

Trenes: material rodante del transporte ferroviario

A. Berbey¹ | R. Caballero¹ | J.D. Sanz Bobi² | J. Brunel² | K. Guerra¹ | J. Flores¹ | A. Samaniego¹ | W. Orozco¹

¹ Universidad Tecnológica de Panamá
² Universidad Politécnica de Madrid

Resumen: se le conoce como material rodante a todos los tipos de vehículos dotados de ruedas capaces de circular sobre una vía férrea cuyo principal objetivo es transportar diferentes tipos de cargas. Los mismos se pueden clasificar de muchas formas, aunque los criterios fundamentales para clasificar el material rodante suelen ser su capacidad tractora y su uso comercial. En este artículo de divulgación tecnológica/científica se presentan varios aspectos del material rodante tales como: tipos de trenes, ventajas y desventajas de cada uno de ellos, características y partes del material móvil ferroviario y tipos de material móvil remolcado.

Palabras claves: material rodante, transporte, trenes.

Title: Trains: Rolling Stock of the Railroad Transportation.

Abstract: rolling stock comprises all types of vehicles equipped with wheels capable of moving on a railroad, which main objective is to transport different types of loads. These can be classified in many ways, although the basic criteria to classify the rolling stock are, typically, its tractive capacity and its commercial use. In this popular technical/science article, several aspects of the rolling stock such as: types of trains, advantages and disadvantages of each of them, features and parts of the rolling stock and the types of towed rolling stock, are presented.

Keywords: rolling-stock, transportation, trains.

1. Introducción

La necesidad de transportar grandes cargas, a grandes distancias llevó al hombre a la construcción de máquinas con gran capacidad de tracción. El constructor de la primera locomotora (25 de julio de 1814), que derivaría más tarde en un ferrocarril, fue George Stephenson. El destino inicial de la locomotora fue su utilización en las minas carboníferas, en cuya primera demostración se logró arrastrar una carga de cuarenta toneladas, a una velocidad de seis kilómetros por hora. El ferrocarril fue producto de la Revolución Industrial surgida en Inglaterra durante los siglos XVIII y XIX. Su evolución ha sido notable, y la utilización de material rodante es necesaria no sólo para el transporte de grandes cargas en vagones, sino también para el transporte de pasajeros en coches, tanto para pequeñas como para grandes distancias.

2. Trenes convencionales y automotores

Dentro del material móvil hay diversos tipos de vehículos que pueden ser motores o material remolcado. Dentro del material motriz se encuentran las locomotoras y los automotores. En las siguientes figuras se presentan las clasificaciones de las locomotoras de acuerdo a la tracción que las acciona.

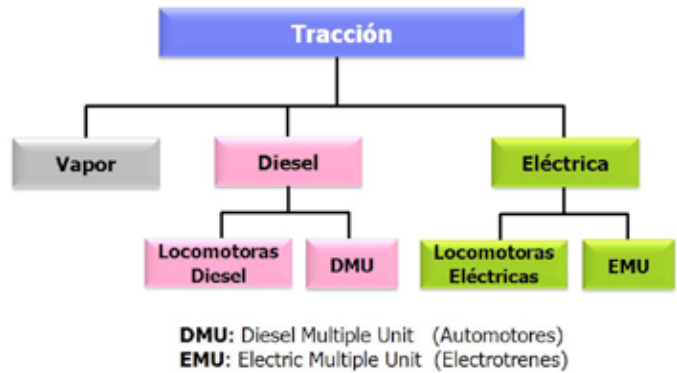


Figura 1. Clasificación de las locomotoras según el tipo de tracción.

