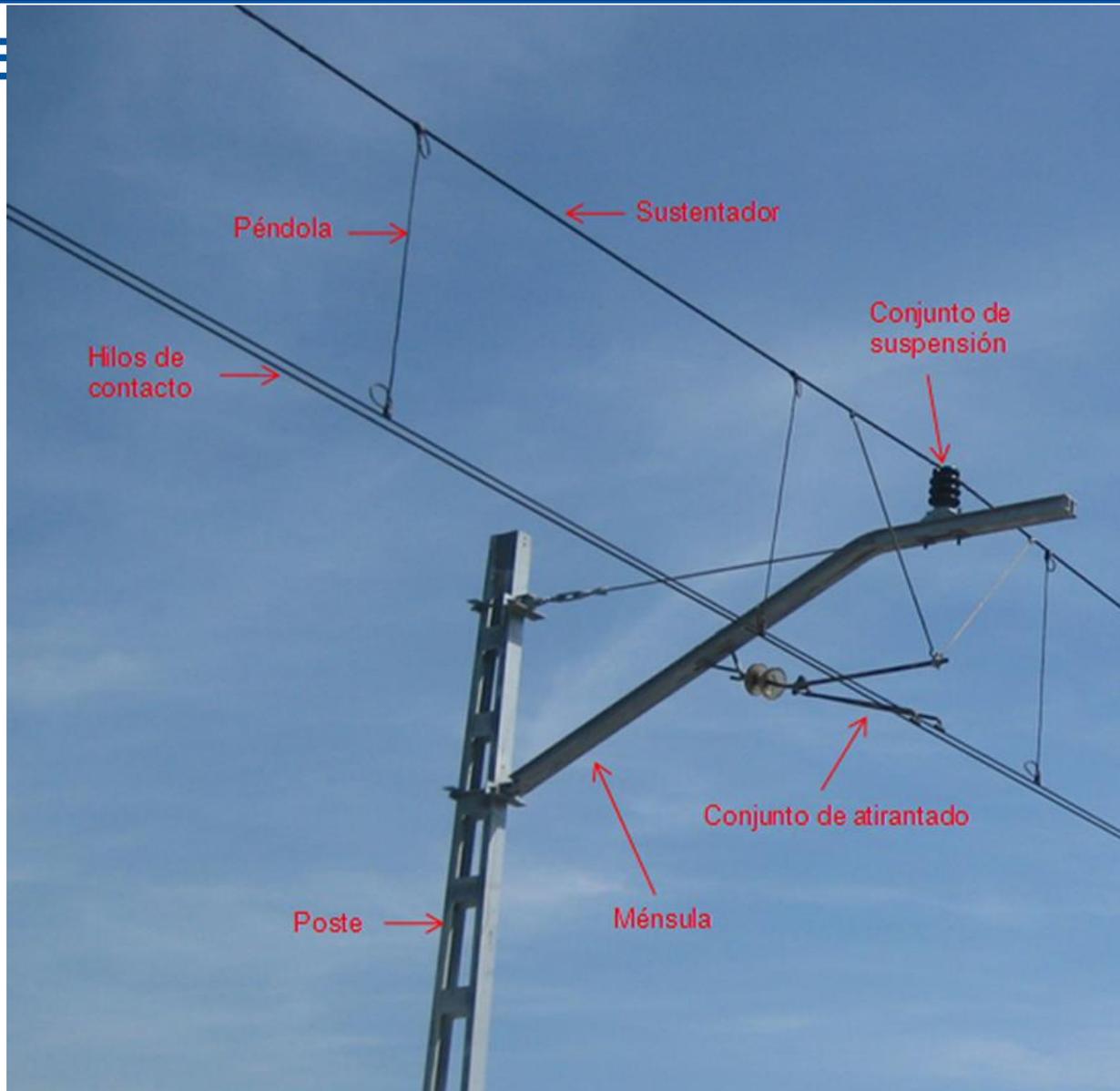


Fuente: [https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/7/7b/Catenaria\\_en\\_Espa%C3%B1a\\_CAA.JPG/220px-Catenaria\\_en\\_Espa%C3%B1a\\_CAA.JPG](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/7/7b/Catenaria_en_Espa%C3%B1a_CAA.JPG/220px-Catenaria_en_Espa%C3%B1a_CAA.JPG)



