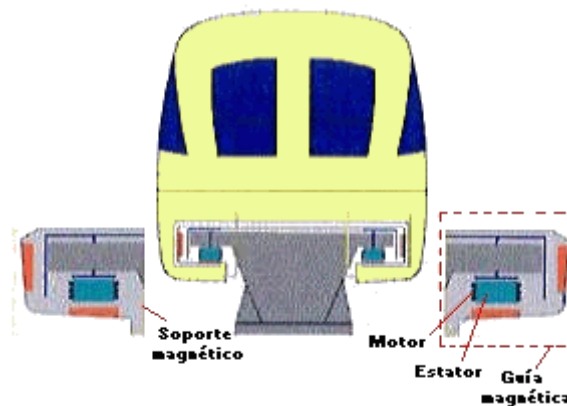


## EL TREN DE LEVITACIÓN MAGNÉTICA

---

Son varios los países que han trabajado en el desarrollo de los sistemas de levitación magnética en los ferrocarriles, aunque actualmente sólo Alemania y Japón tienen proyectos concretos que podrían ser implantados para uso comercial en un futuro inmediato. **Las dos teorías seguidas** por estos países en el desarrollo **de este tipo de ferrocarril son las siguientes:**

- El modelo alemán se basa en la suspensión usando electroimanes DC controlados.



**Sistema de suspensión del modelo alemán**

- El modelo japonés utiliza levitación mediante la aplicación de materiales superconductores.

Debido a que en la actualidad está más desarrollado el proyecto japonés se planteará esta opción mejor que la alemana en la explicación de este apartado.

En Japón existe en la actualidad la línea Tokyo-Osaka del tren bala Tokaido Shinkasen que es utilizada diariamente por un gran número de pasajeros. Dicha línea fue inaugurada en 1964 y dicho tren alcanza una velocidad máxima de 270 Km/h; recorre la totalidad de la distancia de la línea en 150 minutos, y transporta alrededor de 140 millones de pasajeros al año. Cada día salen de la

estación central de Tokyo 140 trenes con 16 vagones. Cada tren mide 400 m y puede llevar hasta 1300 pasajeros. Debido a que la demanda es superior a la oferta es obvio que Japón necesita otra línea de [alta velocidad](#) entre Tokyo y Osaka, y de aquí el gran interés por el rápido desarrollo del proyecto del tren de levitación en este país.

Las **razones para la elección de este sistema de transporte** son las siguientes:

- Debido a la falta de rozamientos, la **velocidad máxima teórica que puede alcanzar es muy superior a la de un tren convencional.**
- **Es un tren muy seguro**, pues sus características constructivas hacen imposible el descarrilamiento.
- Como no existe contacto entre **las partes móviles**, éstas apenas se desgastan. Además **desaparece la [catenaria](#)**. Todo esto facilita el mantenimiento de los vehículos y la [vía](#).
- **Presenta niveles muy bajos de contaminación acústica.**
- **La única fuerza que limita su avance es la resistencia del aire.**

El principio de funcionamiento de este tren es su propulsión, levitación y guiado por medio de la fuerza electromagnética que actúa entre los imanes superconductores del tren y las bobinas de la vía.

El sistema de propulsión del vehículo es un motor síncrono lineal:

- El inductor son las bobinas trifásicas colocadas en la [vía](#).
- El inducido son las bobinas superconductoras del tren.

La [vía](#) se divide en partes de una determinada longitud y las bobinas que están dentro de cada parte se conectan en serie entre sí formando una sección de alimentación. Cada sección se conecta a la toma de corriente mediante un interruptor de sección.

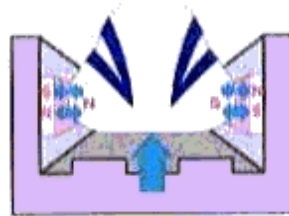
El sistema de levitación está compuesto por un imán superconductor en el tren y bobinas cortocircuitadas en la [vía](#), las cuales pueden sustituirse por unas planchas de metal, haciendo el mismo efecto.

Cuando el vehículo se mueve lo hace también el campo magnético creado por los imanes superconductores. Si el circuito es inductivo se genera una fuerza de levitación, mientras que si es resistivo la fuerza de levitación se anula y aparece una fuerza magnética de resistencia que se opone al movimiento.

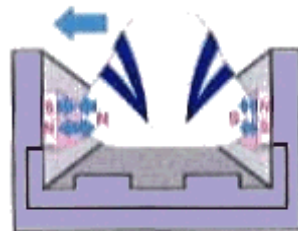
Como este sistema se basa en la corriente inducida en la bobina de la vía, la fuerza de levitación es cero cuando está parado. La fuerza de levitación aumenta con la velocidad del vehículo, aunque por encima de cierta velocidad el aumento es mínimo. Cuando la fuerza de levitación iguala el peso del vehículo, éste despegue.

Además el sistema de levitación genera una fuerza lateral que debe ser considerada y anulada por el sistema de guiado.

El sistema de guiado se basa en el mismo principio que el sistema de levitación. La diferencia entre ambos reside en que el sistema de levitación actúa siempre para generar una fuerza que soporte el peso del vehículo, mientras que el sistema de guiado genera una fuerza sólo cuando el vehículo se desplaza lateralmente; por todo esto se suelen conectar entre sí las bobinas de ambos lados de la vía.