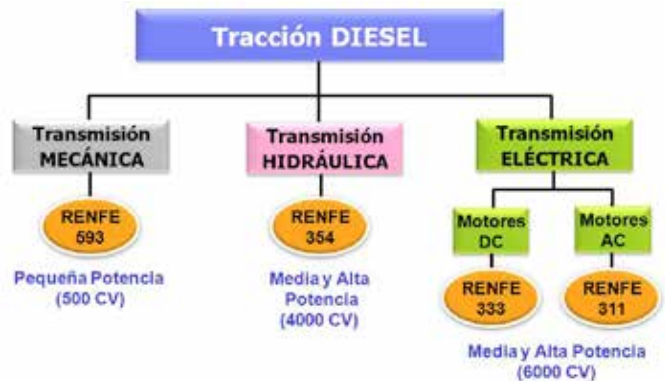


Figura 2. Clasificación de locomotoras con tracción diesel.

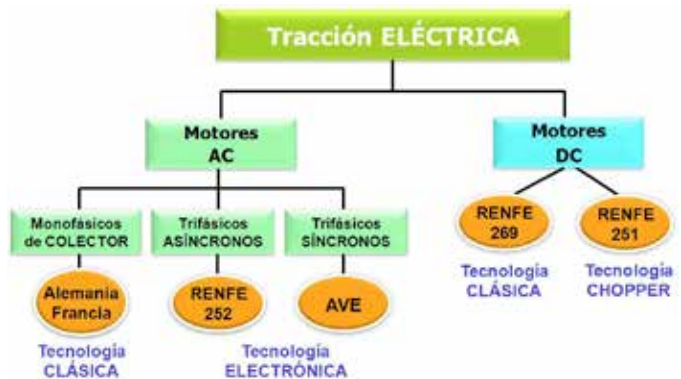


Figura 3. Clasificación de locomotoras con tracción eléctrica.

Existe otro tipo de clasificación de las locomotoras que corresponden a su funcionalidad, es decir, allí encontramos locomotoras de maniobras, locomotoras de carga para los medios y largos recorridos y, las locomotoras para servicios de viajeros que llegan a alcanzar hasta 220 km/h, como las últimas 252 de RENFE de 90 toneladas.

En cuanto a su nomenclatura, los vehículos ferroviarios tienen asignada una matrícula internacional que está integrada dentro de la Unión Internacional de Ferrocarriles (UIC) y que corresponde a parámetros tales como el tipo de vehículo, la compañía a la que pertenece y el país en el que está inscrita en los registros. Luego, con respecto a la distribución de la tracción en el material rodante nos encontramos con los trenes convencionales y automotores.

- Trenes convencionales: se caracterizan por las locomotoras, que son los vehículos que dan tracción a los trenes convencionales (locomotora(s) + coches o vagones); es decir, es una locomotora que tira de una serie de vagones o coches.
- Automotores: cuando la tracción se incorpora en los mismos vagones o coches; ocasiona una composición indeformable con un número fijo de vagones y, se forma un vehículo que en el argot ferroviario se denomina “automotor”; otros autores los denominan “material autopropulsado” o “unidad del tren”.

En la tabla 1 se muestra una explicación de las configuraciones comunes de los automotores.

Tabla 1.
Configuraciones comunes de los automotores

Configuración	Denominación
Coche motor-Coche intermedio-Coche motor	M-Ri-M
Coche motor-Remolque intermedio-Remolque con cabina	M-Ri-Rc
Coche motor-Coche motor	M-M
Coche motor	M

Los coches con ausencia de tracción también se llaman remolques. Existen coches motores con cabina y sin cabina. Los coches intermedios también pueden denominarse por la letra R sola si son remolcados, o con la letra S o M si son motrices (en algunos sitios se utiliza la letra S para definir los coches motores sin cabina). Hay ocasiones en las que la tracción es distribuida a lo largo de todo el tren, y existen coches con capacidad motriz que no disponen de cabina. El tren serie 7000 o el 9000 de Metro de Madrid dispone de unidades motrices sin cabina. Igualmente el ICE-3 alemán o serie 103 de RENFE tiene coches motores sin cabina.