## 2. Conducciones de corriente

### CATE

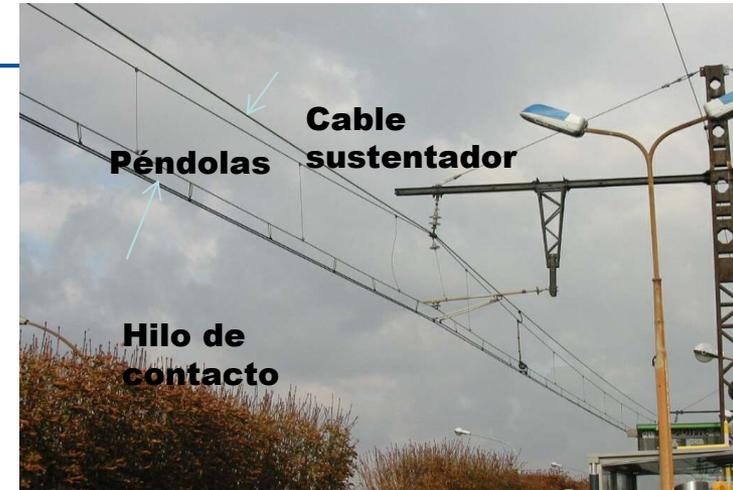




## 2. Conducciones de corriente

### CATENARIA CONVENCIONAL

#### Hilo de contacto:



- En contacto con el pantógrafo del tren, suministra energía eléctrica.
- Suele ser de cobre electrolítico.
- Su sección transversal depende de varios factores. Se utilizan habitualmente secciones circulares de 107,120 y 150 mm<sup>2</sup>
- La energía se obtiene por frotación de las láminas conductoras del pantógrafo con el hilo. Para evitar el desgaste de este se suele montar con un desplazamiento alternativo horizontal respecto al eje de la vía que se conoce como descentramiento.
- Se suele colocar a una altura de 5,30 m sobre el plano del carril.
- Se suelen emplear dos hilos en vías generales principales, uno en vías secundarias y en las electrificaciones en corriente alterna (menos consumo).



## 2. Conducciones de corriente

### CATENARIA CONVENCIONAL

#### Sustentador:

- Cable superior de la catenaria y que soporta el peso del sistema formado por los hilos de contacto y las péndolas. Mantiene el sistema con una determinada tensión mecánica.
- Según la posición del sustentador respecto de la ménsula (debajo/encima) la catenaria se denomina suspendida o apoyada.
- Suelen ser de cobre en líneas electrificadas con corriente continua y de acero recubierto de cobre en líneas de alta velocidad con corriente alterna.





## 2. Conducciones de corriente

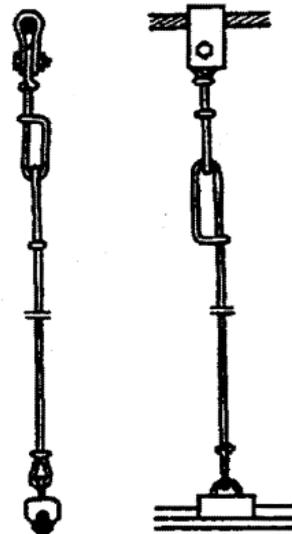
### CATENARIA CONVENCIONAL

Fuente: [https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/f/f0/Cat%C3%A9naire\\_1,5\\_kV\\_01.jpg/220px-Cat%C3%A9naire\\_1,5\\_kV\\_01.jpg](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/f/f0/Cat%C3%A9naire_1,5_kV_01.jpg/220px-Cat%C3%A9naire_1,5_kV_01.jpg)



#### Péndolas:

- Unen los hilos de contacto con el cable sustentador, manteniendo su horizontalidad.
- Suelen estar hechas de cable de cobre y se conectan al hilo de contacto mediante una pieza denominada grifa.





## 2. Conducciones de corriente

---

### CATENARIA CONVENCIONAL.

#### Características Geométricas

##### Altura de la catenaria / altura del sistema:

- Distancia entre el sustentador y el hilo de contacto en el punto de apoyo del sustentador.
- Valores de 1,4 m en líneas y convencionales y de velocidad alta y de 1,80 m en líneas de alta velocidad.

##### Altura del hilo de contacto:

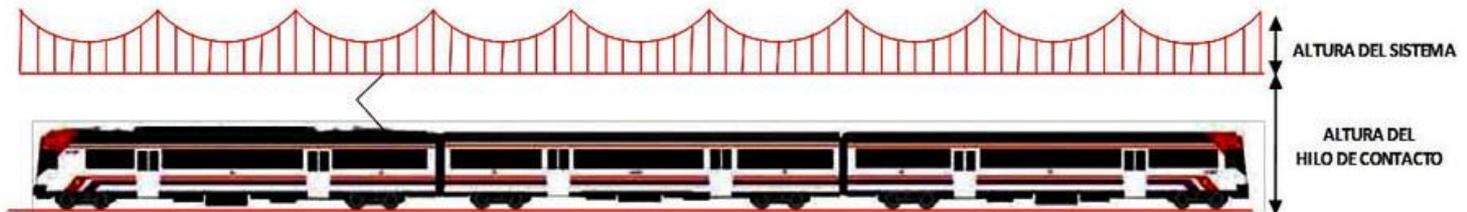
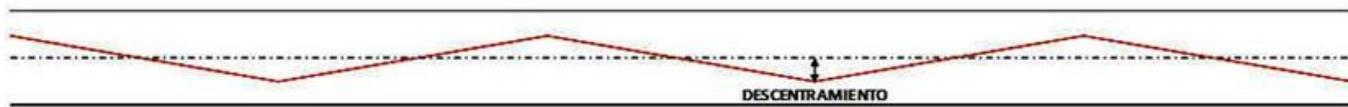
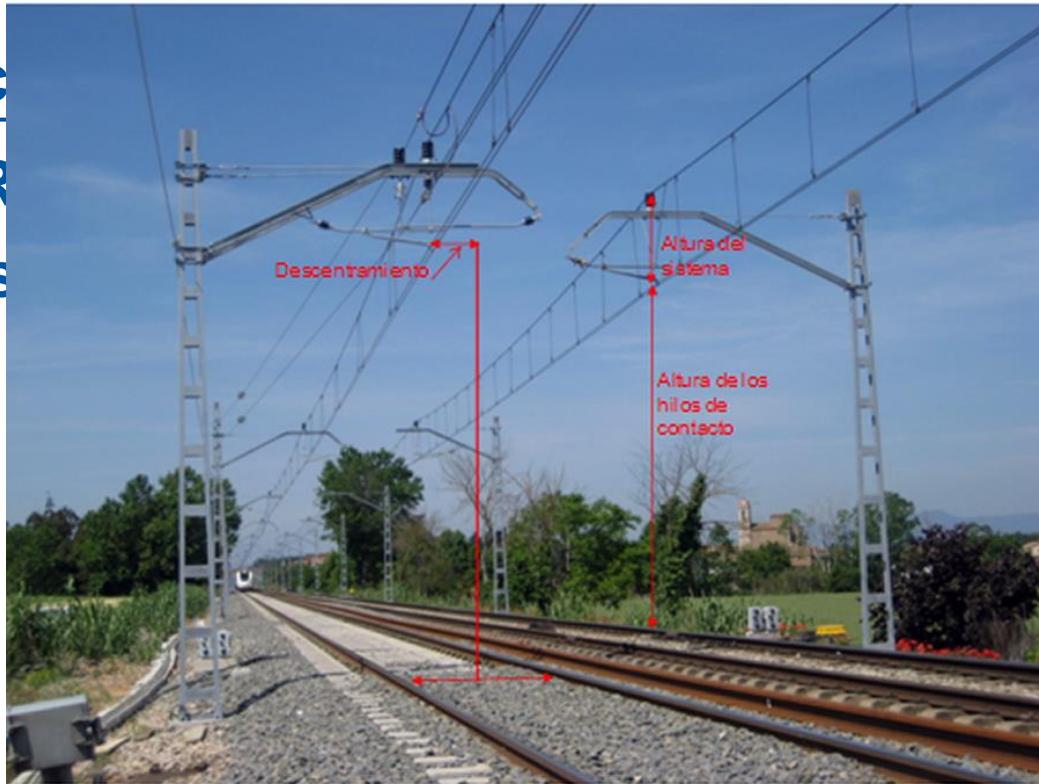
- distancia vertical desde el plano medio de rodadura hasta el punto inferior del hilo de contacto.