-> Sistema de levitación



-> Sistema de guiado

Dentro del apartado de construcción del sistema del tren lo que más se tiene en cuenta es el **aspecto económico**, por lo que para abaratar costes por kilómetro de **vía** es necesario disminuir el número de bobinas. Para llegar a tal objetivo se ha optado, tras numerosos estudios, por la **disposición vertical de las bobinas**.

Los convertidores de potencia alimentan las bobinas de propulsión de la guía, lo que hace que estas bobinas actúen como imanes. La interacción entre las bobinas de propulsión y los imanes superconductores del tren produce la fuerza propulsora.

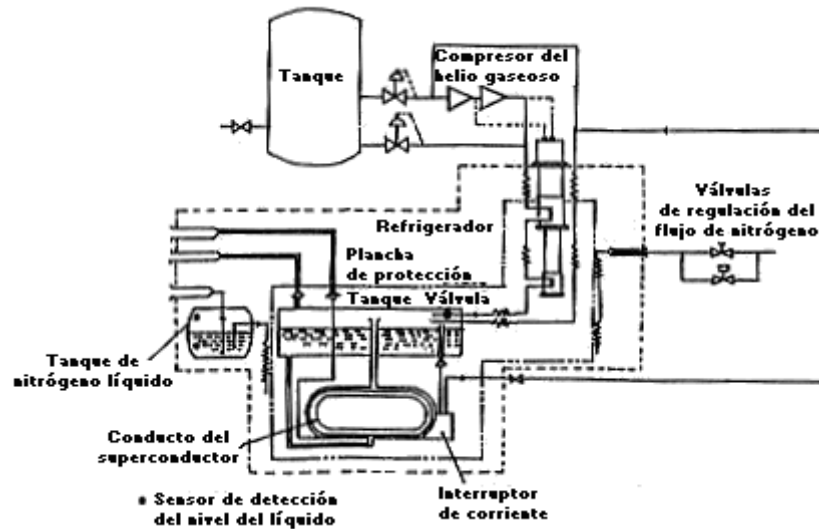
Los imanes superconductores ejercen fuerzas de atracción y repulsión sobre las bobinas de la base, por lo que éstas deben de ser lo suficientemente resistentes. Como las bobinas de propulsión deben instalarse a lo largo de toda la vía, deben de ser lo más baratas posible.

Para reducir considerablemente el campo creado por los armónicos se adopta por disponer las bobinas en doble capa, cubriendo cada bobina 180° eléctricos.

**Cualquier mecanismo basado en superconductividad necesita un sistema de refrigeración, ya que a temperaturas altas los materiales superconductores pierden sus propiedades y se vuelven conductores.**

El sistema de refrigeración utilizado en el tren japonés es un ciclo de gas cerrado en el que el refrigerador está directamente conectado al tanque de helio del imán y el compresor está situado en el vagón. **Las partes de este sistema de refrigeración son:**

- **Un refrigerador de helio.**
- **Un compresor.**
- **Un tanque de reserva de helio.**
- **Una unidad de control.**



### Sistema de refrigeración

Las **condiciones que debe cumplir dicho sistema de refrigeración** son:

- El **helio evaporado** por las pérdidas de calor y las vibraciones producidas por el movimiento **tiene que ser licuado de nuevo** por el compresor y el refrigerador de manera uniforme.
- Durante la carga y descarga del superconductor (operación que normalmente se realiza una vez al día), **el nivel de helio líquido decrece en el tanque, por lo que debe ser almacenado este helio evaporado en un tanque** en cuanto la unidad de control detecte el incremento de presión en la entrada del compresor. **El gas almacenado en el tanque se licuará de nuevo en el refrigerador por la noche;** así la cantidad de helio líquido será la misma a la mañana siguiente.

Esto significa que el sistema puede funcionar sin la reposición periódica de helio líquido incluso cargando y descargando diariamente el superconductor.

- Cuando ocurre alguna avería en el refrigerador o el aumento de temperatura **excede temporalmente la capacidad del refrigerador, es**

deseable que la influencia sea pequeña y que el imán superconductor siga funcionando el mayor tiempo posible.

- Dado que el sistema de refrigeración va a ir a bordo del tren no es deseable que por causa de él aumente la magnitud de las fuerzas electromagnéticas necesarias para mover el vehículo, ni que consuman gran cantidad e energía eléctrica.

Para el correcto funcionamiento del sistema de propulsión el vehículo dispone de sensores de posición que por medio de un transmisor emiten señales de radio a través de un cable coaxial hasta el centro de control. Esta comunicación es bidireccional. En el centro de control, basándose en las señales recibidas desde el vehículo, se calcula la velocidad y distancia. Después se comunica al controlador (situado en la subestación y que controla los convertidores) la corriente apropiada para que el vehículo circule correctamente.

El convertidor juega el papel más importante en el funcionamiento del tren magnético, ya que se encarga de suministrar la energía a las bobinas de propulsión que se encuentran en las vías.



Ultimo prototipo, aún en fase de desarrollo,  
para el tren magnético de levitación japonés.

Info de :

[http://www.cps.unizar.es/~transp/Ferrocarriles/ANEXO\(El tren de levitacion magnetica\).html](http://www.cps.unizar.es/~transp/Ferrocarriles/ANEXO(El tren de levitacion magnetica).html)