Como desventajas del material rodante autopropulsado frente al convencional tenemos dos aspectos: la rigidez de las composiciones y la comunicación entre composiciones acopladas. El primer aspecto

se refiere al hecho de que, como los automotores se utilizan sobre todo para transporte de viajeros, la única forma de variar la oferta de plazas en un servicio asegurado por automotores, es acoplando 2 o 3 de ellos, pero en ese caso la oferta de plazas aumenta bruscamente, por lo que la adaptación a la demanda es peor que en el caso de los trenes convencionales. Los trenes convencionales pueden adaptarse mejor a la demanda incorporando o segregando coches o vagones. El segundo aspecto negativo se refiere a que hay que disponer de puertas de intercomunicaciones en el frontal de las cabinas y éstas suelen dar problemas de estanqueidad. En la mayoría de los automotores modernos se ha optado por suprimirla.

Tabla 2. Ventajas del material rodante autopropulsado frente al tren convencional.

Propiedad	Descripción
Tracción distribuida	Permite tener una mejor prestación de aceleración y frenado, al tener mejor repartido el peso adherente. Además, el peso máximo por eje (que siempre corresponde al eje de los motores) es menor, por lo que la agresión o desgaste de la vía es menor y, esto beneficia a las actividades de mantenimiento posterior de la vía.
Posibilidad de redundancia en la conducción	Al tener la tracción distribuida en varios vagones, el fallo de un motor no deja inactivo o fuera de servicio al tren, sino que sólo habría una disminución de la potencia de circulación.
Reversibilidad	Al contar con 2 cabinas de una misma composición, la cabeza del tren se puede convertir en cola y viceversa, según la dirección de la conducción.
Sencillez de enganche	Entre automotores, permite agregar ramas a lo largo del recorrido en comparación con los trenes convencionales.
Mayor espacio físico	Al no llevar locomotora, casi toda la longitud es aprovechable para el transporte de pasajeros.
Comunicación entre los coches del automotor	La unión entre los coches se realiza a través de enganches “semipermanentes”.

3. Características generales del material móvil

Tanto el material móvil motor como el material remolcado tienen las siguientes características:

- **Ruedas troncocónicas:** la inclinación de las generatrices es de 1/20, la misma que la de los carriles. Con esto se mejora el apoyo de las ruedas sobre los carriles y se ayuda a la inscripción de eje en las curvas, al permitir que cada rueda adopte un radio de contacto distinto para de esta forma poder girar a diferente velocidad lineal pero a iguales revoluciones (el eje une ambas ruedas, siendo rígido).
- **Ruedas caladas:** como ventaja el calaje confiere al conjunto eje-rueda una mayor robustez, que lo hace muy apropiado para el ferrocarril, donde se mueven grandes cargas a grandes velocidades. Un inconveniente es la problemática de la inscripción en las curvas. Como excepción, existe el sistema de Talgo que se muestra en la siguiente figura, en el que las ruedas no están caladas, sino que son independientes. Este sistema no es un eje típico ferroviario.



Figura 4. Ruedas de un vehículo ferroviario.