##### Descentramiento del hilo de contacto:

- distancia horizontal que existe entre el eje de la vía y el hilo de contacto en el apoyo, para evitar el desgaste puntual en el centro del pantógrafo.



## 2. Conduc CATENAR Caracterís





## 2. Conducciones de corriente

---

### CATENARIA CONVENCIONAL.

#### Características Geométricas

##### Pendiente:

es la variación de altura del hilo de contacto entre dos puntos consecutivos. Existen unos valores normalizados de pendiente máxima y de variación de la pendiente del hilo de contacto en función de la velocidad, para garantizar la correcta captación de la energía eléctrica por el pantógrafo.

##### Elevación máxima del hilo de contacto:

máxima elevación que pueden sufrir los hilos de contacto al paso del pantógrafo.

##### Flecha del hilo de contacto:

para contrarrestar el efecto de la variación excesiva de la elevación de los hilos entre el apoyo y el centro del vano



## 2. Conducciones de corriente

### CATENARIA CONVENCIONAL

#### Características Mecánicas

- **Tensión mecánica de los cables y conductores:** tensión a la que se encuentran sometidos los conductores para asegurar que cumplen su función cuando varían los condicionantes exteriores a los que están sometidos (temperatura, viento,...)
- **Vano:** distancia existente entre dos apoyos contiguos de la línea aérea de contacto.
- **Cantón:** tramo independiente, anclado a ambos lados, en que se divide la línea aérea de contacto para contrarrestar el efecto de los cambios de longitud de los conductores producidos por la variación de la temperatura





## 2. Conducciones de corriente

---

### CATENARIA CONVENCIONAL

#### CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS:

- Resistencia o impedancia del circuito:

resistencia total de la catenaria más los feeders de acompañamiento y la resistencia del circuito de retorno, compuesto generalmente por los carriles y, en ocasiones, conductores de retorno.

- Corriente máxima:

es la intensidad máxima que puede circular por la catenaria y viene determinada por la temperatura máxima admisible de sus conductores y las condiciones ambientales.

- Tensiones normalizadas:

la normativa europea determina las tensiones nominales normalizadas que se pueden emplear para la tracción eléctrica, tanto para **corriente alterna (15.000 V y 25.000 V)** como para **corriente continua (750 V, 1.500 V y 3.000 V)**, así como las tensiones máximas y mínimas admisibles para cada uno de los niveles de tensión.



## 2. Conducciones de corriente

---

### CATENARIA CONVENCIONAL

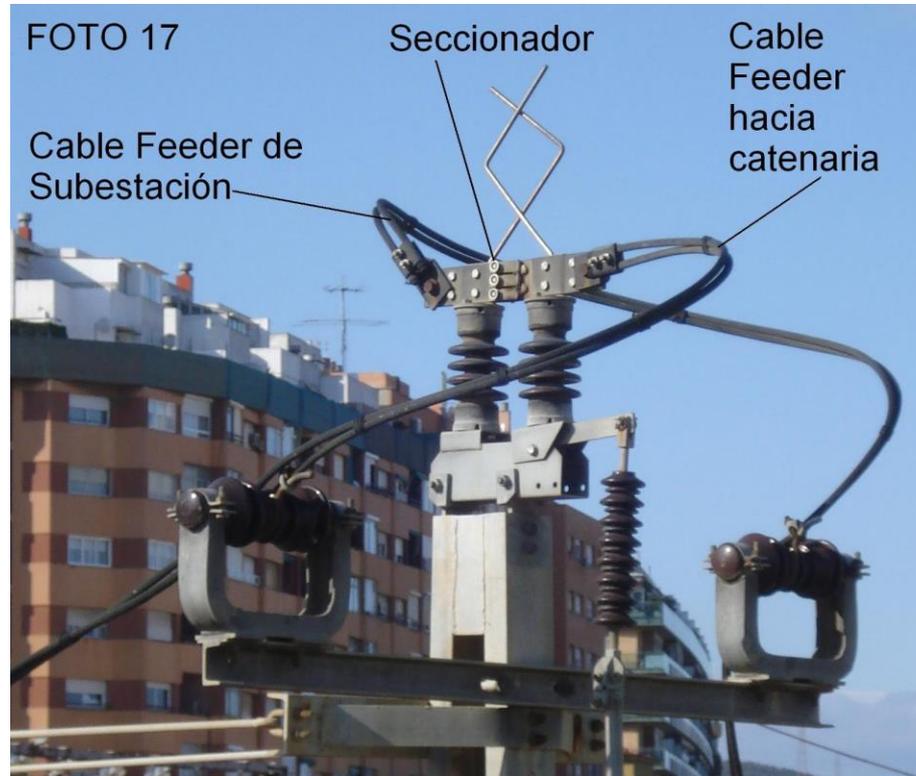
#### Feeder:

- Cable portador auxiliar, paralelo al hilo de contacto.
- Partiendo de la subestación, discurre tendido conjuntamente con la línea aérea de contacto como refuerzo de sección de ésta. Se conectan a la catenaria cada cierta distancia (120-300 m).
- Se emplea para aumentar la sección de los conductores en los tramos donde los consumos son elevados, evitando el sobrecalentamiento de los cables y reduciendo las pérdidas de caída de tensión (catenarias para velocidades altas y en redes de cercanías).
- Feeders de acompañamiento: son conductores contiguos a la línea aérea de contacto, que se conectan directamente a ella a intervalos frecuentes, para aumentar la sección transversal efectiva de la línea aérea de contacto.
- Feeders de alimentación: son los conductores encargados de alimentar la catenaria desde las subestaciones.



## 2. Conducciones de corriente

# CATENARIA CONVENCIONAL



Fuente:

[https://2.bp.blogspot.com/\\_vNFu\\_XRRH84/S5FDuG2ixUI/AAAAAAAAAHyo/i1BZq-9\\_ICs/s400/F17.JPG](https://2.bp.blogspot.com/_vNFu_XRRH84/S5FDuG2ixUI/AAAAAAAAAHyo/i1BZq-9_ICs/s400/F17.JPG)



## 2. Conducciones de corriente

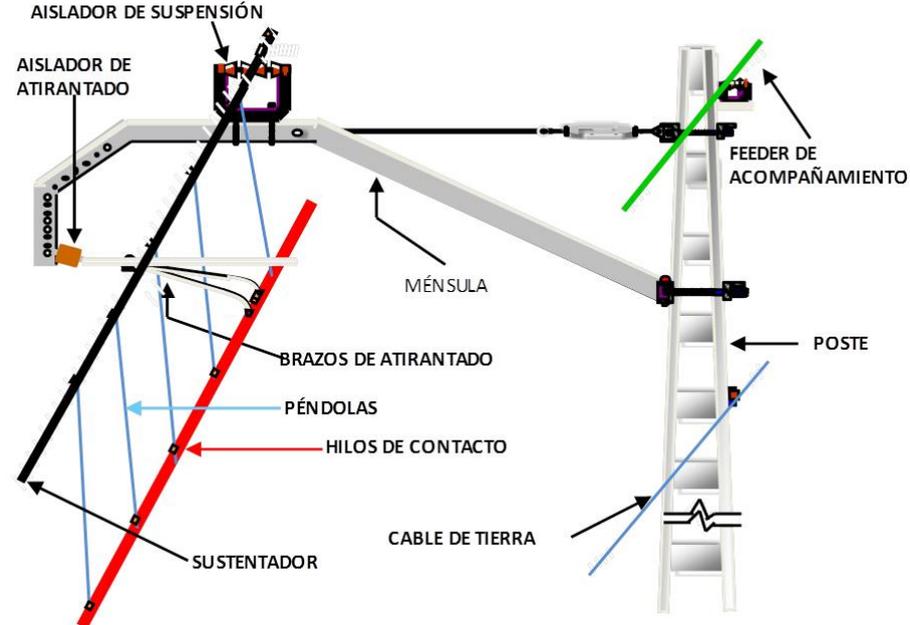
### CATENARIA CONVENCIONAL

#### Elementos de sustentación y apoyo

**Postes:** son los encargados de soportar la catenaria, van fijados al suelo mediante macizos de hormigón.

**Ménsulas:** son los elementos que permiten la colocación de la catenaria en la posición correcta, y suelen ir fijadas al poste.