- **Pestañas interiores:** permiten el guiado del tren.
- **Cargas aplicadas sobre la parte exterior de las ruedas:** el eje ferroviario sobresale de las ruedas, este saliente se denomina "mangueta". Sobre estas manguetas se apoya la caja del vehículo (a través de la suspensión). Con esta longitud adicional del eje se obtienen dos ventajas: las cajas de los vehículos pueden ser más anchas (mayor capacidad de transporte) y, se aumenta la estabilidad de los vehículos.
- **Peso suspendido y no suspendido:** el peso suspendido de un vehículo ferroviario es aquel que pasa por la suspensión para llegar al carril, es decir, está amortiguado. El peso no suspendido (ejes, cajas de grasa y todo o parte del peso de los motores y/o de la transmisión) está sin amortiguar. Cuanto mayor sea el peso no suspendido de un vehículo, más agresivo será este con la vía, ya que las cargas dinámicas incidirán sobre ella bruscamente.
- **Ruedas debajo de las cajas:** esto permite aumentar la anchura de las cajas, ya que no se ve limitada lateralmente por las ruedas, pero penaliza la altura de las mismas, al ser el gálibo limitado. Para ganar altura, las ruedas se fabrican con un radio pequeño (normalmente de 0,5 m).
- **Material móvil rígido o articulado:** se dice que es rígido cuando sus ejes no pueden girar respecto a un eje vertical para mejorar su inscripción en las curvas. La distancia entre 2 ejes fijos se denomina "empate". Cuanto mayor es el empate de un vehículo, peor será su capacidad de inscripción en las curvas y, por ello su agresión a la vía y su posibilidad de descarrillar serán mayores. Hoy en día, se utilizan los vehículos articulados, cuyos ejes pueden colocarse en una posición más o menos cercana al radio de curvatura, con lo cual mejora su inscripción. Actualmente, la mayor parte del material móvil utiliza bogies (ejes agrupados en carretones), cuyos bastidores tienen un pivote central que les permite girar. Con el material articulado se reduce el empate de los vehículos y, además (en el caso de los bogies) se obtienen más ejes sobre los cuales repartir la carga. Los vehículos articulados que mejor se inscriben en las curvas son los trenes articulados guiados, en los cuales el eje siempre se sitúa radialmente y, por ello, la rueda es tangente a los carriles.

4. Partes del material móvil ferroviario

Las partes más importantes de un material móvil ferroviario son las siguientes:

- **Caja:** en su interior se sitúan los viajeros, la mercancía, los motores, etc., según el tipo de vehículo (coche, vagón o locomotora).
- **Bastidor:** es la estructura metálica o armazón formada por el bogie, que sirve como elemento de fijación de los ejes, las ruedas, los motores de tracción y las suspensiones, entre otras partes.
- **Larguero:** elemento longitudinal que forma parte de la estructura del bastidor de un vehículo.
- **Traviesas extremas o cabeceros:** elemento estructural situado en el extremo del bastidor de un vehículo que une los largueros de forma perpendicular a éstos y, que soporta normalmente los aparatos de choque y tracción. Al conjunto de elementos que configuran la caja del vehículo sobre la traviesa extrema se le denomina "testero".
- **Suspensión:** la caja transmite las cargas a las ruedas a través de la suspensión. La suspensión ferroviaria es doble: primaria y secundaria. La suspensión primaria tiene como misión absorber las irregularidades del carril y deformaciones geométricas de la vía, está situada entre las cajas de grasas y el bastidor del bogie o en el caso de los vagones de 2 ejes, entre la caja de grasa y el bastidor del vehículo. La suspensión secundaria es la encargada de absorber los movimientos verticales y laterales del bogie con respecto al bastidor del vehículo; además, sirve de apoyo de éste con el bastidor del bogie.
- **Cajas de grasas:** las cargas de la caja pasan al bastidor, del bastidor a la suspensión y de ésta a las manguetas de los ejes a través de las cajas de grasas. Son unos recipientes metálicos que contienen lubricantes y llevan encajado un rodamiento en el apoyo de las cargas sobre los ejes.
- **Rodadura:** permite que el vehículo se mueva sobre la vía. Puede estar formada por ejes independientes o bogies. Para el desplazamiento de los vehículos son necesarios los órganos de rodadura que están compuestos por:
 - **Eje:** pieza cilíndrica de acero en la que se montan las ruedas,

en los extremos están las manguetas que van dentro de los rodamientos y éstos en el interior de la caja de grasa.

En algunos vehículos están instalados discos de frenos. Para aligerar la masa no suspendida, a veces se utiliza un mecanismo consistente en un taladro a lo largo de todo el eje. Las manguetas son la parte de los ejes sobre la que se acopla la pista interior del rodamiento permitiendo su giro. Normalmente se encuentran en los extremos del eje (caja de grasa exteriores).