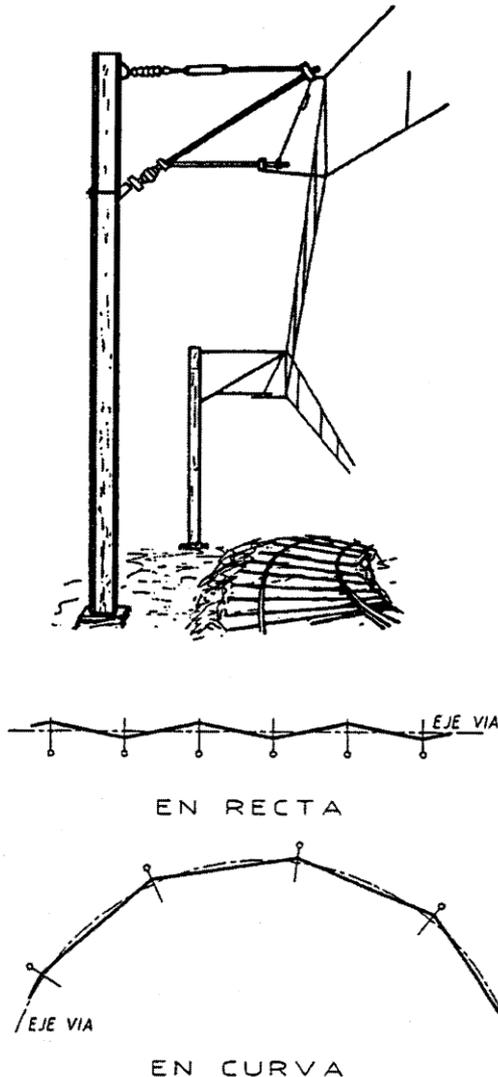
**Pórticos:** son estructuras empleadas para soportar la catenaria cuando hay problemas de gálibo para montar postes independientes, permitiendo el apoyo de varias catenarias sobre el mismo.





## 2. Conducciones de corriente

### CATENARIA CONVENCIONAL



### Longitud de vano

Longitudes más usuales en recta:

- ✓ 60 m en vía general estación con pórtico rígido
- ✓ 45 m en estación con pórtico funicular (flexible)
- ✓ 20-25 m en túneles

Longitudes más usuales en curva (función del radio):

- ✓  $R > 900 \text{ m} \rightarrow 60 \text{ m}$
- ✓  $R = 625 \text{ m} \rightarrow 50 \text{ m}$
- ✓  $R = 400 \text{ m} \rightarrow 40 \text{ m}$







## 2. Conducciones de corriente

---

### CATENARIA ALTA VELOCIDAD

Básicamente compuesta por los mismos elementos que la convencional.

#### Diferencias:

- ✓ Utilización de **ménsulas tubulares**, con capacidad de regulación, más ligeras y con un menor rozamiento.
- ✓ **Compensación** de los hilos de contacto con una **tensión mecánica mayor**, amortiguando de esta forma las ondas producidas por el pantógrafo, para adecuarla a velocidades de circulación más elevadas.
- ✓ **Feeder de acompañamiento o de refuerzo** como consecuencia de la alta intensidad eléctrica necesaria para alcanzar estas velocidades.



## 2. Conducciones de corriente

---

### CATENARIA CONVENCIONAL

#### Ventajas:

- ✓ Mayor robustez del sistema
- ✓ Mejor mantenimiento de la tensión mecánica y horizontalidad del hilo
- ✓ Mejor comportamiento ante vientos
- ✓ Mejor continuidad en la alimentación
- ✓ Mejores condiciones de desgaste de hilo y frotador del pantógrafo → mejor guiado del pantógrafo



## 2. Conducciones de corriente

---

### CATENARIA CONVENCIONAL

#### Inconvenientes:

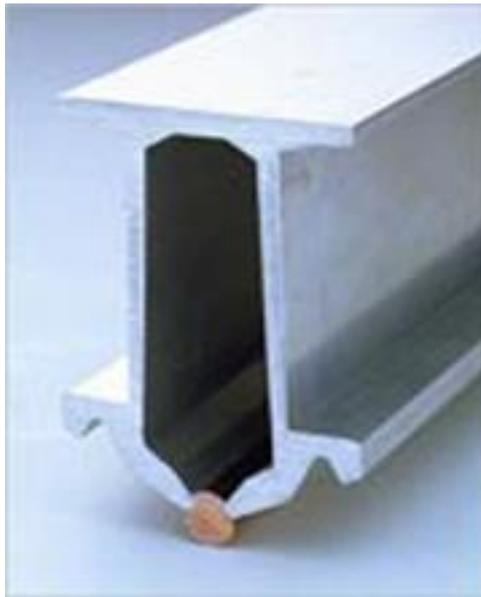
- ✓ Incremento de costes de adquisición y montaje por elevado número de elementos
- ✓ Incremento de costes de mantenimiento en materiales y frecuencias de intervención



## 2. Conducciones de corriente

### CATENARIA RÍGIDA

Formada por carril de aluminio en forma de pinza en cuya parte inferior se aloja el hilo de contacto. El carril continuo se fija a una barra y ésta se ancla al techo.



Fuente:  
<https://hablandodevias.files.wordpress.com/2011/01/11.jpg>



Fuente:  
[http://s177.photobucket.com/user/rafacop2k/media/100\\_0979.jpg.html](http://s177.photobucket.com/user/rafacop2k/media/100_0979.jpg.html)



## 2. Conducciones de corriente

---

### CATENARIA RÍGIDA

#### Ventajas:

- ✓ Reducción de gálibos en altura (túneles)
- ✓ Gran rigidez
- ✓ Posibilidad de eliminar cables auxiliares de alimentación debido a la elevada sección del carril sustentador.
- ✓ Instalación y mantenimiento sencillos

#### Inconvenientes

- ✓ Mayor coste de implantación
- ✓ No permite alcanzar las mismas velocidades que la convencional



## 2. Conducciones de corriente

### TRANVIARIA

Compuesta por un solo hilo de contacto tensionado mecánicamente y suspendido cada cierta distancia de pórticos funiculares (flexibles), sin sustentador ni péndolas, lo que hace inevitable que se forme una flecha en el hilo limitando fuertemente la velocidad del tren.



Fuente: [http://www.semi.es/ftp/transporte/ferroviario/IMG\\_1270\\_1120x840.jpg](http://www.semi.es/ftp/transporte/ferroviario/IMG_1270_1120x840.jpg)



## 2. Conducciones de corriente

---

### TRANVIARIA

#### Ventajas:

- ✓ Simplificación de montaje y mantenimiento
- ✓ Flexibilidad en el trazado

#### Inconvenientes

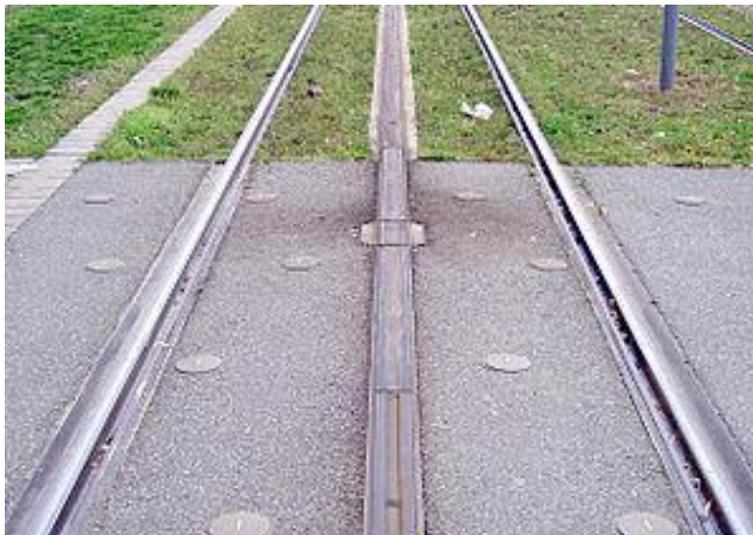
- ✓ Velocidad de circulación limitada (80 km/h en la mayoría de casos)
- ✓ Sensibilidad elevada al viento lateral



## 2. Conducciones de corriente

### APS – Alimentación por suelo

Este sistema permite hacer llegar la corriente eléctrica a los convoyes mediante un tercer raíl, situado entre las vías y dividido en segmentos independientes de 8 metros de longitud que se electrifican únicamente cuando el tranvía pasa por encima. De este modo, el peatón puede cruzar las vías sin ningún riesgo de quedar electrocutado.



Fuente:  
[https://es.wikipedia.org/wiki/Alimentaci%C3%B3n\\_por\\_el\\_suelo#/media/File:bordeaux-aps%20bisation%26joint.jpg](https://es.wikipedia.org/wiki/Alimentaci%C3%B3n_por_el_suelo#/media/File:bordeaux-aps%20bisation%26joint.jpg)



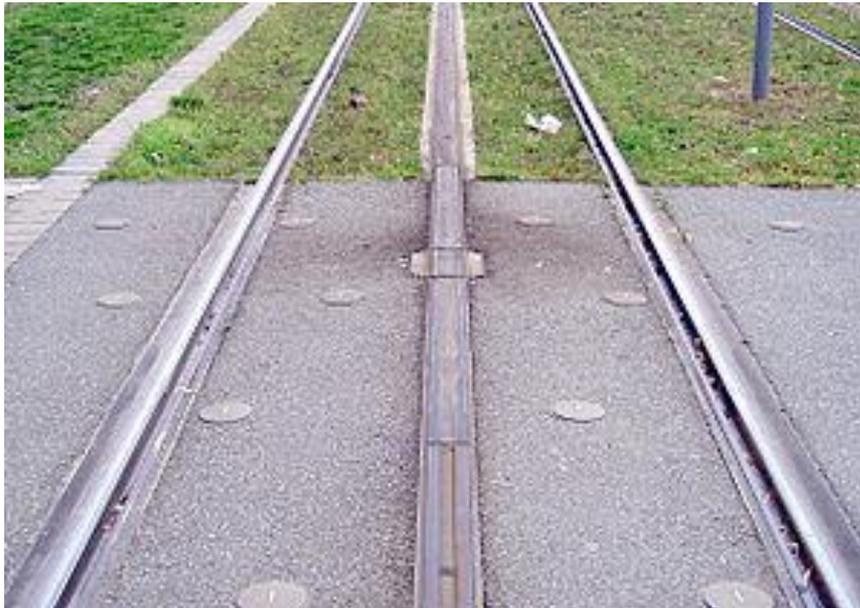
Fuente:  
[https://es.wikipedia.org/wiki/Alimentaci%C3%B3n\\_por\\_el\\_suelo#/media/File:bordeaux-aps-overhead-wire-transition.jpg](https://es.wikipedia.org/wiki/Alimentaci%C3%B3n_por_el_suelo#/media/File:bordeaux-aps-overhead-wire-transition.jpg)



## 2. Conducciones de corriente

### APS – Alimentación por suelo

En los vehículos (desarrollados por Alstom) hay dos dispositivos de fricción ubicados en el módulo central del tranvía que “recogen” la electricidad y alimentan los motores de tracción.