- **Bogie:** es el conjunto de elementos constituidos por el bastidor con elementos de suspensión, rodadura y freno. Generalmente, este bastidor suele tener una forma de H cerrada o abierta. En algunos vehículos el bastidor se utiliza para depósitos auxiliares de aire.
- **Rodamientos:** permiten el giro de la mangueta con el mínimo rozamiento posible y están lubricados habitualmente con grasa consistente.
- **Caja de grasa:** son los elementos que contienen los rodamientos; están situadas en torno a la mangueta del eje y, sobre ellas, descansa el peso del vehículo a través de la suspensión.
- **Ruedas:** son los elementos de forma circular que giran con su eje, teniendo su superficie de contacto con forma troncocónica. Éstas permiten el movimiento y guiado del vehículo. Actualmente, las ruedas son de tipo monoblock, esto quiere decir, que están fabricadas de una sola pieza. La rueda tiene tres zonas diferenciadas. La llanta es la superficie de rodadura, que presenta una forma concreta llamada perfil, que es ligeramente cónico y tiene la función de realizar el guiado, existiendo distintos tipos de perfiles dependiendo de la velocidad, el diámetro, la masa, la solución de amortiguación, etc. La parte central de la ruedas se llama cubo. Esta es la parte que se cala en la mangueta del eje. El velo es la zona de la rueda que une la llanta con el cubo, puede ser plano o presentar una prominencia, que disminuye la masa no suspendida, manteniendo o aumentando su resistencia lateral.

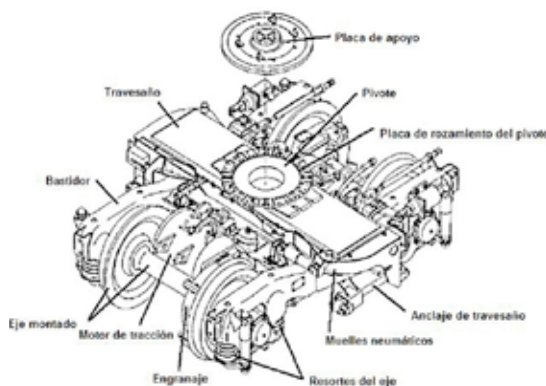


Figura 5. Partes de un bogie.

- **Aparatos de tracción y choque:** los aparatos de tracción transmiten la fuerza de tracción a lo largo de todo el tren. Pueden ser enganches automáticos, cadenas, ganchos, barras, etc. Los

elementos de choques están formados por 2 topes situados en el testero del vehículo, tienen la misión de amortiguar las fuerzas longitudinales de compresión que se producen durante la marcha, tanto en las frenadas como en las paradas o los impactos que reciben los vagones en diferentes situaciones, protegiendo así la estructura de los vehículos y las mercancías que transportan.

- **Canalizaciones:** discurren a lo largo de toda la composición. Las principales son la conducción de aire para el frenado del tren (que acciona las zapatas o los discos de freno de los coches y vagones) y las líneas eléctricas para tracción, gobierno y servicios auxiliares de la composición, tales como por ejemplo climatización o luminaria en los coches de pasajeros.

5. Tipos de material móvil remolcado

El material remolcado es el conjunto de vehículos ferroviarios que no aporta tracción, los cuales remolcados por las locomotoras y junto con éstas, forman parte de la comisión de los trenes. El material móvil remolcado para transportar viajeros se denomina “coche”; “vagón”, el destinado a las mercancías y, “furgón”, el utilizado para el transporte de equipajes, paquetería, correo, etc.

En los trenes de viajeros en general, la carga máxima de los vagones es de 2/3 del peso máximo autorizado. Su peso máximo por eje suele ser 20 toneladas y, su número de ejes, cuatro agrupados en dos bogies. Hay una gran variedad de vagones como se indica en la siguiente tabla.

Tabla 2. Ventajas del material rodante autopropulsado frente al tren convencional.