Fuente:  
[https://es.wikipedia.org/wiki/Alimentaci%C3%B3n\\_por\\_el\\_suelo#/media/File:Bordeaux-aps%2Bisolation%26joint.jpg](https://es.wikipedia.org/wiki/Alimentaci%C3%B3n_por_el_suelo#/media/File:Bordeaux-aps%2Bisolation%26joint.jpg)



Fuente:  
[https://es.wikipedia.org/wiki/Alimentaci%C3%B3n\\_por\\_el\\_suelo#/media/File:Bordeaux-aps-overhead-wire-transition.jpg](https://es.wikipedia.org/wiki/Alimentaci%C3%B3n_por_el_suelo#/media/File:Bordeaux-aps-overhead-wire-transition.jpg)



## 3. Subestaciones

---

### Tipos de subestaciones:

- ✓ Subestaciones de corriente continua
- ✓ Subestaciones de corriente alterna

### Subestaciones de corriente continua:

Transforman la corriente de alta tensión de la red pública (corriente alterna trifásica de 50 Hz), en corriente continua a tensión más baja (3000 v, 1500 v).



## 3. Subestaciones

---

### Subestaciones de corriente alterna:

1) Corriente monofásica 16 2/3 Hz:

- Con alimentación proporcionada por *red privada* a 16 2/3 Hz, se utilizan transformadores que reducen la tensión a 15 Kv
- Con alimentación directamente de la *red de alta tensión pública* se utilizan convertidores de corriente alterna trifásica a 50 Hz a corriente monofásica de 16 2/3 Hz , 15 Kv.

2) Corriente monofásica de 50 Hz (frecuencia industrial)

Con alimentación proporcionada por la red pública.



## 3. Subestaciones

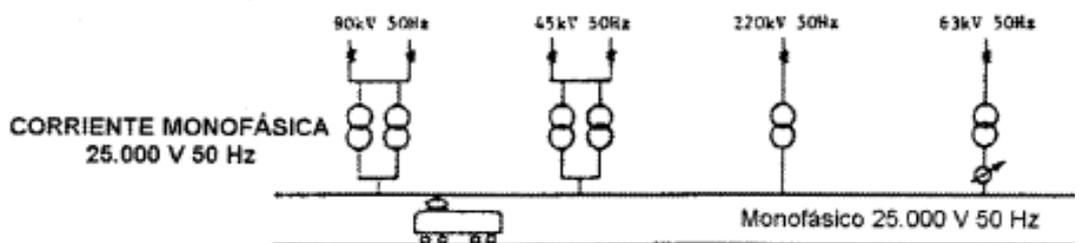
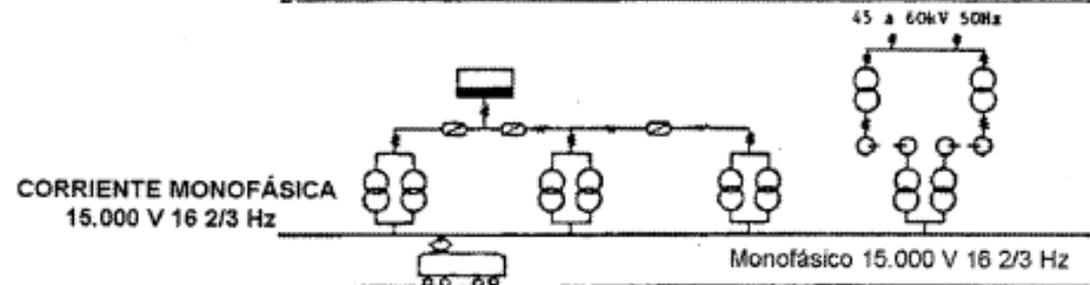
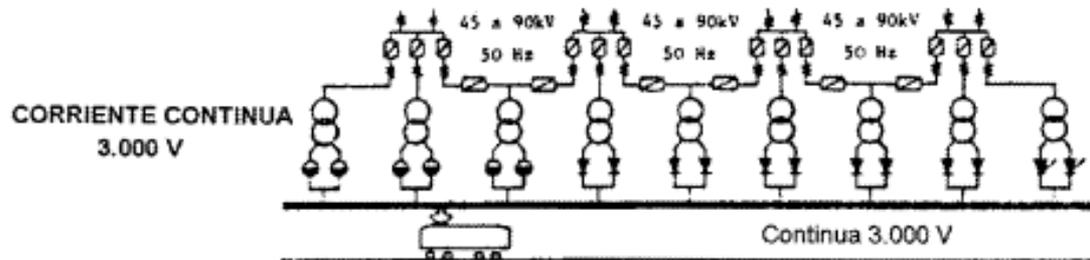
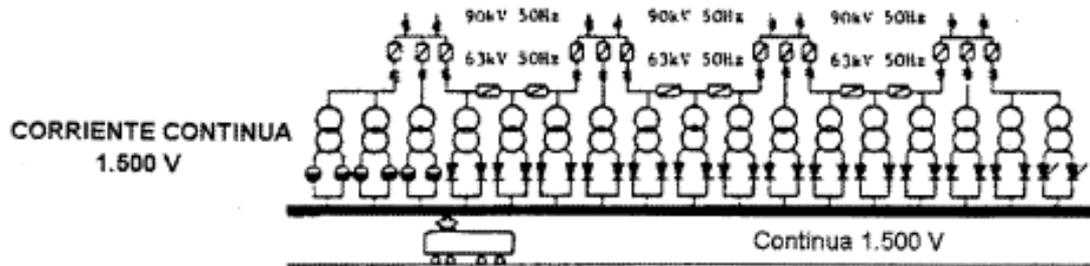
---