Tipo	Descripción
Vagones cerrados	Para proteger la mercancía de la intemperie, robos y vandalismo. Hay una gran variedad: de paredes deslizantes, telescopios, etc.
Vagones de bordes	Son unas cajas abiertas por arriba. Para transporte de madera, chatarra, etc.
Plataforma	Sobre la que se apoya la carga, convenientemente sujeta. Son especiales para el transporte de automóviles. Algunos de estos se consideran de velocidad alta por alcanzar los 220 km/h, son aquellos en donde se han implantado las estructuras menos pesadas de aluminio en lugar de las de acero al carbono.
Jaula	Para el transporte de ganado.
Cisterna	Para el transporte de líquidos y mercancías peligrosas.
Porta-contenedores	Son vagones de plataforma que tienen sujeciones para los contenedores. Como es el caso del Ferrocarril Interoceánico de Panamá que une los puertos de Balboa (Panamá) con Cristóbal en la Ciudad de Colón.
Tolvas	Para el transporte de gránulos sólidos como áridos, carbón, minerales, etc.

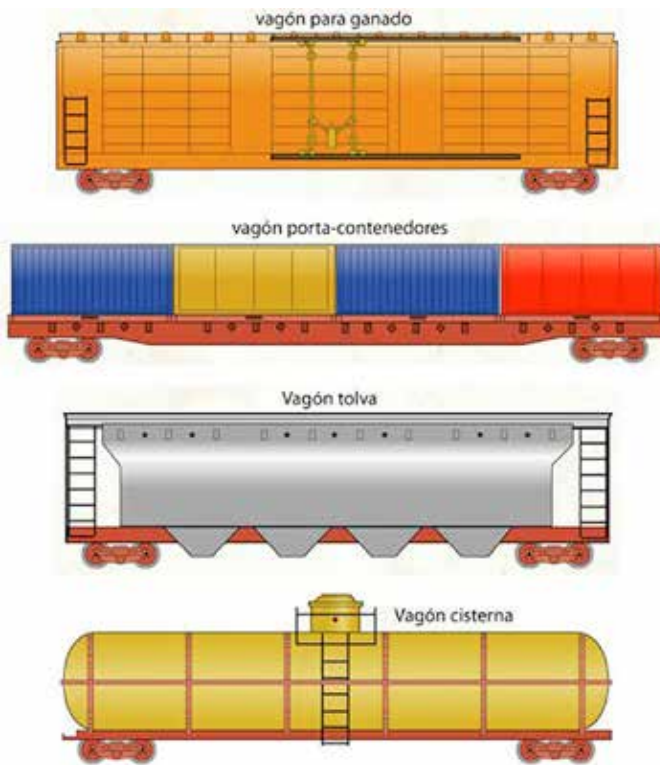


Figura 6. Tipos de vagones.

Agradecimientos

Agradecemos al Dr. Juan de Dios Sanz-Bobi y al Ing. Juan Andrés Brunel Vázquez, ambos personal científico del Centro de Investigación en Tecnologías Ferroviarias (CITEF) de la Universidad Politécnica de Madrid, por facilitar el material gráfico (figuras y dibujos técnicos) del presente artículo.

Referencias

- [1] Calvo, F.J., Lorente Gutiérrez, J. y De Oña López, J. Funcionamiento y Explotación de la Infraestructura Ferroviaria. Grupo editorial Universitario. 2006.
- [2] Comunidad de Madrid. Las infraestructuras de Metro y de Transporte en la Comunidad de Madrid. Periodo 1995-2003. Consejerías de Obras Públicas urbanismo y transportes. 2003
- [3] González y Fuentes, Ingeniería Ferroviaria. Unidad Didáctica. Ingeniería Industrial. UNED. 2006
- [4] Material remolcado. Escuela Técnica Profesional. RENFE. 2008.
- [5] CITEF. FERROCARRILES: 1. INTRODUCCIÓN AL FERROCARRIL. Escuela Superior de Ingenieros Industriales. Universidad Politécnica de Madrid. 2008.