### Funciones:

- ✓ Transformar la energía procedente de la red general (alta tensión) a la tensión de alimentación de la catenaria.
- ✓ Rectificar la corriente alterna a continua en el caso de que la catenaria utilice este tipo de corriente (líneas convencionales).
- ✓ Alimentar la catenaria a través de los feeders o cables de alimentación. Éstos transportan la energía desde la subestación hasta los distintos puntos previstos para la alimentación.
- ✓ Suministrar energía para los servicios auxiliares situados en el tramo en el que se encuentra instalada.



# 3. Subestaciones

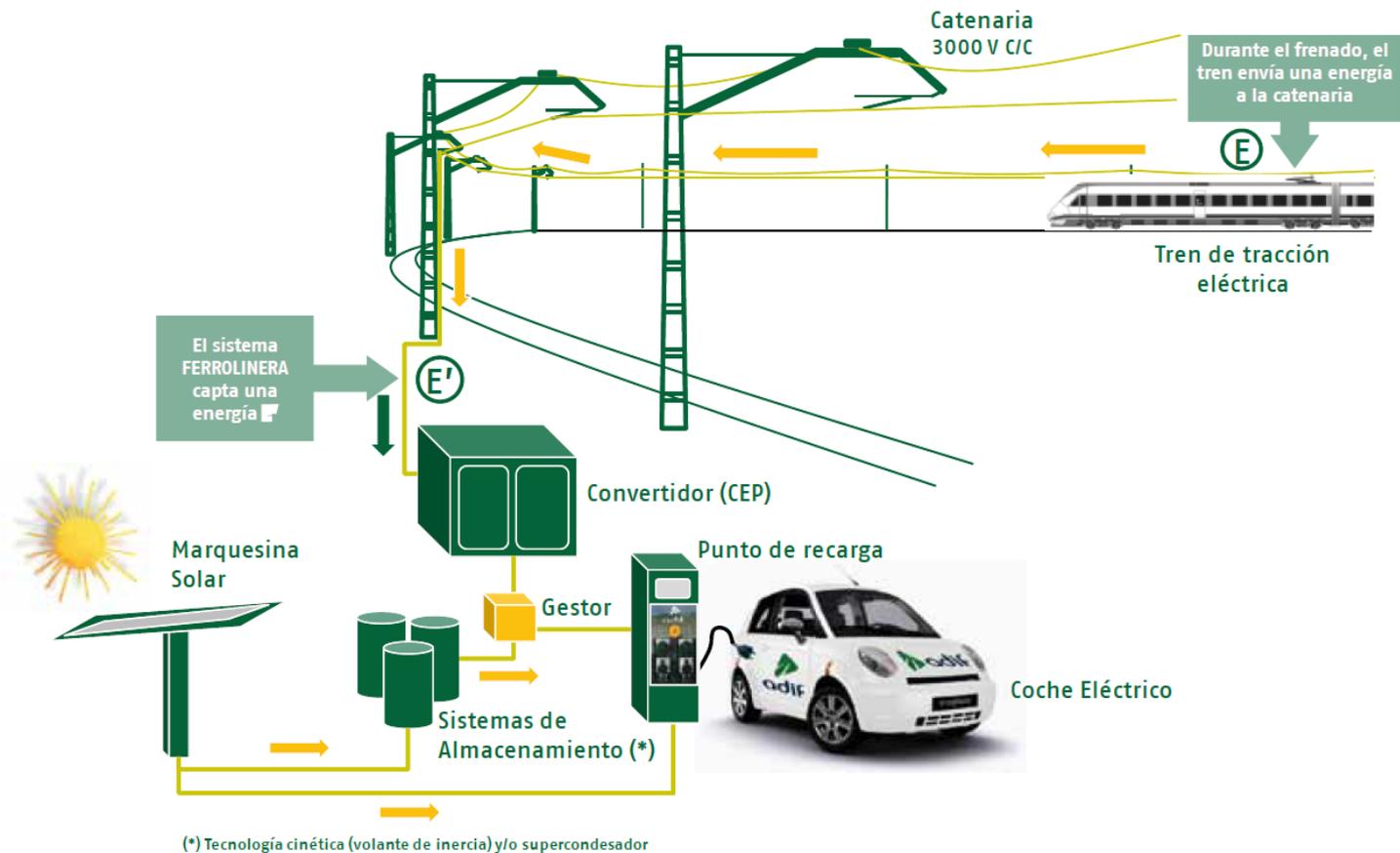


- Seccionamiento A.T.
- Transformador
- Reductores de vapor de mercurio
- Reductores semiconductores
- Reductores semiconductores controlados
- Central monofásica 16 2/3 Hz.
- Grupo convertidor rotativo 50 Hz - 16 2/3 Hz
- Grupo transformador SCOTT
- Regulador de carga



# Electromovilidad

## Conexión de vehículos eléctricos a la catenaria del ferrocarril





# Electromovilidad



*Equipamiento de una ferrolinera en servicio:  
transformador de potencia*

